THE 6th RMUTP CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY 2022

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

"NEW FRONTIERS OF ENGINEERING SCIENCE TECHNOLOGY AND INNOVATION"

27 พฤษภาคม 2565

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ISBN (E-Book) : 978-974-625-949-1

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ ๖

The 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2022

ชื่อหนังสือ : การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ ๖
ชื่อผู้แต่ง : ฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
ปีที่พิมพ์ : 2565
ครั้งที่พิมพ์ : 1
จัดทำโดย : ฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
ISBN (E-Book) : 978-974-625-949-1

The 6th ENGCON - RMUTP 2022

New Frontiers of Engineering ,Science, Technology & Innovation

"พรมแดนใหม่แห่งวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม"

27 พฤษภาคม 2565 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารจากอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาคนและเป็นกลไกในการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๓ ในการปฏิวัติทางเทคโนโลยีและดิจิทัลเพื่อรองรับเศรษฐกิจดิจิทัลที่เติบโตอย่างรวดเร็ว รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตอาทิ สุขภาพ การศึกษา และบริบทการพัฒนาใหม่จากโควิด-๑๙ เพื่อรองรับการก้าวกระโดดอย่างมั่นคง ของการพลิกโฉมให้สังคมก้าวหน้าเศรษฐกิจสร้างมูลค่าอย่างยั่งยืนตามแผนพัฒนาฯ ด้านขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม การก้าวทันพลวัตของโลก บุคลากรได้รับการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพ และคำนึงถึงความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ ๖ (The 6th RMUTP conference on Engineering and Technology 2022) ในหัวข้อการประชุม “พรมแดนใหม่ แห่งวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม” เป็นเวทีสำหรับเผยแพร่องค์ความรู้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักวิจัยในวิศวกรรมสาขาต่างๆ ทั้งในสถาบันการศึกษาเดียวกัน ระหว่างสถาบัน และระหว่างนักวิจัยกับผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นกิจกรรมทางวิชาการที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้และ สร้างสรรค์นวัตกรรมจากงานวิจัยคุณภาพ ได้เผยแพร่ผลงานวิจัยสู่สาธารณะ รวมถึงการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติต่อไป

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอต้อนรับท่านผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย นิสิตนักศึกษา และนักวิชาการ ตลอดจนท่านผู้สนใจทุกท่านที่ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมเป็นเครือข่ายสร้างสรรค์งานวิจัยและเป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างองค์ความรู้ เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติจริงในอนาคต และนำไปสู่การพัฒนาทางสังคมให้ก้าวหน้าเศรษฐกิจสร้างมูลค่าอย่างยั่งยืน

(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ยินดีต้อนรับสู่งานประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ ๖ (The 6th RMUTP conference on Engineering and Technology 2022) ในวันที่ ๒๗ พฤษภาคม ๒๕๖๕ ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โดยในปี พ.ศ. ๒๕๖๕ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาผลงานวิจัยให้เกิดนวัตกรรม พร้อมทั้งสนับสนุน ส่งเสริม บุคลากรสายวิชาการและนักศึกษา ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ที่สามารถจะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านพัฒนาชุมชนและสังคม ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพงานวิชาการ และงานวิจัยทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติ ดังนั้นการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ ๖ จึงจัดขึ้นเพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย นิสิตและนักศึกษา ในสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี จากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ร่วมส่งบทความนำเสนอผลงานวิจัยและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในผลงานวิจัย ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งจะทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ๆ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอต้อนรับทุกท่านสู่งานประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ ๖ (The 6th RMUTP conference on Engineering and Technology 2022) และกระผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานประชุมวิชาการในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจทุกท่าน ถือเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้งานวิจัยร่วมกัน ทำให้เกิดประสิทธิผลในองค์กร ชุมชน สังคม และประเทศชาติในอนาคต ซึ่งถือเป็นความสำเร็จสูงสุดของการประชุมวิชาการในครั้งนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ)
รักษาราชการแทน
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

ประวัติคณะวิศวกรรมศาสตร์

ก่อกำเนิด 2501 เริ่มจากกรมอาชีวศึกษา ได้ทำการติดต่อกระทรวงศึกษาธิการขอเปิดโรงเรียนช่างกลขึ้นอีก 2 แห่ง คือ ช่างกลนนทบุรี และช่างกลพระนครเหนือ

17 พฤษภาคม 2501 สำนักนายกรัฐมนตรี ได้อนุมัติให้กระทรวงศึกษาธิการใช้สถานที่เดิมของกรมโยธาธิการ ให้เปิดเป็นโรงเรียนช่างกลพระนครเหนือ

14 กรกฎาคม 2501 ถือเป็นวันสถาปนาโรงเรียนช่างกลพระนครเหนือ โดยการเรียนการสอนในรุ่นแรกนี้ มีนักเรียนจำนวน 803 คน แบ่งเป็น 2 รอบ คือ รอบเช้า 400 คน รอบบ่าย 403 คน

2502 โรงเรียนช่างกลพระนครเหนือแยกออกจากโรงเรียนช่างกลปทุมวัน ซึ่งแต่เดิมนั้นรวมกิจการและอาจารย์ใหญ่คนเดียวกันกับโรงเรียนช่างกลปทุมวัน

2520 มีพระราชบัญญัติจัดตั้งวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาขึ้น โดยมีฐานะเป็นกรมหนึ่งในกระทรวงศึกษาธิการ ให้มีการจัดการศึกษาในระดับปริญญาตรี จึงมีการรวมสถานศึกษาระดับอาชีวศึกษาจำนวน28 แห่งเข้าด้วยกัน โดยเรียกชื่อว่า วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ

2531 15 กันยายน 2531 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ยกระดับจากวิทยาลัยเป็นสถาบัน และพระราชทานชื่อใหม่เป็น สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ทำให้วิทยาลัยเทคโนโลยี และอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ ได้ยกระดับเป็น สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ

2537 ร่วมมือกับสถานประกอบการ ได้แก่ หอการค้าไทย – เยอรมัน บริษัท ไทยฮีโนมอเตอร์เซลส์ จำกัด บริษัท กรุงไทยแทรคเตอร์ จำกัด และสมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ

2548 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลได้รับการสถาปนา และแบ่งออกเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 9 มหาวิทยาลัย และวิทยาเขตพระนครเหนือ เข้าสังกัดในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประกาศจัดตั้ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยจัดการเรียนการสอนที่ศูนย์พระนครเหนือ

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

(The 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2022)

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6 (The 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2022) เป็นการประชุมวิชาการระดับชาติ ที่จัดขึ้นโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร **ภายใต้แนวคิด "New Frontiers of Engineering ,Science, Technology & Innovation" "พรมแดนใหม่แห่งวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม"** โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการผลิตบทความวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน, การพัฒนา และการเผยแพร่ผลงานทางด้านวิชาการสู่สังคมภายนอก อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนให้ อาจารย์ นักวิจัย นิสิตและนักศึกษาจากสถาบันการศึกษาต่างๆร่วมส่งบทความ เพื่อนำเสนอผลงานวิจัย และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในงานวิจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีกำหนดการจัดงานดังกล่าว ในวันศุกร์ ที่ 27 พฤษภาคม 2565 ในรูปแบบOnline โดยบทความที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings รูปแบบออนไลน์) ระดับชาติ ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

สาขาบทความในการประชุมวิชาการประกอบด้วย

- วิศวกรรมโยธา (CE)
- วิศวกรรมไฟฟ้า (EE)
- วิศวกรรมเครื่องกล (ME)
- วิศวกรรมอุตสาหการ (IE)
- วิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ (JM)
- วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (IM)
- วิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ (TD)
- วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (ET)
- วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ (MT)

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

(The 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2022)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเวทีให้แก่ คณาจารย์ นักศึกษา นักวิจัย นักวิชาการ และผู้ปฏิบัติงานทั้งภาครัฐและเอกชน ในการแสดงและนำเสนอผลงานวิชาการ เป็นการเผยแพร่ผลงานอันจะเป็นประโยชน์ต่อแวดวงวิชาการและสาธารณชน
2. เพื่อสร้างบรรยากาศทางวิชาการและเป็นโอกาสอันดีที่นักวิชาการจากสถาบันต่างๆ ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ทางด้านการวิจัย อันจะก่อให้เกิดการรวมกลุ่มกันเพื่อดำเนินการวิจัยเพื่อยกระดับคุณภาพผลงานวิจัยในระดับชาติ
3. เพื่อส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมทางการวิจัยอันจะสนับสนุนให้เกิดการผลิตผลงานวิจัย การสร้างองค์ความรู้ การพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรมต่างๆ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผลงานวิจัยของนักวิศวกรรม นักวิจัยในเครือข่ายและสถาบันอุดมศึกษา หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เป็นการเผยแพร่ผลงานอันจะเป็นประโยชน์ต่อแวดวงวิชาการและสาธารณชน
2. ก่อให้เกิดการรวมกลุ่มและสร้างเครือข่ายความร่วมมือระดับนักธุรกิจ นักวิจัย สถาบัน หน่วยงานหรือองค์กรในการวิจัยเพื่อยกระดับคุณภาพผลงานวิจัยในระดับชาติ
3. ส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมทางการวิจัยอันจะสนับสนุนให้เกิดการผลิตผลงานวิจัย การสร้างองค์ความรู้ การพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรมต่างๆ
4. กระตุ้นและส่งเสริมให้คณาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้ตระหนักและเห็นถึงความสำคัญของงานวิจัยในการผลิตและเผยแพร่ผลงานวิชาการงานวิจัย
5. ผลงานวิจัยที่นำเสนอ ได้รับการสนับสนุนให้มีการตีพิมพ์เผยแพร่ในรูปแบบที่เป็นเอกสารทางวิชาการเป็นที่ยอมรับ
6. ผลงานวิจัยถูกนำไปใช้ในการต่อยอดเชิงพาณิชย์ในระบบอุตสาหกรรม และภาคธุรกิจต่างๆ เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหร.พระนคร ครั้งที่ 6

The 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2022

THE 6th ENGCON-RMUTP 2022

2th CALL FOR PAPERS

NEW FRONTIERS OF ENGINEERING SCIENCE TECHNOLOGY AND INNOVATION

"พรมแดนใหม่ของวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม"

27 พฤษภาคม 2565

ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหร.พระนคร (Online)

Keynote speaker

ขอเรียนเชิญ รับฟังการบรรยายพิเศษ (online)

ศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ชำสุวรรณ์
Prof. Yutana Kumsuwan, Ph.D
Professor of EE Department, Chiang Mai University

เรื่อง "พรมแดนใหม่ทางด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม"

สาขาบทความ

- วิศวกรรมไฟฟ้า
- วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
- วิศวกรรมเครื่องกล
- วิศวกรรมโยธา
- วิศวกรรมอุตสาหการ
- วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
- วิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์
- วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
- วิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
- วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ

อัตราค่าลงทะเบียน

อาจารย์ นักวิจัย	: ฟรี
บุคคลทั่วไป	: ฟรี
นิสิต และ นักศึกษา	: ฟรี

หมายเหตุ : ไม่มีค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการนำเสนอบทความ

กำหนดวันสำคัญ

ขยายเวลารับบทความ	7 พฤษภาคม 2565
ประกาศผลการพิจารณาบทความ	15 พฤษภาคม 2565
วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับสมบูรณ์	20 พฤษภาคม 2565
วันสุดท้ายของการลงทะเบียน	23 พฤษภาคม 2565
วันประชุมวิชาการ	27 พฤษภาคม 2565

รูปแบบบทความ : รูปแบบบทความเป็นภาษาไทย ความยาวไม่เกิน 4 หน้ากระดาษขนาด A4

การส่งบทความ : ลงทะเบียนการส่งบทความ และเลือกสาขาบทความและหัวข้อบทความผ่านระบบ https://easychair.org/conferences/?conf=engconrmutp2022

การเผยแพร่ : เล่มผลงานวิจัยจากการประชุมวิชาการ (Proceedings) รูปแบบไฟล์ PDF

รูปแบบการนำเสนอบทความ : วิธีการเข้าระบบการนำเสนอ ผ่านระบบ Google Meet ดูได้ที่นี่ https://www.facebook.com/ENGCON.RMUTP

ติดต่อสอบถามกำหนดการและรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่
ฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
โทรศัพท์ 02-835-3010 ต่อ 4112, 4113, 4118
www.eng.rmutp.ac.th E-mail : engcon8.rmutp@gmail.com

สมาคมศิษย์เก่า ช.อ.ลาดกระบังเหนือ

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Peer Review)

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

1.	ผศ.ดร.ปฏิภาณ	ถิ่นพระบาท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2.	ผศ.ดร.ประเสริฐ	วิโรจน์ชีวัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3.	ผศ.ดร.ภูภูมิ	พ่วงเจริญชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4.	ผศ.ว่าที่ ร.ต.ดร.ทรงวุฒิ	มงคลเลิศมณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5.	ผศ.กุลยศ	สุวันทโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
6.	ดร.ปฏิวัติ	คมวชิรกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7.	ดร.ศุภชัย	หลักคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8.	ดร.ประกอบ	ชาติภุกต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
9.	ดร.อนันต์	เต็มเปี่ยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
10.	ดร.จันทิมา	ริ้วลายเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
11.	ดร.ณทพร	จินดาประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
12.	ดร.กฤษณ์	อภิญญาวิศิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

1.	ผศ.ดร.พิษณุ	ทองขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2.	ผศ.ดร.สุธรรม	ศิวาวุธ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
3.	ผศ.ดร.ปริญญา	ศรีสัตยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
4.	ผศ.ดร.ภาณุเดช	แสงสีดำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
5.	ผศ.ดร.นุชรินทร์	ทิพยวรรณาการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
6.	ดร.ดาราวรรณ	วีรานันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7.	ดร.อิทธิพล	เนคมานุรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8.	ดร.วรุตม์	บุญภักดี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
9.	ดร.ดวงรัตน์	หิรัญญะสิริ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ (ต่อ)

10. ดร.สถาพร	สุริยันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
11. ดร.กชกร	วิรัชกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
12. ดร.วัชรพันธ์	สุขเกิด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
13. ดร.กฤษฎา	เหล็กดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

1. รศ.ดร.นัฐโชติ	รักไทยเจริญชีพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. รศ.ดร.ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3. ผศ.ดร.พูนศรี	วรรณการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4. ผศ.ดร.มนัส	บุญเทียรทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5. ผศ.ดร.ณัฐพงศ์	พันธุนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
6. ผศ.ดร.สาคร	วุฒิพัฒนพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7. ผศ.เวทรินทร์	ธัญสิประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8. ดร.พิสิษฐ์	สุวรรณภิงคาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
9. ดร.อานนท์	สิงห์เสถียร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
10. ดร.ธนารัตน์	ตันมณีประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

1. รศ.ดร.พิสิษฐ์	ลิ่วธนกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. ผศ.ดร. ยุทธนา	กันทะพะเยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
3. ผศ.ดร.อภิชฎา	ทองรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4. ผศ.ดร.สัญญา	คูณขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5. ผศ.ดร.ณัฏฐ์ชยธร	วัทธิกรสิริกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
6. ผศ.ปรีชา	มหาไม้	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
7. ผศ.กมลทิพย์	วัฒกีกำธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8. ผศ.ธนะกิจ	วัฒกีกำธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (ต่อ)

9.	รต.ดร.พลกฤษณ์	จริยตันติเวทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
10.	ดร.ฉัตรแก้ว	จริยตันติเวทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
11.	ดร.วิเชียร	อูปแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
12.	ดร.ปิยะภัทร	พ่วงศรี	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
13.	ดร.คชพงศ์	สุมานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
14.	ดร.อัญชลี	มโนสืบ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

1.	ผศ.ดร.วีระยุทธ	คุณรัตนสิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2.	ผศ.ดร.วีรวรรณ	จันทนะทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3.	ผศ.ดร.บุรัสกร	อยู่สุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4.	ผศ.ดร.อุไรวรรณ	อินทร์แหยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5.	ผศ.ดร.นงลักษณ์	พรมทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
6.	ดร.เกรียงไกร	เหลืองอำพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7.	ดร.ยุทธนา	สรวลสรรค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
8.	ดร.นริศรา	นาคเมธี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
9.	ดร.ศุวิล	ชมชัยยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
10.	ดร.วีณา	จันทร์รัชชกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ

1.	ดร.ชลากร	อุดรมรักษาสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2.	ดร.สิงห์แก้ว	ป๊อกเทิ่ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3.	ดร.คมพันธ์	ชมสมุทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4.	ดร.วัชร	ส่งเสริม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5.	ดร.สุกัญญา	เชิดชูงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
6.	อ.รุ่งโรจน์	สุพงษ์วิบูลพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

1.	ผศ.ดร.กฤษดา	เสือเอี่ยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2.	ผศ.ดร.สิทธิศักดิ์	แจ่มนาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3.	ผศ.สุนันท์	มนต์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4.	ผศ.จักรพันธ์	แสงสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5.	ดร.อรรครัฐ	ขุนวิทยา	กรมโยธาธิการและผังเมือง
6.	ดร.ขวัญชนก	อุนทะอ่อน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7.	ดร.พงศกร	พรมสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
8.	ดร. บูชิต	มาโห้	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์

1.	รศ.ประสงค์	ก้านแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2.	ผศ.ดร.พัตร์พิมล	สุวรรณกาญจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3.	ดร.ประเสริฐ	ชุมปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4.	ดร.โชคชัย	สิงห์หาธรรม	ศูนย์ฝึกอบรมและทดสอบงานเชื่อม

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ

1.	ศ.ดร.พิชัย	สดภิบาล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2.	รศ.ดร.ทรงวุฒิ	เอกวุฒิวงศา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3.	ผศ.ปริศนา	บุญศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
4.	อ.อาวุธ	ฉายศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5.	อ.วรัญชลีย์	ทวีชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

1.	ผศ.สหรัตน์	วงษ์ศรีษะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2.	ดร.ปริญญ์	บุญกนิษฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
3.	ดร.เทอดพงษ์	แดงสี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (ต่อ)

4.	ดร.สรสุธี	บัวพูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5.	ดร.สุวิทย์	แพงกันยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
6.	ดร.สะคราญ	สิชฌรังสี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
7.	อ.สุวัสส์	แพ่งธีระสุขมัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการจัดงาน

1. คณะกรรมการอำนวยการ

1.1 คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ)	ประธานกรรมการ
1.2 รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย (อ.ร.ต.ดร.พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์)	กรรมการ
1.3 รองคณบดีฝ่ายวางแผน (ผศ.เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ)	กรรมการ
1.4 รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา (อ.สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์)	กรรมการ
1.5 รองคณบดีฝ่ายบริหาร (อ.ดร.อัญชลี มโนสืบ)	กรรมการ
1.6 ผู้ช่วยคณบดีด้านกิจการนักศึกษา (อ.อรรถพล ช่วยค้ำชู)	กรรมการ
1.7 ผู้ช่วยคณบดีด้านวางแผน (ดร.อานนท์ สิงห์เสถียร)	กรรมการ
1.8 ผู้ช่วยคณบดีด้านบริหาร (ผศ.ดร.วีระยุทธ คุณรัตนสิริ)	กรรมการ
1.9 ผู้ช่วยคณบดีด้านวิชาการและวิจัย (อ.ประสิทธิ์ แพงเพชร)	กรรมการและเลขานุการ

2. คณะกรรมการดำเนินงาน

2.1 อ.ร.ต.ดร.พลกฤษณ์	จริยตันติเวทย์	ประธานกรรมการ
2.2 ผศ.ว่าที่ ร.ต.สุรสิทธิ์	ประกอบกิจ	กรรมการ
2.3 ผศ.สิทธิศักดิ์	วรดิษฐ์	กรรมการ
2.4 ผศ.สหรัตน์	วงษ์ศรีษะ	กรรมการ
2.5 อ.ประสิทธิ์	แพงเพชร	กรรมการ
2.6 อ. ดร.วัชร	ส่งเสริม	กรรมการ
2.7 อ.ดร.ประเสริฐ	ชุมปัญญา	กรรมการ
2.8 อ.ดร.คชพงศ์	สุมานนท์	กรรมการ
2.9 อ.กฤษณ์	อภิญญาวิศิษฐ์	กรรมการ
2.10 อ.ขวัญชนก	อุนทะอ่อน	กรรมการ
2.11 อ.สมพงษ์	เชื้อพระคา	กรรมการ
2.12 อ.อาวุธ	ฉายศิริ	กรรมการ
2.13 น.ส.สุภาภรณ์	ลาทุม	กรรมการ
2.14 นางวรรณรัฐ	คงสมบูรณ์	กรรมการ
2.15 นายธนพล	สวนลำใย	กรรมการ
2.16 อ.ดร.ฉัตรแก้ว	จริยตันติเวทย์	กรรมการและเลขานุการ

3. คณะกรรมการด้านประชาสัมพันธ์ บันทึกภาพ จัดทำเว็บไซต์และป้ายประกาศ

3.1 อ.ดร.ฉัตรแก้ว	จริยตันติเวทย์	ประธานกรรมการ
3.2 น.ส.อภิญญา	ชุมนุมมณี	กรรมการ
3.3 น.ส.กชรัตน์	ฉิมคล้าย	กรรมการ
3.4 นายสมยศ	แสงจันทร์	กรรมการและเลขานุการ

4. คณะกรรมการดำเนินงานด้านตรวจรูปแบบบทความและพิจารณาบทความ

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

4.1 ผศ.ดร.ภูภูมิ	พ่วงเจริญชัย
4.2 ผศ.ดร.ประเสริฐ	วิโรจน์ชีวัน
4.3 ผศ.ดร.ปฏิภาณ	ถิ่นพระบาท
4.4 ผศ.ว่าที่ ร.ต.ทรงวุฒิ	มงคลเลิศมณี
4.5 ผศ.กุลยศ	สุวันทโรจน์
4.6 อ.ดร.ปฏิวัติ	คมวชิรกุล
4.7 อ.ดร.ศุภชัย	หลักคำ
4.8 อ.ดร.จันทิมา	ริ้วลายเงิน
4.9 อ.ดร.ณทพร	จินดาประเสริฐ
4.10 อ.ดร.อนันต์	เต็มเปี่ยม
4.11 อ.ดร.ประกอบ	ชาติภุกต์
4.12 อ.ดร.กฤษณ์	อภิญญาวิศิษฐ์

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

4.13 ผศ.ดร.พิษณุ	ทองขาว
4.14 อ.ดร.อิทธิพล	เนคมานรักษ์
4.15 อ.ดร.วัชรพันธ์	สุขเกิด
4.16 อ.ดร.กชกร	วิรัชกุล
4.17 อ.ดร.สถาพร	สุริยันต์
4.18 อ.ดร.ดาราวรรณ	วีรานันต์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

4.19 รศ.ดร.นัฐโชติ	รักไทยเจริญชีพ
4.20 รศ.ดร.ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว
4.21 ผศ.ดร.ณัฐพงศ์	พันธุนะ

4. คณะกรรมการดำเนินงานด้านตรวจรูปแบบบทความและพิจารณาบทความ (ต่อ)

4.22 ผศ.ดร.สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์
4.23 ผศ.ดร.พูนศรี วรรณการ
4.24 ผศ.ดร.มนัส บุญเทียรทอง
4.25 ผศ.เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ
4.26 อ.ดร.พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร
4.27 อ.ดร.ธนารัตน์ ตันมณีประเสริฐ
4.28 อ.ดร.อานนท์ สิงห์เสถียร

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

4.29 ผศ.ดร.อภิชฎา ทองรักษ์
4.30 ผศ.ดร.สัญญา คูณขาว
4.31 ผศ.ดร.ณัฏฐ์ชยธร วัทธิกรสิริกุล
4.32 ผศ.กมลทิพย์ วัฒกีกำธร
4.33 ผศ.ธนะกิจ วัฒกีกำธร
4.34 อ.ดร.คชพงศ์ สุมานนท์
4.35 อ.ดร.อัญชลี มโนสืบ
4.36 อ.ดร.ฉัตรแก้ว จริยตันติเวทย์
4.37 อ.ร.ต.ดร.พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

4.38 ผศ.ดร.วีระยุทธ คุณรัตนสิริ
4.39 ผศ.ดร.บุรัสกร อยู่สุข
4.40 อ.ดร.เกรียงไกร เหลืองอำพล
4.41 อ.ดร.ยุทธนา สรวลสรรค์

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ

4.42 อ.ชลากร อุดมรักษาสกุล
4.43 อ.ดร.สิงห์แก้ว ป๊อกเทิ่ง
4.44 อ.คมพันธ์ ชมสมุทร
4.45 อ.ดร.สุกัญญา เชิดชูงาม
4.46 อ.ดร.วัชร ส่งเสริม
4.47 อ.รุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลพันธ์

4. คณะกรรมการดำเนินงานด้านตรวจรูปแบบบทความและพิจารณาบทความ (ต่อ)

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

4.48 ผศ.ดร.กฤษดา เสือเอี่ยม

4.49 ผศ.จักรพันธ์ แสงสุวรรณ

4.50 ผศ.สุนันท์ มนต์แก้ว

4.51 อ.ดร.บูชิต มาโห้

4.52 อ.ดร.ขวัญชนก อุนทะอ่อน

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์

4.53 รศ.ประสงค์ ก้านแก้ว

4.54 อ.ดร.ประเสริฐ ชุมปัญญา

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ

4.55 ผศ.ปริศนา บุญศักดิ์

4.56 อ.อาวุธ ฉายศิริ

4.57 อ.วรัญชลีย์ ทวีชัย

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการเพื่อความยั่งยืน

4.58 ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ

4.59 อ.ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ

4.60 อ.ดร.เทอดพงษ์ แดงสี

4.61 อ.ดร.สรสุธี บัวพูล

4.62 อ.สุวัสส์ แพ่งธีระสุขมัย

4.63 อ.ดร.สะคราญ สิชฌรังษี

4.63 อ.ดร.สุวิทย์ แพงกันยา

5. คณะกรรมการจัดทำเล่มบทความ และประกาศนียบัตร

5.1 อ.ร.ต.ดร.พลกฤษณ์	จริยตันติเวทย์	ประธานกรรมการ
5.2 นายธนพล	สวนลำใย	กรรมการ
5.3 น.ส.สาวิตรี	อยู่อ่วม	กรรมการ
5.4 นายสมยศ	แสงจันทร์	กรรมการ
5.5 อ.ดร.ฉัตรแก้ว	จริยตันติเวทย์	กรรมการและเลขานุการ

6. คณะกรรมการด้านสถานที่

6.1 ผศ.ธนะกิจ	วัฒกีกำธร	ประธานกรรมการ
6.2 นายปรีชา	ลิ้มเจริญ	กรรมการ
6.3 นางกัลยา	แก้วทอง	กรรมการ
6.4 นายปิยะ	พิทักษ์โกมลเสน	กรรมการ
6.5 ผศ.กมลทิพย์	วัฒกีกำธร	กรรมการและเลขานุการ

7. คณะกรรมการด้านอาหารและของที่ระลึก

7.1 น.ส.สุภาภรณ์	ลาทุม	ประธานกรรมการ
7.2 น.ส.พรศิริ	ยงสวัสดิ์	กรรมการ
7.3 น.ส.ศิริกุล	ภู่จำนงค์	กรรมการ
7.4 น.ส.เบญจพร	แสงเงิน	กรรมการ
7.5 นางวรรณรัฐ	คงสมบูรณ์	กรรมการและเลขานุการ

8. คณะกรรมการด้านงานทะเบียนและต้อนรับ

8.1 อ.ประสิทธิ์	แพงเพชร	ประธานกรรมการ
8.2 น.ส.สาวิตรี	อยู่อ่วม	กรรมการ
8.3 นายอานนท์	จำเริญพัฒน์	กรรมการ
8.4 น.ส.ชนิดา	บุญรอด	กรรมการ
8.5 น.ส.ณัฏฐ์ณนันท์	ประกอบแก้ว	กรรมการ
8.6 น.ส.สิริขวัญ	ชาวบัวใหญ่	กรรมการ
8.7 นางสุกัญญา	พินิจเวชการ	กรรมการ
8.8 น.ส.จันทร์เพ็ญ	คำภูมี	กรรมการและเลขานุการ

9. คณะกรรมการด้านการเงิน

9.1 อ.อาจารย์ ดร.อัญชลี	มโนสืบ	ประธานกรรมการ
9.2 น.ส.ปริยะดา	ตระกูลอ่ำ	กรรมการ
9.3 นางศรัญญา	พิริยประเสริฐ	กรรมการ
9.4 น.ส.วนรัตน์	มุกนนท์	กรรมการ
9.5 นางธัชมนตร์	กรวิจิตรสิงห์	กรรมการ

9. คณะกรรมการด้านการเงิน (ต่อ)

9.6	น.ส.ธีร์นานา	การุณย์นวสิริ	กรรมการ
9.7	น.ส.กมลวรรณ	อาชวอาชานกุล	กรรมการ
9.8	น.ส.ปลื้มจิตต์	นราภิรมย์ขวัญ	กรรมการ
9.9	นางจุไรภรณ์	กิริติยกุลย์	กรรมการ
9.10	ผศ.ดร.สัญญา	คูณขาว	กรรมการและเลขานุการ

10. คณะกรรมการด้านพิธีกร พิธีการ

10.1	น.ส.สาวิตรี	อยู่อ่วม	ประธานกรรมการ

11. คณะกรรมการด้านจัดทำหนังสือราชการ

11.1	นางภัครัตน์	เชื้อนเคนทร์	ประธานกรรมการ
11.2	น.ส.กชพร	ลี้ไพบูลย์	กรรมการ
11.3	น.ส.สุกัลยา	ขำทัศน์	กรรมการ
11.4	น.ส.สุภาพร	มีสาตร์	กรรมการและเลขานุการ

12. คณะกรรมการด้านประเมินผล

12.1	อ.ประสิทธิ์	แพงเพชร	ประธานกรรมการ
12.2	น.ส.สาวิตรี	อยู่อ่วม	กรรมการ
12.3	นายอานนท์	จำเริญพัฒน์	กรรมการ
12.4	นายธนพล	สวนลำใย	กรรมการและเลขานุการ

หน่วยงานที่ส่งบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการ

ลำดับ	ชื่อหน่วยงาน	จำนวนบทความ
1	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	42
2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	6
3	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	1
4	มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี	1
5	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี	1
6	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	1
7	มหาวิทยาลัยศิลปากร	1
8	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	2
9	มหาวิทยาลัยราชภัฏวลัยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์	1
10	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์	1
11	กองบินตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ	1
	รวม	58 บทความ

จำนวนบทความวิจัย

บทความวิจัย	58 บทความ
สาขาวิศวกรรมโยธา (CE)	9 บทความ
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (EE)	3 บทความ
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล (ME)	11 บทความ
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ (IE)	12 บทความ
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (CP)	1 บทความ
สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ฯ (MT)	6 บทความ
สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ (JM)	3 บทความ
สาขาวิศวกรรมการจัดการเพื่อความยั่งยืน (IM)	6 บทความ
สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ (TD)	5 บทความ
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (ET)	2 บทความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
RMUTP FACULTY OF ENGINEERING

กำหนดการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

(The 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology 2022)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันศุกร์ ที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2565									
08.30 - 08.45 น.	การล็อกอินเข้าสู่ระบบห้องประชุม https://meet.google.com/xre-yoti-uhq								
08.45 - 9.00 น.	พิธีเปิดการประชุมวิชาการ โดย อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร								
9.00 - 10.00 น.	บรรยายพิเศษ เรื่อง พรมแดนใหม่ทางด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม โดย ศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา ขำสุวรรณ์								
10.00 - 12.00 น.	การแบ่งกลุ่มเข้าสู่ระบบห้องประชุมย่อย นำเสนอ ตามสาขาบทความ								
ห้องออนไลน์	https://meet.google.com/rcx-ezkm-ygr	https://meet.google.com/ghp-uwzv-zaw	https://meet.google.com/nyu-gzhu-ohd	https://meet.google.com/ing-knoz-uii	https://meet.google.com/ntu-spek-sis	https://meet.google.com/nkm-qpoi-hnu	https://meet.google.com/ncw-ouqm-dpt	https://meet.google.com/vii-qxta-bxd	https://meet.google.com/hfc-wqpx-cmg
กลุ่มสาขาบทความ	ME	EE	CP , ET	CE	IM	IE	TD	JM	MT
10.00 - 12.00 น.	ME01-ME06	EE01-EE04	CP01-CP02 , ET01-ET02	CE01-CE06	IM01-IM06	IE01-IE06	TD01-TD05	JM01-JM03	MT01-MT06
ประธาน	ผศ.ดร.ภูฎมิ พ่วงเจริญชัย	ผศ.ดร.สุรเชษฐ เดชพุ้ง	ดร.เกรียงไกร เหลืองอำพล , รศ.ดร.ศิลิษฐ์ อี่สนกุล	ผศ.ดร.กฤษดา เสือเอี่ยม	ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ	ผศ.ดร.พิษณุ ทองขาว	รศ.ประสงค์ ก้านแก้ว	อ.อาวุธ ฉายศิริ	อ.ดร.ชลากร อุดรมรักษาสกุล
รองประธาน	อาจารย์ ดร.ปฏิวัติ คมวชิรกุล	ผศ.สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ	ดร.ยุทธนา สรวลสรวค์ ,ดร.อัครเดช จรัลดิศิเวทย์	อ.ดร.บูชิต มาไห้	อ.ดร.ปริญญ์ บุญกมิษฐ	อ.ดร.อิทธิพล เนคมานุรักษ์	อ.ดร.ประเสริฐ ชุมปัญญา	อ.วรัญชลีย์ ทรีชัย	อ.รุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลพันธ์
12.00 - 13.00 น.	พัก - รับประทานอาหารกลางวัน								
ห้องออนไลน์	https://meet.google.com/rcx-ezkm-ygr			https://meet.google.com/ing-knoz-uii		https://meet.google.com/nkm-qpoi-hnu			
กลุ่มสาขาบทความ	ME			CE		IE			
13.00 - 16.30 น.	ME07-ME12			CE07-CE09		IE07-IE012			
ประธาน	ผศ.ดร.ภูฎมิ พ่วงเจริญชัย			ผศ.ดร.กฤษดา เสือเอี่ยม		ผศ.ดร.พิษณุ ทองขาว			
รองประธาน	อาจารย์ ดร.ปฏิวัติ คมวชิรกุล			อ.ดร.บูชิต มาไห้		อ.ดร.อิทธิพล เนคมานุรักษ์			

สารบัญ

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล		
ME01	ผลของปริมาณกลีเซอรีนต่อสมบัติของฟิล์มจากเปลือกทุเรียน *กมลทิพย์ คำมูล ดวงฤทัย ชาติศรี ศศิธร แก้วมาลา อาภาภรณ์ จอมหล้าพีรติกุล เดชาวัต มั่นกลาง และ ประยูร จอมหล้าพีรติกุล*	1
ME02	การพัฒนาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ *ชาญฉจิต วรรณนุรักษ์*	5
ME03	การจำลองค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง *ปิติ ขันโพธิ์ ปฏิวัติ คมวชิรกุล กฤษณ์ อภิญญาวิศิษฐ์ และ ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย*	9
ME04	การศึกษาและออกแบบชุดเครื่องชั่งสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษา *กฤษฎา เบ้าทอง, ธีรพันธ์ เชื้อกสิการ, วีรวิชญ์ ทรงไชยทินวัฒน์ และ วิชยา อาภาเวท*	13
ME05	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายความดันในกะโหลกศีรษะด้วยวิธี Non-Invasive โดยอาศัยความดันในลูกตา ความดันเลือดไปเลี้ยงสมอง และ ความดันโลหิตเฉลี่ย *กฤชนันท์ เจริญสุข และ อุทัย อึ๋งเจริญ*	17
ME06	การสร้างแบบจำลอง และออกแบบตัวควบคุมสำหรับ Aero-Pendulum โดยใช้ตัวควบคุม Proportional–Integral–Derivative และ Sliding-mode *ครรชิต ภาวนานนท์ และ กฤชนันท์ เจริญสุข*	23
ME08	การออกแบบระบบบังคับเลี้ยวสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษา *สถาพร วันนาพ่อ ธีรวัติ อินทร์เฉลิม วรรณธิดา แซ่ล้อ อัษฎา วงษ์ยอด และ ณัฏฐกิตติ์ ฤทธิ์ทอง*	28
ME09	ตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ *อานนท์ ดีอุดม อนันต์ เต็มเปี่ยม ปฏิวัติ คมวชิรกุล พิเชษฐ์ บุญญาลัย ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท และ ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย*	32
ME10	การตรวจสอบเครื่องยนต์ สำหรับอากาศยานปีกหมุน โดยเครื่องตรวจสอบสภาพภายในอากาศยาน *วุฒิชัย เหมาะใจ ภัคจิรา จีนประชา และ ปิยธิดา โกมลวรรธนะ*	36
ME11	การศึกษาทดลองผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของอนุภาคในระบบกระแสชน *ปริญ ศรีแสง ปฏิวิติ คมวชิรกุล อนันต์ เต็มเปี่ยม และ พลรัชต์ บุญมี*	40

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล		
ME12	เครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมควบคุมด้วยอาดุยโน่ *ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท ณทพร จินดาประเสริฐ และ พีรสิชณ์ ชฎาธร*	44
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า		
EE01	จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบออนกริด *พูนศรี วรรณการ นัฐวีย์ ประภาศรีวรกุล ธีระ ทองคต ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว นเรศ ชลังสุทธิ และ นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ*	48
EE02	จักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ *พูนศรี วรรณการ นิธิศ ชูช่วย อธิชา การถวิล จิรภัทร์ หฐิ่มฉ่ำ พนา ดุสิตากร มนัส บุญเทียรทอง สุรเชษฐ เดชฟุ้ง และ สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์*	52
EE04	การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ดุลยภาพด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ *ครรชิต ภาวนานนท์ และ กฤชนันท์ เจริญสุข*	56
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
CP01	การนำเสนอข้อมูลมหาวิทยาลัยไทยด้วยแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ *สุทธิดา แซ่เอ้ง พิชญา สุขสุด วราภรณ์ มาพิลอม และ วีรวรรณ จันทนะทรัพย์*	61
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม		
ET01	เครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น *กมลทิพย์ วัฒกีกำธร ธนะกิจ วัฒกีกำธร สิรวิชญ์ ไชยสิงห์ทอง และภาสกร วรรณชะนะ*	65
ET02	การออกแบบและสร้างจักรยานไฟฟ้าเก็บประจุด้วยแผงโซลาร์แบบโค้งงอ *พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์ ฉัตรแก้ว จริยตันติเวทย์ คชพงศ์ สุมานนท์ และ อัญชลี มโนสืบ*	69
สาขาวิศวกรรมโยธา		
CE01	ความสามารถในการไหลและกำลังอัดของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเอง ผสมร่วมแคลเซียมคาร์บอเนต ฝุ่นผงแกรนิตและกะลาปาล์ม *พงศกร พรมสวัสดิ์ พิชญ์ธิดา จิตตมาโร สิทธิศักดิ์ แจ่มนาม เฉลิมพล ไชยแก้ว พัชรียา ไชยแก้ว บูชิต มาโห้ ธนพัฒน์ น้ำจันทร์ ณัชพงศ์พล คงชะสิงห์ และ กฤษดา เสือเอี่ยม*	73
CE02	การศึกษาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยสับปะรดที่ถูกปรับปรุงแล้วและมอร์ต้าร์ *อนุรักษ์ เทพกรณ์ จักรพันธ์ แสงสุวรรณและ บูชิต มาโห้*	78
CE03	การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายวัสดุและอุปกรณ์สำหรับป้องกันอุบัติเหตุตกที่สูงจากช่องเปิดของอาคาร *ทองพูล ทาสีเพชร ศรีสุดา จันศิริ ยุทธณา คงจีน ศุภประดิษฐ์ มาสงค์ สมบูรณ์ พันเลิศจานรรจ์ ชินภัทร์ ชัยโชติกุลชัย และ กฤษดา เสือเอี่ยม*	83

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
สาขาวิศวกรรมโยธา		
CE04	ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร *ธนกฤต จารุศิลปางกูร สถาพร ลือรุ่งรัตน์วุฒิ สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ ณัชพงศ์พล คงชะสิงห์ และ กฤษดา เสือเอี่ยม*	88
CE05	การศึกษาใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ในการถอดปริมาณงานก่อสร้าง : กรณีศึกษาบ้านพักอาศัยชั้นเดียว *ชุดารัตน์ จอมทอง กฤษดา เสือเอี่ยม ขวัญชนก อุนทะอ่อน สิทธิศักดิ์ แจ่มนาม บูชิต มาโห้ เฉลิมพล ไชยแก้ว พัชรียา ไชยแก้ว ธนภรณ์ สันหมุด พีรดา แสงฟุ้ง และ ธนพัฒน์ น้ำจันทร์*	93
CE06	การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลสำหรับโครงการก่อสร้าง *ทองพูล ทาสีเพชร ศรีสุดา จันศิริ ยุทธณา คงจีน ศุภประดิษฐ์ มาสงค์ ชาคริต ศรีสุวรรณรัตน์ วิมรรศนา ณ สงขลา และ กฤษดา เสือเอี่ยม*	98
CE07	การพัฒนาผลิตภัณฑ์วงกบจากวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกในอุตสาหกรรมก่อสร้าง *นิโรจน์ เงินพรหม*	103
CE08	การศึกษาแนวโน้มความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร *ขวัญชนก อุนทะอ่อน ธนพัฒน์ น้ำจันทร์ วิมรรศนา ณ สงขลา ชัชพงศ์ แซ่เอียบ ศิรินันท์ สีวัด และ นันทภัทค์ ลิ้มไพบูลย์*	107
CE09	การพัฒนาคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าจากเศษขยะพลาสติกชุมชน *อภิวิชญ์ พูลสง ศรีสุดา จันศิริ ยุทธณา คงจีน ศุภประดิษฐ์ มาสงค์ บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ กฤษดา เสือเอี่ยม*	111
สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน		
IM01	การกำจัดฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ชนิดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยน้ำหมักกระเทียม *ดวงฤทัย นิคมรัฐ*	116
IM02	บรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพคตินจากเปลือกส้มโอสำหรับรักษาอาหารแห้งเพื่ออุตสาหกรรมครัวเรือน *ดวงฤทัย นิคมรัฐ ภัทริกา สูงสมบัติ ณัฐชมัย ลักษณ์อานวยพร นภัสสร เพชรธารงกุล เจนนิษา เฟื่องชูนุช ศุมาลี กลิ่นพิมล นิภาพร ปัญญา และ ภภัสสร สิงหธรรม*	121

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน		
IM03	การออกแบบผังคลังสินค้าโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ บริษัทกรณีศึกษา *พัฒนเดช ชื่นฉันทวงศ์ ธีรณัฐ พิพัฒน์ชลธี กิตติชัย อธิกุลรัตน์ และ อิทธิพล เนคมานุรักษ์*	126
IM04	การพัฒนาเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ *โอฬาร กาญจนเจริญนนท์ อภิรัตน์ แวแข สุริวัฒน์ เพิ่มลาภ สรสุธี บัวพูล ศิวรุตม์ จุลพรหม และ สมเดช อิงคะวะระ*	130
IM05	การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา บริษัทรับเหมาก่อสร้างไทย *เมธี สุรวิทย์ และ สรสุธี บัวพูล*	134
IM06	การพัฒนาระบบการแจ้งเตือนค่าpHของสารละลายผ่านสมาร์ทโฟนในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ *ชลสิทธิ์ นิลสดใส พัฒนพงษ์ เนื่องสุนัย สะคราญ สิชฌรังสี และ สุวิทย์ แพงกันยา*	138
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ		
IE01	การพัฒนาศักยภาพของวิศวกรระดับหัวหน้างานด้วยระบบบริหารคุณภาพ *กฤชกร อรุณสวัสดิ์ เลิศเลขา ศรีรัตนะ นันท์นภัสร อินยิ้ม และ บุญธรรม หาญพานิชย์*	142
IE02	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อของเสียในกระบวนการผลิตขวดน้ำดื่ม กรณีศึกษา : ห้างหุ้นส่วนจากัด ฮาซานีย์ *อาร์ฟีฟะห์ มะลิดง นูรีดา สุหลง นัตพงศ์ โชติพันธ์ และ อาเฟนดี ท่าสอน*	146
IE03	การศึกษาของเสียจากกากคอนกรีตเพื่อมาผลิตแผ่นพื้น ในกรณีศึกษา บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) *วัลลภ ภูผา รัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ เบญจมาศ แก้วยงกฎ และ อรัญญา พันธ์วิชัย*	150
IE04	การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนผลิตกรณี ศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางการเกษตร *กมลทิพย์ น้อยโฮม สุภาพร สมุทรจินดา พิษณุ ทองขาว และ พรพิศ ศิริมา*	154
IE05	การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยการประยุกต์แนวคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า กรณีศึกษา : โรงงานผลิตอุปกรณ์ควบคุมการผลิตอัตโนมัติ *กชกร วิรัชกุล วัชรพันธ์ สุขเกิด และ สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์*	159
IE06	การจำลองสถานการณ์สำหรับปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกองในจังหวัดนราธิวาส *นูรียะ หะยีเจ๊ะมะ อิมราม อิบราเฮง ต่วนอัรฟาน รอยา ชาญยุทธ ตระกูลสรณคมน์ และ นัตพงศ์ โชติพันธ์*	163

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ		
IE07	การเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมระบบสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท เอเจ ฟรุ๊ต อินเตอร์เทรด จำกัด *ธรรมวิชช์ ประเสริฐ วันชัย ลีลากวีวงศ์ และ รัตนา ยียง*	167
IE08	การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย *อรวิกา ศรีทอง*	171
IE09	การเพิ่มประสิทธิภาพกระบงนการผลิตประกับราง : กรณีศึกษา บริษัท ผลิตอุปกรณ์รางรถไฟ *ณิชากานต์ นามเมือง นิลาวรรณ พันธ์ประชา กิตติชัย อธิกุลรัตน์ และ อิทธิพล เนคมานุรักษ์*	175
IE10	การคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบสำหรับปัญหาสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่นกรณีสินค้าหนึ่งชนิด โดยใช้กำหนดการเชิงเส้น *สถาพร สุริยันต์ อิทธิพล เนคมานุรักษ์ และ ดาราวรรณ วีรานันต์*	179
IE11	การศึกษาการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานเพื่อลดต้นทุน กรณีศึกษา:บริษัทผลิตชิ้นส่วนประกอบของท่อไอเสียรถยนต์ *จุฑาธิป มีความสุข สุรีวัลย์ สามารถ และ พิษณุ ทองขาว*	183
IE12	การศึกษาการทำถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง *ปรียา แสงเจริญ นวรัตน์ งามวงษ์ และ สมพงษ์ เชื้อพระคา*	188
สาขาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์		
TD01	การศึกษาค่าความเครียดจากกระบวนการม้วนขอบบานพับประตู *อัครเวช ศุภาคม เกียรติภูมิ ช่วยงาน ธีรัช สงพันธ์ และ ประภาภรณ์ ลอยนอก*	192
TD02	การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์ด้วยเทคนิคการใช้โปรแกรมจำลอง *ประเสริฐ ชุมปัญญา นิติภูมิ ผลาผล และ เพชรรัตน์ อ่วมเหล็ง*	169
TD03	การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์ด้วยเทคนิคการใช้โปรแกรมจำลองพลาสติกชนิดอะคริโลไนไตร บิวทาไดอิน สไตรลีน (ABS) *ประเสริฐ ชุมปัญญา อัครเวช ศุภาคม นิติภูมิ ผลาผล และ พชรรัตน์ อ่วมเหล็ง*	200
TD04	การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์ด้วยเทคนิคการใช้โปรแกรมจำลองพลาสติกชนิดโพลีสไตรลีน (PS) *ประเสริฐ ชุมปัญญา นิติภูมิ ผลาผล และ เพชรรัตน์ อ่วมเหล็ง*	204
TD05	ทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึงและแรงกระแทกของพลาสติกโพลีโพรพีลีน *ประสงค์ ก้านแก้ว ธวัชชัย ชาติตำนาญ และ จักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง*	208

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ		
JM01	การศึกษาและพัฒนาชุดเครื่องประดับเพื่ออนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่น จังหวัดราชบุรี *ธีรวัฒน์ แม้นด้วง ภูริญาณ โพธากุล อรดา เดชกิจ และ กรีฑา สิงห์สมบูรณ์*	212
JM02	การศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้จังหวัดสุรินทร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย *วรัญชลีย์ ทวีชัย อรปรียา วรศรัญยู และ ศิริวรรณ แซ่หลี*	216
JM03	Crescent เครื่องประดับแห่งรัตติกาลเทคนิคงานถมร่วมสมัย *จินต์จิ สหรัตนพันธ์ ปริศนา บุญศักดิ์ และ วิเชียร มหาวัน*	220
สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ		
MT01	การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิสำหรับการหมักเมล็ดโกโก้ *ธัญญารัตน์ หมอกมีชัย ภัณฑิรา เพ่งพิศ สุภาพร พิมบูล สิงห์แก้ว ป๊อกเทิ่ง และ สุกัญญา เชิดชูงาม*	224
MT02	ระบบติดตามและเก็บข้อมูลสำหรับรถตู้บรรทุกน้ำแข็ง *กำพล นนแก้ว พีรพงษ์ พิมพ์อูบ และ จิระพล ศรีเสริฐผล*	229
MT03	การออกแบบและพัฒนาระบบจับชิ้นงานสำหรับหุ่นยนต์ *ชนิสร เจค๊อป ศิริศักดิ์ โตสวาล คมพันธ์ ชมสมุทร และ รุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลพันธ์*	233
MT04	การพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต *ฤทธิเกียรติ คำแสน ธีรภัทร แววพิลา อธิวัฒน์ เศรษฐนากรณ ประสิทธิ์ แพงเพชร และ ชลากร อุดมรักษาสกุล*	237
MT05	ระบบตรวจสอบข้อมูลการทำงานเครื่องจักรการเกษตร กรณีศึกษาเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ *นำโชค ชมกระโทก และ นที ทองอุ่น*	241
MT06	การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการเพื่อลดเวลาสูญเปล่า กรณีศึกษากระบวนการเลเซอร์มาร์คกิ้ง *พิษณุ จันดี ภานุพงศ์ กลมสัมฤทธิ์ และ สุกัญญา เชิดชูงาม*	245

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ผลของปริมาณกลีเซอรีนต่อสมบัติของฟิล์มจากเปลือกทุเรียน

Effect of glycerin content on film properties of Durian peel

กมลทิพย์ คำมูล ดวงฤทัย ชาติศรี ศศิธร แก้วมาลา อาภาภรณ์ จอมหล้าพีรติกุล เดชาวัต มั่นกลาง และประยูร จอมหล้าพีรติกุล*

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหารและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น ประเทศไทย 40000

*Corresponding author: prayoon.jo@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรีนเป็นพลาสติไซเซอร์ต่อสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และเชิงกลของแผ่นฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน โดยจะเตรียมฟิล์มที่มีความเข้มข้นของกลีเซอรีนที่แตกต่างกัน ที่ปริมาณ 3,6 และ9กรัม ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มโดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพแผ่นฟิล์มมีความหนาอยู่ระหว่าง 0.14-0.18 มิลลิเมตร ค่าความหนา ความใส และความชื้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณกลีเซอรีนที่เพิ่มขึ้น คุณสมบัติทางเคมีพบว่าความสามารถในการละลายและการซึมผ่านก็มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีเซอรีนที่เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันคุณสมบัติเชิงกลค่าความต้านทานแรงดึงจะเพิ่มมากขึ้น ค่า Corrected Extension จะลดลงตามปริมาณกลีเซอรีนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรีนมีคุณสมบัติเป็นพลาสติกไซเซอร์แทรกอยู่ระหว่างสายโซ่โมเลกุลอะไมโลส ลดการคืนตัวของแป้ง ดูดน้ำ ทำให้เกิดแรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลงเพิ่มความยืดหยุ่นให้แผ่นฟิล์ม

คำสำคัญ : ฟิล์มแป้งเปลือกทุเรียน คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล กลีเซอรีน ฟิล์มชีวภาพ

Abstract

The objective of this research was to study the effect of glycerin as plasticizers on physical, chemical and mechanical properties of Durian peel starch film. Films with different concentrations of glycerin were prepared at 3,6 and 9 g. The film was formed by drying at 40 °C for 24 hr. It was found that the physical properties of the film thickness were between 0.14-0.18 millimeters, the thickness, transparency and moisture content increased with increasing glycerin content. The chemical properties showed that solubility and permeability increased with increasing glycerin content. At the same time, the tensile strength of the mechanical properties increases, the corrected extension decreases with the increase of glycerin content. Because glycerin is a plasticizer, it is inserted between the Amylose molecular chain. Reduce the recovery of starch, absorb water, causing the intermolecular forces of the polymer chains to be close together, weakening, increasing the flexibility of the film.

Keywords : durian shell film , physical and mechanical properties , glycerin , biofilm

1.บทนำ

ปัจจุบันปัญหาเรื่องการจัดการขยะถือเป็นหนึ่งปัญหาที่สำคัญระดับ อีกทั้งปริมาณการใช้พลาสติกของแต่ละปียังมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนใหญ่แล้วพลาสติกนั้นจะย่อยสลายในธรรมชาติได้ยาก และใช้ระยะเวลานานมากในการย่อยสลาย หลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยพยายามหาวัสดุย่อยสลายได้มาทดแทนวัสดุสังเคราะห์ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ดังนั้นการใช้ฟิล์มที่ย่อยสลายได้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดปัญหาขยะในสิ่งแวดล้อมได้ดี (ศิริพร เต็งรัง กนกศักดิ์ ลอยเลิศ และวิมลวรรณ วัฒนวิจิตร 2555)

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีปริมาณการบริโภคสูงทั้งในรูปของผลสดและแปรรูปจำนวนมากในลักษณะทุเรียนทอดกรอบ และทุเรียนกวน ซึ่งนอกจากส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนมากแล้ว ยังมีการบริโภคภายในประเทศอีก จึงทำให้มีเปลือกทุเรียนถูกทิ้งเป็นกองขยะจำนวนมากในแต่ละปี และสร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งเปลือกทุเรียนและศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรีนในการทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ต่อสมบัติ

ทางกายภาพทางเคมี และทางกล ของฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งทุเรียน

วิธีการดำเนินงาน

1.การเตรียมแป้งจากเปลือกทุเรียน นำเปลือกทุเรียนที่ปอกส่วนที่เป็นหนามออกมาล้างทำความสะอาดแล้วหั่นเป็นชิ้นๆ จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้ง และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นพักไว้ให้เย็นและทำการบดด้วยเครื่องปั่นละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 500 μm และ 250 μm ตามลำดับ จะได้แป้งจากเปลือกทุเรียน

2.การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน เตรียมแป้งจากเปลือกทุเรียน และส่วนผสมต่างๆ มาชั่งน้ำหนัก โดยละลายโซเดียม อัลจิเนต 3 กรัม ในน้ำร้อน 400 กรัม ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทันทีที่เติมโซเดียมอัลจิเนตลงในน้ำร้อนให้ทำการลดอุณหภูมิให้เหลือ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นกวนโดยใช้เครื่องกวนสารด้วยแท่งแม่เหล็กแบบให้ความร้อน แล้วนำแป้งจากเปลือกทุเรียนลงไปผสม 10 กรัม และกวนนาน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเติมไซลิทอล 1 กรัม และกลีเซอรีนที่ปริมาณ 3 ระดับ ได้แก่ 3, 6 และ 9 กรัม ตามลำดับ กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันอีก 30 นาที ขึ้นรูปโดยการเทสารละลายน้ำแป้ง 60 กรัม ลงบนถาดอะคริลิคใสขนาด 16.3 x 24.6 x 2.9 เซนติเมตร อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นลอกแผ่นฟิล์มออกจากแม่พิมพ์ (รูปที่ 1ข) และเก็บไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอทำการทดสอบต่อไป

2.ทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม

2.1 ทดสอบความหนา วัดความหนาของฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยหาค่าเฉลี่ยของการวัดทั้งหมด 3 จุด

2.2 ทดสอบค่าสี โดยวิธีการของ Li and Lee (1996) วัดค่าสีของฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Flex Z2, ญี่ปุ่น) แสดงเป็นค่า L* (ความสว่าง 0 หมายถึง สีดำ และ 100 หมายถึงขาว) a* (ค่าสีแดง-เขียว +a* หมายถึง สีแดง และ -a* หมายถึง สีเขียว) และ b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน +b* หมายถึง สีเหลือง -b* หมายถึง สีน้ำเงิน)

2.3 การหาความชื้น ทำการทดสอบความชื้นของแผ่นฟิล์มโดยเครื่องวัดความชื้น Moisture Analyzers รุ่น MX-50 ใช้แผ่นฟิล์มตัวอย่างตัดเป็นชิ้นเล็กๆ 2 กรัม ตั้งอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

2.4 ทดสอบการละลายน้ำ (Water solubility) ดัดแปลงจากวิธีการของ กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์ และอดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2001) โดยนำแผ่นฟิล์มขนาด 50 × 50 มิลลิเมตร นำไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก (W_1) แล้วนำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยกวนด้วยแท่งกวนแม่เหล็ก (magnetic stirrer) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4 ที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว (a_1) จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง (a_2) บันทึกผลและคำนวณ ดังนี้

$$\%\text{Water solubility} = \frac{w_1-(a_2-a_1)}{w_1} \times 100$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของแผ่นฟิล์ม (กรัม)

a_1 = น้ำหนักของกระดาษกรองก่อนอบ (กรัม)

a_2 = น้ำหนักของกระดาษกรองหลังอบ (กรัม)

5. ทดสอบการซึมผ่านไอน้ำ ทดสอบตามวิธีของ วิชชรา บัวชุม (2545) โดยการนำแผ่นฟิล์มที่ตัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร โดยตัวอย่างต้องปราศจากรอยพับ ขีด รูรั่วที่มองเห็นได้ นำไปปิดปากถ้วยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร และสูง 5.8 เซนติเมตร ที่บรรจุด้วยน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด และนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (desiccator) ที่บรรจุด้วยซิลิกาเจล บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเมื่อครบ 24 ชั่วโมง และทำการทดลอง 3 ซ้ำ ค่าที่ได้นำมาคำนวณหาค่าการซึมผ่านของไอน้ำ ดังนี้

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR)

$$\text{WVTR} = \frac{(G/t)}{A}$$

โดย WVTR = อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (กรัม/เมตร².วัน)

(G/t) = อัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อเวลา (กรัม/วัน)

A = พื้นที่ตัวอย่าง (เมตร²)

การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability; WVTR อ่านค่าที่ได้เป็นหน่วยกรัม.มิลลิเมตร/เมตร².วัน. กิโลปาสคาล)

$$\text{WVP} = \frac{\text{WVTR}}{S(R_1-R_2)} \times \text{thickness}$$

โดย WVP = การซึมผ่านของไอน้ำ (กรัม.มิลลิเมตรต่อตารางเมตร.วัน.กิโลปาสคาล)

S = ความดันไอของไอน้ำที่อิ่มตัวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส = 23.73 มิลลิเมตรปรอท (1.333 x 10^2 ปาสคาล = 1 มิลลิเมตรปรอท)

R_1 = ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศในโถดูดความชื้น = 0%RH

R_2 = ความชื้นสัมพัทธ์ภายในถ้วยทดสอบ = 100%RH

2.5 ทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด และการยืดตัวของฟิล์ม ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D882 โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (Stable microsystems, TA-XT2, ประเทศอังกฤษ) ตัด

แผ่นฟิล์มให้มีขนาด 25 x 100 มิลลิเมตร ทดสอบที่ความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะช่วงการทดสอบ ยาว 60 มิลลิเมตร บันทึกค่าการต้านทานแรงดึงและการยืดตัว โดยแต่ละตัวอย่างทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistics 17.0 และเปรียบเทียบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1.แป้งจากเปลือกทุเรียนจากการศึกษาพบว่าแป้งเปลือกทุเรียนมีลักษณะเป็นสีใสค่อนไปทางเหลืองขุ่นเล็กน้อย ผิวเรียบมัน

2.ฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน ฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียนมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลขุ่นอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) เกิดจากการที่เอมไซม์ในอาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ (Fernandez-Pan and Mate Caballero, 2011และฟิล์มมีผิวเรียบเพียงด้านเดียวส่วนอีกด้านมีความหยาบ

ก ข ค

รูปที่ 3 ฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียนในปริมาณกลีเซอรีนต่างกัน (ก) 3กรัม , (ข) 6กรัม และ (ค) 9กรัม

3.ผลการทดสอบสมบัติของฟิล์ม

3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์ม ความหนาของแผ่นฟิล์มจากแป้งทุเรียน ที่มีการเติมกลีเซอรีนในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันที่ 3,6 และ9 กรัม ดังตารางที่ 1 พบว่าฟิล์มที่เติมกลีเซอรีนในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะมีความหนาที่เพิ่มขึ้นเช่นกันเนื่องจากกลีเซอรีนทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์แทรกอยู่ระหว่างสายโซ่โมเลกุลอะไมโลสในแป้ง ทำให้มีความหนาเพิ่มขึ้น และควบคุมความหนาของแผ่นฟิล์ม ความใสของแผ่นฟิล์มวิเคราะห์ได้จากค่าสีของแผ่นฟิล์ม พบว่าค่าสีขาว L* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรีนมากขึ้นเนื่องจากกลีเซอรีนเข้าไปแทรกระหว่างสายโซ่และลดการคืนตัวของแป้ง ส่งผลให้ความเป็นผลึกของแป้งลดลง มีความเป็นอสัณฐานมากขึ้น แผ่นฟิล์มจึงมีความใสมากขึ้น (Sukkasem et al. 2017) ค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มวิเคราะห์จากปริมาณกลีเซอรีนที่เพิ่มมากขึ้น ความชื้นก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการเติมกลีเซอรีนเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้แผ่นฟิล์มมีความชื้นมากขึ้นผลดังกล่าวเนื่องมาจากกลีเซอรีนเป็นโพลิออล (polyol) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ดี ทำให้กลีเซอรีนเป็นสารอุ้มน้ำไว้ในเมทริกซ์ของฟิล์มได้ S. Pitiphatharaworachot and B.Puangsin (2017)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเปลือกทุเรียน

ปริมาณกลีเซอรีน (g)	ความหนา (mm)	ค่าสี			ความชื้น (%)
		L*	a*	b*	
3	0.14^{c}	72.3^{b}	6.2^{a}	19.2^{a}	8.74^{c}
6	0.16^{b}	72.4^{b}	6.4^{a}	18.6^{a}	9.74^{b}
9	0.17^{a}	76.8^{a}	2.6^{b}	16.2^{b}	11.24^{a}

^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีของฟิล์ม การละลายน้ำของแผ่นฟิล์มแป้งเปลือกทุเรียน จากการทดสอบการละลายพบว่าอัตราการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของกลีเซอรีนที่เพิ่มมากขึ้น อัตราการซึมผ่านของแผ่นฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน ทดสอบที่ปริมาณกลีเซอรีนที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราการซึมผ่านเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีเซอรีนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรีนมีสมบัติความชอบน้ำ(Hydrophilic) จึงทำให้ฟิล์มละลายน้ำได้เมื่อมีปริมาณกลีเซอรีนมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ R. Chindapan W. Faiphet (2006)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของฟิล์มเปลือกทุเรียน

ปริมาณกลีเซอรีน (g)	ค่าการละลายน้ำ^{ns} (%)	อัตราการซึมผ่านไอน้ำ ($g/m^2.d$)
3	65.94	248.80^{b}
6	71.31	298.81^{ab}
9	76.07	375.00^{a}

^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

3.3 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของฟิล์ม ผลการทดสอบสมบัติทางกลของของฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน ดังในตารางที่ 3 ให้เห็นว่าเมื่อปริมาณกลีเซอรีนที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้แผ่นฟิล์มอ่อนนุ่มขึ้น สังเกตได้จากเมื่อกลีเซอรีนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึง (Strength) จะลดลง ในขณะเดียวกัน

ค่า Corrected Extension ก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากกลีเซอรีนที่เพิ่มขึ้นจะไปจับกับสายโซ่พอลิเมอร์ของแป้ง ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลง ฟิล์มจึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L., & Nobile, M. A. D. (2008).

ตารางที่ 3 สมบัติเชิงกลของฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน

กลีเซอรีน (g)	Strength (N/m)	Corrected Extension (mm)
3	591.91[a]	2.92[b]
6	343.09[b]	6.57[a]
9	310.40[b]	8.30[a]

[abc] ที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

4.สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลิตฟิล์มจากแป้งเปลือกทุเรียน พบว่าการเติมกลีเซอรีนในปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเชิงกล ของแป้งเปลือกทุเรียนได้อย่างชัดเจน ซึ่งกลีเซอรีนทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์แทรกอยู่ระหว่างสายโซ่โมเลกุลอะไมโลสและลดการคืนตัวของแป้ง ทำให้มีความหนาและความใสเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของกลีเซอรีน ทั้งนี้กลีเซอรีนยังมีคุณสมบัติดูดน้ำและชอบน้ำจึงทำให้มีความชื้น ความสามารถในการละลายน้ำ และการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ส่วนสมบัติทางกลเมื่อกลีเซอรีนเพิ่มมากขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงจะลดลง ในขณะเดียวกัน ค่า Corrected Extension ก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหารและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนเครื่องมือในการทำงานวิจัย คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำทฤษฎีและองค์ความรู้ต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องของงานวิจัย ซึ่งช่วยให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วย

รายการอ้างอิง

[1] ศิริพร เต็งรัง กนกศักดิ์ ลอยเลิศ และวิมลวรรณ วัฒนวิจิตร. 2555. การผลิตพลาสติกชีวภาพจากเปลือกทุเรียน รายงานผลงานวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร.

[2] Li, M., & Lee, T. C. 1996. **Effect of cysteine on the functional properties and microstructure of wheat flour extrudates. Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 44, 1871-1880.

[3] กมลทิพย์เอกธรรมสุทธิ์ และอดิศักดิ์ เอกโสวรรณ.2547. “ลักษณะทางกายภาพของฟิล์ม แป้งบุกผสมร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัด.” วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 24: 123-137

[4] วิชชรา บัวชุม. 2545. การเตรียมฟิล์มอะมัยโลสที่รับประทานได้จากแป้งเมล็ดขนุนและแนวทางการใช้ประโยชน์. วารสามหาวิทยาลัยนเรศวร.

[5] Fernandez-Pan, I. and Mate Caballero, J.I. 2011. Biopolymers for edible films and coatings in food application. In Biopolymers-New Materials for Sustainable Films and Coatings, Plackett, D. Ed. Jhon Wiley and Sons, Ltd., UK. Pp. 233-254.

[6] T. Sukkasem, K. Buranachokpaisan and K. Anukulwattana, “Mechanical and physical properties of edible film from corn husk waste (Zea mays Linn.),” Khon Kaen Agriculture Journal, vol. 45, pp. 1222-1228, 2017.

[7] S. Pitiphatharaworachot and B. Puangsin, “Effect of Glycerol on Physical and Thermal Properties of Tapioca Starch Films,” in Proceeding of the 55th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart University, Bangkok, 2017, pp. 786-793

[8] R. Chindapan and W. Faiphet, “Effects of plasticizers on tensile strength, oil resistance and solubility of mung bean protein films,” Journal of Food Technology, Siam University, vol. 2, no. 1, 2006 (in Thai).

[9] Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L., & Nobile, M. A. D. (2008). **Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties.** Journal of Food Engineering, 88, 159-168.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การพัฒนาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ

Development of Solar Water Heater with Flat Plate Solar Collector

ชาญฉจิต วรรณนุรักษ์[1*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10600

Chanchajit.w@dru.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบที่มีระบบภายใต้แรงดันและการหมุนเวียนของน้ำด้วยปั๊มน้ำ โดยภายในแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์เป็นท่อดูดรังสีทำด้วยท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้ว ยาว 2 m จำนวน 30 ท่อ วางขนานห่างกันระยะห่าง 5 cm. ต่อเข้ากับท่อทองแดงสำหรับน้ำเข้าและท่อน้ำออกขนาด 7/8 นิ้ว ทั้งสองด้านตามแนวตั้งต่อกันแบบขนานจำนวน 2 ท่อ รวมเป็นพื้นที่รับแสง 2 m^2 ด้านล่างเป็นแผ่นโฟมหนา 50 mm. ชั้นที่สองรองทับด้วยฉนวนกันความร้อนและแผ่นสังกะสีพ่นด้วยสีดำด้านปิดด้วยกระจกชั้นเดียวหนา 5.0 mm. ถังเก็บน้ำร้อนขนาด 40 ลิตร สูง 35 cm มีปั๊มน้ำและลูกลอยภายใน จากการทดลองพบว่ารังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียงเฉลี่ยอยู่ที่ 671.9 W/m^2 ประสิทธิภาพแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขณะใดๆ อยู่ระหว่าง 20.3 - 48.7 % และการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังมีสมการความสัมพันธ์เป็น $\Delta T_{f,w}$ = 7.3942H + 32.468 (^oC) เมื่อ H เป็นค่ารังสีรวมรายวันในแนวระดับในหน่วยของ MJ/m^2.day

คำสำคัญ : พลังงานแสงอาทิตย์; เครื่องทำน้ำร้อน; ตัวเก็บรังสีอาทิตย์

Abstract

A thermosyphon circulating-type solar water heating system with a flat plate solar collector was designed and operated. An absorber plate is comprised with 30 copper rods measuring 1/2 inches in height, length of 2 m. The rods are placed in parallel with distance of 5 cm between each of them. They are connected with two copper rods for water-in and water-out with the size of 7/8 inches each which are placed perpendicularly. Total exposure area 2 m^2 with the base of thick foam of the height of 50 mm, covered with a thermal insulation, blackening corrugated iron sheet, and a clear glass of 5 mm respectively. Heat collector tank is designed by exploiting a 40 liters ready-made ice tank measuring 3 5 cm in height. There are water pumps and floats inside. From the results we found that the instantaneous efficiency of the collector was 20.3 - 48.7 % as solar radiation more than 671.9 W/m^2 The relation of increasing temperature of water in the storage tank is $\Delta T_{f,w}$ = 7.3942H + 32.468 (^oC), where H is daily solar radiation in MJ/m^2 - day.

Keywords: solar energy; solar water heating; solar collector

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นเขตที่มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง มีค่าความเข้มรังสีจากดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีทั่วประเทศเป็น 18.2 MJ/m^2.day [1] จึงมีความเหมาะสมสำหรับระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar water heating system, SWHS) ที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar collector) เป็นอุปกรณ์หลัก โดยจะแปลงค่ารังสีอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนเพื่อผลิตน้ำร้อนเก็บไว้ในถังเก็บน้ำร้อนและนำไปใช้งาน แต่เนื่องจากค่ารังสีอาทิตย์แต่ละชั่วโมงมีค่าไม่คงที่ ดังนั้นจำนวนชั่วโมงการทำงานของการผลิตน้ำร้อนจึงถูกจำกัดอยู่ที่ 4-6 ชั่วโมงต่อวัน หลังเวลา 10.00 น. ตามแนวโน้มค่ารังสีอาทิตย์ที่สูงขึ้น [2]

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือสร้างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบที่มีการหมุนเวียนของน้ำด้วยปั๊มโดยนำตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบจากงานวิจัยการพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ของผู้วิจัยที่ออกแบบ สร้างเครื่องบำบัดน้ำแสงอาทิตย์และหาประสิทธิภาพของเครื่องในการฆ่าเชื้อ E-coli [3] มาต่อยอดพัฒนาเป็นเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ [4-9] รวมถึงหาประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์และหาความสัมพันธ์ของการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บความร้อนกับค่ารับแสงอาทิตย์ในแนวราบรายวัน [1]

2. รายละเอียดการทดลอง

2.1 รายละเอียดของตัวเก็บรังสีอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อน

ภายนอกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีขนาดกว้าง 1*2*0.15 m. ฐานวางมีขนาด 1.20*2.50*1.27 m. ทำมุมเอียง 15 องศา โดยนำตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบจากงานวิจัยการพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์มาพัฒนาเป็นเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ด้านล่างเป็นโฟมหนา 50 mm. ชั้นที่สองรองทับด้วยฉนวนกันความร้อนและแผ่นสังกะสี ท่อดูดรังสีภายในตัดและเชื่อมต่อด้วยท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้ว จำนวน 30 ท่อ ต่อเข้ากับท่อทองแดงทางน้ำเข้าและน้ำออกขนาด 7/8 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ แบบขนาน พื้นที่รับแสง 2 m^2 พ่นสีดำด้านที่แผงท่อดูดรังสี ด้านบนปิดด้วยกระจกใสขนาด 5 mm. ชั้นเดียว ระยะห่างท่อดูดรังสีกับกระจก 100 mm.

ถังเก็บความร้อนขนาด 40 ลิตร สูง 35 cm.จำนวน 1 ใบ และมีปั๊มน้ำภายในขนาด 350 W ที่สูบน้ำได้สูงถึง 2 m. พร้อมติดตั้งลูกลอยทางน้ำเข้าที่ถังเก็บความร้อน ลูกลอยทนอุณหภูมิความร้อนได้ 80 °C ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 1 เครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์

รูปที่ 2 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์

ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ 4 จุดคือ 1. ท่อน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($T_{f,i}$), 2. ท่อน้ำออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($T_{f,o}$), 3. อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม(T_{amb}) และ 4. ที่ถังเก็บน้ำร้อน ($T_{f,w}$)

รูปที่ 3 ถังเก็บความร้อน ปั๊มน้ำและลูกลอย

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองเป็นระบบปิดภายใต้แรงดันและการหมุนเวียนของน้ำด้วยปั๊มน้ำ เริ่มจากต่อน้ำเข้าถังเก็บความร้อน มีลูกลอยเป็นตัวควบคุมปั๊มน้ำจะสูบน้ำจากถังเก็บความร้อนเข้าทางเข้าแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ด้านล่างและดันน้ำออกทางออกแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ด้านบนกลับลงสู่ถังเก็บความร้อนโดยจะหมุนเวียนไปตลอดตามระบบ เมื่อแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ดูดกลืนแสงอาทิตย์จะได้รับความร้อนและมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้น้ำภายในที่หมุนเวียนมีความร้อนไหลรวมอยู่ในถังเก็บน้ำร้อน สามารถนำน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำร้อนไปใช้ประโยชน์ได้ การทดลองจะวัดอุณหภูมิ $T_{f,i}$, $T_{f,o}$, T_{amb} และ $T_{f,w}$ ทุกชั่วโมงตั้งแต่ เวลา 8.00 ถึง17.00 น.

วัดค่ารังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียง (I_T) โดยใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงในหน่วย (W/m^2)

เมื่อพิจารณาตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สภาวะคงตัว (Steady State) ที่ขณะใดๆ จะพบว่าค่ารังสีที่ถูกดูดกลืนมีค่าเท่ากับค่าอัตราความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์รวมกับค่าอัตราความร้อนที่สูญเสียจากผิวดูดรังสี [2] ดังแสดงในสมการที่ (1) และ (2)

$$Q_{Solar} = Q_{sc} + Q_{loss} \quad (1)$$

โดยที่ $$(\tau\alpha)_e I_T A_{SC} = \dot{m}_f Cp(T_{f,o} - T_{f,i}) + U_L A_{SC}(T_p - T_{amb}) \quad (2)$$

คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้รับจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถเขียนได้เป็น ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$Q_{SC} = (\tau\alpha)_e I_T A_{SC} - U_L A_{SC}(T_p - T_{amb}) \quad (3)$$

เมื่อ Q_{SC} = อัตราความร้อนที่ได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (W)

$(\tau\alpha)_e$ = ประสิทธิภาพเชิงแสงของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

I_T = รังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียง (W/m^2)

A_{SC} = พื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (m^2)

U_L = ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมจากผิวดูดรังสีอาทิตย์ (W/m^2-K)

T_p = อุณหภูมิผิวตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (°C)

T_{amb} = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)

$\dot{m}_f$ = อัตราการไหลของน้ำผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (kg/s)

Cp = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kg-K)

$T_{f,i}$ = อุณหภูมิของน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (°C)

$T_{f,o}$ = อุณหภูมิของน้ำออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (°C)

ในทางปฏิบัติอุณหภูมิผิวตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (T_p) วัดได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นจึงปรับค่าสมการดังกล่าวโดยกำหนดค่าตัวประกอบการดึงความร้อน (Heat removal factor, F_R)ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำที่เข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$Q_{SC} = F_R(\tau\alpha)_e I_T A_{SC} - F_R U_L A_{SC}(T_{f,i} - T_{amb}) \quad (4)$$

เมื่อ F_R ค่าตัวประกอบการดึงความร้อน เป็นสัดส่วนของความร้อนที่ได้จริงจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ต่อพลังงานความร้อนที่ถูกดูดกลืน

โดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ค่า F_R มีลักษณะคล้ายกับค่าประสิทธิผลของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เนื่องจากเป็นค่าอัตราส่วนของพลังงานความร้อนจริงต่อพลังงานความร้อนสูงสุดที่เป็นไปได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์

คำนวณประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Collector Efficiency , η_{SC}) ในการนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$\eta_{SC} = Q_{SC} / I_T A_{SC} = F_R(\tau\alpha)_e - [F_R U_L(T_{f,i} - T_{amb}) / I_T] \qquad (5)$$

อนึ่งหากพิจารณาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่า η_{SC} และ $(T_{f,i} - T_{amb}) / I_T$ โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปสมการสมรรถนะเส้นตรง $Y = -aX + b$ โดยค่า $-a = -F_R U_L$ คือ ความชัน และ $b = F_R(\tau\alpha)_e$ คือ ค่าจุดตัดแกน η_{SC}

ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีค่า $F_R(\tau\alpha)_e$ สูง แสดงว่าการส่งผ่านค่าดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าสูง ส่วนค่า $-F_R U_L$ แสดงค่าการสูญเสียความร้อน ดังนั้นหากค่าดังกล่าวมีค่าสูง แสดงว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ป้องกันความร้อนสูญเสียได้ไม่ดี อนึ่งค่าตัวแปรทั้ง 2 นี้ถือเป็นตัวแปรสำคัญในการเปรียบเทียบสมรรถนะตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ดังแสดงตัวอย่างของค่าตัวแปรทั้ง 2 ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประเภทต่าง ๆ

คุณลักษณะ	Flat-plate	Evacuated-tube	CPC
พื้นที่ (Gross area,m^2)	2.00	2.35	3.41
ค่าตัวแปรประสิทธิภาพ (Efficiency parameters)			
- $F_R U_L$ W/m^2-K	10.370	2.550	0.885
- $F_R(\tau\alpha)_e$	0.802	0.720	0.642

นำค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ในแต่ละชั่วโมง (G) มาคำนวณเป็นค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง (I) ในหน่วย MJ/m^2 [1] ดังแสดงในสมการที่ (6)

$$I = (G*3600) / 10^6 \qquad (6)$$

เมื่อ G = ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m^2) โดยค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์คือค่าเดียวกับค่ารังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียง (I_T)

I = ค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง (MJ/m^2)

คำนวณค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายวันจากผลรวมของ I ในแต่ละวัน ($H = \sum I$)

H หรือ η_{SC} = ประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ (%)

นำค่าอุณหภูมิของน้ำในถังมาหาค่าการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถัง ($\Delta T_{f,w}$) จากเช้าถึงเย็นไปพลอตกับค่า H ในแต่ละวัน จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์รายวันกับการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บแล้วหาสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว

2.3 ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองวัดอุณหภูมิ $T_{f,i}$, $T_{f,o}$, T_{amb} , $T_{f,w}$ และค่าเฉลี่ยค่ารังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียง (I_T) ทุกชั่วโมงตั้งแต่ เวลา 8.00 ถึง17.00 น. ของวันที่ทดลองพบว่าอุณหภูมิทั้งสี่ตำแหน่งจะเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับค่ารังสีแสงอาทิตย์ ตัวอย่างข้อมูลทดลองของวันที่ 10-14 เมษายน 2565 จำนวน 5 วัน [4] ดังแสดงในตารางที่ 2 และนำค่า η_{SC} และ $(T_{f,i} - T_{amb}) / I_T$ ของทุกวันที่ทดลองมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น พลอตกราฟจะได้กราฟที่แสดงประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4, รูปที่ 5 และรูปที่ 6

ตารางที่ 2 ข้อมูลทดลองเฉลี่ยวันที่ 10-14 เมษายน 2565 จำนวน 5 วัน

เวลา(น.)	I_T(W/m^2)	$T_{f,i}$ (°C)	$T_{f,o}$ (°C)	$T_{f,w}$(°C)	T_{amb} (°C)	Q_{SC} (W)	η_{SC} (%)
8.00	347.6	31.8	32.3	31.2	30	520.2	74.8
9.00	525.4	37.3	38.3	37.5	30.4	697.9	66.4
10.00	703.4	45.4	46.1	45.5	31.6	840.3	59.7
11.00	785.4	51.8	52.5	50.8	32.6	861.5	54.5
12.00	932.8	55.3	56.4	55.4	32.6	1023.7	54.8
13.00	963.6	59.5	60.2	59	33.2	999.1	51.8
14.00	910.4	60.3	61.4	60.1	33	892.8	49
15.00	760.4	59.9	60.8	58.9	32.4	649.3	42.6
16.00	555.8	57.1	57.4	56.6	31.4	358.4	32.2
17.00	234.4	48.8	50.4	48.5	30.4	6.8	1.46
ค่าเฉลี่ย	671.9	50.7	51.5	50.3	31.7	685	48.7
S.D.	250.1	9.9	9.9	9.8	1.1	317.4	20.3

รูปที่ 4 อุณหภูมิ $T_{f,i}$, $T_{f,o}$, T_{amb} , $T_{f,w}$ ทุกชั่วโมงทดลอง

รูปที่ 5 สมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

ผลการทดลองเมื่อนำค่าอุณหภูมิน้ำในถังมาหาค่าการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถัง ($\Delta T_{f,w}$) จากเช้าถึงเย็นไปพลอตกับค่า H ในแต่ละช่วงของวัน จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์รายวันกับการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บความร้อน หาสมการแสดงความสัมพันธ์จะได้กราฟ ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์รายวันกับการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บความร้อน

สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์รายวันกับการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บความร้อนคือ $\Delta T_{f,w} = 7.3942H + 32.468$ (^{o}C) สามารถนำไปทำนายการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บความร้อนเมื่อทราบค่ารังสีอาทิตย์รายวัน ในกรณีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบแบบหมุนเวียนน้ำด้วยปั๊มน้ำในลักษณะใกล้เคียงกัน และใช้ในการประเมินภาระความร้อนที่ได้จากระบบในลักษณะนี้ได้

3. สรุป

โครงการวิจัยนี้ได้นำตัวเก็บรังสีอาทิตย์จากงานวิจัยพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ของผู้วิจัยมาออกแบบและสร้างเป็นเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ จากการทดลองพบว่ารังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียงเฉลี่ยอยู่ที่ 671.9 W/m^2 ประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขณะใดๆ อยู่ระหว่าง 20.3 - 48.7 % และการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถังมีสมการความสัมพันธ์เป็น $\Delta T_{f,w} = 7.3942H + 32.468$ (^{o}C) เมื่อ H เป็นค่ารังสีรวมรายวันในแนวระดับในหน่วยของ MJ/m^2 -day

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ประสิทธิ์ ภูสัมมาและผู้ช่วยศาสตราจารย์ธวัชชัย สอนสนาม ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่ได้วางรากฐานทางการศึกษาทำให้ผู้วิจัยทำวิจัยสำเร็จตามความปรารถนา

เอกสารอ้างอิง

[1] จักรพันธ์ พิรักษาและซังเซ็ง เลียงจินดาถาวร, "การศึกษาสมรรถนะของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบแบบหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ," วารสารวิชาการมหาวิยาลัยอุบลราชธานี, ปีที่ 8, ฉบับที่ 2, หน้า 9- 18, พฤษภาคม – สิงหาคม 2549.

[2] นัฐพร ไชยญาติ, การออกแบบเทคโนโลยีและระบบพลังงานทดแทนด้านพลังงาน (Thermal Renewable Energy Technology and System Design), วิทยาลัยพลังงานทดแทน, เชียงใหม่, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2562.

[3] ชาญฉจิต วรรณนุรักษ์. (2560).การพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์.การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ 2561: การวิจัยรับใช้ชุมชน สร้างสังคมฐานความรู้(น.21-31). กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

[4] สวัสดิ์ ภูมิสวัสดิ์และวิจิตรา ภูมิสวัสดิ์, "การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์," วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ปี ที่ 14, ฉบับที่ 1, หน้า 67-77, มกราคม – เมษายน 2562.

[5] กรวัฒน์ วุฒิกิจ. (2554). การเลือกขนาดตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับระบบทำน้ำร้อนเสริมด้วยปั๊มความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิบ่อเลี้ยงปลา. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] วิทยา ยงเจริญและธวรรธน์ มาลาหอม, "การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนที่ใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบกับแบบท่อฮีตไปป์,"วารสารวิจัยพลังงาน, ปีที่ 8, ฉบับที่2554/1, หน้า 64-72, 2554.

[7] จาตุพงศ์วาฤทธิ์, สมเกียรติจตุรงค์ล้ำเลิศ, ชานนท์เวียนทอง, อานนท์ สุจริตและณัฐวุฒิดุษฎี, "ระบบทำน้ำร้อนด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับการล้างแบบ Cleaning In Place ของศูนย์รับน้ำนมดิบ," วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ, ปีที่30, ฉบับที่4, หน้า 623-632, ตุลาคม -ธันวาคม 2550.

[8] Fene Hu, Shengxian Wei and Dongyu Li, "Experimental investigations of transient and daily thermal performances for a balcony-flat-plate solar water heater," Trans Tech Publications, Switzerland, Advanced Materials Research Vols. 953-954, pp. 107-110, 2014.

[9] Jinbao Huang, Shaoxuan Pu, Wenfeng Gao และ Yi Que, "Experimental investigation on thermal performance of thermosyphon flat-plate solar water heater with a mantle heat exchanger," Energy 35, China, pp. 3563-3568, 2010.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายชาญฉจิต วรรณนุรักษ์

เกิด 13 กรกฎาคม 2519

ที่อยู่ 103 หมู่3 เอกชัย บางบอน กรุงเทพฯ

ป.โท การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ป.ตรี วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยราชมงคลพระนคร

ปัจจุบันเป็นพนักงานมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สนใจในเรื่องของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การใช้พลังงานทดแทน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การจำลองค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง

Simulation of Paddy Mean Residence Time in a Tangential Horizontal Impinging Stream System

ปิติ ขันโพธิ์[1*], ปฏิวัติ คมวชิรกุล[1], กฤษณ์ อภิญญาวิศิษฐ์[1] และ ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 E-mail: Piti_khunpho@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจำลองค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง ด้วยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ซึ่งผลของการจำลองจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับการทดลอง ในการศึกษากระทำที่เงื่อนไขต่างๆ ได้แก่ ขนาดห้องกระแสชน 50 90 และ 120 ลิตร ความเร็วของอากาศขาเข้าที่ 20 และ 25 เมตรต่อวินาที และอัตราการป้อนของวัสดุที่ 20 35 และ 56 กิโลกรัมต่อชั่วโมงที่ส่งผลต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบ จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายผลของค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกให้ผลใกล้เคียงกับผลการทดลอง เมื่อขนาดของห้องกระแสชนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบอบแห้งกระแสชนแบบวิถีโค้งเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ความเร็วของอากาศขาเข้าและอัตราการป้อนข้าวเปลือกไม่มีผลต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้งมากนัก

คำสำคัญ : กระแสชน; ความเร็วของอากาศ; ค่าเวลาเฉลี่ย; พลศาสตร์ของไหล

Abstract

The objective of this research was to study the mean residence time of paddy in a tangential horizontal impinging stream system using computational fluid dynamics and simulated results were compared with the experimental data. The effect of various parameters including size of impinging stream chamber of 50, 90, and 120 liters, inlet air velocity of 20 and 25 m/s and paddy mass flow rate of 20, 35 and 56 were investigated on the mean residence time of paddy. The simulated results showed that the model predications were in good agreement with experimental data. An increase in the size of impinging chamber led to an increase in paddy mean residence time, while the inlet air velocity and paddy mass flow rate had a little effect on mean residence time of paddy in a tangential horizontal impinging stream system.

Keywords: Impinging stream; Air velocity; Mean residence time; Computational fluid dynamics

1. บทนำ

การอบแห้งกระแสชน (Impinging stream dryer, ISD) เป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถขจัดความชื้นวัสดุที่มีความชื้นบริเวณผิวสูง มีหลักการพื้นฐานคือ การที่มีกระแสการไหลของวัสดุตั้งแต่สองกระแสหรือมากกว่า โดยมีอากาศร้อนเป็นตัวกลางในการนำพาวัสดุเข้าสู่ระบบ เมื่อวัสดุเข้าสู่ระบบจนเกิดการชนกันเราเรียกบริเวณการชนว่าระนาบการชน (Impinging Zone) การชนกันของวัสดุเป็นผลทำให้เกิดความปั่นป่วน แรงเฉือน การละเหยและการแลกเปลี่ยนความร้อน จึงเป็นผลทำความชื้นของวัสดุลดลงอย่างรวดเร็ว[1-8]

แม้จะมีงานวิจัยที่ผ่านมา ได้รายงานถึงข้อดีของการอบแห้งกระแสชนในแนวแกน (coaxial impinging streams) ที่สามารถลดความชื้นของวัสดุที่บริเวณผิวได้อย่างรวดเร็วและใช้เวลาในระบบอันสั้นไม่ซับซ้อน โดยที่ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุอนุภาคเพิ่มขึ้นส่งผลต่อความชื้นสุดท้ายของวัสดุ แต่ส่วนในแนววิถีโค้ง (tangential horizontal impinging streams) หรือระบบกระแสชนแบบวิถีโค้งและการจำลองการอบแห้งข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง ยังมีการศึกษาไม่แพร่หลายมากนัก สำหรับในประเทศไทยเน้นการศึกษาเฉพาะในส่วนของการทดลองแต่เพียงอย่างเดียว อีกทั้งการศึกษายังมีข้อจำกัดจนกระทั่งได้มีการนำเอาเทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเข้ามาช่วยในการจำลองความปั่นป่วนที่เกิดขึ้น รวมไปถึงห้องอบแห้งชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในรูปแบบของภาพสามมิติและเส้นกราฟ อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำวิจัย และระยะเวลาในการทำวิจัย ทั้งยังสามารถให้ผลการจำลองที่สอดคล้องกับผลการทดลอง จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าอัตราการลดความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุที่อยู่ในระบบ กล่าวคือถ้าวัสดุอนุภาคอยู่ในระบบได้นานเพิ่มมากขึ้น จะทำให้วัสดุมีความชื้นลดลงมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาจำลองค่าเวลาเฉลี่ยของการอบแห้งข้าวเปลือกในระบบอบแห้งกระแสชนแบบวิถีโค้ง ทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ขนาดของห้องกระแสชนความเร็วอากาศขาเข้า และอัตราการป้อนวัสดุ ที่มีต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการศึกษานี้ใช้สมการควบคุมการไหลของของไหลถูกพิจารณาดังสมการต่อไปนี้

2.1 สมการความต่อเนื่อง

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i)=0 \quad (1)$$

2.2 สมการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_j)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j)=-\frac{\partial P}{\partial x_j}+\frac{\partial}{\partial x_i}\left[(\mu+\mu_t)\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)\right]+\rho g=M_F \quad (2)$$

2.3 สมการพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองความปั่นป่วน realizable $k-\varepsilon$ turbulence [9]

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_i}\right]+G_k+G_b-\rho\varepsilon-Y_M \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho\varepsilon u_i)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_i}\right]+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}(G_k+C_{3\varepsilon}G_b)C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k} \quad (4)$$

$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho\varepsilon u_i)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial xj}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_j}\right]-\rho C_2\frac{\varepsilon^2}{k+\sqrt{v\varepsilon}}+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}C_{3\varepsilon}G_b \quad (5)$$

สำหรับค่าคงที่ต่าง ๆ ในการจำลองความปั่นป่วน realizable $k-\varepsilon$ มีค่าดังต่อไปนี้[9]

$$C_{1\varepsilon}=1.44,\ C_2=1.92,\ C_\mu=0.09,\ \sigma_k=1.0$$
$$\sigma_\varepsilon=1.3,\ C_{3\varepsilon}=1.3$$

2.4 สมการควบคุมการเคลื่อนที่ของวัสดุ

สมการความคุมการเคลื่อนที่ของอนุภาค สามารถหาได้จากการอินทิเกรตสมการสมดุลแรงที่กระทำกับวัสดุอนุภาค สามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้ [9]

$$\frac{du_p}{dt}=\frac{18\mu}{\rho_p d_p^2}\frac{C_D\,\mathrm{Re}}{24}\left(u_g-u_p\right)+g_i\frac{\rho_p-\rho_g}{\rho_p} \quad (6)$$

และสำหรับสัมประสิทธิ์แรงฉุดลาก (grad coefficient : C_D) สามารถดูเพิ่มเติมจาก Choicharoen et al. [9]

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของข้าวเปลือก

Density, **(*Kg/m³*)**	*(*552+282Mp*)/(*1-*(*0.623-0.25Mp*))* [10]
Specific Heat, **(*W/m K*)**	1110+44.8Mw [10]
Thermal Conductivity, **(*W/m K*)**	0.0863+0.00134Mw [10]

3.สมมติฐานการจำลอง

ในการศึกษานี้ มุ่งเน้นการศึกษาการจำลองค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบอบแห้งกระแสชนแบบวิถีโค้ง โดยอาศัยอากาศป้อนเมล็ดข้าวเปลือกเข้าสู่ระบบที่ทางเข้าทางเดียว ใช้ขนาดห้องกระแสชน 50, 90,120 ลิตร ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1 ในส่วนของเมล็ดข้าวใช้พันธุ์ข้าวเปลือกปทุมธานี 1 ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้น 27.8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ถูกพิจารณาให้เป็นทรงกลมโดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเมล็ดข้าวเปลือก จากสมการ Equivalent diameter และคุณสมบัติของเมล็ดข้าวเปลือก หาได้จากตารางที่ 1

รูปที่ 1 แผนผังห้องอบแห้งที่ใช้ในการจำลอง

4. สภาวะเงื่อนไขของเขต

ในการศึกษานี้ ใช้อากาศเป็นตัวกลางนำพาวัสดุเข้าสู่ระบบเพียงทางเข้าทางเดียว มีขนาดห้องอบแห้งที่ 50 90 และ 120 ลิตร โดยที่

ความเร็วของอากาศขาเข้าที่ใช้ 20 และ 25 เมตรต่อวินาที และอัตราการป้อนเมล็ดข้าวเปลือกเข้าสู่ห้องอบแห้งที่ 20 35 และ 56 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามเงื่อนไขการทดลอง บริเวณทางออกห้องอบแห้งอากาศมีค่าความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ[7]

5. ผลและวิจารณ์

รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยที่วัสดุอยู่ในห้องอบแห้งกระแสชนแบบวิถีโค้ง ระหว่างผลการจำลองและผลการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศขาเข้า 25 m/s อัตราการป้อน 20 35 และ 56 kg/h

จากรูปที่ 2 แสดงผลของการเปรียบเทียบเวลาคงอยู่เฉลี่ยที่ข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้งกระแสชนแบบวิถีโค้งระหว่างผลการจำลองและการทดลอง พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายผลค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้งให้ผลใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Pramorn et al. [8] ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±5%

รูปที่ 3 ผลของขนาดห้องกระแสชนและอัตราการป้อนข้าวเปลือกที่มีต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง

จากรูปที่ 3 แสดงผลของขนาดห้องกระแสชนและอัตราการป้อนข้าวเปลือกที่มีผลต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง ที่ความเร็วอากาศขาเข้าคงที่ จะพบว่า เมื่อขนาดของห้องกระแสชนมีขนาดเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ขนาดที่เพิ่มขึ้นของห้องกระแสชนทำให้ข้าวเปลือกเคลื่อนที่ในห้องกระแสชนได้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยในระบบเพิ่มมากขึ้น กรณีอัตราการป้อนข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดห้องกระแสชนและความเร็วอากาศขาเข้าคงที่ จะพบว่าเมื่ออัตราการป้อนข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบไม่แตกต่างกันมากนัก ถึงแม้ว่า อัตราการป้อนข้าวเปลือกที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ข้าวเปลือกมีปริมาณคงอยู่ในระบบเพิ่มมากขึ้น แต่ค่าอัตราการป้อนข้าวเปลือกก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนจะพิจารณาจากปริมาณวัสดุที่คงอยู่ในระบบต่ออัตราการป้อนวัสดุ ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณแล้วจึงส่งผลให้ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุที่ได้ไม่แตกต่างกัน

รูปที่ 4 ผลของความเร็วอากาศขาเข้าที่มีต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง

จากรูปที่ 4 ผลของความเร็วอากาศขาเข้าที่มีต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง ที่ขนาดห้องกระแสชนและอัตราการป้อนข้าวเปลือกคงที่ จะพบว่า เมื่อความเร็วอากาศขาเข้าเพิ่มขึ้น ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้งไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่ความเร็วอากาศขาเข้าดังกล่าวไม่สามารถที่จะช่วยเพิ่มโมเมนตัมของข้าวเปลือกได้มากพอที่จะสามารถ

เคลื่อนที่ทะลุผ่านกระแสการไหลตรงกันข้ามได้มากขึ้นได้ จึงส่งผลให้ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนมีค่าไม่แตกต่างกัน ในกรณีห้องกระแสชนและความเร็วอากาศขาเข้าคงที่ เมื่ออัตราการป้อนข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น จะพบว่าค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้จากการศึกษา พบว่าข้าวเปลือกมีค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยในระบบมากที่สุดคือ 1.85 วินาที ที่เงื่อนไขขนาดห้องกระแสชน 120 ลิตร ความเร็วอากาศขาเข้า 20 m/s และอัตราการป้อนข้าวเปลือก 56 kg/h

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการจำลองค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกในระบบกระแสชนแบบวิถีโค้ง ซึ่งได้ศึกษาที่ตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ความเร็วอากาศขาเข้า 20 25 และ 30 m/s อัตราการป้อนข้าวเปลือกที่ 20 35 และ 56 kg/h และขนาดของห้องกระแสชนที่ 50 90 และ 120 ลิตร ด้วยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายผลค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกให้ผลใกล้เคียงกับผลการทดลอง ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 5\%$ ขณะที่การเพิ่มขนาดของห้องอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าคงอยู่เฉลี่ยของข้าวเปลือกอยู่ในระบบได้นานขึ้น โดยมีค่าสูงสุด 1.85 s ซึ่งเงื่อนไขที่ส่งผลให้ข้าวเปลือกอยู่ในระบบกระแสชนวิถีโค้งได้นานที่สุดคือที่ขนาดของห้องกระแสชน 120 ลิตร ความเร็วอากาศขาเข้า 20 m/s และอัตราการป้อนข้าวเปลือกที่ 56 kg/h

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้

รายการสัญลักษณ์

G_b คือ พลังงานจลน์ที่เกิดจากการลอยตัว

G_k คือ ค่าพจน์การผลิตของพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน

g_i คือ แรงโน้มถ่วง (m/s^2)

k คือ พลังงานจลน์ของความปั่นป่วน (m^2/s^2)

M_F คือ เทอมของสมการโมเมนตัม

P คือ ความดัน

u_g คือ ความเร็วของการไหล (m/s)

u_p คือ ความเร็วของอนุภาค (ข้าวเปลือก) (m/s)

Y_M คือ ค่าความกดอัดไอ ซึ่งมีผลต่อความปั่นป่วนของไหล

สัญลักษณ์กรีก

∂ คือ สัดส่วนของช่องว่าง

σ_ε คือ ตัวเลขแพลนด์เทิลการกระจายพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน

μ_t คือ ค่าความหนืดของความปั่นป่วน $(kg/m \cdot s)$

ρ_g คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

ρ_p คือ ความหนาแน่นของอนุภาค (kg/m^3)

เลขไร้มิติ

Re = เลขเรย์โนลด์

เอกสารอ้างอิง

[1] Kitron, Y., Buchmann, R., Luzzatto, K., Tamir, A. Drying and mixing of solids and particles residence time distribution in four impinging streams and multistage two impinging streams reactors, Chemical Engineering Technology 1987, 26: 2454-2461.

[2] M. Sohrabi, M. Ahmadi Marvast, Application of a continuous two impingingstreams reactor in solid–liquid enzyme reaction, Ind. Eng. Chem. Res. 39 (2000)1903–1910.

[3] Kudra, T., Mujumdar, A.S. 2007. Impinging stream dryers. In Handbook of Industrial Drying, 3rd ed.; Mujumdar, A.S. (Ed.); CRC Press: New York; 479-488.

[4] Sathapornprasath, K. ; Devahastin, S. ; Soponronnarit, S. Performance evaluation of an impinging stream dryer for particulate materials, Drying Technology 2007, 25: 1121-1128.

[5] Nimmol, C.; Devahastin, S. Evaluation of performance and energy consumption of impinging stream dryer for paddy, Applied Thermal Engineering 2010, 30: 2204- 2212.

[6] Wu, C., Cheng, Y., Ding, Y. and Jin, Y. CFD-DEM simulation of gas-solid reacting flows in fluid catalytic cracking (FCC) process. Chemical Engineering Science, 65: 542-549 (2010)

[7] Khomwachirakul, P. , Devahastin, S. , Swasdisevi, T. , Soponronnarit, S. 2016. Simulation of flow and drying characteristics of high-moisture particles in an impinging stream dryer via CFD-DEM. Drying Technology 34, 403- 419.

[8] ภมร บัวทุม, (2555), การลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งกระแสชนแบบวิถีโค้ง, ปริญญานิพนธ์ วศ.ม, (วิศวกรรมเครื่องกล), กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.

[9] Choicharoen, K.; Devahastin, S.; & Soponronnarit, S. Numerical Simulation of Multiphase Transport Phenomena During Impinging Stream Drying of a Particulate Material, Drying Technology, 30: 1227–1237, 2012

[10] Meeso, N., Nathakaranakule, A., Madhiyanon, T., Soponronnarit, S. 2007. Modelling of far infrared irradiation in paddy drying process. Journal of Food Engineering 78, 1248-1258.

การศึกษาและออกแบบชุดเครื่องชั่งสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษา

Design of Scale Sets for TSAE Student Formula

กฤษฎา เบ้าทอง, ธีรพันธ์ เชื้อกสิการ, วีรวิชญ์ ทรงไชยทินวัฒน์ และ วิชยา อาภาเวท*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

witchaya.a@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากชุดเครื่องชั่งสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาดนั้นมีราคาสูง ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบชุดเครื่องชั่งเพื่อลดต้นทุนในการจัดซื้ออุปกรณ์ที่มีราคาสูง ในงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างชุดเครื่องชั่งสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษา แบบแสดงผลทั้งในระบบคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยรูปแบบการเลือกใช้โหลดเซลล์นั้นจะคำนึงถึงน้ำหนักที่ถ่ายเทลงล้อแต่ละตำแหน่งของรถสูตรนักศึกษา จึงกำหนดให้เครื่องชั่งแต่ละชุดสามารถชั่งน้ำหนักไม่เกิน 100 กิโลกรัม

คำสำคัญ : โหลดเซลล์; ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง; การวัดซ้ำและการทำซ้ำ

Abstract

Due to the high cost of the scale sets in the market, the student formula club has no the scale sets. To reduce club's expense, the production of scale sets is interesting. This project is to study the design of a set of scales for student formulas and computational results are showed in a computer system and a mobile phone. The load cells were chosen by calculation of the car weight transferred on each wheel position of the student formula. Therefore, each scale was set the weight limit at 100 kg.

Keywords: Load cell; Linear correlation; Repeatability and reproducibility

1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องชั่งแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามการใช้งานที่แตกต่างกัน มีทั้งเครื่องชั่งวัดแบบ ดิจิทัล เครื่องชั่งวัดที่เป็นสเกลแบบเข็มและเซ็นเซอร์แบบไฟฟ้า ฯลฯ นอกจากใช้ในอุตสาหกรรมแล้ว ยังมีความต้องการใช้เครื่องชั่งในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การค้าขาย และในการแข่งขันของรถแข่ง ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องชั่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับเครื่องชั่งเชิงอุตสาหกรรม [1] ซึ่งในการแข่งขัน รถแข่งมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องชั่ง เพื่อชั่งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะใช้ในตัวรถแข่งรวมถึงการชั่งตัวรถทั้งคัน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของสเตรนเกจ

สเตรนเกจเป็นอุปกรณ์ตัวแปลงแรงแบบพาสซีฟ (Passive) ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดึงที่เรียกว่า ความเครียด กระทำบนตัวอุปกรณ์ให้เป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทางไฟฟ้าสเตรนเกจนับเป็น อุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางทั้งในเรื่องของการชั่งน้ำหนัก การวัดความดันหรือการวัดความ เปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุที่เกิดจากแรงต่าง ๆ ที่มากระทำและโครงสร้างภายในสเตรนเกจที่เป็นแผ่นโลหะมีส่วนประกอบต่าง ๆ [2] ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 โครงสร้างสเตรนเกจ [3]

อ้างอิงจากสมการความต้านทานของสายไฟ ดังสมการที่ (1)

$$R = \rho \frac{L}{P} \tag{1}$$

เมื่อ R คือ ความต้านทานไฟฟ้า (Ω)

2.2 กฎของฮุก (Hooke's law)

วัตถุจะเกิดความเครียดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเค้นถ้าความเค้นที่เกิดขึ้นนั้นยังไม่เกินขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit) และในช่วงยืดหยุ่นนี้วัตถุจะคืนรูปเดิมเมื่อความเค้นหมดไป [3] ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด [3]

ความเครียดทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวนำเปลี่ยนแปลงไปด้วยอัตราส่วนการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสัมพัทธ์ต่อความเครียดจะเป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุ เรียกว่า อัตราส่วนพอยท์ซอง (Poisson's ratio) [3] สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \tag{2}$$

เมื่อ E คือ โมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ (GPa)

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{3}$$

เมื่อ σ คือ ความเค้น (N/mm^2)

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) คือ ค่าที่ใช้แสดงความแม่นยำของการทดลองวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ค่าที่ได้จะบ่งบอกถึงค่าที่วัดได้อยู่ห่างไกลจากค่าเฉลี่ยมากเท่าใด [4] คำนวณได้ดังสมการที่ (3)

$$SD\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(X_i - \overline{X})^2}{n-1}} \tag{3}$$

เมื่อ X_i คือ ค่าที่ได้จากการวัด

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยจากการวัด

n คือ จำนวนครั้งการวัด

ถ้าค่าที่คำนวณได้ยิ่งมาก หมายความว่าข้อมูลมีความแปรปรวนหรือการกระจายตัวของข้อมูลที่สูง

2.4 ความเที่ยงตรง

เป็นคำที่นิยมใช้และแสดงความหมายใกล้เคียงกับความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วความเที่ยงตรงมีความหมายที่แตกต่างจากความแม่นยำ โดยความเที่ยงตรงเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของเครื่องมือวัดในการแสดงค่าเดิมเมื่อทำการวัดหลาย ๆ ครั้ง หรือความสามารถในการแสดงค่าซ้ำของเครื่องมือวัดภายใต้เงื่อนไขการวัดแบบเดิม [5] โดยการคำนวณค่าความเที่ยงตรงสามารถใช้สมการ (4)

$$Precision = \left| \frac{X_i - X_m}{X_m} \right| \tag{4}$$

$$X_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i$$

เมื่อ X_m คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

$\sum_{i=1}^{n} X_i$ คือ ผลรวมค่าของการวัดทั้งหมด

2.5 ความถูกต้อง หรือ ความแม่นยำ

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือวัดในการอ่านค่าหรือแสดงค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริงโดยการคำนวณค่าความถูกต้อง [5] ความแม่นยำใช้สมการ (5)

$$\%Accuracy = 100\% Error$$

$$Relativer\,error = \left| \frac{X_{mea} - X_t}{X_t} \right| \tag{5}$$

$$\%Error = relativer\,error \times 100$$

เมื่อ X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด

X_t คือ ค่าที่วัดได้จริง

จากรูปที่ 3 (ก) ข้อมูลการวัดอยู่แบบกระจัดกระจายแต่มีค่าเข้าใกล้ค่าจริง บ่งบอกถึงความแม่นยำสูงแต่ความเที่ยงตรงต่ำ (ข) ข้อมูลการวัดแบบกลุ่มข้อมูลแต่มีค่าห่างจากค่าจริง บ่งบอกถึงความเที่ยงตรงสูงแต่ค่าความแม่นยำต่ำ [5] ดังแสดงในรูปที่ 3

(ก) ความแม่นยำ (ข) ความเที่ยงตรง

รูปที่ 3 การเปรียบเทียบระหว่างความแม่นยำ และความเที่ยงตรง [5]

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบไปด้วยเครื่องชั่งจำนวน 4 เครื่อง โดยจะมีโหลดเซลล์ (Load cell) 1 ตัว ต่อ 1 เครื่อง ฐานรองรับน้ำหนัก เลือกใช้อลูมิเนียมเป็นฐานรองรับน้ำหนัก เพราะมีน้ำหนักเบาและไม่เกิดสนิม มวลน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้ จะมีตั้งแต่ 5 กิโลกรัม เป็นจำนวน 2 ชิ้น 10 กิโลกรัม เป็นจำนวน 4 ชิ้น และ 20 กิโลกรัม เป็นจำนวน 2 ชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 มวลมาตรฐาน

วิธีการทดลองจะมีผู้ทดลองในการชั่งทั้งหมด 5 คน เพราะต้องการความแม่นยำ ความเที่ยงตรงและค่าพิสัยเฉลี่ยการวัดของผู้วัดและเครื่องมือวัดตามหลักทฤษฎี การทดลองการสอบเทียบมาตรฐานโดยการวัดซ้ำ 5 ตำแหน่งด้วยมวลมาตรฐาน 5-30 กิโลกรัม ทดลองด้วยการวัดซ้ำตำแหน่งละ 25 ครั้งต่อ 1 มวลมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 ตำแหน่งการวางน้ำหนัก 5 ตำแหน่ง

4. ผลการทดลอง

การสอบเทียบมวลมาตรฐานด้วยการวัดซ้ำเพื่อหาความผันแปรที่เกิดจากผู้วัดและเกิดจากเครื่องชั่ง รวมถึงการวัดหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดได้ผลว่าหากพิจารณาที่ช่วงมวล 10-50 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเกินค่าที่ยอมรับได้ แต่ช่วงมวล 60-90 กิโลกรัม อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำและความเที่ยงตรงของชุดเครื่องชั่งทั้ง 4 ชุดพบว่าเครื่องชั่ง A จะมีค่าความแม่นยำสูง จากมวลที่วัดได้มีค่าเข้าใกล้มวลมาตรฐานจึงมีค่าผลต่างของมวลที่น้อย แต่มีความเที่ยงตรงต่ำเมื่อเทียบกับเครื่องชั่ง B C และ D ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและมวลมาตรฐานเครื่องชั่ง A

หากพิจารณาค่าพิสัยเฉลี่ยการวัดซ้ำและการทำซ้ำจากผู้วัดทั้ง 5 คน จะเห็นได้ว่าที่เครื่องชั่ง D มีพิสัยเฉลี่ยจากการวัดซ้ำและการทำซ้ำที่สูงสุด เพราะมีความแปรปรวนในการวัดจึงทำให้ค่าพิสัยเฉลี่ยการวัดซ้ำและการทำซ้ำมีค่ามาก ซึ่งหมายความว่าเครื่องชั่ง D มีความเที่ยงตรงของการวัดที่น้อยเมื่อเทียบกับเครื่องชั่ง A B และ C มีค่าพิสัยเฉลี่ยการวัดซ้ำและการทำซ้ำที่น้อยกว่าและมีความเที่ยงตรงที่มากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 ค่าพิสัยเฉลี่ยการวัดซ้ำและการทำซ้ำ ของเครื่องชั่ง A B C และ D

5. สรุปผลการทดลอง

จากวัตถุประสงค์ของโครงงานเพื่อศึกษาและออกแบบชุดเครื่องชั่งสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษา สามารถแสดงผลได้ทั้งในโปรแกรมคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์เคลื่อนที่ ชุดเครื่องชั่งสามารถแสดงผลพร้อมกันทั้ง 4 เครื่องชั่งได้ สำหรับการแสดงผลในคอมพิวเตอร์จะไม่ต้องใช้สัญญาณอินเตอร์เน็ต ทำให้แสดงผลได้เร็วกว่าการแสดงผลบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ต้องใช้สัญญาณอินเตอร์เน็ต ซึ่งการแสดงผลทั้งสองระบบนี้สามารถใช้งานได้พร้อมกันอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษาและออกแบบชุดเครื่องชั่งสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษา และได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนเพื่อการวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนคม ศิริวัฒนานนท์, “การวิเคราะห์และออกแบบโหลดเซลล์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์”, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2556. [Online]. Available: http://www.url.com

[2] ธีรดนย์ มูลสาร, “การวิเคราะห์รูปร่างช่องเจาะของแท่งบาร์ที่มีผลต่อการกระจายความเครียด สำหรับติดตั้งสเตรนเกจด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์”, สาขาวิชาอุปกรณ์การแพทย์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2562. [Online]. Available: http://www.url.com

[3] *Strain Gauge*, Kmu Technology CO.,LTD., Jun. 14, 2021. [Online]. Available: http://www.kmutech.com/2019/04/26/strain-gauge/

[4] รณฤทธิ์ จันทร์ศิริ, (2561).สถิติวิศวกรรม [Online]. Available: http://technology.udru.ac.th/book/ronnarit/

[5] นวภัทรา และทวีพล, “ความแม่นยำและความเที่ยงตรง,” ใน*การวัดและเครื่องมือวัด*, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: หจก. มีน เซอร์วิส ซัพพลาย, 2556, หน้า 13-19. [Online]. Available: http://www.paper-engineer.kmitl.ac.th/upload_boo

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายความดันในกะโหลกศีรษะด้วยวิธี Non-Invasive โดยอาศัยความดันในลูกตา ความดันเลือดไปเลี้ยงสมอง และ ความดันโลหิตเฉลี่ย

กฤชนันท์ เจริญสุข[1] และ.อุทัย อึ๋งเจริญ [1]

[1] **คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี, 16/10 ถนนเลียบคลองทวีวัฒนา แขวงทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10170, , Email: C.kritchanan@gmail.com**

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบต่างๆ รวมถึงความดันในกะโหลกศีรษะ (intracranial pressure : ICP), ความดันเลือดไปเลี้ยงสมอง (CPP), ความดันในลูกตา (IOP) และความดันโลหิตเฉลี่ย (MAP) ได้รับการศึกษาโดยอิงจาก 3D-Paraboloid และ 3D- Gaussian แบ่งเป็นสองกรณี คือสุขภาพดีและไม่แข็งแรงจากข้อมูลทางคลินิกใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมเหล่านั้น ข้อมูลทางคลินิกจากการตรวจสอบและบทความได้สร้างความสัมพันธ์ของ 3D locus ซึ่งรวมถึง ICP ภายในกะโหลกศีรษะ, IOP ของหลอดเลือดเรตินา, CPP ในกะโหลกศีรษะ นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดยังใช้กับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้สำหรับข้อมูลที่สมบูรณ์และไม่แข็งแรงที่ซิงโครไนซ์ ผลการวิจัยพบว่าค่า 3D locus ของ ICP ของสภาวะปกติและผิดปกติ IOP และ CPP ในกะโหลกศีรษะคือ 5-15 mmHg, 20-35 mmHg และ 65-90 mmHg ตามลำดับ สำหรับความสัมพันธ์ใน 3D locus ระหว่าง MAP, CPP, IOP และ ICP แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3D-Gaussian ที่ให้ค่า r-squared คือ 0.97 ในกรณี MAP-CPP-ICP และ 0.94 ใน MAP-IOP-ICP และ 3D-Paraboloid แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ 0.89 ในกรณี MAP-CPP-ICP และ 0.78 ใน MAP-IOP-ICP แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3D-Gaussian ให้ความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3D-Paraboloid สุดท้าย ข้อมูลทางคลินิกจากวิธีการวัดแบบไม่รุกรานจะยืนยันแบบจำลองของเรา โมเดลนี้ชี้แจงพฤติกรรมปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ICP, CCP, IOP และ MAP ของบุคคลที่มีสุขภาพดี

คำสำคัญ : intracranial pressure, 3D- Gaussian mathematical, non-invasive, 3D locus

Abstract

In this study, the mathematical modelling of various systems, including intracranial pressure (intracranial pressure :ICP), cerebral perfusion pressure (CPP), intraocular pressure (IOP), and mean arterial pressure (MAP), is studied based on the 3D-Paraboloid and 3D-Gaussian mathematical model. Healthy and unhealthy people from clinical data are used to study those behaviours. The clinical data from examined and article has constructed a relationship of 3D locus, which included ICP inside the skull, IOP of the retinal vessel, CPP in the skull. Moreover, the coefficient of determination is applied to this mathematical modelling for synchronized healthy and unhealthy data. The results show that the 3D locus value of ICP of the normal and abnormal state, IOP, and CPP in the skull are 5-15 mmHg, 20-35 mmHg, and 65-90 mmHg, respectively. For the relationship in 3D locus between MAP, CPP, IOP, and ICP 3D-Gaussian mathematical model giving r-squared value are 0.97 in the MAP-CPP-ICP case, and 0.94 in the MAP-IOP-ICP and the 3D-Paraboloid mathematical model are 0.89 in the MAP-CPP-ICP case and 0.78 in the MAP-IOP-ICP. The 3D-Gaussian mathematical model gave accuracy higher than the 3D-Paraboloid mathematical model. Finally, Clinical data from non-invasive measuring methods verify our model. This model clarifies the interaction behaviour between ICP, CCP, IOP, and MAP of healthy individuals.

Keywords: intracranial pressure, 3D- Gaussian mathematical, non-invasive, 3D locus

1. บทนำ

ปัจจุบัน โรคในสมองของมนุษย์เป็นปัญหาสุขภาพที่ร้ายแรงที่สุดในประเทศอุตสาหกรรม [1]Transient Global Amnesia (TGA)[2, 3] , Transient Monocular Blindness (TMB) รวมทั้งตาบอด [4] และโรคพาร์กินสันเป็น ความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลางและผลกระทบในผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปี อาการต่างๆ ได้แก่ ตัวสั่น เกร็ง มีปัญหาในการเดิน ซึมเศร้า การพูด การรับรู้ และปัญหาทางอารมณ์[5] ICP เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการวินิจฉัยภาวะทางศัลยกรรมประสาท ซึ่งปกติแล้วจะตรวจพบโดยวิธีการบุกรุก การวัด ICP แบบรุกรานเป็นวิธีการวัดที่ได้รับความนิยมในทางคลินิกในปัจจุบัน ผลการวินิจฉัยจากอุปกรณ์รุกรานให้ความแม่นยำสูงกว่า noninvasive ที่รายงานโดย H. Cushing [6], O. Gilland et al[7] และ กลไกภูมิคุ้มกันของมนุษย์จะใช้ได้จริงจากเครื่องมือหรือเนื้อเยื่อเพื่อทดแทนบาดแผลจากการติดตั้งจากกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์รุกราน ทางเลือกในการตรวจสอบโรคของสมองมนุษย์คืออุปกรณ์ที่ไม่รุกราน ตัวอย่างเช่น สัญญาณอัลตราซาวนด์เพื่อวัดความเร็วของการไหลเวียนของเลือดในสมอง (CBFV) ดัชนี[9], การสั่นสะเทือนของกะโหลกศีรษะ [10], (การสะท้อนของเนื้อเยื่อสมอง [11], หรือเวลาบินผ่านกะโหลก [11, 12], จักษุวิทยาหลอดเลือดดำ- manometry [13] การประเมินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลอกประสาทตา [14] การตรวจจับการเคลื่อนตัวของเยื่อแก้วหู [15] การวิเคราะห์การปล่อยเสียงหู [16] การถ่ายภาพด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กเพื่อประเมินความสอดคล้องในกะโหลกศีรษะที่เพิ่มขึ้น [17] และการบันทึกศักยภาพที่ปรากฏทางสายตา [18] นอกจากนี้ วิธีการอธิบายโดย Ragauskas et al. [19] ใช้แรงกดภายนอกบนลูกตาเพื่อปรับสมดุลลักษณะการไหลในส่วนภายในและนอกกะโหลกของหลอดเลือดแดงตา ตรวจพบภาวะสมดุลโดย doppler transcranial สองความลึก (TCD)) อัลตราซาวนด์และความดันภายนอกที่

สอดคล้องกันซึ่งนำมาเป็นการประเมิน IOP ผลลัพธ์ ICP ถูกสร้างขึ้นและจับคู่กับ MAP และ IOP พร้อมกับพารามิเตอร์หลายตัวเพื่อสร้างจากวิธีการ [20] ค่า IOP ของเส้นประสาทตาไม่แสดง เฉพาะกับ IOP ในดวงตา แต่ยังรวมถึงความดันในกะโหลกศีรษะ (ICP) เนื่องจากมันถูกล้อมรอบด้วยน้ำไขสันหลัง (CSF) ในพื้นที่ subarachnoid แผ่นลามินาคริบโรซาแยกบริเวณที่มีแรงดันทั้งสองนี้ออกจากกัน และแรงดันตกที่เกิดขึ้นทั่วแผ่นลามินาไครโบรซานั้นเรียกว่าความแตกต่างของแรงดันทรานสลามินาร์และโดยทั่วไปแล้วจะพุ่งไปทางด้านหลัง ข้อมูลล่าสุดระบุว่า ICP ในผู้ป่วยลดลง ค่า ICP จากวิธี noninvasive ให้ความแม่นยำต่ำกว่าวิธี invasive เนื่องจากวิธีการที่ไม่รุกรานจึงใช้พารามิเตอร์ที่สาม เช่น BP, IOP และ CCP สำหรับการคำนวณ ICP พารามิเตอร์จำนวนมากและการไม่มีแบบจำลองกลไกพื้นฐานหมายความว่าการแมป "กล่องดำ" ดังกล่าวอาจล้มเหลวในการจับภาพสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องได้อย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถปรับปรุงความแม่นยำของวิธีการแบบไม่รุกล้ำได้ ซึ่งตรวจสอบความสัมพันธ์ของ ICP, CPP, IOP และ MAP โดยการประเมินการกระทำทางกลของหัวใจและไขสันหลังบน MAP ปริมาณเลือดที่วัดได้ในทางการแพทย์ และความดัน CSF ในกะโหลกศีรษะและไขสันหลัง กำลังนำไปใช้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ตรรกะของแบบจำลองได้รับการพัฒนาโดยการสร้างแบบจำลองระบบที่สำคัญดังกล่าว ได้กลายเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการวินิจฉัยโรคและแนะนำวิธีการรักษาทางการแพทย์ที่เหมาะสม นอกจากนี้ M. Czosnyka et al. [21] พัฒนาแบบจำลองคุณสมบัติความยืดหยุ่นทางกลของสมองที่เกี่ยวข้องกับการไหลเวียนของ CSF และรวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรที่ไม่เป็นเชิงเส้นของช่องในกะโหลกศีรษะและความสัมพันธ์ของ CSF และ MAP ได้รับผลกระทบโดยตรงต่อค่า ICP และรูปร่างของแอมพลิจูด และไดอะแกรมช่วงออฟเซ็ต ดังนั้น สถานการณ์จะแสดงพฤติกรรมเดียวกันกับ CSF, MAP และ ICP การศึกษาเหล่านี้วางรากฐานสำหรับเทคนิคที่ใช้ในการวินิจฉัยภาวะน้ำคั่งและเนื้องอก ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้กระตุ้นให้เกิดความพยายามที่จะบูรณาการการหมุนเวียน CSF ในกะโหลกศีรษะกับ CBF

นอกจากนี้ IOP ยังใช้พฤติกรรมที่คาดการณ์ไว้ของ ICP เมื่อ lamina cribrosa ถือเป็นจุดสังเกตทางกายวิภาคที่น่าสนใจในสภาวะที่ดีต่อสุขภาพและโรคอื่นๆ ที่ IOP และ ICP เป็นปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญ ดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ที่จุดเชื่อมต่อใดๆ ที่ทราบ แผ่นลามินา cribrosa อยู่ภายใต้การควบคุมของแรงกดดันสองส่วน แต่อาจสนับสนุนร่วมกันได้ – IOP ที่ทำหน้าที่ดังต่อไปนี้และ ICP ที่แทนที่ล่วงหน้า สถานการณ์ระหว่าง ICP และ IOP ได้รับการพิสูจน์ในการจำลองและการทดลองซึ่งรายงานและวิเคราะห์โดย U.R. Chowdhury และ M. P. Fautsch [22] และ F.David et al. [23]

ในบทความนี้ แนวทางแบบใช้แบบจำลองในการรับค่าประมาณของตำแหน่งหลักของร่างกายมนุษย์ ซึ่งคาดการณ์ในมนุษย์ทั่วไป โดยฝน เลือด และของเหลวในร่างกาย (น้ำไขสันหลัง น้ำจอตา ฯลฯ) ของร่างกายมนุษย์ ซึ่งรวมถึงกรณีที่มีสุขภาพดีและกรณีที่ไม่แข็งแรงจากการวัดรูปคลื่นที่ไม่ลุกลามของความดันในกะโหลกศีรษะ (ICP) ความดันเลือดไปเลี้ยงในสมอง (CPP) ความดันในลูกตา (IOP) และความดันโลหิตแดง (MAP) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการที่ไม่รุกราน แนวทางของเราไม่ต้องการการสอบเทียบเฉพาะผู้ป่วยหรือการฝึกอบรมเกี่ยวกับประชากรอ้างอิง ภาระการคำนวณที่เกี่ยวข้องนั้นเล็กน้อย จึงช่วยให้สามารถประมาณพฤติกรรมร่างกายมนุษย์ได้ในเวลาใกล้เคียงเรียลไทม์

2. ระเบียบวิธีวิจัย

งานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งหลักของสมอง เลือด และของเหลวในร่างกาย (น้ำไขสันหลัง น้ำไขสันหลัง ฯลฯ) ของร่างกายมนุษย์ซึ่งรวมถึงกรณีที่มีสุขภาพดีและกรณีที่ไม่แข็งแรง วิธีการผสมระหว่างข้อมูลที่สำคัญกับสมการทางคณิตศาสตร์ ในขณะนี้ ได้คำนึงถึงพฤติกรรมของความดันในกะโหลกศีรษะ (ICP), ความดันเลือดไปเลี้ยงสมอง (CPP), ความดันในลูกตา (IOP) และความดันโลหิตแดง (MAP) ข้อมูลที่สำคัญของแต่ละกรณีที่มีการบันทึกอย่างต่อเนื่องและเอกสารทางการแพทย์ได้รับการเสริมด้วยวิธีการอื่น ๆ รวมถึง MAP (ในทุกกรณี), CPP (ในทุกกรณี), IOP (บันทึกเป็นระยะ ๆ ใน ~ 45% ของทุกกรณี) และ ICP (การบันทึก ~ 35% และใช้สูตร ICP~ 65% ของทุกกรณี) ประชากรที่ศึกษารวมผู้ป่วยวัยรุ่นและผู้ใหญ่อายุ 17 ถึง 85 ปี (อายุเฉลี่ย 35 ปี) ผู้ป่วยทุกรายมีรูปแบบการรักษาและรูปแบบการรักษาที่แตกต่างกันซึ่งใช้ในช่วงเวลานี้ โดยเริ่มจากการรักษาโดยไม่มีการรักษาแบบตายตัว เพื่อสร้างตำแหน่งหลักของร่างกายมนุษย์ที่ได้รับจากข้อมูลทางคลินิกโดยใช้เวลา ICP, MAP-time, CPP-time และ IOP-time มีการรายงานค่าพารามิเตอร์ทางคลินิกของ ICP, MAP, CPP และ IOP สำหรับการประเมินตำแหน่งของร่างกายมนุษย์ในกรณีที่มีสุขภาพดีและอยู่ในจุดที่ไม่แข็งแรง ดังนั้นข้อมูลการสร้าง 3D-locus จะรวมรายงานของแพทย์และนักวิจัยที่ทำงานในสาขานี้ในรูปแบบวรรณกรรมทางการแพทย์ [3, 12, 16-19, 24]. จากแต่ละความสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ถูกเปลี่ยนเป็นตำแหน่งหลักของร่างกายมนุษย์ ดังนั้น สมการทางคณิตศาสตร์จึงถูกใช้เพื่อให้ได้โลคัสหลัก 3 มิติของร่างกายมนุษย์เพื่อตีความการตอบสนองทางโลหิตวิทยาที่วัดทางคลินิกต่อการลด ICP ของการรักษาในผู้ป่วยที่มีภาวะสมองเสื่อมและการยกระดับ ICP อย่างแท้จริงในบุคคลที่มีสุขภาพดี แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานนี้ประกอบด้วยสมการสองสมการ ประการแรกคือสมการ 3D-Paraboloid จึงถูกนำมาใช้และประยุกต์ใช้ในการวิจัยของ S. Badri et al. [25] และ David W. Smith et al. [26] สมการสามารถแสดงได้ในสมการ (1)

$$z = c_0 + p_1 x + p_2 y + p_3 x^2 + p_4 y^2 \tag{1}$$

P_1, P_2, P_3 และ P_4 เป็นค่าคงที่ของสมการ 3D-Paraboloid และ C0 แสดงถึงขีดจำกัดของขอบเขต 3D ในแกน z ต่อไป ส่วนที่สองคือสมการ 3D-Gaussian ที่นำเสนอโดย Faisal M. Kashif et al.[27] สมการสามารถแสดงเป็นสมการ (2)

$$z = G_1 e^{0.5\left[\left(\frac{x-G_4}{G_2}\right)^2 + \left(\frac{y-G_5}{G_3}\right)^2\right]} \tag{2}$$

โดยที่ G_1, G_2,G_3, G_4 และ G_5 เป็นค่าคงที่ของสมการ 3D-เกาส์เซียน x_0 และ y_0 แสดงถึงขีดจำกัดของขอบเขต 3 มิติบนแกน x และแกน y สมการ (1) และ (2) ถูกใช้เพื่อสร้างตำแหน่งหลักของร่างกายมนุษย์ และพารามิเตอร์คงที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ICP, MAP, CPP และ IOP ข้อมูลทางคลินิกสนับสนุนแอมพลิจูดและพฤติกรรมของแต่ละผลลัพธ์เช่นเดียวกัน สุดท้าย แผนภาพหลักของร่างกายมนุษย์ถูกใช้เพื่อประเมินพฤติกรรม ICP และวินิจฉัยโรคทางสมองจากข้อมูลทางคลินิกผ่านข้อมูลที่บันทึกไว้และเอกสารทางการแพทย์

3. ผลการทดสอบและการอภิปราย

ในงานวิจัยล่าสุด แผนภาพหลักของร่างกายมนุษย์ถูกสร้างขึ้นเพื่อแสดงพฤติกรรมของ ICP, CCP, MAP, IOP ของร่างกายมนุษย์ ICP, CPP, MAP และ IOP ที่ได้รับจากข้อมูลทางคลินิก และเอกสารทางการแพทย์มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และประเมินช่วงเวลาของภาวะผิดปกติ มีการรวบรวมค่า สภาพสมบูรณ์ และสภาพผิดปกติ ซึ่งรายงานในตารางที่ 1 และ 2 ค่าของ ICP, CPP, MAP และ IOP แสดงให้เห็นความแตกต่างของค่าอย่างชัดเจน

ตารางที่ 1 : ค่า ICP, MAP, CPP and IOP ของภาวะสุขภาพดี

Source	ICP	MAP	CPP	IOP
O. Gilland et al [7]	**13.6**	**97.2**	**67**	**-**
M.smith et al.[8]	**12.8**	**100.5**	**58.1**	**-**
M. Czosnyka et al. [21]	**14.5**	**83**	**67**	**-**
และ M. P. Fautsch [22]	**14.8**	**105.6**	**54.5**	**-**
F.David et al. [23]	**15.5**	**85**	**62.5**	**24.5**
S. Badri et al. [25]	**14.5**	**75**	**82.5**	**25.27**
David W. Smith et al. [2]	**14.8**	**105**	**54.6**	**-**
Faisal M. Kashif et al.[27]	**13.7**	**86.5**	**73.5**	**27.5**
Y. li et al.[26]	**12.8**	**100.5**	**88.3**	**-**
A. Avolio [6]	**15.7**	**104.5**	**89.5**	**-**

ตารางที่ 2 : ค่า ICP, MAP, CPP and IOP ของภาวะสุขภาพไม่ดี

Source	ICP	MAP	CPP	IOP
O. Gilland et al[7]	60.5	120	32	-
M.smith et al.[8]	45.3	125	29.5	-
M. Czosnyka et al. [21]	73.4	130	25	-
และ M. P. Fautsch [22]	65	140	40	-
F.David et al. [23]	65.2	140	40	-
S. Badri et al. [25]	66.4	137	44.5	-
David W. Smith et al. [2]	65	135	30	34
Faisal M. Kashif et al.[27]	75	150	25	37.5
Y. li et al.[26]	60	150	35	32.5
A. Avolio [6]	55	160	30.4	34.5

ดังนั้น 3D locus สามารถอธิบายพฤติกรรมของพารามิเตอร์แต่ละตัวและทำนายได้ ค่า ICP จากแผนภาพ 3 มิติของร่างกายมนุษย์ ความสัมพันธ์ของเนื้อหาจะอธิบายในหัวข้อถัดไป ผลลัพธ์แรก ICP ประกอบด้วยเลือดของเหลวในร่างกาย (น้ำไขสันหลัง น้ำไขสันหลัง ฯลฯ) และเนื้อเยื่อสมอง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงฝังแน่นในผลของเนื้อเยื่อสมอง พารามิเตอร์คงที่ของ 3D locus ของแผนภาพมนุษย์คำนวณจาก ICP-time, MAP-time, CPP-time และ IOP-time และเอกสารทางการแพทย์ สำหรับการสร้างมี 3D-Paraboloid และ3D- Gaussian และมีความสัมพันธ์สองกลุ่มระหว่าง ICP, MAP และ CPP สำหรับส่วนแรกและ ICP, MAP และ IOP สำหรับกลุ่มที่สอง 3D locus ของไดอะแกรมมนุษย์กลุ่มแรกและกลุ่มที่สองได้รับการยืนยันจากข้อมูลทางคลินิกและสร้างขึ้นจาก 3D-Paraboloid และ 3D-Gaussian 3D locus ของ ICP, CPP, IOP และ MAP แสดงข้อมูลที่ดีและไม่ดีในสมการ 3D-Paraboloid และแบบจำลอง 3D-Gaussian ดังแสดงรูปที่ 1 และ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ICP, MAP, IOP และ CPP โดยแสดงขอบเขตระหว่างสภาวะที่มีสุขภาพดีและไม่แข็งแรง 3D-locus ของโมเดล Paraboloid ในรูปที่ 1a และ 2a. ได้รวม สภาพที่ไม่แข็งแรงและมีสุขภาพดีที่ตรวจสอบจากผู้ป่วย 34 รายที่มีความประสงค์ของสมอง เช่นโรคหลอดเลือดสมอง เนื้องอก และความดันสูง ค่า ICP อยู่ระหว่าง 40-70 mmHg ซึ่งผลของ ICP จะรบกวนการไหลเวียนของเลือด ค่า CCP อยู่ระหว่าง 30-50 mmHg และค่า MAP มีมากกว่า 120 mmHg ในขณะเดียวกัน ภาวะสุขภาพของค่า ICP, CCP และ MAP คือ 5-15 mmHg, 60-90 mmHg และ 85-110 mmHg ตามลำดับ ซึ่งตรวจสอบจากคนทั่วไปแล้ว ได้แก่ 37 คนในผู้ใหญ่และวัยรุ่น นอกจากนี้ ค่า IOP ยังได้รับการพิจารณาสำหรับการวินิจฉัยค่า ICP เพื่อแทนที่ค่า CPP ในขณะที่ค่าสัมพัทธ์คือความสัมพันธ์ระหว่าง MAP, IOP และ ICP ที่ถูกสร้างขึ้น ค่า IOP รวมผู้ป่วย 27 ราย 10 รายเป็นเนื้องอกและ 17 รายเป็นโรคหลอดเลือดสมอง กรณีที่มีสุขภาพดีมี 26-28 mmHg และกรณีที่ไม่แข็งแรงมี

มากกว่า 32 mmHg จากข้อมูลทางคลินิกในกรณีที่สุขภาพไม่ดี ค่าคงที่ในสมการ 3D-Paraboloid 3 ในรูปที่ 1b และ 1b. cแผนภาพ 3 มิติของแบบจำลองเกาส์เซียน ความสัมพันธ์ระหว่าง ICP, MAP, IOP และ CPP แสดงเส้นแบ่งระหว่างสภาวะปกติและสภาวะที่ไม่แข็งแรง ส่วนใหญ่มาจากส่วนบทนำ สภาพที่ไม่แข็งแรงนี้ตรวจสอบจากผู้ป่วย 34 รายที่มีความต้องการทางสมอง เช่น โรคหลอดเลือดสมอง เนื้องอก และความดันสูง ค่า ICP อยู่ระหว่าง 40-70 mmHg ซึ่งผลของ ICP จะรบกวนการไหลเวียนของเลือด ค่า CCP อยู่ระหว่าง 30-50 mmHg และค่า MAP มีมากกว่า 120 mmHg ในขณะเดียวกัน ภาวะสุขภาพของค่า ICP, CCP และ MAP คือ 5-15 mmHg, 60-90 mmHg และ 85-110 mmHg ตามลำดับ ซึ่งตรวจสอบจากคนทั่วไปแล้ว ได้แก่ 37 คนในผู้ใหญ่และวัยรุ่น จากข้อมูลที่คำนวณได้ในกรณีที่ไม่แข็งแรงและสมบูรณ์ ค่าคงที่ในสมการ 3D- Gaussian และค่า R-squared ที่แสดงในตารางที่ 4 จากตารางที่ 3 และ 4 สมการ 3D-Gaussian ให้ค่า R-squared ที่สูงกว่า 3D- สมการพาราโบลา U. Farooq และคณะรายงานเงื่อนไขเดียวกัน (41) [28] อธิบายในรูปแบบทางวิทยาศาสตร์และโครงสร้างการคำนวณสำหรับการกำหนด สมการ 3D-Gaussian อธิบายเครือข่าย microvascular ของมนุษย์ที่ใช้งานได้ 3 มิติในอุปกรณ์ไมโครฟลูอิดิก โมเดลนี้ช่วยให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดของมนุษย์สร้างไมโครเวสเซลคล้ายเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่เท่าเทียมกันอย่างมากกับหลอดเลือดของมนุษย์ที่รายงานโดย Y. li et al.[1] (. สมการ 3D- เกาส์เซียนใช้ทำนายความสัมพันธ์ระหว่าง ICP, MAP, IOP และ CPP ในบทความนี้ ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์วันที่ทางคลินิกของสมการ 3 มิติสามารถแสดงได้ในสมการ (3)

$$ICP = 71.192 \cdot e^{\left(-05 \cdot \left(\left(\frac{MAP-154.625}{69.042}\right)^2 + \left(\frac{CPP-22.596}{22.886}\right)^2\right)\right)} \qquad (3)$$

นอกจากนี้ แพทย์จะพิจารณาค่า IOP เพื่อวินิจฉัยค่า ICP แทนค่า CPP ในขณะเดียวกัน ความสัมพันธ์คือความสัมพันธ์ระหว่าง MAP, IOP และสมการทางคณิตศาสตร์ที่สร้าง ICP ค่า IOP รวมผู้ป่วย 27 ราย ต้อหิน 10 ราย และ 17 รายเป็นโรคหลอดเลือดสมอง กรณีที่มีสุขภาพดีมี 26-28 mmHg และกรณีที่ไม่แข็งแรงมีมากกว่า 32 mmHg สมการสามารถแสดงได้ในสมการ (4)

$$ICP = 89.161 \cdot e^{\left(-05 \cdot \left(\left(\frac{MAP-134.176}{53.062}\right)^2 + \left(\frac{IOP-43.512}{10.382}\right)^2\right)\right)} \qquad (4)$$

จากสมการ (3) และ (4) ค่า ICP สามารถคำนวณและเปรียบเทียบกับข้อมูลทางคลินิกจากวิธีการวัดแบบไม่รุกรานเพื่อยืนยันแบบจำลองของเรา โมเดลนี้ชี้แจงพฤติกรรมปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ICP, CCP, IOP และ MAP ของบุคคลที่มีสุขภาพดี ความสัมพันธ์และพฤติกรรมของแบบจำลองจะอธิบายในส่วนที่แสดงในสมการ (4)

รูปที่ 1. 3D locus ของ MAP, CPP และ ICP ใน a) 3D-Paraboloid และ b) 3D-Gaussian

รูปที่ 2. 3D locus ของ MAP, IOP และ ICP ใน a) 3D- Paraboloid l และ b) 3D- Gaussian

ผลลัพธ์ของ 3D locus ของมนุษย์ในข้อมูลทางคลินิกและตรวจสอบจากผู้ป่วย ข้อมูลการตรวจสอบกรณีวิกฤตจากบทความ และข้อมูลการตรวจสอบได้ดำเนินการบน 3D locus ในเกรณีที่มีสุขภาพดีและไม่แข็งแรง ข้อมูลการตรวจสอบมุ่งเน้นไปที่โรคหลอดเลือดใน สมองและดวงตาซึ่งมีเนื้องอก โรคหลอดเลือดสมอง โรคความดันโลหิตสูง และโรคต้อหิน จะเห็นได้ว่าข้อมูลจากกรณีวิกฤตจากบทความและข้อมูลที่ตรวจสอบมักพบที่ 3D locus นอกจากนี้ ข้อมูลการตรวจสอบยังถูกใช้ทั้งใน 3D loci ของมนุษย์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3D-Paraboloid และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3D-Gaussian ข้อมูลทางคลินิกระบุ ICP, CCP, MAP, IOP บนหลอดเลือดในสมองและตาในกรณีที่ไม่แข็งแรงและตรวจสอบข้อมูลกรณีที่มีสุขภาพดีจนกระทั่งมีการวางแผนกรณีที่ไม่ปกติบนตำแหน่ง 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 3a และ 3b สำหรับ MAP, CCP และ ICP และ MAP, IOP และ ICP ตามลำดับ

รูปที่ 3 a) 3D locus ของ MAP, CCP และ ICP b) MAP, IOP และ ICP ในรูปแบบ 3D- Gaussian พร้อมข้อมูลที่ตรวจสอบแล้ว

4. สรุป

3D locus ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3D-Gaussian เพื่อตรวจสอบ ICP, CPP, IOP และ MAP ในระบบสมองด้วยสภาพที่เหมาะสมของคนที่มีสุขภาพแข็งแรง ความสัมพันธ์ระหว่างเลือด น้ำไขสันหลัง ตา และสมองถูกกำหนดให้เป็นไปตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น แผนภาพ 3 มิติจึงรวมข้อมูล 3D- Gaussian ข้อมูลทางคลินิกไว้ด้วย นอกจากนี้ ผลลัพธ์ยังแสดงดังต่อไปนี้:

- การกำหนดแผนภาพ 3 มิติของมนุษย์สำหรับคนที่มีสุขภาพแข็งแรงและไม่แข็งแรง แสดงให้เห็นคุณค่าของค่า r-squared ของ 3D-Gaussian ให้สูงกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3D-Paraboloid ผลลัพธ์เหล่านี้ได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลทางคลินิกซึ่งมีดัชนีระดับความมั่นใจที่ 0.95

- ICP ของคนสุขภาพดีและไม่แข็งแรงที่คำนวณในข้อมูลทางคลินิกแล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลที่แก้ไขโดยข้อมูลอ้างอิงตามข้อมูลทางคลินิก ดังแสดงในรูปที่ 4 สำหรับข้อมูลที่ตรวจสอบ นอกจากนี้ ICP ที่คำนวณได้ในสภาวะปกติและผิดปกติได้รับการประเมินและจัดให้มี จะเห็นได้ว่าโมเดล 3D- Gaussian ที่ใช้แล้วส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อ ICP ที่คาดการณ์ไว้ ผลลัพธ์เหล่านี้ได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลทางคลินิกซึ่งมีดัชนีระดับความมั่นใจที่ 0.95

นอกจากนี้ ค่าที่คาดการณ์ของ ICP, CPP, IOP และ MAP ในแบบจำลองนี้ได้รับการสนับสนุนโดยข้อมูลทางคลินิกจากวิธีการวัดแบบไม่รุกล้ำ นอกจากนี้ โมเดลนี้ยังอธิบายอย่างชัดเจนถึงปฏิสัมพันธ์ทางพฤติกรรมระหว่าง ICP, CCP, IOP และ MAP ของผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง

รูปที่ 4. การเปรียบเทียบ ICP บน a) CCP และ b) IOP 3D- Gaussian

เอกสารอ้างอิง

[1] C. M. M. Barry R. Bloom, John R. La Montagne, and others, Disease Control Priorities in Developing Countries. New York: Oxford University Press, 2006., p.^pp. 103-118.

[2] D Owen, B Paranandi, R Sivakumar, and M. Seevaratnam, "Classical diseases revisited: transient global amnesia," Postgraduate Medical Journal, vol. 83, pp. 236-239, 2007.

[3] C. -P. Chung, H. -Y. Hsu, A. -C. Chao, F. -C. Chang, W. -Y. Sheng , and H.-H. Hu, "Detection of intracranial venous reflux in patients of transient global amnesia," Neurology, vol. 66, pp. 1873-1877, 2006.

[4] C.Y. Cheng, F.C. Chang, A.C. Chao, C.P. Chung, and H.H. Hu, "Internal jugular venous abnormalities in transient monocular blindness," BMC Neurology, vol. 13, pp. 1417-2377, 2013.

[5] Manju Liu, Haibo Xu, Yuhui Wang, Y. Z. PhD, Shuang Xia, David Utriainen, et al., "Patterns of chronic venous insufficiency in the dural sinuses and extracranial draining veins and their relationship with white matter hyperintensities for patients with Parkinson's disease," Journal of Vascular Surgery, vol. 61, pp. 1511-1520, 2015.

[6] A. Avolio, "Multi-branched model of the human arterial system," Medical & Biological engineering & Computing, pp. 709-718, 1980.

[7] O. Gilland, "Normal cerebrospinal-fluid pressure," England Journal of Medicine, vol. 280, pp. 904-905, 1969.

[8] M. Smith, "Monitoring intracranial pressure in traumatic brain injury," Anesthesia and Analgesia, vol. 106, pp. 240-248, 2008.

[9] P. R. Hanlo P, Gooskens R, Heethaar R, v. Keunen R, Huffelen A, Tulleken C, et al., "Monitoring intracranial dynamics by transcranial Doppler --- a new Doppler index: trans systolic time.," Ultrasound Med and Bio,, vol. 21, pp. 613-621, 1995.

[10]B. R. Ueno T, Shuer L, Cantrell J, Yost W, "Noninvasive measurement of pulsatile intracranial pressure using ultrasound," Acta Neurochirurgica Supply, vol. 71, pp. 66-69, 1998.

[11]R. Z. M. D, "Tissue resonance analysis; a novel method for noninvasive monitoring of intracranial pressure," Journal of Neurosurger, vol. 96, pp. 1132-1137, 2002.

[12]R. V. D. G. Ragauskas A, Pektus V., "Implementation of noninvasive brain physiological monitoring concepts," Medical Engineering & Physics, vol. 25, 2003.

[13]A. S. L. P. Querfurth H, Mundell S, Bennett M, van Horne C. , "Opthalmodynamometry for ICP prediction and pilot test on Mt. Everest," BMC Neurology, vol. 10, p. 106, 2010.

[14]J. M. L. Borchert, "Non-invasive method of measuring cerebrospinal fluid pressure," 1998.

[15]B. D. M. R. Reid A, Martin A, Brightwell A, Pickard J., "Mean intracranial pressure monitoring by a non-invasive audiological technique: a pilot study," Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, vol. 52, pp. 610-612, 1989.

[16]H. P. A. C. Frank A, Janssen T, Arnold W, Trappe A., "Noninvasive measurement of intracranial pressure changes by

otoacoustic emission (OAEs) – a report of preliminary data," Zentralbl Neurochir, vol. 61, pp. 177-180, 2000.

[17]L. F. L. S. Alperin N, Raksin P, Lichtor T.,, "MR-Intracranial pressure (ICP): a method to measure intracranial elastance and pressure noninvasively by means of MR imaging: baboon and human study," Radiology, pp. 177-180, 2000.

[18]Z. G. Z. J. Zhao Y, Clinical experience with the noninvasive ICP monitoring system.: Springer, 2005, p.^pp.

[19] D. A. D. G. Ragauskas A, Azelis V, Gedrimas V., Innovative non-invasive method for absolute intracranial pressure measurement without calibration. (Acta Neurochirurgica Supplements): Springer, 2005, p.^pp.

[20]E. F. Toro., "Brain venous haemodynamics, neurological diseases and mathematical modelling. A review," Applied Mathematics and Computation, vol. 272, pp. 542-579, 2016.

[21]S. P. Marek Czosnyka, Hugh K Richards, Peter Kirkpatrick, Piotr Smielewski, and J. D. Pickard, "Contribution of mathematical modelling to the interpretation of bedside tests of cerebrovascular autoregulation," Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, vol. 63, pp. 721-731, 1997

[22]U. R. Chowdhury and M. P. Fautsch, "Intracranial Pressure and Its Relationship to Glaucoma: Current Understanding and Future Directions," Roy Chowdhury U, Fautsch MP. Intracranial Pressure and Its Relationship to Glaucoma: Current Understanding and Future Directions. Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol. 2015;4(3):71-80., vol. 4, pp. 71-80, 2015.

[23]S. S. Werndle MC, Phang I, Czosnyka M, Varsos GV,Czosnyka ZH, "Monitoring of spinal cord perfusion pressure in acute spinal cord injury: initial findings of theinjured spinal cord pressure evaluation study," Critical Care, vol. 42, pp. 646–655, 2014.

[24]Morgan William H. MBBS and Yu Dao Yi, "The Role of Cerebrospinal Fluid Pressure in Glaucoma Pathophysiology: The Dark Side of the Optic Disc," Journal of Glaucoma vol. 17, pp. 408-413, 2008.

[25] Shide Badri, Jasper Chen, Jason Barber, Nancy R. Temkin, Sureyya S. Dikmen, Randall M. Chesnut, et al., "Mortality and long-term functional outcome associated with intracranial pressure after traumatic brain injury," Intensive Care Medicine, vol. 38, pp. 1800-1809, 2012.

[26] D. W. Smith, C.-J. L. , W. M. , and B. S. G. , "Estimating three-dimensional outflow and pressure gradients within the human eye," PLoS ONE, vol. 4, pp. 1-45, 2019.

[27]Faisal M. Kashif, George C. Verghese, Vera Novak, Marek Czosnyka, and T. Heldt, "Model-Based Noninvasive Estimation of IntracranialPressure from Cerebral Blood Flow Velocityand Arterial Pressure," Science translational medicine, vol. 4, pp. 1-9, 2012.

[28]Umar Farooq, Jason Gu, Mohamed E. El-Hawary, Jun Luo, and M. U. Asad, "Observer based fuzzy LMI regulator for stabilization and tracking control of an aeropendulum," in IEEE 28th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2015, p. 1508-1513.

กฤชนันท์ เจริญสุข อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

อุทัย อึ๊งเจริญ คณบดี และอาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์,สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
ค.อ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การสร้างแบบจำลอง และออกแบบตัวควบคุมสำหรับ Aero-Pendulum โดยใช้ตัวควบคุม Proportional–Integral–Derivative และ Sliding-mode

ครรชิต ภาวนานนท์[1] และ กฤชนันท์ เจริญสุข[2]

[1.]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 38 หมู่ 8 ถ.หาดเจ้าสำราญ ต. นาวุ้ง อ.เมืองเพชรบุรี จ.เพชรบุรี 76000, Email: Analog_dir99@hotmail.com

[2.] คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี, 16/10 ถนนเลียบคลองทวีวัฒนา แขวงทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10170, Email: C.kritchanan@gmail.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ Aero-Pendulum ถูกสร้างขึ้นจากการควบคุมตำแหน่งมุมและแนวทางการชดเชยการรบกวนสำหรับแอโรเพนดูลัมโดยใช้กระบวนทัศน์การคำนวณแบบนิ่มที่ Simulink® รายละเอียดการทดลองมี มวลลูกตุ้ม = 0.21 kg, L_1 = 30 ซม. และ L_2= 15 ซม. กลยุทธ์ที่ควบคุมเพื่อใช้ในการวิจัยคือ Proportional–Integral–Derivative (PID) และ Sliding Mode Control (SMC) ซึ่งตรวจสอบการออกแบบตัวควบคุมตามพื้นที่ของรัฐ เราสร้างอินพุต อินพุตเป็นคลื่นแรงกระตุ้น สมการการเคลื่อนที่ของการเคลื่อนที่เชิงมุมของลูกตุ้มที่เกี่ยวกับแรงบิดของแรงขับมีลักษณะเป็นสมการอนุพันธ์อันดับสอง ระบบได้เพิ่มโมเมนต์ความเฉื่อยที่กระทำกับแกนพิทช์ การหน่วงหนืด ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด และกระแสของมอเตอร์ในสมการนี้ ตัวควบคุมถูกจำลองผ่าน Simulink® ว่าผลลัพธ์ของพฤติกรรมการควบคุมเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่แสดงผลโดยตัวควบคุมที่เสนอนั้นจะถูกตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับตัวควบคุมอัตราขยายคงที่ผ่านการทดลองแบบเรียลไทม์ที่น่าเชื่อถือและตอบสนองความเสถียรของลูกตุ้มอากาศ สามารถรักษา มุมของหุ่นยนต์ภายใต้การหยุดชะงักของแรงกระตุ้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุม SMC บรรลุประสิทธิภาพที่ดีขึ้นใน Aero-Pendulum ภายใต้พฤติกรรมการควบคุม PID ที่เหมาะสมกับเวลาที่ต้องการซึ่งแสดงโดยคอนโทรลเลอร์ที่เสนอจะได้รับการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ลักษณะที่ปรากฏด้วยตัวควบคุมอัตราขยายคงที่ผ่านการทดลองแบบเรียลไทม์ที่น่าเชื่อถือ

คำสำคัญ : Aero-pendulum, PID controller, Sliding Mode Control (SMC) and Simulink®

Abstract

In this research, the aero-pendulum was created of angle position control and disturbance reimbursement approach for an aero-pendulum using the soft computing paradigm that Simulink®. The detail of experiment have Mass of pendulums = 0.21 kg, L1 = 30 cm. and L2= 15 cm. The strategies controlled for use in research are Proportional–Integral–Derivative (PID) Sliding Mode Control (SMC), which investigated the state space-based controller design. We created the input. The input is an impulse wave. The equation of motion for the pendulum's angular motion concerning the thrust torque is characterized as a second-order differential equation. The system added the moment of inertia acting about the pitch axis, the viscous damping, the stiffness coefficient and the motor current to this equitation. The controller is simulated via Simulink® that the results of superior time-optimal control behavior rendered by the proposed controller are validated by comparing its performance with the fixed gain controller via credible real-time experiments and satisfies an aero pendulum's stability, capable of maintaining the robot angle under impulse interruption. The result showed SMC controller achieved a better performance in the aero-pendulum under the preferred time-optimal PID control behavior rendered by the proposed controller is validated by investigating the appearance with the fixed gain controller via credible real-time experiments.

Keywords: Aero-pendulum, PID controller, Sliding Mode Control (SMC) and Simulink®

ศัพท์เฉพาะ

R(s)	: System input signal
C(s)	: System output signal
G(s)	: Transfer Function
H(s)	: Feedback
tr	: Rise Time
ts	: Setting Time
Ess	: Steady State Error
r(t)	: Input voltage
c(t)	: Output voltage
Mp	: Maximum Overshoot
K	: Propeller Coefficient (m/s)
L	: length of Aero Pendulum (m)
m	: The mass of the motor (kg)
c	: Viscosity coefficient (Nm/s2)
g	: Acceleration of Earth (m/s2)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ω_n : Bandwidth (rad/sec)

ℓ : Damping Factor

K_P : P-Controller

K_I : I-Controller

K_D : D-Controller

1. บทนำ

ในระบบสมดุลอัตโนมัติ การพัฒนาสองสามทศวรรษได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับเวิร์กสเตชันทางวิศวกรรมแบบบูรณาการระหว่างการทดลองจริงและการจำลองที่แสดงให้เห็นเวิร์กสเตชันวิศวกรรมแบบบูรณาการใน Maurice F. et al [1] และ René van de M. et al.[2] เพราะสร้างและพัฒนากลยุทธ์การควบคุมเพื่ออธิบายว่าแบบจำลองใดสามารถประยุกต์ใช้กับความรู้ที่ได้รับใหม่เพื่อช่วยนักพัฒนาเมื่อได้เรียนรู้ ระบบลูกตุ้มเป็นแบบคลาสสิก ดังนั้น ปัญหาหลักของระบบลูกตุ้มคือการกระตุ้นการสั่นและการประสานกัน ซึ่งถือได้ว่าเป็นตัวอย่างของระบบกลไกคล้ายลูกตุ้มสองระบบที่เกี่ยวข้องกัน พารามิเตอร์ถูกตรวจสอบเพื่อตรวจสอบและประเมินสำหรับการทำนายพฤติกรรมของระบบ นักวิจัยใช้ซอฟต์แวร์และการทดลองเพื่อประเมินพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ งานวิจัยของ A. Boris et al[3] ใช้วิธีเร่งความเร็วในส่วนการทดลองและ d programming package MATLAB ที่มาพร้อมกับ Parallel In/Out Toolbox (PIO-Toolbox) ในขณะที่ K. Pawananont et al.[4 , 5] ใช้การควบคุมกลยุทธ์สำหรับการควบคุมการปรับความกว้างพัลส์ผ่าน Simulink® ซึ่ง K.charoensuk et al[6] ใช้เพื่อจำลองและทำนายความดันในกะโหลกศีรษะด้วยข้อมูลทางคลินิกและบทความวิจัยผลลัพธ์ทั้งสองให้ 0.95 เป็นตัวเลขที่มีนัยสำคัญ นอกจากนี้จำนวนลูกตุ้มในลูกตุ้มโซ่ยังพิจารณาอยู่ในระบบทางกายภาพและทางกลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังเป็นที่สนใจในการออกแบบอุปกรณ์ที่มีศักยภาพสำหรับกลยุทธ์การควบคุม การจำลองและการทดลองใช้ตรวจสอบแบบจำลองที่รายงานในงานของ A. L. Fradkov et al [7] ผู้พัฒนาระบบควบคุมใช้เครื่องบินแบบไม่เชิงเส้นตามกลยุทธ์การควบคุมเพื่อสนับสนุนนักบินอัตโนมัติในระบบควบคุมการบิน โมเดลอิสระ 4-6 องศาขึ้นอยู่กับเครื่องบินที่จัดประเภท แอโรไดนามิกแบบไม่เชิงเส้นและไดนามิกอันดับสองของแอคทูเอเตอร์กลยุทธ์การควบคุมได้รับการเสริมด้วยนักบินอัตโนมัติของเครื่องบินที่จัดตั้งขึ้นตามคำสั่งควบคุมแบบคลาสสิก การศึกษาวิจัยได้สาธิตกลยุทธ์การควบคุมที่กำหนดค่าใหม่ได้ในบทความวิจัยโดย M. Zugaj et al[8] ซึ่งแสดงการจำลองเครื่องบินโดยแสดงประสิทธิภาพของการรบที่มีเสถียรภาพและการซ้อมรบที่สัมพันธ์กันของพารามิเตอร์ควบคุมสำหรับการโก่งตัวหลังความเสียหายของเครื่องบินและการลงจอด และการบินขึ้นผ่านระบบควบคุมโหมดเข้าข้างที่แสดงให้เห็นในบทความวิจัยของ Xavier Aguas et al[9]

ในบทความนี้ ผู้วิจัยจะศึกษาคุณสมบัติของลูกตุ้มแอโร ลูกตุ้มอย่างง่ายประกอบด้วยมวลขนาดเล็กที่ติดอยู่กับจุดสิ้นสุดของสตริง ความยาวของสตริงนั้นมากเมื่อเทียบกับขนาดของมวล มวลของสตริงนั้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับมวล ในระหว่างสภาวะ มวลจะกระจุกตัวอยู่ที่จุดศูนย์กลางมวล และความยาวของลูกตุ้มคือระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลจากแกนของช่วงล่างหรือจุดหมุน ลูกตุ้มอากาศมีใบพัดแบบใช้มอเตอร์ที่ส่วนท้ายของลูกตุ้มเพื่อยกลูกตุ้มสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ใบพัดแบบใช้มอเตอร์ถูกหมุนโดยเซอร์โวกำหนดตำแหน่งรอบแกนขนานกับแกนหมุนของลูกตุ้ม การควบคุมกลยุทธ์ใช้ Simulink® เพื่อสร้างฟังก์ชันการควบคุม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบหุ่นยนต์ทรงตัวสองล้อถูกนำเสนอในรูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์ สำหรับการวิจัยนี้ ตัวควบคุมกลยุทธ์ PID และ SMC ถูกเปรียบเทียบกันเพื่อค้นหาการตรวจสอบที่แน่ชัดในตำแหน่งเชิงมุมและระยะทางด้วยอนุกรมเวลา

2. การแนวคิดและตัวควบคุม

2.1 Aero-Pendulum

ผู้พัฒนาการควบคุมมีขั้นตอนการทดสอบแบบย่อและต้นทุนต่ำสำหรับการสาธิตเชิงปฏิบัติของแนวคิดการควบคุมป้อนกลับที่มีเหตุผลที่สอดคล้องกันกับ Giuseppe Habib et al.[10] ในงานวิจัยนี้ Aero-Pendulum ถูกสร้างขึ้นจากการควบคุมตำแหน่งมุมและแนวทางการชดเชยการรบกวนสำหรับ Aero-Pendulum ใช้กระบวนการคำนวณแบบนิ่มที่ Simulink® แขนลูกตุ้มหมุนโดยใช้แรงขับที่เกิดจากใบพัดขับเคลื่อนสวนทางกันแกนหนึ่งที่ติดตั้งที่ปลายอิสระ ดังแสดงใน รูปที่ 1 ชุดใบพัดที่แสดงในรูปที่ 1a ประกอบด้วยโรเตอร์แกนที่ติดตั้งบนเพลาศูนย์กลาง

รูปที่ 1: แผนภาพอิสระ (a) และชุดทดลอง (b) ของ aero-pendulum

ประกอบด้วยฐาน 2 มม. กล่องเหล็กหนา กว้าง 20 ซม. ยาว 30 ซม. น้ำหนักประมาณ 0.9 กก. โดยใช้น็อตยึดเสาอครีลิกตรงกลางฐานเหล็กเพื่อให้ชุดการทดสอบมีเสถียรภาพในขณะที่ระบบกำลังทำงาน ขาตั้งติดอยู่กับแกน Aero Pendulum ซึ่งใช้ตัวต้านทานแบบปรับได้ เคเบิลไทล์ที่ใช้ยึดชิ้นส่วนของมอเตอร์กระแสตรงติดอยู่กับใบพัดในระบบนี้ ใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) ขนาด 6 โวลต์ และมีใบพัดติดอยู่ที่มอเตอร์ การเคลื่อนไหวของระบบจะเคลื่อนขึ้นและลงแกน Aero Pendulum ซึ่งติดกับปลายด้านหนึ่งของแกน และใช้สปริงยึดกับปลายอีกด้านของแกนหมุน แกนหมุนหนา 3 มม. กว้าง 1.5 ซม. ยาว 27 ซม. ตัวควบคุมวงจรความต้านทานมีค่าความต้านทาน 10 kΩ โดยมีข้อผิดพลาด 05% โดยมีความเป็นเส้นตรง 0.5% ที่ใช้ในการปรับแกน Aero Pendulum สมการการเคลื่อนที่ของการเคลื่อนที่เชิงมุมของลูกตุ้มที่เกี่ยวกับแรงบิดของแรงขับมีลักษณะเป็นสมการอนุพันธ์อันดับสอง สมการการเคลื่อนที่ได้มาและนำไปสู่แบบจำลองรูตโลคัสในโดเมนเวลาเป็น

$$mL^2\ddot{\theta} = -mg\sin\theta - c\dot{\theta} + TL \qquad (1)$$

เราสามารถแปลงสมการ 1 เป็นโดเมนความถี่ได้โดยใช้ Laplace Transform เพื่อให้ได้

$$G(s) = \frac{\theta(s)}{\omega(s)} = \frac{KL}{mL^2S^2 + cS} \qquad (2)$$

สมการได้ค่าพารามิเตอร์ต่อไปนี้โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยแสดงค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 1 จากแบบจำลอง Aero Pendulum

ตารางที่ 1: ค่าคงที่พารามิเตอร์สำหรับแบบจำลอง Aero Pendulum

ค่าคงที่พารามิเตอร์	
K	33 m/s
L	0.27 m
m	0.15 kg
c	0.75 Nm/s^2
ω_n	1 rad/sec
ℓ	0.65

2.2 PID controller

การควบคุม PID รวมคุณสมบัติของระบบควบคุมสามระบบ ได้แก่ P, PD และ PI สามารถกำหนดค่าเกนทั้งสามประเภทได้ ทำให้สามารถออกแบบระบบควบคุมได้ตามต้องการ โดยการปรับเกนทั้งสามประเภทและพิจารณาการตอบสนองที่ได้ เกนจะถูกปรับจนกว่าระบบการออกแบบจะบรรลุการตอบสนองที่ต้องการ ดังนั้นการควบคุม PID สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุม PID

จากโครงสร้างของระบบควบคุม PID ในรูปที่ 2 สัญญาณควบคุมคือ

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \qquad (3)$$

ระบบควบคุมใช้การออกแบบตัวควบคุม PID เพื่อสร้างเสถียรภาพให้กับหุ่นยนต์ดุลยภาพ ซึ่งได้รับการออกแบบโดยใช้วิธีการวางโพลโดยการลดสัญญาณเอาต์พุตของระบบควบคุมหุ่นยนต์ดุลยภาพตามอัตราไตรมาส (Quarterly-decay) Peck ที่สองเทียบกับPeckแรกที่มีค่าการตอบสนองสูงสุดโดยระบบควบคุมหุ่นยนต์ดุลยภาพการสั่นของรูปคลื่นเอาท์พุตเท่ากับหนึ่งในสี่ที่ใช้ในการวิจัยเชิงวิเคราะห์ของ O.Saleem et al.[11]และ M. Eko Prasetyo และคณะ[12]. สามารถเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมการขั้วและสมการ (3) และคำนวณค่า KP, KI และ KD ตามที่แสดงใน (4)

$$K_p = 1.5196,\ K_I = 1.1223,\ K_D = 0.1454 \qquad (4)$$

2.3 SM controller

SMC เป็นไปตามแนวคิดของการควบคุมโครงสร้างตัวแปร (VSC) กลยุทธ์การควบคุมเดิมได้แนะนำแนวทางนี้เมื่อต้นทศวรรษ 1950 หลังจากนั้น ตัวควบคุมนี้ได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัย โดยวางแผนที่จะใช้คอนโทรลเลอร์นี้กับแอปพลิเคชันเพิ่มเติมและตอบสนองขอบที่หลากหลาย ขั้นตอนแรกในการออกแบบ SMC คือการระบุลักษณะการทำงานที่ต้องการของระบบที่ทดสอบ ซึ่งแสดงโดยพื้นผิวเลื่อนของตัวควบคุม ในการวิจัยปัจจุบัน พื้นผิวเลื่อนของการออกแบบ SMC ที่เสนอมีดังอธิบายไว้ในสมการ (5)

$$S(t) = K_1\ddot{e}(t) + K_2\dot{e}(t) + K_3 e(t) + K_4 \int e(t)\cdot dt \qquad (5)$$

จากสมการที่ 5 การออกแบบ SMC ที่เสนอประกอบด้วยสี่พารามิเตอร์ ฟังก์ชันการถ่ายโอนจะค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์เหล่านี้ผ่านการลดความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของเวลารวมของค่าเบี่ยงเบนในระยะทางเชิงเส้นและตำแหน่งเชิงมุมให้น้อยที่สุด

3. ผลการทดสอบและการอภิปราย

สำหรับการควบคุมกลยุทธ์ที่ใช้ กลยุทธ์การควบคุมในงานวิจัยนี้มีตัวควบคุม PID, การควบคุมโหมดเชิงเส้นและเลื่อน (SMC) การทดลองแบบผสมรวมถึงการทดลองและแบบจำลองจำนวนมาก นอกจากนี้ การเปรียบเทียบเวลาการตกตะกอนและเวลาที่เพิ่มขึ้นได้รับการประเมินเพื่อตรวจสอบและอภิปรายผลจากทั้ง PID และ SMC ประการแรก ตรรกะการควบคุมทั้งสองแสดงให้เห็นการตอบสนองในทันทีที่เร็วขึ้น และการต่อต้านการเปลี่ยนแปลงในพารามิเตอร์การจำลองระบบ และยังสามารถขจัดสัญญาณรบกวนที่เข้าสู่ระบบได้อีกด้วย การประเมินเปรียบเทียบระหว่างผู้ควบคุมกลยุทธ์ทั้งสองภายในการปฏิบัติงานยังถูกกล่าวถึงในรายละเอียดในส่วนนี้ด้วย อินพุตคือคลื่นแรงกระตุ้นที่แสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีแอมพลิจูด 0 ถึง 150 องศา ข้อมูลป้อนเข้าเป็นเครื่องจำลองที่ติดตามสถานการณ์การลงจอดผ่านพื้นผิวขรุขระหรือสภาวะอากาศพลศาสตร์ของผู้ใช้ เช่น ความเร็วลมหรือกระแสลมปั่นป่วน อินพุตที่สร้างขึ้นซึ่งข้อมูลเป็นคลื่นแรงกระตุ้นจะแสดงใน รูปที่ 3 ตัวควบคุมถูกจำลองผ่าน Simulink® และตอบสนองความเสถียรของ Aero-pendulum ซึ่งสามารถรักษามุมของหุ่นยนต์ภายใต้การหยุดชะงักของแรงกระตุ้น Simulink® ใช้

สำหรับสร้างตรรกะควบคุมและจำลองตรรกะ บล็อกของตัวควบคุมสี่ตัวแสดงในรูปที่ 4 ตัวควบคุม PID และรูปที่ 5 ตัวควบคุม SMC

รูปที่ 3 แผนภาพการหยุดชะงักของแรงกระตุ้นสำหรับ Aero-Pendulum

รูปที่ 4 : การสร้างแบบจำลองของแผนภาพการออกแบบแบบจำลอง PID สำหรับแบบจำลอง Aero-pendulum

รูปที่ 5: การสร้างแบบจำลองของไดอะแกรมการออกแบบแบบจำลอง SMC สำหรับแบบจำลอง Aero-pendulum

ระบบ Aero-pendulum ที่มี PID และ SMC และบล็อกไดอะแกรมกลยุทธ์ตัวควบคุมสร้างการตอบสนองสองแบบ: ตำแหน่งนางฟ้า θ ตามที่ระบุไว้ก่อนหน้านี้ ค่าเริ่มต้นของตำแหน่งเชิงมุม θ ของหุ่นยนต์ทรงตัวถูกกำหนดเป็น 0 องศาสำหรับตำแหน่งเชิงมุม θ หมายความว่าสภาพเริ่มต้นของหุ่นยนต์นั้นไม่ปลอดภัย ผลลัพธ์ของการควบคุมกลยุทธ์คือตัวสร้างซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุม (องศา) กับเวลา (วินาที) ดังแสดงในรูปที่ 6 เวลาตอบสนองของลอจิกควบคุมแต่ละอันจะมี PID (รูปที่ 6a) และ SMC (รูปที่ 6b) . ในรูปที่ 6 (a) ลอจิกควบคุมการจำลองถูกสร้างขึ้นโดยใช้ Simulink® ของกลยุทธ์การควบคุม PIC และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งมุมกับเวลาในแกน y กับแกน x ของการตอบสนองเวลาซึ่งมีการตอบสนองสามรูปร่างแอมพลิจูดที่ 0.5 , 2.5 และ 4.0 วินาทีของเวลาตอบสนองตามลำดับ ผลลัพธ์ในเงื่อนไข PID ได้ตกลงกันอย่างดีกับ M.M. Job et al.[13], S Howimanporn, et al.[14] และ M. Ghanbari et al[15]. ในรูปที่ 6 (b) ลอจิกควบคุมการจำลองถูกสร้างขึ้นโดยใช้ Simulink® ของกลยุทธ์การควบคุม SMC และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งมุมในแกน y ของแกน y และแกน x ของการตอบสนองต่อเวลา ซึ่งมีการตอบสนองเพียงรูปร่างแอมพลิจูดเดียวที่ 0.5 วินาทีของเวลาตอบสนองตามลำดับ ผลลัพธ์ในเงื่อนไข SMC ได้ตกลงกันอย่างดีกับบทความวิจัยของ S Howimanporn, et al.[14] และ M. Ghanbari et al[15]. ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุม Sliding Mode Control (SMC) ทำได้ดีกว่าการควบคุม PID ในแบบจำลองแอโรเพนดูลัมภายใต้เวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ต้องการ การควบคุม SMC จะแสดงพฤติกรรมที่ตอบสนองประสิทธิภาพการตอบสนองของระบบนี้

รูปที่ 6 ผลแบบจำลองของการออกแบบแบบจำลองและผลตอบสนอง a) Proportional–Integral–Derivative (PID) และ b) การควบคุมโหมดเลื่อน (SMC)

4. สรุป

การทดลองและการจำลองของแอโรเพนดูลั่มได้ดำเนินการในสภาพแวดล้อม Simulink เมื่อวิเคราะห์การทดลองและการจำลองแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตัดสินใจว่า PID และ SMC มีคุณสมบัติที่แข็งแกร่งและการบรรจบกันอย่างรวดเร็วโดยมีการระงับการพูดคุยอย่าง

มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามกรณีของความแม่นยำและการปราบปรามการพูดคุย ผลการทดลองพบว่าตัวควบคุมโหมดการเลื่อน (SMC) มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า Proportional–Integral–Derivative (PID) ในลูกตุ้มอากาศภายใต้ลูกตุ้มคว่ำภายในตำแหน่งมุมในองศาดังแสดงในรูปที่ 6 การตอบสนองของเทวดาของ PID ตอบสนองรูปทรงแอมพลิจูด 3 แบบที่ 0.5, 2.5 และ 4.0 วินาที ซึ่ง SMC 0.5 วินาที การตอบสนองมุมของ SMC คือการลู่เข้าที่ค่าของเวลา มีการปรับปรุงหลายอย่างที่สามารถเพิ่มได้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งใช้ตัวควบคุมอื่น เช่น ตัวควบคุม Fuzzy Logic และตัวควบคุม Lead Lag ตัวควบคุมโหมดเลื่อน จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบตัวควบคุมนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] M. F. ABURDENE and M. EL-SHARKAWY, "Integrated Engineering Workstations in Electrical Engineering Laboratories," IEEE Transation on Education, vol. 32, pp. 404-408, 1989.

[2] R. V. Molengraft, M. Steinbuch, and B. d. Kraker, "Integrating Experimentation into Control Courses," IEEE Control Systems Magazine, pp. 40-44, 2005.

[3] A. Boris and B. K. B., "Numerical and Laboratory Experiments with Controlled Coupled Pendulums," IFAC Proceedings Volumes, vol. 34, pp. 801-806, 2001.

[4] [4] K. Pawananont and T. Leephakpreeda, "Sequential Control of Multichannel On–Off Valves for Linear Flow Characteristics Via Averaging Pulse Width Modulation Without Flow Meter: An Application for Pneumatic Valves," Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, vol. 141, pp. 011007-1- 011007-11, 2019.

[5] K. Pawananont and T. Leephakpreeda, "Experimental investigation and optimal combustion control of untreated landfill gas via fuzzy logic rule knowledge based approach," Waste Management, vol. 121, pp. 383-393, 2021.

[6] K. Charoensuk, T. Sethaput, and I. Nilkhamhang, "Electrical Modeling of Dynamical Interaction among Intracranial Pressure, Intraocular Pressure, Cerebral Perfusion Pressure, and Arterial Blood Pressure," in The 2019 Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON-2019), Ubonratchatani, Thailand, 2019, p.1-6

[7] A. L.Fradkov and B. Andrievsky, "Control of wave motion in the chain of pendulums," IFAC Proceedings Volumes, vol. 41, pp. 3136-3141, 2008.

[8] M. Zugaj and J. Narkiewicz, "Autopilot Supported by Nonlinear Model Following Reconfigurable Flight Control System," JOURNAL OF AEROSPACE ENGINEERING, pp. 340-347, 2010.

[9] X. Aguas, J. Revelo, I. Paredes, A. Cuaycal, and M. Herrera, "Integral-Optimal Sliding Mode Control for Vertical Take-Off and Landing System," in International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS), Quito, Ecuador, 2018, p. 29-35.

[10] A. H. Shah, M. A. Siddiqui, and H. Shahid, "Demystify the real time implementation of an aero pendulum with dSPACE to visualize and compare the results of PID and SMC," SPC Journal of Education, vol. 3, pp. 11-17, 2020.

[11] O. Saleem, M. Rizwan, A. H. A. Agha Ali Zeb, and M. A. aleem, "Online adaptive PID tracking control of an aero-pendulum using PSOscaled fuzzy gain adjustment mechanism," Methodologies and Application, vol. 24, pp. 10629–10643, 2019.

[12] M. E. Prasetyo and E. Endryansyah, "DESAIN SISTEM PENGATURAN POSISI SUDUT AERO PENDULUM BERBASIS PID METODE GENETIC ALGORITHM OPTIMIZATION DENGAN SOFTWARE LABVIEW," Jurnal Teknik Elektro, vol. 9, pp. 597-604, 2020.

[13] M. M. Job and P. S. H. Jose, "Modeling and Control of Mechatronic Aeropendulum," in the 2nd International Conference on Innovations in Information Embedded and Communication Systems, 2015, p. 1-7.

[14] S Howimanporn, S Chookaew, and S. Chaiyaporn, "Experimental and Implementation of Robust Control Via Floating Air Levitation and Balancing Rotary Inverted Pendulum," Journal of Physics: Conference Series, vol. 1733, pp. 1-4, 2021.

[15] M. Ghanbari, M. Bahraini, and M. J. Yazdanpanah, "Continuous control of sampled data systems with robustness against bounded measurement errors," Transactions of the Institute of Measurement and Control, pp. 1–9, 2017.

ครรชิต ภาวนานนท์ อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์
อัจฉริยะมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
วศ.ม. วิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กฤชนันท์ เจริญสุข อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทความวิจัย

การออกแบบระบบบังคับเลี้ยวสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษา

A Design of Steering System for Formula Student

การออกแบบระบบบังคับเลี้ยวสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษา

A Design of Steering System for Formula Student

สถาพร วันนาพ่อ[1*] ธีรวัติ อินทร์เฉลิม[1] วรรณธิดา แซ่ล้อ[1] อัษฎา วงษ์ยอด[1] และ ณัฏฐกิตติ์ ฤทธิ์ทอง[2]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ. พิบูลสงคราม แขวง วงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 sthaphorn.w@rmutp.ac.th theerawat-i@rmutp.ac.th wanthida-s@rmutp.ac.th ausada-w@rmutp.ac.th

[2]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

399 ถนน สามเสน แขวง วชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 natthakit.r@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบระบบบังคับเลี้ยวสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษาแบบอัคเคอร์มานด์ พร้อมเปรียบเทียบระยะจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและขวาที่เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ 0% 25% 50% 75% และ 100% การเปรียบเทียบระบบบังคับเลี้ยวแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ เปรียบเทียบที่รัศมีวงเลี้ยวเท่ากับ 9,125 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นรัศมีวงเลี้ยวของสนามทดสอบการโคลงและการส่าย (Skid-pad) และรัศมีวงเลี้ยวแคบสุด ที่ระยะการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพาน 30 มิลลิเมตร โดยการจำลองชุดระบบบังคับเลี้ยวที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ ในโปรแกรมสำเร็จรูป ภายใต้เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ มุมเลี้ยวของล้อ ระยะและมุมของแขนบังคับเลี้ยวจากโปรแกรมสำเร็จรูป สำหรับการเปรียบเทียบทั้ง 2 รูปแบบพบว่ายิ่งเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์เพิ่มขึ้น ระยะห่างของจุดหมุนก็ยิ่งน้อยลง นั่นคือชุดระบบบังคับเลี้ยวที่เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ 100% มีระยะจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและขวาน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์อื่น ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งชี้เสถียรภาพด้านการเลี้ยวของรถสูตรนักศึกษาที่ดีกว่าเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่ 0% 25% 50% และ 75%

คำสำคัญ : ระบบบังคับเลี้ยว; อัคเคอร์มานด์; รถแข่งสูตรนักศึกษา

Abstract

The objective of this research is to study and design an Ackermann steering system for Formula Student and compare the pivot point distance of the front wheel between left and right at 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of Ackermann. The comparison of the Ackerman percentage is divided into two cases. First is compare the turning radius of 9,125 mm which is the turning radius of the Skid-pad test field. Second is compare the narrowest turning radius at a rack travel 30 mm by simulation steering system at different percentages in the software under the Ackermann percentage, travel of rack and angle of steering arm from software. For the comparison, when the Ackerman percentage is increasing the distance of pivot point is a decrease. That is the steering system at 100% Ackermann percentage has less front left wheel and front right wheel pivot point than other percentages. As a result, the 100% Ackerman percentage is indicating the better cornering stability than the 0 %, 25%, 50% and 75% Ackermann percentage.

Keywords: steering system; Ackermann; formula student

1. บทนำ

ระบบบังคับเลี้ยว เป็นระบบกลไกที่ทำหน้าที่ควบคุมการเลี้ยวให้รถเลี้ยวไปในทิศทางที่ต้องการ ระบบบังคับเลี้ยวที่ดีต้องมีความคล่องตัวดีในการบังคับเลี้ยว มีมุมการเลี้ยวของล้อที่เหมาะสม ทั้งในที่แคบและคดเคี้ยว

หากพิจารณาระบบบังคับเลี้ยว ซึ่งประกอบด้วย 3 รูปแบบ คือ อัคเคอร์มานด์ (Ackermann) แบบขนาน (Parallel) และรีเวิร์ส-อัคเคอร์มานด์ (Reverse-Ackermann) โดยรูปแบบการเลี้ยวของอัคเคอร์มานด์เป็นรูปแบบระบบบังคับเลี้ยวที่มีมุมการเลี้ยวของล้อด้านในมากกว่าล้อด้านนอก ส่วนแบบขนานเป็นรูปแบบการเลี้ยวที่มีมุมการเลี้ยวของล้อด้านในเท่ากับล้อด้านนอก และรูปแบบการเลี้ยวแบบรีเวิร์ส-อัคเคอร์มานด์เป็นรูปแบบการเลี้ยวที่มีมุมการเลี้ยวของล้อด้านในน้อยกว่าล้อด้านนอก สำหรับระบบบังคับเลี้ยวที่ใช้กับรถแข่งสูตรนักศึกษาโดยทั่วไปมักเลือกใช้ระบบบังคับเลี้ยวแบบอัคเคอร์มานด์ อย่างไรก็ตามความแตกต่างของมุมเลี้ยวล้อด้านในและล้อด้านนอกส่งผลโดยตรงกับเสถียรภาพการบังคับเลี้ยว ดังนั้นการออกแบบระบบบังคับเลี้ยวสำหรับรถแข่งสูตรนักศึกษาจึงต้องมีการพิจารณามุมการเลี้ยวของล้อด้านในและล้อด้านนอกเป็นสำคัญ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอาการไวโค้ง (Oversteer) และดื้อโค้ง (Understeer) ขณะรถแข่งสูตรนักศึกษาเคลื่อนที่ผ่านโค้ง

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทางคณะผู้จัดทำงานวิจัยจึงออกแบบระบบบังคับเลี้ยวแบบอัคเคอร์มานด์และเปรียบเทียบมุมการเลี้ยวของล้อด้านในและด้านนอก เพื่อทำให้ระบบบังคับเลี้ยวมีเสถียรภาพที่ดีและเหมาะสมกับรูปแบบของสนามในการแข่งขัน TSAE Auto Challenge Student Formula โดยการประเมินมุมการเลี้ยวของล้อด้านในและล้อด้านนอกจากโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อลดต้นทุนในการสร้างชิ้นส่วนของระบบบังคับเลี้ยวสำหรับการทดลองจริง ทั้งนี้เพื่อบ่งชี้เสถียรภาพระบบบังคับเลี้ยวของรถแข่งสูตรนักศึกษา จึงต้องมีการนำรถแข่งสูตรนักศึกษาไปจำลองในโปรแกรมสำเร็จรูป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อัคเคอร์มานด์ (Ackermann)

รูปแบบการเลี้ยวของอัคเคอร์มานด์เป็นรูปแบบการเลี้ยวที่มี

มุมการเลี้ยวของล้อด้านในมากกว่าล้อด้านนอกโดยสามารถหาค่าอัคเคอร์มานด์ [1] ได้จากสมการ (1)

$$Ackermann = tan^{-1}\left(\frac{Wheelbase}{\frac{Wheelbase}{tan\,\delta_{outside}} - T_{front}}\right) \quad (1)$$

เมื่อ Wheelbase คือ ระยะจุดศูนย์กลางล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางล้อหลัง (m)

$\delta_{outside}$ คือ มุมเลี้ยวของล้อด้านนอก (degrees)

T_{front} คือ ระยะจุดศูนย์กลางล้อหน้าซ้ายถึงจุดศูนย์กลางล้อหน้าขวา (m)

2.2 เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ (%Ackermann)

เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์เป็นสัดส่วนของมุมที่ล้อด้านในเลี้ยวไปตามพวงมาลัยกับค่าอัคเคอร์มานด์ เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานที่แตกต่างกัน ก็จะให้ค่ารัศมีวงเลี้ยวของล้อที่แตกต่างกัน โดยสามารถหาค่าอัคเคอร์มานด์ได้จากสมการ (2)

$$\%\,Ackermann = \frac{\delta_{inside}}{Ackermann} \times 100\% \quad (2)$$

เมื่อ δ_{inside} คือ มุมที่ล้อด้านในเลี้ยวไปตามพวงมาลัย (degrees)

2.3 รัศมีวงเลี้ยว (Turning circle radius)

รัศมีวงเลี้ยว เมื่อรถยนต์วิ่งเข้าโค้งโดยไม่เกิดการลื่นไถลไปทางด้านข้าง ล้อทุกล้อจะต้องหมุนรอบจุดศูนย์กลางร่วมจุดหนึ่ง รัศมีวงเลี้ยวของรถแข่งสูตรนักศึกษาจะกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น มุมการหมุนของพวงมาลัย ระยะจากล้อหน้าถึงล้อหลัง (Wheelbase) ระยะจากล้อซ้ายถึงล้อขวา (Track) และเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์

2.4 เส้นรอบวง (Circumference)

หมายถึงระยะทางรอบรูปโดยปกติจะหมายถึงรูปวงกลมหรือรูปวงรีเส้นรอบวงเป็นเส้นรอบรูปชนิดหนึ่ง เส้นรอบวงของเฟืองขับเป็นตัวบอกได้ว่าเฟืองขับสามารถขับให้เฟืองตามเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางเท่าไหร่ สามารถคำนวณได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางคูณกับค่าคงที่ 22/7

2.5 เฟือง (Gear)

เฟือง เป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในเครื่องจักรมีรูปร่างหลายแบบทำหน้าที่ส่งกำลังโดยการหมุนจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ขนานหรือตั้งฉากซึ่งกันและกันการออกแบบเฟืองมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ [2]

1. โมดูล (Module) เป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์กับจำนวนฟันบนเฟือง
2. เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (Pitch Diameter) เป็นตัวบอกขนาดของเฟือง เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์เป็นค่าโมดูลคูณกับจำนวนฟันเฟือง
3. ความสูงด้านครึ่งล่าง (Dedendum) เป็นระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างโคนฟัน (Bottom land) ถึงวงกลมพิตช์มีค่า 1.25 เท่าของโมดูล
4. วงกลมฐาน (Base circle) คือวงกลมที่ใช้เป็นฐานในการสร้างฟันเฟือง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3)
5. มุมอัดหรือมุมกด (Pressure angle) คือมุมที่ฟันของเฟืองขบกัน โดยมุมดังกล่าวเป็นมุมเส้นสัมผัส (Tangent) ที่วัดจากเส้นขนานระหว่างเฟืองสองตัวกับมุมที่ฟันเฟืองขบกัน

$$M = \frac{PD}{N} \quad (3)$$

เมื่อ M คือ โมดูล (mm)

PD คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (mm)

N คือ จำนวนฟันเฟือง

2.6 ระยะการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพาน (Rack travel)

ระยะการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพานขึ้นอยู่กับการใช้มุมของพวงมาลัยและขนาดของเฟืองขับ ซึ่งระยะการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพานหาได้จากทฤษฎีการหาความยาวส่วนโค้งของวงกลม ส่วนโค้งของวงกลม [3] คือส่วนใดส่วนหนึ่งของเส้นรอบวงของวงกลม สามารถคำนวณระยะการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพานได้จากสมการที่ (4)

$$Rack\ Travel = c \times \frac{\theta}{360} \quad (4)$$

เมื่อ c คือ เส้นรอบวง (mm)

θ คือ มุมพวงมาลัย (degrees)

2.7 ระบบจุดหมุนจุดเดียว

ในการออกแบบระบบบังคับเลี้ยวมีส่วนสำคัญต่อการบังคับรถยนต์ทั้งหมด ระบบบังคับเลี้ยวจึงต้องออกแบบอย่างระมัดระวัง เพื่อให้เป็นชุดเดียวกันกับระบบรองรับน้ำหนัก และรับแรงที่ล้อหน้า การออกแบบทำให้ล้อหน้าของรถยนต์มีลักษณะเป็น โทเอาทออนเทิร์น (Toe-out on turn) และจุดหมุนของล้อซ้ายและล้อขวารวมเป็นจุดเดียวกัน หรือระยะห่างของจุดหมุนน้อย ล้อของรถยนต์ก็จะไม่ลื่นไถล เป็นตัวบ่งบอกเสถียรภาพระบบบังคับเลี้ยวของรถยนต์

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อาทร ไทยเจริญ [4] คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมยานยนต์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ทำการทดสอบมุมเลี้ยวของรถยนต์ 4 ล้อขนาดเล็ก โดยใช้รถตัวอย่างจำนวน 6 คัน ซึ่งเป็นรถต่างรุ่นและต่างผู้ผลิต การทดสอบจะเปรียบเทียบมุมเลี้ยวของล้อด้านนอกที่วัดได้จากแท่นทดสอบและผลการคำนวณจากสมการของอัคเคอร์มานด์ที่มุมเลี้ยวของล้อด้านในเท่ากับ 5 10 15 20 และ 25 องศา ผลการทดสอบมุมเลี้ยวของรถยนต์ทั้ง 6 คัน พบว่า ค่ามุมเลี้ยวของล้อด้านนอกที่วัดได้บนแท่นทดสอบมุมเลี้ยวมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการอัคเคอร์มานต์ อย่างได้ก็ตามผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเครื่องมือวัดและการวัดว่าอาจมีการคลาดเคลื่อน ซึ่งต้องมีการปรับปรุงวิธีการวัดต่อไป

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบระบบบังคับเลี้ยว

ผู้จัดทำเลือกใช้ระบบบังคับเลี้ยวแบบแรคและพีเนียน (Rack and Pinion) โดยมีแนวคิดการออกแบบระบบบังคับเลี้ยวคือ

แขนบังคับเลี้ยว เป็นตัวกำหนดมุมเลี้ยวของล้อ และเป็นตัวบอกค่าเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ จึงต้องออกแบบชุดระบบบังคับเลี้ยวให้ได้เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ตามที่ต้องการ ซึ่งมุมและระยะของแขนบังคับเลี้ยวจะได้มาจากโปรแกรมสำเร็จรูป

เฟืองขับ ขนาดของเฟืองขับมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพานตามมุมของพวงมาลัย จึงต้องออกแบบเฟืองขับให้มีขนาดที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพาน และมุมของพวงมาลัยโดยกำหนดโมดูลเท่ากับ 1.25 มิลลิเมตร และมุมของพวงมาลัยที่เลี้ยวได้มากสุดที่นักขับสามารถเลี้ยวได้ โดยไม่สัมผัสกับส่วนอื่น ๆ ของรถ หรือส่วนขาของนักขับเอง เท่ากับ 145 องศา

เฟืองสะพาน (Rack) หรือเฟืองตาม เฟืองขับและเฟืองตามที่สามารถขบกันได้ต้องมีโมดูลเท่ากัน เนื่องจากผู้จัดทำเลือกใช้โมดูลของเฟืองขับเท่ากับ 1.25 มิลลิเมตร เฟืองสะพานจึงต้องใช้โมดูลเท่ากับ 1.25 มิลลิเมตรด้วย

3.2 สมมุติฐานและการจำลองมุมเลี้ยวของล้อ

จากสมมุติฐาน เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่มากขึ้นจะทำให้ระบบบังคับเลี้ยวมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น กล่าวคือ เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่ 100% จะทำให้เสถียรภาพการบังคับเลี้ยวที่ดีกว่าเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่ 75% 50% 25% และ 0% ผู้วิจัยมีแนวทางในการเปรียบเทียบหาเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่เหมาะสม ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการออกแบบยานยนต์ ในการจำลองมุมเลี้ยวของล้อดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 การจำลองมุมเลี้ยวของล้อในโปรแกรมสำเร็จรูป

รัศมีวงเลี้ยวขึ้นอยู่กับระยะการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพาน (Rack travel) โดยมีค่าระยะการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพาน จากโปรแกรมสำเร็จรูป คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิเมตร และเพื่อหาระบบจุดหมุนจุดเดียวตามทฤษฎีในหัวข้อที่ 2.7 ซึ่งเป็นทฤษฎีที่สามารถบ่งชี้เสถียรภาพของระบบบังคับเลี้ยวได้ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบังคับเลี้ยวมีความเหมาะสมกับรถแข่งสูตรนักศึกษาจึงเลือกรัศมีวงเลี้ยวของสนามการทดสอบการโคลงและการส่าย (Skid-pad) ที่มีรัศมีวงเลี้ยวเท่ากับ 9,125 มิลลิเมตรและรัศมีวงเลี้ยวที่การเคลื่อนที่ของเฟืองสะพาน 30 มิลลิเมตร มาจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อเปรียบเทียบจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวาดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 การจำลองระยะห่างจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวา

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการออกแบบระบบบังคับเลี้ยว

ผลการออกแบบ เฟืองขับ เส้นรอบวง มีค่า 74.48 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง มีค่า 23.70 มิลลิเมตรและมีจำนวนฟัน 19 ฟัน เฟืองสะพาน โมดูลเท่ากับ 1.25 มิลลิเมตร และมีจำนวนฟันเท่ากับ 16 ฟัน เพื่อให้เฟืองสะพานเคลื่อนที่ได้สูงสุด 30 มิลลิเมตร ออกแบบระบบบังคับเลี้ยวได้ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ผลการออกแบบระบบบังคับเลี้ยว

4.2 ผลการจำลองระยะห่างจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและขวาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การเปรียบเทียบหาเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่เหมาะสม ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจำลองมุมเลี้ยวของล้อได้เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่ 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% และจำลองระยะจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและขวาด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SOLIDWORKS โดยการแสดงภาพด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (กราฟิก) ระยะห่างจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและขวาที่มีระยะน้อยหรือรวมเป็นจุดหมุนจุดเดียวกัน เป็นสิ่งที่บ่งชี้เสถียรภาพของระบบบังคับเลี้ยว

ตารางที่ 1 ระยะห่างจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวาที่รัศมีวงเลี้ยว 9,125 มิลลิเมตร

เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์	ระยะห่างจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวา (มิลลิเมตร)
0%	1,181.57
25%	929.17
50%	687.70
75%	476.42
100%	286.56

ตารางที่ 2 ระยะห่างจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวาที่รัศมีวงเลี้ยวแคบที่สุด

เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์	ระยะห่างจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวา (มิลลิเมตร)
0%	1,200
25%	881.64
50%	575.14
75%	282.36
100%	0

5. สรุป

5.1 เสถียรภาพของระบบบังคับเลี้ยวที่รัศมีวงเลี้ยว 9,125 มิลลิเมตร

ชุดระบบบังคับเลี้ยวเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่ 0% 25% 50% 75% และ 100% มีจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวาห่างกัน 1181.57 929.17 687.70 476.42 และ 286.56 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ายิ่งเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์เพิ่มขึ้นระยะห่างของจุดหมุนก็จะยิ่งน้อยลงซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีระบบจุดหมุนจุดเดียว กล่าวคือเมื่อระยะห่างของจุดหมุนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์จะส่งผลให้เสถียรภาพของระบบบังคับเลี้ยวได้ดีที่สุด

5.2 เสถียรภาพของระบบบังคับเลี้ยวที่รัศมีวงเลี้ยวแคบสุด

ชุดระบบบังคับเลี้ยวเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ที่ 0%, 25%, 50% และ 75% มีจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวาห่างกัน 1200, 881.64, 575.14 และ 282.36 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ายิ่งเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์เพิ่มขึ้นระยะห่างของจุดหมุนก็จะยิ่งน้อยลงจนเป็นจุดเดียวกันที่เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์ 100% ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีระบบจุดหมุนจุดเดียว อย่างไรก็ตามระยะห่างของจุดหมุนล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวาจะแปรผันตามระยะการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพาน ดังนั้นหากต้องการให้รถมีเสถียรภาพการบังคับเลี้ยวที่ดี จำเป็นต้องกำหนดรัศมีวงเลี้ยวที่ต้องการเพื่อออกแบบการเคลื่อนที่ของเฟืองสะพานและมุมของแขนบังคับเลี้ยวให้เหมาะสม

5.3 เปรียบเทียบเสถียรภาพของระบบบังคับเลี้ยวระหว่างรัศมีวงเลี้ยว 9,125 มิลลิเมตร และวงเลี้ยวแคบที่สุด

จากข้อ 5.1 และ 5.2 จะเห็นได้ว่าทั้งรัศมีวงเลี้ยว 9,125 มิลลิเมตรและรัศมีวงเลี้ยวแคบสุดยิ่งเปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์เพิ่มขึ้นระยะห่างจุดหมุนของล้อหน้าซ้ายและล้อหน้าขวาก็จะยิ่งน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบระยะห่างจุดหมุนของทั้งรัศมีวงเลี้ยว 9,125 มิลลิเมตรและรัศมีวงเลี้ยวแคบสุดแล้ว พบว่าระยะห่างจุดหมุนของรัศมีวงเลี้ยวแคบสุดจะมีระยะห่างที่น้อยกว่าของรัศมีวงเลี้ยว 9,125 มิลลิเมตรในทุก ๆ เปอร์เซ็นต์อัคเคอร์มานด์

เอกสารอ้างอิง

[1] *Design and performance optimization of the steering system of a vehicle,* 2021. [Online], Available: http://www.tjprc.org/publishpapers/2-23-1509443168-1.IJAuERDDEC20171.pdf.

[3] *เฟืองคืออะไร ?* , 2564. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://miSumitec hnical.com/technical/mechanical/to-know-what-is-gear/#.

[4] *วิธีการหาความยาวส่วนโค้งของวงกลม,* 2564. [ออนไลน์], แหล่งที่มา:https://th.wikihow.com/%หาความยาวส่วนโค้งของวงกลม?fbclid=IwAR0_WK9vBNcO8pyIEZvNFO4O2qPffB8bc9D73o3R-aeiNZ1G0GEmFbXHlNY.

[4] Vehicle steering test, 2021. [Online], Available: https://research-system.siam.edu/images/researchin/APHEIT2016/paper-artorn.pdf

นายธีรวัติ อินทร์เฉลิม จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นางสาววรรณธิดา แซ่ล้อ จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นายอัษฎา วงษ์ยอด จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นายสถาพร วันนาพ่อ จบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและยานยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

ว่าที่ร้อยโทณัฏฐกิตติ์ ฤทธิ์ทอง จบการศึกษาระดับ ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มทร.พระนคร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์

Mini Refrigerator Model Cooling Using Peltier Plates

อานนท์ ดีอุดม อนันต์ เต็มเปี่ยม ปฏิวัติ คมวชิรกุล พิเชษฐ์ บุญญาลัย ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท และ ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ

Arnon-de@rmutp.ac.th Anan.t@rmutp.ac.th Patiwat.k@rmutp.ac.th Pichest.b@rmutp.ac.th Padipan.t@rmutp.ac.th Phupoom.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ และการลดลงของอุณหภูมิของเครื่องดื่มเทียบกับเวลา โดยทำการสร้างตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นใช้แผ่นเพลเทียร์รุ่น TEC1-12703 จำนวน 8 แผ่น จากการทดสอบพบว่าสามารถทำความเย็นได้ที่ 0 °C โดยค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์อยู่ที่ 0.25 และจากทดสอบหาการลดลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาของตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์โดยใช้เครื่องดื่มจำนวน 2 ชนิด คือ น้ำดื่ม และเครื่องดื่มชนิดกระป๋องในเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าน้ำดื่มนั้นสามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุดที่ 9.4 °C ส่วนเครื่องดื่มชนิดกระป๋องสามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุดที่ 8.6 °C

คำสำคัญ : ตู้เย็นจำลองขนาดเล็ก; การทำความเย็น; แผ่นเพลเทียร์

Abstract

The objective of this research is to test the performance coefficient of a simulated small refrigerator by using Peltier plates. and a decrease in the temperature of the drink relative to time. A small simulated refrigerator was built to refrigerate using 8 plates of Peltier model TEC1-12703. From the test, it was found that it was able to cool at 0 °C with the cooling performance coefficient of the Peltier plates. At 0.25, the temperature reduction compared to the time of the simulated mini-refrigerator was cooled by using Peltier plates by using 2 types of beverages: drinking water and canned beverages. It was found that drinking water in 2 hours was able to reach the lowest temperature of 9.4 °C in 2 hours. The temperature was as low as 8.6 °C.

Keywords: mini refrigerator model; refrigeration; peltier plates

1. บทนำ

จากสภาพเศรษฐกิจ และสังคมในปัจจุบัน [1] การเติบโตของตลาดบริการจัดส่งอาหารในรูปแบบเดลิเวอรี่ (Food Delivery) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 มีการเติบโตอย่างโดดเด่นอย่างเห็นได้ชัด รวมถึงความต้องการของผู้บริโภคที่มองหาความสะดวกสบายและความรวดเร็วเนื่องจากความเร่งรีบของการใช้ชีวิต โดยเฉพาะกลุ่มนิสิตนักศึกษา พนักงานองค์กรต่าง ๆ จึงทำให้หลายบริษัทที่ มองเห็นโอกาสที่จะเข้ามาเป็นตัวกลางในการร่วมมือกับทางร้านค้า ร้านอาหาร เข้ามาทำการตลาดบริการเพื่อรับ - ส่ง อาหารแบบเดลิเวอรี่ (Food Delivery) อย่างมากขึ้นผ่านทางช่องทางออนไลน์จากเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน ซึ่งบริการรับส่งอาหารผ่านทางแอพพลิเคชั่น (Application) ได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากใช้งานง่ายผ่านมือถือสมาร์ทโฟน โดยพนักงานจัดส่งสินค้าและอาหาร มีอุปกรณ์กักเก็บอาหาร เป็นกระเป๋าห่อหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ในการเก็บรักษาอาหารและเครื่องดื่มขณะทำการจัดส่งสินค้าให้ผู้บริโภคด้วยสภาพการจราจร ที่ติดขัดรวมถึงระยะทางที่ไกลของจุดหมายปลายทางที่พนักงานจัดส่งสินค้าและอาหาร ต้องดำเนินการจัดส่งอาจมีการทำให้อาหารและเครื่องดื่มในอุปกรณ์กักเก็บอาหารเกิดสูญเสียรสชาติไป รวมถึงอาหารบางประเภทที่ควรอยู่ในอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ ยกตัวอย่างเช่น ซูชิ ซาชิมิ สลัด เค้ก อาหารสดต่าง ๆ เพื่อเป็นการถนอมอาหารและรสชาติให้มีความสดใหม่อยู่เสมออีกด้วย หลังจากนั้น ในปี พ.ศ. 2562 เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID 19) เกิดขึ้นบนโลกและได้มีการแพร่ระบาดมาถึงประเทศไทย [2] จึงต้องมีมาตราการการป้องกันโรคติดต่อขึ้นมา โดยมีกฎระเบียบข้อบังคับ ให้ประชาชนทุกคนสวมหน้ากากอนามัย และการเว้นระยะห่างทางสังคม ทางภาครัฐ ได้ประกาศให้มีมาตราการให้ทุกภาคส่วนปฏิบัติงาน ณ ที่พักอาศัย (Work from Home) โดยเป้าหมายคือต้องการให้ประชาชนทุกคนอยู่ในที่พักอาศัยให้มากที่สุด เพื่อป้องกันการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID 19) ซึ่งจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นการจัดส่งอาหารในรูปแบบเดลิเวอรี่ (Food Delivery) มีการใช้บริการกันอย่างมากขึ้นจากเดิม 37 % เป็น 64 % และเมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการวิจัยและผลิตคิดค้นเทคโนโลยีที่เรียกว่า แผ่นเพลเทียร์เกิดขึ้น [3] โดย แผ่นเพลเทียร์ (Peltier) เป็นอุปกรณ์ทำความเย็นชิ้นเล็ก ๆ ข้อดีคือสามารถทำความเย็นได้โดยไม่ส่งเสียงรบกวน ซึ่งต่างกับระบบทำความเย็นทั่วไปที่ส่งเสียงดังเวลาทำงาน แผ่นเพลเทียร์เป็นที่นิยมของเหล่านักประดิษฐ์จากทั่วทุกมุมโลกที่พยายามจะนำ แผ่นเพลเทียร์นี้ไปสร้างเป็นเครื่องปรับอากาศอย่างง่ายรวมทั้งตู้เย็นอย่างง่าย เมื่อผู้อ่านค้นคำว่า Peltier Cooler ในเว็บไซต์ YouTube จะพบกับคลิปวิดีโอจำนวนมากที่อธิบายวิธีการประดิษฐ์อุปกรณ์ทำความเย็นต่าง ๆ จากความสามารถในการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์นี้ นักประดิษฐ์ (DIY) จึงนิยมเรียกแผ่นเพลเทียร์ว่า “แผ่นทำความเย็น” โดยเมื่อทำการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าที่ตัวแผ่นของแผ่นเพลเทียร์ จะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนขึ้นทำให้ด้านหนึ่งร้อน และอีกด้านหนึ่งจะเย็นซึ่งด้านร้อนจะสามารถมีอุณหภูมิสูงได้ถึง 70 °C ส่วนด้านเย็นจะสามารถเย็นได้จนถึงอุณหภูมิติดลบอุณหภูมิที่ลดลงได้สูงสุด ประมาณ -5 ถึง -10 °C ขึ้นอยู่กับขนาดและกำลังของแผ่นเนื่องจากเป็นการทำความเย็นที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจึงไม่ต้องใช้สารทำความ รวมถึงไม่มีเสียงและเกิดการสั่นสะเทือนใน

ขณะที่ทำงานจึงไม่เกิดเสียงรบกวน นอกจากนี้มีอายุการใช้งานนานนับ 10 ปี และยังมีน้ำหนักเบารวมถึงมีขนาดเล็กอีกด้วย

จากปัญหาข้างต้นทางผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะประดิษฐ์ตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์จากปัญหาที่พบเจอจริงในปัจจุบัน รวมถึงเพื่อพัฒนาให้เป็นตู้เย็นขนาดพกพา ที่สามารถใช้งานได้จริง

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์นั้นมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1) แผ่นเพลเทียร์ (Peltier Plate)
2) สวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)
3) ชุดแผงระบายความร้อน (Heat Sink and Water Block Kit)
4) พัดลมระบายความร้อน (Airflow Fan)
5) หม้อน้ำแผงรังผึ้งระบายความร้อน (Aluminum Water Cooling Radiator)
6) ปั๊มน้ำ ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) 12 V
7) สายยาง PU ขนาด 8 mm.
8) Digital Clamp Meter
9) เครื่องวัดอุณภูมิ (Digital Thermometer)
10) สายไฟชนิดคู่ (ดำ - แดง) ขนาด 2.5 mm^2
11) กล่องโฟมและ แผ่นโฟมสำเร็จรูป
12) เทปกาวย่น (Masking Tape)
13) กาวซิลิโคนระบายความร้อน (Thermal Grease)

2.2 ขั้นตอนการสร้างชุดทดสอบหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์

ในการทดสอบเพื่อหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์นั้นจะเลือกใช้แผ่นเพลเทียร์รุ่น TEC1-12703 เป็นอุปกรณ์ในการทำความเย็น โดยชุดทำความเย็น 1 ชุดนั้นจะประกอบด้วยแผ่นเพลเทียร์จำนวน 4 แผ่น ต่อ 1 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แบบชุดทดสอบหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์

2.3 ขั้นตอนการสร้างโครงงานตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์

1) ทากาวยางลงบนกล่องโฟมที่ทำความสะอาดแล้ว จากนั้นนำฉนวนกันความร้อน (PU) ขนาด 3 mm ตัดให้มีขนาดพอดีกับกล่องโฟม

2) สั่งตัดแผ่นอะคริลิค จากร้านค้าให้มีขนาดตามแบบที่ได้ทำการกำหนดขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ไว้

รูปที่ 2 แบบตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์

3) ประกอบชุดอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ จำนวน 2 ชุด เข้ากับแผ่นอะคริลิคที่ได้กำหนดไว้เป็นผนังสำหรับยึดชุดอุปกรณ์การทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์

4) นำคัตเตอร์ตัดกล่องโฟมที่หุ้มฉนวนกันความร้อนไว้แล้วให้มีขนาดเท่ากับแผ่นอะคริลิคชิ้นด้านหน้า ที่ออกแบบให้มีลักษณะเป็นช่องหน้าต่างไว้สำหรับส่องดูเครื่องดื่มด้านใน

5) จากนั้นทำการตัดด้านหลังของกล่องโฟมให้มีขนาดเท่ากับชุดอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ จำนวน 2 ชุด

6) ประกอบแผ่นอะคริลิคเข้าด้วยกัน โดยใช้เส้นคามอะคริลิคลักษณะสามเหลี่ยม ขนาด 3 mm ตามในบริเวณขอบที่ประกบกันของแผ่นอะคริลิค จากนั้นใช้พู่กัน จุ่มน้ำยาประสานอะคริลิค ทาลงบริเวณเสาตามอะคริลิค และรอยต่อด้านนอก จากนั้นทำการกดไว้สกครู่หนึ่ง

7) นำกล่องโฟมใส่ลงในแผ่นอะคริลิค ที่ประกอบขึ้นโครงสร้างไว้แล้ว จากนั้นทำการประกอบแผ่นอะคริลิค ชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยขั้นตอนการปฏิบัตินั้น เช่นเดียวกันกับข้อ 6)

8) นำเทปอลูมิเนียมติดเข้ากับด้านในกล่องโฟม เพื่อช่วยในการกระจายความเย็น และเสริมความแข็งแรงระดับหนึ่งของบริเวณด้านในตู้เย็นจำลองฯ

9) เชื่อมต่อสายไฟของชุดอุปกรณ์ทำความเย็น และทำการจัดเก็บสายไฟ ให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย

10) ประกอบบล็อกน้ำอะคริลิค โดยปฏิบัติตามในขั้นตอนหัวข้อที่ 6) และทำการใช้ซิลิโคนทาลงบริเวณรอยต่อของอะคริลิคเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ

11) ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในบริเวณช่องด้านหลังของตู้เย็นจำลองฯ เข้าตามจุดต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ ประกอบไปด้วย 1. บล็อกน้ำ

อะคริลิค 2. ปั๊มน้ำ 12 V 3. Switching Power Supply 12 V 40 A และ 4. ชุดพัดลมหม้อน้ำระบายความร้อน

12) เชื่อมต่อสายไฟของอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับ Switching Power Supply 12 V 40 A และทำการต่อสายยาง PU เข้ากับชุดอุปกรณ์ระบายความร้อนต่าง ๆ

13) ปิดฝาด้านหลังและทำการคันน็อตยึดในรูปที่เจาะไว้ จึงเป็นเสร็จสิ้นขั้นตอนการสร้างโครงงาน ตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์

รูปที่ 3 ตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์

2.4 ผลการทดสอบหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์

การทดสอบเพื่อหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์ ทำการทดสอบโดยการติดตั้งชุดทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ (Peltier Cooling System) เข้ากับวัสดุกล่องโฟมและเปิดการทำงานของระบบ ระหว่างนั้นทำการเก็บบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิภายในกล่อง (T_{in}) อุณหภูมินอกกล่อง (T_{out}) อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบระบายความร้อน ($T_{cooling\ water}$) และกระแสไฟฟ้า ทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเทียบกับเวลา

จากผลการทดสอบพบว่า สามารถทำความเย็นได้ถึง 0.2 °C ภายในเวลา 10 นาที และกินกระแสไฟเฉลี่ย 26.44 A เนื่องจากขณะทำการทดสอบนั้น เป็นการทดสอบไม่มีภาระการทำความเย็นของผลิตภัณฑ์และตัวเครื่องได้ทำการห่อหุ้มฉนวนกันความร้อน (PU) ไว้ ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียความเย็นในขณะทำการทดสอบ โดยมีอุณหภูมิระหว่างทำการทดสอบเฉลี่ย - 0.35 °C และกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เฉลี่ย 26.44 A

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์คำนวณได้จากสมการ

$$COP = \frac{q_{Cool}}{P} \qquad (1)$$

แทนค่า

$$COP = \frac{79.296}{317.28}$$

$$COP = 0.25$$

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์อยู่ที่ 0.25

2.5 ผลการทดสอบหาการลดลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาของตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์

การทดสอบหาการลดลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลา ของตู้เย็นจำลองขนาดเล็กทำความเย็นโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ ดำเนินการทดสอบโดยการแช่เย็นเครื่องดื่ม 2 ชนิด ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ณ อุณหภูมิห้อง คือ

1) น้ำดื่ม ความจุ 1 ขวด เท่ากับ 2 L จำนวน 2 ขวด รวมปริมาณความจุทั้งสิ้น 4 L

2) เครื่องดื่มชนิดกระป๋อง ความจุ 1 กระป๋อง เท่ากับ 490 ml จำนวน 6 กระป๋องรวมปริมาณความจุทั้งสิ้น 2.9 L

รูปที่ 5 การลดลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาของตู้เย็นขณะใช้แช่น้ำดื่ม

รูปที่ 6 การลดลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาของตู้เย็นจำลองฯ ขณะใช้แช่เครื่องดื่มชนิดกระป๋อง

รูปที่ 7 การเปรียบเทียบการลดลงของอุณหภูมิระหว่างน้ำดื่มและเครื่องดื่มชนิดกระป๋อง

จะเห็นได้ว่าการลดลงของอุณหภูมิของเครื่องดื่มชนิดกระป๋องจะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิที่มากกว่าน้ำดื่ม เนื่องจากภาระการทำความเย็นของเครื่องดื่มชนิดกระป๋องมีน้อยกว่าภาระการทำความเย็นของน้ำดื่มเพราะ มวลของเครื่องดื่มชนิดกระป๋องมีน้อยกว่าน้ำดื่มและเครื่องดื่มชนิดกระป๋องขณะทดสอบโดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 25.6 °C ส่วนน้ำดื่มมีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 27.5 °C จึงทำให้การลดลงของอุณหภูมิของเครื่องดื่มชนิดกระป๋องจะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิที่มากกว่าน้ำดื่ม

3. สรุป

จากการทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์อยู่ที่ 0.25 และจากการทดสอบหาการลดลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาของตู้เย็นจำลองฯเป็นไปตามสมการ T เท่ากับ $0.0016t^2 - 0.3307t + 27.424$ โดยใช้เครื่องดื่มในการทดสอบ คือ น้ำดื่มโดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 27.5 °C ซึ่งน้ำดื่มนั้นสามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุดที่ 9.4 °C ในเวลา 120 นาทีเป็นไปตามที่สมการกำหนดและได้ทำการทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้เครื่องดื่มชนิดกระป๋องมาทดสอบโดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 25.6 °C โดยสามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุด ที่ 8.6 °C ในเวลา 120 นาที

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์ศักดิ์ ปลอดมีชัย, การเติบโตของตลาดฟู้ดเดลิเวอรี [ออนไลน์], แหล่งที่มา https://www.posttoday.com/finance-stock/columnist/602101 [23/07/2564]

[2] จิราภรณ์ ศรีแจ่ม, วันที่ไทยรู้จัก COVID - 19 [ออนไลน์], แหล่งที่มา http://news.thaipbs.or.th/content/290347 [23/07/2564]

[3] ปิยวัฒน์ ทัพสนิท, แผ่นเพลเทียร์ทำความเย็นได้ด้วยตัวเองโดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอก[ออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.thaiphysoc.org/article/100/ [23/07/2564]

[4] วรท สุวรรณประเสริฐ, 2564, กรณีศึกษาประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์, กรุงเทพฯ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[5] ดาร์รัน ลูคก์ โบว์ลีย์ และศรัณย์พงศ์ มะลิดา, 2560, “เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กโดยใช้แผ่นเพลเทียร์สำหรับสัตว์เลี้ยงในบ้าน”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

[6] ภาณุพงศ์ ศิริกุล, พิพัฒน์ ปราโมทย์ และมนูศักดิ์ จานทอง, 2552, การทดสอบวิเคราะห์ระบบจ่ายและระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในผลิตไฟฟ้าให้กับแผ่นเพลเทียร์, ปทุมธานี: มหาวิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[7] J. K. Author, “Title of paper,” in Unabbreviated Name of Conf., City of Conf., Abbrev. State (if given), year, pp. xxx-xxx.

[8] J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp. 68-73.

[9] I.S. Jacobs and C.P. Bean, “Fine particles, thin films and exchange anisotropy,” in Magnetism, vol. III, G.T. Ra do and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.

[10] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740-741, August 1987.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การตรวจสอบเครื่องยนต์ สำหรับอากาศยานปีกหมุน โดยเครื่องตรวจสอบสภาพภายในอากาศยาน

Borescope Engine Inspection for Rotary-wing Aircrafts

วุฒิชัย เหมาะใจ[1*] ภัคจิรา จีนประชา[2] และ ปิยธิดา โกมลวรรธนะ[3]

Wuttichai Morjai[1*] Pakjira Jeenpracha [2] Piyatida Komonwattana [3]

[1,2,3] กองบินตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ 701 ถนนรามอินทรา แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กรุงเทพ

[1,2,3] Police Aviation Division Royal Thai Police 701 Ramintra Road, Tharang Subdistrict, Bang Khen District, Bangkok

eon_krab@hotmail.com[*] koijeen@hotmail.com[2] Mewp745@gmail.com [3]

บทคัดย่อ

ขั้นตอนและการดำเนินการตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ของอากาศยานกองบินตำรวจนั้น ผู้ปฏิบัติหน้าที่ในการตรวจนั้นได้ปฏิบัติหน้าที่ตามขั้นตอนในการตรวจตามหลักของบริษัทผู้ผลิตมาโดยตลอดอย่างเคร่งครัด และมีขั้นตอนในการดำเนินการตรวจเป็นขั้นตอน และได้ทำการตรวจสอบเครื่องยนต์ของอากาศยานกองบินตำรวจเป็นประจำอย่างต่อเนื่องเมื่อครบระยะเวลาในการต้องทำการตรวจสอบเป็นประจำอย่างเสมอมา และทุกครั้งที่ได้ทำการตรวจสอบจะตรวจสอบอย่างระมัดระวังเพื่อมิให้เกิดความเสียหายกับอากาศยาน เพราะในการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือพิเศษนั้น จะไม่มีการถอดประกอบชิ้นส่วนหลักใดๆออกจากอากาศยานเลย ดังนั้น จะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างสูง และเมื่อทำการตรวจสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว มีการทำรายงานทุกครั้งและได้มีการประสานไปยังบริษัทผู้ผลิตเมื่อมีข้อสงสัยหรือพบร่องรอย ความน่าจะเป็น หรือ ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องยนต์ซึ่งเป็นหัวใจหลักของอากาศยาน และนำกลับมาดำเนินการแก้ไขในลำดับขั้นต่อไป ดังนั้นจะพบว่าการตรวจสอบอากาศยานนั้นเป็นการป้องกันความเสียหายที่รุนแรงกับอากาศยานได้ในอนาคต และป้องกันการเกิดความเสียหายในการซ่อมบำรุงในแง่เชิงป้องกัน และเป็นแนวทางในการวางแผนการตั้งงบประมาณในการซ่อมบำรุงอากาศยานของส่วนราชการได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสำนักงานตำรวจแห่งชาติเป็นอย่างยิ่ง

คำสำคัญ : ตรวจสอบเครื่องยนต์; อากาศยานปีกหมุน; เครื่องตรวจสอบสภาพภายในอากาศยาน

Abstract

The engine inspection process of the Royal Thai Police Aviation Division strictly adheres to the instructions provided by the engine manufacturers. RTPAD engineers rigorously follow the inspection procedures outlined in the maintenance manuals and conduct the inspection in a step-by-step manner. Furthermore, RTPAD engineers regularly inspect the engines of RTPAD's aircrafts both for scheduled and unscheduled maintenance. Since a borescope engine inspection does not require removal of critical components, RTPAD engineers must be extremely careful in performing the task to ensure that the aircraft is not damaged. Once the inspection process is completed, RTPAD engineers are also responsible for both drafting the report outlining the results of the inspection and collaborating with the manufacturers should there be any issues or concerns since engines are the heart of any aircraft. Therefore, it is evident that borescope engine inspections are not only critical to the preventive maintenance process which ensures the safety standard of RTPAD aircrafts but also to the effectiveness of maintenance and funding planning of RTPAD which directly benefits the Royal Thai Police.

Keywords: Inspection; Rotary-Wing Aircraft; Borescope

1. บทนำ

หัวใจสำคัญของอากาศยานทุกแบบ ก็คือ เครื่องยนต์ การพัฒนาเฮลิคอปเตอร์ เครื่องยนต์แบบลูกสูบถูกนำมาใช้งาน แต่ในปัจจุบันนี้มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและวัสดุที่ใช้ผลิตเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ส่วนใหญ่ของอากาศยานแบบปีกหมุน หรือที่เรารู้จักกันว่า เฮลิคอปเตอร์ จึงหันไปใช้เครื่องยนต์แบบ Turbo Shaft ซึ่งมีหลักการเดียวกันกับเครื่องยนต์แบบ Turboprop ของเครื่องบิน หลักการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Shaft จะมีลักษณะดูดอากาศมาผสมกับเชื้อเพลิง และจุดระเบิดใน Gas Generator เพื่อขับดันให้ใบพัดหมุนเพื่อสร้างขับแต่ในเครื่องยนต์แบบ Turbo Shaft จะแตกต่างจากเครื่องยนต์แบบ Turbo prop คือ กำลังของเครื่องยนต์จะถูกส่งผ่าน Transmission Gear เข้าสู่ Shaft หรือเพลาเพื่อไปยังใบพัดหลักและใบพัดหาง กำลังที่ได้ทั้งหมดประมาณ 82% จะถูกส่งไปที่ใบพัดหลักอีก 10% ถูกส่งไปที่ใบพัดหาง ส่วนกำลังที่เหลืออีก 8% จะสูญเสียไปในระหว่างการหมุนและแรงเสียดทานในการขับดันเกียร์ ตัวอย่างของอัตราการส่งกำลังในเฮลิคอปเตอร์รุ่นซุปเปอร์พูม่า

(Super Puma MK1) แบบสองเครื่องยนต์ จะมีความเร็วรอบที่ออกมาจากเครื่องยนต์ 1 ตัวที่ 22,841 รอบต่อนาที การหมุนผ่านชุดเกียร์จนไปถึงใบพัดหลัก ความเร็วรอบจะลดลงจนเหลือเพียง 265 รอบต่อนาที ส่วนใบพัดหางมีความเร็วรอบที่ 1,279 รอบต่อนาที ชุดส่งผ่านกำลังไปสู่ใบพัดหางจะมีชุดเกียร์ที่ทำมุมต่างกันตามตำแหน่งที่ติดตั้งใบพัดหาง นอกเหนือไปจากกลไกส่งผ่านกำลังแล้วส่วนหนึ่งของชุดกลไกจะต้องออกแบบให้มีชุดสำหรับหยุดการหมุนของใบพัด

การตรวจสอบเครื่องยนต์ของอากาศยานนั้น เป็นในเชิงลักษณะ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM) คือ การดำเนินการกิจกรรมซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลาก่อนที่เครื่องยนต์จะเกิดชำรุดเสียหาย สามารถทำได้ด้วยการตรวจสภาพเครื่องยนต์ Preventive Maintenance มีความสำคัญ ดังนี้

1.) ลดปัญหาความขัดข้องระหว่างการผลิต การป้องกันด้วยแนวคิด Preventive Maintenance ช่วยลดปัญหาความขัดข้องระหว่างการผลิตได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องจักรในชิ้นส่วนต่างๆ ที่อาจเกิดความเสียหาย จะทำให้เราสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในเบื้องต้นได้อย่างทันท่วงที และไม่ก่อให้เกิดปัญหาการผลิตล่าช้า จนทำให้เกิดการค้างสต๊อกหรือการสูญเสียรายได้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

2.) ยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น Preventive Maintenance คือ การป้องกันความเสียหายที่สามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรให้ยาวนานมากยิ่งขึ้นด้วยการรักษาชิ้นส่วนต่างๆ และสภาพของเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่ดี โดยการหมั่นตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ

3.) สร้างผลผลิตได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เมื่อเรามีมาตรการป้องกันความเสียหายของเครื่องจักรเป็นอย่างดีแล้ว แน่นอนว่าจะช่วยทำให้เครื่องจักรสามารถสร้างผลผลิตและสินค้าต่างๆ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้อย่างแน่นอน อีกทั้งยังช่วยในการลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ที่เกิดจากปัญหาขาดการบำรุงรักษาดังนั้นในการตรวจดูแลเครื่องยนต์ของอากาศยาน เฮลิคอปเตอร์ และเครื่องบิน ถือเป็นหน้าที่ ๆ สำคัญเป็นอย่างยิ่งของวิศวกรอากาศยาน เนื่องด้วยกองบังคับการกองบินตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ มีอากาศยานประจำการเพื่อใช้ในราชการรวมทั้งสิ้น จำนวน ๔๔ ลำ และ จะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนตามคู่มือการซ่อมบำรุง ตามหลักสากลได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย โดยวิศวกรอากาศยานประจำกองบินตำรวจนั้นจะต้องได้รับการฝึกอบรมจากบริษัทผู้ผลิตหรือบริษัทที่ได้รับมอบให้เป็นผู้แทนจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรง และการตรวจเครื่องยนต์ของอากาศยานกองบินตำรวจนั้นจะต้องใช้ มีการใช้เครื่องมือพิเศษในการตรวจซึ่งเรียกว่า Borescope ซึ่งเป็นกล้องแบบสายที่ใช้สำหรับส่องเข้าไปตรวจสอบดูงานภายในที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ แล้ว Borescopeใช้หลักการอย่างไร คำตอบคือ หลักการเดียวกับ Fiberscope นั้นแหละ เพียงแต่สายของ Video borescope นั้นเป็นสายอ่อนและบางกว่าสายของ Fiberscopeที่เป็นสายใยแก้ว ดัดง่าย เจ้า Video borescopeนั้น ใช้ไว้ส่องตรวจเครื่องยนต์ เข้าไปถึงพื้นที่ที่แคบที่สุดและตรวจสอบพื้นที่ต่างๆตามที่เราต้องการ เช่น รอยเชื่อม แนวเชื่อม ภายในของท่อ ตรวจดูสิ่งตกค้าง ตรวจดูภายในท่อเครื่องยนต์ต่างๆ และใช้กับงานอื่นๆ ได้อีกมากมาย ทำให้ประหยัดในการต้องทำลายชิ้นงาน หรือต้องรื้อเครื่องยนต์ออกมาเพื่อวิเคราะห์ จึงทำให้เสียเวลา เสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก กล้องแบบนี้จึงทำให้ ประหยัดค่าใช้จ่าย และทำงานได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ในการตรวจเครื่องยนต์ของอากาศยานนั้น อันดับแรกที่ผู้ปฏิบัติหน้าที่ในการตรวจสอบนั้นคือ วิศวกรอากาศยาน ซึ่งเป็นผู้ที่เคยผ่านการฝึกอบรมการใช้เครื่องมือพิเศษดังกล่าวที่เรียกว่า Borescope มาแล้ว และ จะต้องได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ Aircraft Maintenance Manual (คู่มือการซ่อมบำรุงอากาศยาน), Standard practice Manual (คู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงาน) และ Illustrated Part Catalog (คู่มือแสดงชิ้นส่วนและหมายเลขอุปกรณ์) ซึ่งเป็นคู่มือเอกสารที่ถูกต้องในการตรวจสอบจากบริษัทผู้ผลิตเท่านั้น

2. ขั้นตอนในการตรวจเครื่องยนต์ของอากาศยานมีขั้นตอนดังนี้

1. จัดเตรียมเอกสารคู่มือการใช้งานของเครื่องมือพิเศษ Bore scope คือคู่มือการใช้งาน Bore scope

2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องมือพิเศษ Bore scope

3. ศึกษารายละเอียดของเอกสาร Bore scope and Accessories Installed Figure 606 (คู่มือขั้นตอนการติดตั้ง guide tube)

4. ศึกษารายละเอียดของเอกสาร Aircraft Maintenance Manual (คู่มือการซ่อมบำรุงอากาศยาน), Standard practice Manual (คู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงาน) และ Illustrated Part Catalog (คู่มือแสดงชิ้นส่วนและหมายเลขอุปกรณ์)

ในคู่มือการตรวจเครื่องยนต์ จะต้องใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

Tool No.	Name
PWC34910-101	Borescope
PWC34910-200	Guide Tube
PWC34913	Holding Fixture
PWC34941	Wrench

ส่วนชุดอุปกรณ์ Borescope นั้นประกอบไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1

1. Rigid guide tube
2. Direct viewing flexible 5 mm fiberscope
3. Light source
4. side viewing adapter
5. accessories อื่นๆ

รูปที่ 1 เครื่องมือ Borescope

โดยเครื่องมือ Borescope นั้นสามารถตรวจชิ้นส่วนเหล่านี้ ได้แก่

1. Compressor turbine (CT) Blades and shroud segments
2. Leading and trailing edges of CT vane ring
3. Inner and outer vane rings of the CT vane ring
4. Cooling rings and dome section of the combustion chamber liner

อุปกรณ์ Borescope นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ มีความละเอียดอ่อน จึงต้องมีข้อระมัดระวังในการใช้งานเป็นอย่างสูงตามคำแนะนำ เมื่อเรารู้จักเครื่องมือและเตรียมเอกสารการทำงานเรียบร้อยแล้ว ผู้เขียนจะขอยกตัวอย่างการทำงานของผู้เขียนเอง เริ่มจากการติดตั้งเครื่องมือ (คำเตือน ห้ามใช้ในกรณีที่เครื่องยนต์ยังร้อนอยู่ เพราะอาจทำให้ตัว Fiberscope เกิดความเสียหายได้ ถ้าต้องการให้ เครื่องยนต์เย็นเร็วขึ้นให้ใช้พัดลมเป่าก่อนที่จะทำการ Borescope)

3. ขั้นตอนการ Borescope ตามคู่มือดังนี้

1.ถอด Fuel manifold adapter (ความร้อน ณ ขณะทำการตรวจนั้นต้องไม่เกิน 66 องศาเซลเซียส) ดังแสดงในรูปที่ 2

2.ใส่ guide tube Pwc34910-200 ผ่านเข้าไปในช่อง manifold adapter port

3.ใช้ Clamp holding fixture Pwc 34913 ยึด กับ Engine ที่แหน่ง Flange C ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 2 จุดถอด Fuel manifold adapter

รูปที่ 3 ตำแหน่ง Flange C

4. ใส่ Borescope เข้าไปใน Guide tube
5. ต่อ Borescope เข้ากับอุปกรณ์ให้กำเนิดแสง
6. ทำการถอด Starter-generator จาก accessor gearbox และ ใช้ปะแจพิเศษ pwc 34941 กับ splined shaft เพื่อทำการหมุน Compressor

ในการทำการ Borescope ใช้ side-viewing adapter side-viewing adapter (เลนส์ด้านข้าง) ในการตรวจชิ้นส่วนที่อยู่ตำแหน่ง 90 องศาจากปลายหัวของ fiberscope อย่างไรก็ตามการใช้ side-viewing adapter จะลดมุมมองในการมองเห็นวัสดุเมื่อเทียบกับการมองแบบ direct viewing โดยตามคู่มือนั้นให้ใช้ หลอด แบบ halogen lamp ส่อง พร้อมกับ Borescope แต่อุปกรณ์ในปัจจุบันของ กองบินตำรวจนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าเนื่องจากเป็นรุ่นที่รวม Fiber scope , light sorce and camera ไว้ด้วยกันแล้ว

วิธีการใส่ Guide Tube จะต้องทำการใส่ช้าๆ เข้าไปใน Fuel manifold adapter port ของ ห้องเผาไหม้ (combustion chamber) จนออกจาก duct zone โดยทำการหมุน Guide Tube ทวนเข็มนาฬิกา ¾ รอบ Guide Tube จะไปอยู่ระหว่างบริเวณ Vanes ของ compressor turbine stator ในขณะที่ Supporting flange อยู่บนบริเวณ adapter boss ทำการยึด flange กับ adapter boss เมื่อผู้เขียนได้ทำการ Borescope บริเวณภายในcompressor turbine ได้ทำการตรวจตาม Maintenance manual part ได้ทำการตรวจ 4 บริเวณ ดังนี้ [1] [2]

1. ทำการตรวจ Compressor turbine blade root
2. ทำการตรวจ Compressor turbine blade tip
3. ทำการตรวจ VANE LEADING EDGE
4. ทำการตรวจ VANE TRAILING EDGE

4. ผลการตรวจสอบ

พบว่าในการ Borescope อากาศยาน เฮลิคอปเตอร์ เบลล์ 212 หมายเลข 2220 เมื่อทำการตรวจแล้ว ทั้ง 4 จุดแล้ว พบจุดที่เกิดความ

เสียหาย บริเวณ Compressor turbine blade LEADING EDGE พบ erosion และ จุดที่พบความเสียหายหลักคือ บริเวณ Compressor turbine blade tip พบ Dent (บิ่น) tear (รอยฉีก) erosion (การสึกกร่อน) ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 รอยสึกกร่อน ภายในเครื่องยนต์

เมื่อได้ทำการตรวจสภาพเป็นที่เรียบร้อยด้วยเครื่องมือพิเศษเสร็จแล้ว วิศวกรอากาศยานก็จะดำเนินการนำภาพที่ได้บันทึกไว้จากเครื่องมือพิเศษจัดทำรายงานตามลำดับเพื่อเสนอข้อแนะนำ ซึ่งเป็นไปตามหลักของ Aircraft Maintenance Manual (คู่มือการซ่อมบำรุงอากาศยาน), Standard practice Manual (คู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงาน) และ Illustrated Part Catalog (คู่มือแสดงชิ้นส่วนและหมายเลขอุปกรณ์) ซึ่งถ้าในกรณีที่มีความเสียหายเกิดลิมิตที่ได้กำหนดไว้ ก็จะทำการรายงานไปยังบริษัทผู้ผลิต เพื่อที่จะได้คำแนะนำที่ถูกต้องอย่างเร็วที่สุด เพื่อความปลอดภัยสูงสุดของผู้โดยสารและมิให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของทางราชการ [3]

5. สรุป

การตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ของอากาศยานกองบินตำรวจนั้น การตรวจนั้นได้ปฏิบัติหน้าที่ตามขั้นตอนในการตรวจตามหลักของบริษัทผู้ผลิตมาโดยตลอดอย่างเคร่งครัด และมีขั้นตอนในการดำเนินการตรวจเป็นขั้นตอน และได้ทำการตรวจสอบเครื่องยนต์ของอากาศยานกองบินตำรวจเป็นประจำอย่างต่อเนื่องเมื่อครบระยะเวลาในการป้องกันอุบัติการณ์ อุบัติเหตุ และความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะที่นักบินทำการบินตรวจสอบ เพื่อให้มีขีดความสามารถ เหมาะสมปลอดภัย ตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิต ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายอันเกิดจากการที่สามารถการต้องทำการตรวจสอบเป็นประจำอย่างเสมอเพราะการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องยนต์ และการทำ **Borescope** เครื่องยนต์โดยจำเป็นต้องได้รับการป้องกันความเสียหายที่รุนแรงกับอากาศยาน ในอนาคต และ ป้องกันการเกิดความเสียหายในการซ่อมบำรุงในแง่เชิงป้องกัน

6. กิติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนบทความ และข้อมูลจากกลุ่มงานวิศวกรรมอากาศยาน กองบินตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

[1] BELL HELICOPTER TEXTRON INC. BHT–205A1 FM-3 BELL MODEL205A-1 ROTORCRAFT FLIGHT MANUAL S/N 30128 AND SUBSEQUENT. TEXAS : FORT WORTH, 1968.

[2] HEADQUATERS DEPARTMENT OF THE ARMY. FIELD MANUAL NO.1-51 ROTARY WING FLIGHT. WASHINGTON, D.C. : U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE, 1979.

[3] HEADQUATERS DEPARTMENT OF THE ARMY. FIELD MANUAL NO.1-202 ENVIRONMENTAL FLIGHT. WASHINGTON, D.C. : U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE, 1983.

ร้อยตำรวจโท วุฒิชัย เหมาะใจ ตำแหน่ง วิศวกรอากาศยาน (สบ 1) กลุ่มงานวิศวกรรมอากาศยาน วิจัยด้านเครื่องกล

พันตำรวจโท หญิงภัคจิรา จีนประชา ตำแหน่ง วิศวกรอากาศยาน (สบ 3) กลุ่มงานวิศวกรรมอากาศยาน วิจัยด้านไฟฟ้า

ร้อยตำรวจโท หญิง ปิยธิดา โกมลวรรธนะ ตำแหน่ง วิศวกรอากาศยาน (สบ 1) กลุ่มงานวิศวกรรมอากาศยาน วิจัยด้านอากาศยาน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาทดลองผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของอนุภาคในระบบกระแสชน

Experimental study of the effects of operating parameters on particle mean residence time in an impinging stream system

ปริญ ศรีแสง[1] , ปฏิวิติ คมวชิรกุล[1] , อนันต์ เต็มเปี่ยม[1] และพลรัชต์ บุญมี[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 E-Mail: PONGAMORN-S@o365.rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทดลองค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของอนุภาคในระบบกระแสชน ในการทดลองใช้เม็ดเรซินเป็นวัสดุทดลองซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.4 mm โดยทำการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆได้แก่ อัตราการป้อนวัสดุ ที่ 50 60 และ 70 kg/h ความเร็วอากาศขาเข้าที่ 20 25 และ 30 m/s และมุมของท่ออากาศขาเข้าที่ 0 5 และ 10 องศา จากการทดลองพบว่า เมื่ออัตราการป้อนวัสดุ ความเร็วอากาศขาเข้าและมุมของท่ออากาศขาเข้าเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของอนุภาคมีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของอนุภาคในระบบมีค่ามากที่สุดที่ 1.93 วินาที ที่อัตราการป้อนวัสดุ 70 kg/h ความเร็วอากาศขาเข้าที่ 30 m/s และมุมของท่ออากาศขาเข้าที่ 10 องศา

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งกระแสชน, การอบแห้ง, ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุอนุภาค;

Abstract

The objective of this research was to experimental study the particle mean residence time in an impinging stream system. In this study, resin with diameter around 0.4 mm was used as a test material. The effect of various parameters including particle mass flow rates of 50, 60 and 70 kg/h; inlet air velocities of 20, 25 and 30 m/s and inlet pipes were inclined 0°, 5° and 10° on the particle mean residence time were investigated. The results found that an increase in the particle mass flow rates, inlet air velocity and angle of inlet pipes led to an increase in particle mean residence time. The maximum value of particle mean residence time was about 1.93 s when operating condition at particle mass flow rates of 70 kg/h, inlet air velocity of 30 m/s and inlet pipe was inclined 10°.

Keywords: Impinging stream dryer, Drying, Mean residence time;

1. บทนำ

การลดความชื้นหรือการอบแห้งของวัสดุนั้น มีหลายวิธี เช่น เครื่องอบแห้งแบบโรตารี (Rotary dryer) เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) หรือ เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed dryer) เป็นต้นซึ่งเครื่องอบแห้ง ดังกล่าวจะใช้พลังงานมากและเวลานาน ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนาวิธีการอบแห้งขึ้นมาใหม่โดยอาศัยหลักการของระบบกระแสชน (Impinging stream system) เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานและเวลาในการอบแห้งตามการศึกษาของ [1-4]

หลักการพื้นฐานของกระแสชน หรือ Impinging stream คือการนำกระแสตั้งแต่ 2 กระแสที่ประกอบด้วยของแข็งและแก๊สอยู่ในระบบให้ไหลในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความเร็วสูงและก่อให้เกิดการชน ส่งผลให้กระแสเกิดการชนในบริเวณตรงกลางของระบบ กระแสที่ใช้อาจเป็นกระแสลมร้อนหรือ กระแสไอน้ำยิ่งยวด และให้วัสดุที่ต้องการลดความชื้นอยู่ในบริเวณตรงกลางของกระแส และเกิดการถ่ายเทความร้อนทำให้วัสดุมีความชื้นลดลงจากความปั่นป่วน (Turbulent intensity) ในบริเวณการชนสูง ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะแก่การถ่ายเทมวลและความร้อน [5] และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรจะยิ่งมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากการที่มวลของวัสดุที่อยู่ในระบบ (Mean residence time of particles) นานขึ้น [3] นอกจากนี้เวลาเฉลี่ยของวัสดุที่อยู่ในระบบ มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของภาระ (ระหว่างอัตราการป้อนวัสดุและอัตราการไหลของอากาศ) คือ เมื่ออัตราการไหล ของอากาศเพิ่มขึ้น ค่าเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในระบบก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วยทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากพลังงานจลน์ของวัสดุมีค่ามากขึ้นย่อมส่งผลให้วัสดุมีความสามารถในการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาได้นานขึ้น [6-7]

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าอัตราการลดความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุที่อยู่ในระบบ กล่าวคือถ้าวัสดุอนุภาคอยู่ในระบบได้นานเพิ่มมากขึ้น จะทำให้วัสดุมีความชื้นลดลงมากขึ้นเช่นกัน และจากการศึกษาของ Du et al. [8] พบว่า อนุภาคที่เคลื่อนที่เข้าสู่ระบบกระแสชนและเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบนของห้องอบแห้งหลังออกจากบริเวณการชนจะมีค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยที่สูงขึ้น ซึ่งถ้าวัสดุมีเวลาอยู่ในระบบอบแห้งได้นานเพิ่มมากขึ้น ก็จะส่งผลให้กระบวนการลดความชื้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งถ้าสามารถเพิ่มโอกาสให้อนุภาคที่เคลื่อนที่เข้าสู่ระบบกระแสชนและเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบนของห้องอบแห้งได้ น่าจะทำให้อนุภาคอยู่ในระบบได้นานเพิ่มขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงมุมของท่ออากาศทางเข้าโดยให้มีมุมเอียงขึ้น อัตราการ

ป้อนวัสดุ และความเร็วอากาศขาเข้า ที่มีผลต่อค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของอนุภาคในระบบกระแสชน

2. อุปกรณ์ และ วิธีการ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

เม็ดเรซิ่น (Resin) ยี่ห้อนูโอเซป รุ่น FD100NA ความหนาแน่นประมาณ 1.275 กรัม/มิลลิเมตร เป็นวัสดุที่นำมาใช้ในการทดสอบระบบกระแสชน โดยเม็ดเรซิ่น [9] ที่นำมาทดลองนั้นที่มีขนาดประมาณ 0.4 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีลักษณะเม็ดทรงกลมขนาดเล็กสีเหลืองโดยเม็ดเรซิ่นนั้นจะมีความชื้นอยู่จึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาทดลอง เพราะจะทำให้เม็ดเรซิ่นจะเกาะติดตามสายพานลำเลียงและผนังภายในท่อส่งวัสดุและห้องถัง ดังนั้นจึงนำเม็ดเรซิ่นไปทำการไล่ความความชื้นก่อนทำการทดลอง

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

แผนผังของเครื่องระบบกระแสชน ที่ใช้ในงานทดลองนี้แสดงดังภาพที่ 3.2 ประกอบด้วย (1) ริงโบลเวอร์ (Ring blower) จำนวน 2 เครื่องให้กำลังที่ 1 แรงม้า ความเร็วรอบสูงสุดที่ 2,800 รอบต่อนาที (2) โกลบวาล์ว (Globe valve) จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่ปรับอัตราการไหลของอากาศขาเข้าของระบบกระแสชน (3) หัวฉีด (Nozzle) จำนวน 2 ชิ้น ควบคุมทิศทางลมให้เข้าไปที่ห้องระบบเพื่อไม่ให้ลมดันขึ้นด้านบน (4) ถังปล่อยวัสดุอนุภาค (Hopper) รับวัสดุที่ตกลงมาจากสายพานลำเรียงเพื่อเข้าสู่ระบบ (5) ห้องระบบ (Chamber) ทำจากแผ่นเหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร (6) ท่ออากาศขาเข้า (Inlet pipe) ระยะห่างระหว่างปลายท่อเท่ากับ 15 เซนติเมตร โดยท่อทางเข้าทั้งสองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.05 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบกระแสชน

2.3 การกำหนดตัวแปรการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้มีเงื่อนไขทั้งหมด 27 เงื่อนไข จึงกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่จะมีผลกระทบต่อ อัตราค่าเฉลี่ยของเวลา โดยจะมีการควบคุมและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ตามรายละเอียดดังนี้ กำหนดให้อัตราการไหลของอากาศขาเข้าเท่ากับ 20, 25 และ 30 เมตร/วินาที กำหนดให้อัตราการป้อนวัสดุเท่ากับ 50, 60 และ 70 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยการปรับความเร็วรอบของชุดป้อนวัสดุแบบสายพานลำเลียง กำหนดให้ท่อมุมองศาในการป้อนที่ 0, 5 และ 10 องศา

รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งมุมองศาท่อทางเข้าในระบบกระแสชน

2.4 ขั้นตอนการทดลอง

กำหนดตัวแปรในการเก็บข้อมูลตามเงื่อนไขที่ทำการทดลอง เปิดสวิชต์เครื่องโบลเวอร์และทำการปรับความเร็วอากาศหน้าท่อทางเข้าให้ได้ตามที่กำหนดโดยการปรับโกลบวาล์วที่แต่ละด้านของท่อส่งอากาศขาเข้า ทำการป้อนเม็ดเรซิ่นที่เตรียมไว้ตามอัตราการป้อนตามเงื่อนไขการทดลองที่ได้กำหนดไว้อย่างต่อเนื่อง เมื่อระบบอยู่ในภาวะที่คงตัว จะทำการหยุดป้อนเม็ดเรซิ่นและปิดสวิชต์เครื่องโบลเวอร์พร้อมปิดรูทางออกอากาศของถังด้านล่าง ในระหว่างที่โบลเวอร์และเครื่องป้อนวัสดุหยุดทำงานนั้นจะมีเม็ดเรซิ่นบางส่วนตกค้างอยู่ภายในระบบ ทำการเปิดสวิชต์เครื่องโบลเวอร์อีกครั้งเพื่อเป่าเม็ดเรซิ่นที่ตกค้างอยู่ภายในของระบบออกมาให้หมด นำเม็ดเรซิ่นที่ตกค้างอยู่ในระบบไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าผลการทดลอง นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการหาค่าเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในระบบตามสมการ

2.5 การคำนวณค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุในระบบกระแสชน

การทดลองหาค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุในระบบกระแสชนสามารถประเมินได้จาก [10]

$$\tau = \frac{m_P}{w_P}$$

เมื่อ

τ	คือ	ค่าเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในระบบ,
m_p	คือ	ปริมาณของวัสดุที่คงอยู่ในระบบ, kg
W_p	คือ	อัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ, kg/s

3. ผลการวิจัย

จากรูปที่ 3.1 3.2 และ 3.3 แสดงผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุที่อยู่ในระบบกระแสชนเมื่อความเร็วอากาศขาเข้าคงที่ จากการทดลองพบว่า เมื่ออัตราการป้อนวัสดุเพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุอยู่ในระบบได้นานเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการป้อนที่สูงขึ้นจะทำให้มีวัสดุคงอยู่ในระบบมากขึ้น วัสดุจึงมีเวลาอยู่ในห้องกระแสชนเป็นเวลาเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้เมื่อมุมองศาของท่อทางเข้าเอียงเพิ่มมากขึ้น ทำให้วัสดุอยู่ในระบบได้นานเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมากจากที่มุมองศาที่สูงขึ้นช่วยทำให้อนุภาคที่เคลื่อนที่เข้าสู่ระบบกระแสชนและเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบนของห้องอบแห้ง ซึ่งจะทำให้วัสดุมีเวลาอยู่ในห้องกระแสชนเป็นเวลาเพิ่มมากขึ้น

รูปที่ 3.1 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อเวลาเฉลี่ยที่วัสดุอยู่ในระบบ เมื่อป้อนวัสดุทางเดียวที่ความเร็วของอากาศขาเข้า 20 เมตร/วินาที

รูปที่ 3.2 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อเวลาเฉลี่ยที่วัสดุอยู่ในระบบ เมื่อป้อนวัสดุทางเดียวที่ความเร็วของอากาศขาเข้า 25 เมตร/วินาที

รูปที่ 3.3 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อเวลาเฉลี่ยที่วัสดุอยู่ในระบบ เมื่อป้อนวัสดุทางเดียวที่ความเร็วของอากาศขาเข้า 30 เมตร/วินาที

จากรูปที่ 3.4 3.5 และ 3.6 แสดงผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุที่อยู่ในระบบกระแสชนเมื่ออัตราการป้อนวัสดุคงที่ จากการทดลองพบว่า เมื่อความเร็วอากาศขาเข้าเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้เวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุในระบบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วอากาศขาเข้าที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มโมเมนตัมให้กับวัสดุสามารถเคลื่อนที่ทะลุผ่านกระแสของไหลตรงกันข้ามเข้าไปได้ วัสดุจึงมีเวลาคงอยู่เฉลี่ยในระบบได้นานขึ้น ขณะที่เมื่อมุมองศาของท่อทางเข้าเอียงเพิ่มมากขึ้น ทำให้วัสดุอยู่ในระบบได้นานเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งเหตุผลได้อธิบายไว้แล้ว โดยในงานวิจัยนี้ค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุในระบบมีค่ามากสุดที่ 1.93 วินาที ที่เงื่อนไขความเร็วอากาศขาเข้า 30 เมตร/วินาที อัตราการป้อนวัสดุ 70 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมุมองศาท่ออากาศขาเข้าที่ 10 องศา

รูปที่ 3.4 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อเวลาเฉลี่ยที่วัสดุอยู่ในระบบ เมื่ออัตราการป้อนของวัสดุ 50 กิโลกรัม / ชั่วโมง

รูปที่ 3.5 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อเวลาเฉลี่ยที่วัสดุอยู่ในระบบ เมื่ออัตราการป้อนของวัสดุ 60 กิโลกรัม / ชั่วโมง

รูปที่ 3.6 ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อเวลาเฉลี่ยที่วัสดุอยู่ในระบบ เมื่ออัตราการป้อนของวัสดุ 70 กิโลกรัม / ชั่วโมง

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาทดลองค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของอนุภาคในระบบกระแสชน การทดลองกระทำโดยใช้อัตราการป้อนวัสดุ 3 ค่า ได้แก่ 50 60 และ 70 kg/h ความเร็วอากาศขาเข้า 3 ค่า ได้แก่ 20 25 และ 30 m/s และมุมเอียงของท่ออากาศขาเข้าห้องกระแสชน 3 ค่า ได้แก่ 0º, 5º และ 10º จากการศึกษาพบว่า ที่ความเร็วอากาศขาเข้าคงที่ เมื่ออัตราการป้อน

วัสดุเพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุอยู่ในระบบได้นานเพิ่มมากขึ้น สำหรับที่อัตราการป้อนวัสดุคงที่ เมื่อความเร็วอากาศขาเข้าเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้เวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุในระบบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อมุมของท่ออากาศขาเข้าเอียงเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เวลาคงอยู่เฉลี่ยของวัสดุในระบบมีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าเวลาคงอยู่เฉลี่ยของอนุภาคในระบบมีค่ามากที่สุดที่ 1.93 วินาที ที่เงื่อนไขการทดลอง อัตราการป้อนวัสดุ 70 kg/h ความเร็วอากาศขาเข้า 30 m/s และมุมของท่ออากาศขาเข้าที่ 10 องศา

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาทดลองงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ปฏิวัติ คมวชิรกุล. (2554). การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนร่วมกับการอบแห้งแบบพาหะลม. ปริญญานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาลัยวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[2] ธัญญาพร ปัตตาชารี, 2553, การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนสำหรับวัสดุทางการเกษตร, วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร

[3] Tamir, A., 1989, Process and phenomena in impinging-stream reactors, In Chemical Engineering Progress. V.85. pp, 53-61.

[4] Kudra, T.; & Mujumdar, A.S. (1989). Impinging stream dryers

[6] Kitron, Y. and Tamir, A. 1988 "Performance of a coaxial gas-solid two impinging stream (TIS) reactor hydrodynamics, residence time distribution, and drying heat transfer. Industrial & Engineering Chemistry Research.

[7] ร้อยตรีวุฒิพงษ์ แตงดี, 2554, การศึกษาความเป็นไปได้ในการลดความชื้นของข้าวเปลือกด้วยเทคนิคกระแสชน,วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[8] Min Du, Changsui Zhao, Bin Zhou, Hongwei Guo, Yingli Hao (2011). A modified DSMC method for simulating gas – particle two-phase impinging streams.

[9] Sathapornprasath, K, Devahastin, S. & Soponronnarit, S. (2007). Performance Evaluation of an Impinging Stream Dryer for Particulate Materials. In Drying Technology. V25. Pp. 1121-1128.

[10] Xiao, Y.L & Eckehard, S. (2006). Mean resident time and hole-up of solids in rotary kilns. In Chemical Engineering Science. V.61. pp.5276-5181.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมควบคุมด้วยอาดุยโน่

Aluminum Can Crusher by Controlling Arduino

ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน[1*] ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท[1] ณทพร จินดาประเสริฐ[1] พีรสิชฌ์ ชฎาธร[1] และฐณพล วงษ์ทองเหลือง[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 E-mail: prasertwirot@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม โดยใช้ความดันในการทดสอบที่ 3 ค่าความดัน ได้แก่ 5 บาร์ 5.5 บาร์ และ 6 บาร์ โดยทดสอบกับกระป๋อง 4 ขนาด ได้แก่ กระป๋อง 180 มิลลิลิตร กระป๋อง 245 มิลลิลิตร กระป๋อง 330 มิลลิลิตร และกระป๋อง 325 มิลลิลิตร ทำการทดสอบประสิทธิภาพบีบอัดกระป๋องที่ใช้กระบอกลมทำงานสองทางแบบมีก้านสูบสองข้างโดยใช้วงจร Arduino ในการควบคุมการทำงาน ของเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม การทดสอบ พบว่าเครื่องบีบอัดกระป๋องสามารถบีบอัดกระป๋อง จำนวน 60 กระป๋องต่อนาที ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ความดัน 5.5 บาร์ จากผลการทดสอบจะพบว่า จำนวนกระป๋องที่บีบอัดเฉลี่ยได้ 60 กระป๋อง ค่าความสูงเฉลี่ยของกระป๋องหลังทำการบีบอัดคือ 36.35 มิลลิเมตร จึงเป็นความดันที่เหมาะสมที่สุดในการตั้งเป็นค่าพื้นฐานใช้งานของเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม ซึ่งสามารถลดความสูงของกระป๋องอะลูมิเนียมให้เหลือน้อยกว่า 50 มิลลิเมตร และเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมสามารถทำงานได้ตามขอบเขตของโครงงาน คือ ทำการบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมได้ ไม่น้อยกว่า 60 กระป๋องต่อนาที

คำสำคัญ : กระป๋องอะลูมิเนียม, เครื่องบีบอัดกระป๋อง, การออกแบบเครื่องอัดกระป๋อง

Abstract

This article was conducted for an efficiency test of aluminum can crusher. There were 3 pressure values for testing as followed: 5 bar, 5.5 bar, and 6 bar. The test was conducted on four sizes of cans including 180 ml, 245 ml, 330 ml, and 325 ml. The efficiency test of aluminum can crusher was tested by Two-way air cylinder with two sides of connecting rods by using Arduino circuit to control the operation of aluminum can crusher. The result releveled the crusher was able to compress 60 cans per minute with an average height of can after crushing was 36.35 mm. This is the most suitable pressure setting as the benchmark of the aluminum can crusher that reduced an aluminum cans' height to less than 50 mm. The aluminum can crusher can work as required by the project scope of aluminum can crushing for not less than 60 cans per minute.

Keywords: aluminum can, can crusher, can crusher design

1. บทนำ

บรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องอะลูมิเนียมจากน้ำอัดลม น้ำผลไม้ กระป๋องเบียร์ เป็นขยะรีไซเคิล เป็นที่ขยะสามารถนำมาหลอมใช้ใหม่ได้หากมีการแยกขยะอย่างถูกต้อง และทำความสะอาดก่อนทิ้ง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 30 ของขยะทั้งหมด [1] การรีไซเคิลกระป๋องอะลูมิเนียม จะทำให้ประหยัดพลังงานความร้อนได้ถึง 20 เท่า และช่วยลดมลพิษทางอากาศได้ถึงร้อยละ 95 ของการผลิตกระป๋องใหม่โดยใช้อะลูมิเนียมจากธรรมชาติ เมื่อบริโภคแล้วจะมีการจัดเก็บรวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ ให้ได้จำนวน แล้วจัดส่งเข้าสู่โรงงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล [2] ก่อนการเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลจะต้องคัดแยกขยะที่ปนเปื้อนออกก่อนส่วนกระป๋องอะลูมิเนียม ที่ผ่านการคัดแยกจะถูกอัดให้เป็นลักษณะก้อนสี่เหลี่ยม แต่ก่อนที่จะเดินทางไปถึงจุดดังกล่าว ระบบการขนส่งที่ไปโรงงานรับซื้อถ้าไม่มีการลดขนาดก่อน จึงเป็นปัญหาที่พบอย่างหนึ่งในการขนส่งกระป๋องอะลูมิเนียมที่จะสามารถทำได้ในจำนวนที่จำกัด

ด้วยเหตุผลนี้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมที่สามารถช่วยลดพื้นที่การจัดเก็บ และประหยัดเวลาในการอัดกระป๋อง เพื่ออำนวยความสะดวก รวดเร็ว ลดแรงคน ลดเวลาการขนย้าย และง่ายต่อการนำไปรีไซเคิล เพื่อลดปริมาณขยะที่เป็นปัญหาอยู่ใน ณ ปัจจุบัน โดยใช้ระบบนิวแมติกในการบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมควบคุมด้วยโปรแกรมอาดุยโน่ในการควบคุมการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ทำการบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมได้ 4 ขนาด คือ ขนาด 180 มิลลิลิตร ขนาด 245 มิลลิลิตร ขนาด 325 มิลลิลิตร และขนาด 330 มิลลิลิตร และมีความสามารถบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมไม่น้อยกว่า 60 กระป๋องต่อนาที

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของอะลูมิเนียม [3]

อะลูมิเนียมมีจุดหลอมละลายที่ 660 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา รับภาระน้ำหนักได้สูง สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ไม่เสี่ยงต่อรอยร้าว และการแตกหัก ไม่เป็นสนิม ทนต่อการกัดกร่อน และไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ โดยเฉพาะการนำมาผสมกับโลหะอื่น ๆ แล้วจะทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น จุดหลอมเหลวของอะลูมิเนียมผสมจะอยู่ที่ 1140 องศาเซลเซียส ถึง 1205 องศาเซลเซียส จึงนิยมนำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ รวมถึงวัสดุหรือภาชนะที่เกี่ยวข้องกับอาหาร

2.2 กระป๋องอะลูมิเนียม [4]

กระป๋อง 3 ชิ้น ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ตัวกระป๋อง ฝาบน และก้นกระป๋อง มีตะเข็บข้างเกิดขึ้นแต่ก่อนนี้การเข้าตะเข็บข้างจะใช้ตะกั่วเป็นตัวบัดกรีเนื่องจากว่าตะกั่วที่ใช้ก่ออันตรายแก่ผู้บริโภค ปัจจุบันจึงเข้าตะเข็บโดยเชื่อมด้วยไฟฟ้าแทน ส่วนกระป๋อง 2 ชิ้น เป็นกระป๋องไร้ตะเข็บข้าง มีตัวกระป๋อง และฝาล่างเป็นชิ้นเดียวกัน และมีฝาบนอีกชิ้นหนึ่งที่จะถูกปิดโดยผู้ผลิตอาหารกระป๋อง หลังจากที่บรรจุอาหารในกระป๋องแล้ว จัดเป็น Hermectically sealed container มีความแข็งแรง ทนต่อความร้อน และความดันระหว่างการแปรรูปด้วยความร้อน (Thermal processing) ในหม้อฆ่าเชื้อด้วยวิธี In container sterilization และ In container pasteurization วิธีการขึ้นรูปกระป๋อง 2 ชิ้น มี 3 วิธีการ คือ

1) กระป๋องขึ้นรูปโดยการปั๊มครั้งเดียว (Drawn can)

2) กระป๋องขึ้นรูปโดยการปั๊ม 2 ครั้ง (Drawn and redrawn can) โดยปั๊มครั้งแรกจะขึ้นรูปเป็นถ้วยเตี้ยก่อน หลังจากนั้นจะปั๊มอีกครั้งเพื่อให้เส้นผ่านศูนย์กลางของกระป๋องเล็กลง และความสูงมากขึ้นตามต้องการ กระป๋อง 2 ชิ้น ที่ผลิตโดยวิธีนี้จะมีความหนาเท่ากันตลอดทั้งตัวและก้นกระป๋องสามารถทนความดัน และสุญญากาศในกระป๋องได้

3) กระป๋องขึ้นรูปโดยการปั๊ม และรีดผนัง (Drawn and wall ironed can) โดยปั๊มครั้งแรก จะได้ถ้วยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับกระป๋องที่ต้องการ หลังจากนั้นผนังกระป๋องจะถูกรีดให้เบาลง และกระป๋องมีความสูงเพิ่มขึ้น กระป๋องประเภทนี้ตัวกระป๋องมีผนังบางกว่าก้นกระป๋อง สามารถทนความดันได้ แต่ทนสุญญากาศภายในกระป๋องไม่ได้ จึงนิยมใช้บรรจุเบียร์ และน้ำอัดลม อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีสีขาวคล้ายเงิน น้ำหนักเบา และมีคุณสมบัติที่อ่อนตัว ซึ่งสามารถทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ในการผลิตอะลูมิเนียมจึงมักผสมทองแดงและสังกะสี เพื่อเพิ่มความแกร่งให้กับเนื้ออะลูมิเนียม

2.3 ระบบนิวแมติก [5]

ในปัจจุบันนี้ความหมายของคำว่า Pneumatic ที่เราส่วนมากเข้าใจกัน คือ การนำเอาอากาศอัด มาเป็นสารตัวกลางเพื่อใช้งานในงานทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านการขับเคลื่อน หรือควบคุมเครื่องจักร และอุปกรณ์เครื่องช่วยต่าง ๆ ที่สามารถใช้แทนแรงงานคน

ข้อดีของการควบคุมระบบนิวแมติก

1) การเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระบบนิวแมติกการเคลื่อนที่ในแนวตรงกระทำได้ง่ายกว่า คือ จะใช้อุปกรณ์ทำงานประเภทกระบอกสูบ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ระบบแมคคานิกเข้ามาช่วย

2) ระบบเบรกหรือระบบหยุด ในระบบนิวแมติกกระทำได้ง่ายกว่ามาก ถ้าเราให้การทำงานเครื่องหยุดที่ตำแหน่งใด เราจะเลือกกระบอกสูบที่มีระยะชักตามตำแหน่งที่เราต้องการ

3) การปรับความเร็ว ในระบบนิวแมติกสะดวกเร็วกว่ามาก โดยจะใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วต่อเข้ากับระบบ ง่าย สะดวก รวดเร็ว และราคาถูก

4) การบำรุงรักษา และซ่อมบำรุงง่าย ในระบบนิวแมติกการบำรุงรักษาไม่ยุ่งยากเหมือนระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะการตรวจหาข้อบกพร่องของเครื่องจักรง่ายกว่าระบบไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องตัดกำลังที่ส่งให้ระบบออกนอกจากวงจร

5) มีความปลอดภัยสูง อุปกรณ์ระบบลมไม่เกิดการเสียหายถึงแม้ว่าจะใช้งานเกินกำลัง เมื่อเกิดปัญหาในวงจรก็ไม่เกิดอันตราย

ข้อเสียของการควบคุมระบบนิวแมติก

1) มีเสียงดัง เมื่อป้อนลมเข้าไปในระบบการควบคุม อุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ ของระบบจะต้องระบายลมออกมาทางด้านวาล์วควบคุม แม้ว่าที่วาล์วควบคุมจะมีตัวเก็บเสียงติดอยู่ก็ตาม ก็จะยังทำให้มีเสียงดังขณะที่เครื่องจักรทำงาน

2) ความดันของลมเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ความดันของลมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และความดันจะลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง เป็นผลทำให้การควบคุมในระบบเปลี่ยนแปลง

3) ลมอัดมีความชื้น เมื่อลมอัดถูกทำให้เย็นลงหลังจากการอัดเข้าในถังเก็บ ซึ่งจะทำให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ และเมื่อความชื้นเข้าไปในระบบการควบคุม ก็จะทำให้ตัวทำงานและวาล์วควบคุมต่าง ๆ เกิดสนิม และจะทำให้อายุการทำงานของอุปกรณ์สั้นลง

4) เนื่องจากลมสามารถอัดตัวได้ จึงทำให้การเคลื่อนที่ของตัวทำงานในขณะที่มีโอกาสเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ

2.4 อาดุยโน่ (Arduino) [6]

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย แสดงดังรูปที่ 1

จุดเด่นของ Arduino

1) ราคาไม่แพง เนื่องจากมี Source code และวงจรแจกให้ฟรี สามารถต่อวงจรได้เอง

2) โปรแกรมที่ใช้พัฒนาของ Arduino รองรับการทำงานทั้ง Windows Linux

3) มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งาน แต่สามารถนำไปใช้งานจริง ๆ ที่มีความซับซ้อนมาก ๆ ได้ และยังสามารถสร้างคำสั่งและ Library ใหม่ ๆ ขึ้นมาใช้งานเอง เมื่อมีความชำนาญมากขึ้น

4) มีการเปิดเผยวงจร และ Source code ทั้งหมดทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมได้ตามความต้องการทั้ง Hardware และ Software

รูปที่ 1 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินโครงงานมีขั้นตอนการดำเนินโครงงาน ดังนี้

1) วางแผนการดำเนินงานเพื่อให้ทราบแนวทาง และแผนงานดำเนินการให้เป็นขั้นตอน

2) ศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวกับการทำเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมที่จำเป็นในการดำเนินงาน

3) คำนวณการออกแบบระบบนิวแมติก และหาแรงที่เหล็กต้องรับแรงอัด เพื่อใช้ในการเลือกซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กระบอกสูบ วาล์วควบคุมทิศทาง สายลม แผ่นเหล็กชุดอัดกระป๋อง เป็นต้น

4) ทำการทดสอบ แก้ไขเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมให้ตรงตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้

5) ทำการสรุปผล

3.1 การหาค่าแรงอัดที่กระทำให้กระป๋องอะลูมิเนียมยุบตัว

แรงอัดกระทำให้กระป๋องอะลูมิเนียมยุบตัวที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงอัด ให้กระป๋องยุบตัวให้เหลือ 50 มิลลิเมตร ได้ค่าแรงเฉลี่ย F เท่ากับ 912 นิวตัน เหตุผลที่เลือกขนาดให้กระป๋องยุบตัวเหลือ 50 มิลลิเมตร เพราะเนื่องจากงานวิจัยของนายอนันต์ สิงหะภูกาม และคณะฯ ได้สร้างเครื่องบีบอัดกระป๋อง เพื่อลดขนาดการจัดเก็บกระป๋องอะลูมิเนียมให้ลดลง ทดลองบีบอัดกระป๋อง มีต้นกำลังมาจากมอเตอร์ไฟฟ้า มีขนาดของกระป๋องหลังทำการบีบอัด ค่าเฉลี่ยไม่เกิน 50 มิลลิเมตร จึงนำขนาดของการยุบตัวของกระป๋อง จากงานวิจัยของนายอนันต์ สิงหะภูกาม และคณะฯ มาเป็นเกณฑ์การยุบตัวของกระป๋องในงานวิจัยนี้

3.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม

ขั้นตอนการสร้างจะแบ่งการสร้างออกเป็น ดังนี้

1) สร้างโครงสร้างของเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมและชุดลำเลียงกระป๋อง

2) เขียนโปรแกรมชุดควบคุมเครื่องบีบอัดกระป๋อง และติดตั้งระบบนิวเมติกและอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ

3) เครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมที่เสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 เครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมพร้อมอุปกรณ์ประกอบ

4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) จัดเตรียมกระป๋องอะลูมิเนียมขนาดต่าง ๆ ที่จะใช้ในการทดลอง

2) จัดเตรียมและตรวจสอบเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมให้พร้อมสำหรับการทดลอง

3) จัดเตรียมนาฬิกาจับเวลาในการทดลอง เพื่อใช้วัดความสามารถในการบีบอัดกระป๋องในเวลาที่กำหนด

4) จัดเตรียมตลับเมตรในการวัดความสูงของกระป๋องเมื่อถูกอัด ซึ่งความสูงที่วัดได้หลังการอัดมีขนาดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่

4.2 การทดลองเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม

1) เตรียมกระป๋องอะลูมิเนียมที่จะทำการทดลอง โดยกระป๋องอะลูมิเนียมมี 4 ขนาด ทดลองบีบอัดกระป๋องรวมกันโดยไม่แยกขนาด

2) เริ่มการทำงานของเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม

3) นำกระป๋องอะลูมิเนียมใส่ในช่องอัดแต่ละช่องอย่างต่อเนื่อง และเริ่มจับเวลาจนครบ 1 นาที จึงหยุดการทำงานของเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม ตรวจสอบกระป๋องตกค้างในเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม

4) นับจำนวนกระป๋องที่บีบอัดได้ใน 1 นาที วัดความสูงของกระป๋องหลังจากทำการบีบอัด และบันทึกผลการทดลองมาเปรียบเทียบ

4.3 ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลอง โดยจะนำกระป๋องอะลูมิเนียมที่มี 4 ขนาด (180, 245, 325 และ 330 มิลลิลิตร) ทดลองบีบอัดกระป๋องรวมกันโดยไม่แยกขนาด แล้วทำการปรับความดันลมอัดที่ 5 บาร์, 5.5 บาร์ และ 6 บาร์ เมื่อเครื่องบีบอัดกระป๋องทำการทดลองแต่ละความดัน ทำการบันทึกค่าต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบสำหรับการทดลอง ดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง ใช้เวลาในการทดลอง 1 นาที ทำการบีบอัดกระป๋องที่ความดัน 5 บาร์

การทดลองครั้งที่	ความดันลมในการอัด (bar)	จำนวนกระป๋องที่บีบอัดได้ (กระป๋อง)	ค่าความสูงเฉลี่ยของกระป๋องหลังทำการบีบอัด (mm)	จำนวนกระป๋องที่มีความสูงลดลงเหลือน้อยกว่า 50 mm (กระป๋อง)	จำนวนกระป๋องที่มีความสูงมากกว่า 50 mm (กระป๋อง)
1	5	52	36.56	48	4
2	5	60	38.18	56	4
3	5	57	36.98	54	3
ค่าเฉลี่ย		56	37.24	53	3

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง ใช้เวลาในการทดลอง 1 นาที ทำการบีบอัดกระป๋องที่ความดัน 5.5 บาร์

การทดลองครั้งที่	ความดันลมในการอัด (bar)	จำนวนกระป๋องที่บีบอัดได้ (กระป๋อง)	ค่าความสูงเฉลี่ยของกระป๋องหลังทำการบีบอัด (mm)	จำนวนกระป๋องที่มีความสูงลดลงเหลือน้อยกว่า 50 mm (กระป๋อง)	จำนวนกระป๋องที่มีความสูงมากกว่า 50 mm (กระป๋อง)
1	5.5	60	36.32	59	1
2	5.5	60	36.61	59	1
3	5.5	60	36.11	58	2
ค่าเฉลี่ย		60	36.35	59	1

ตารางที่ 3 ผลการทดลองเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง ใช้เวลาในการทดลอง 1 นาที ทำการบีบอัดกระป๋องที่ความดัน 6 บาร์

การทดลองครั้งที่	ความดันลมในการอัด (bar)	จำนวนกระป๋องที่บีบอัดได้ (กระป๋อง)	ค่าความสูงเฉลี่ยของกระป๋องหลังทำการบีบอัด (mm)	จำนวนกระป๋องที่มีความสูงลดลงเหลือน้อยกว่า 50 mm (กระป๋อง)	จำนวนกระป๋องที่มีความสูงมากกว่า 50 mm (กระป๋อง)
1	6	60	34.82	60	0
2	6	60	36.25	57	3
3	6	60	36.02	58	2
ค่าเฉลี่ย		60	35.70	58	2

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 3 ความดัน ในการบีบอัดกระป๋อง ใช้เวลาในการทดลอง 1 นาที

เวลาที่ใช้ในทดลอง (นาที)	ความดันลมในการอัด (bar)	จำนวนกระป๋องที่บีบอัดได้ (กระป๋อง)	ค่าความสูงเฉลี่ยของกระป๋องหลังทำการบีบอัด (mm)	จำนวนกระป๋องที่มีความสูงลดลงเหลือน้อยกว่า 50 mm (กระป๋อง)	จำนวนกระป๋องที่มีความสูงมากกว่า 50 mm (กระป๋อง)
1	5	56	37.24	53	3
1	5.5	60	36.35	59	1
1	6	60	35.70	58	2

5. สรุปผล

จากการทดลองได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม โดยการเลือกใช้ความดันทดสอบที่ 3 ความดัน ได้แก่ ที่ความดัน 5 บาร์ จับเวลาทดสอบ 1 นาที จำนวนกระป๋องที่บีบอัดเฉลี่ยได้ 56 กระป๋อง ค่าความสูงเฉลี่ยของกระป๋องหลังทำการบีบอัด 37.24 มิลลิเมตร ที่ความดัน 5.5 บาร์ จับเวลาทดสอบ 1 นาที จำนวนกระป๋องที่บีบอัดเฉลี่ยได้ 60 กระป๋อง ค่าความสูงเฉลี่ยของกระป๋องหลังทำการบีบอัด 36.35 มิลลิเมตร และที่ 6 บาร์ จับเวลาทดสอบ 1 นาที จำนวนกระป๋องที่บีบอัดเฉลี่ยได้ 60 กระป๋อง ค่าความสูงเฉลี่ยของกระป๋องหลังทำการบีบอัด 35.70 มิลลิเมตร ยิ่งความดันสูงขึ้นอัตราการยุบตัวของกระป๋องอะลูมิเนียมจะมากขึ้นเมื่อทำการบีบอัด

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ที่ความดัน 5.5 บาร์ เป็นความดันที่เหมาะสมที่สุดในการตั้งเป็นค่าพื้นฐานใช้งานของเครื่องบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม ซึ่งสามารถลดความสูงของกระป๋องอะลูมิเนียมให้เหลือน้อยกว่า 50 มิลลิเมตร และเครื่องสามารถทำงานได้ไม่น้อยกว่า 60 กระป๋องต่อนาที

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในเรื่องเครื่องมือ สถานที่ในการสร้างและประกอบเครื่อง และนางสาวจิตตราวดี สุยะสา นายณัฐดนัย ทาเวียง และนางสาวณัฐดาพร ภูสุข ที่ช่วยดำเนินโครงการจนแล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

[1] Chaijaroentech, 2016, เกรดของอลูมิเนียม พร้อมประโยชน์ที่น่ารู้ ใช้งานได้หลากหลาย [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.chi.co.th/article/article-1018/ [2/04/63]

[2] Chaijaroentech, 2016, เจาะลึก อลูมิเนียม โลหะสีขาวคล้ายกับเงิน น้ำหนักเบา แต่แข็งแรง [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.chi.co.th/article/article-858/ [2/04/63]

[3] Adminsaji, 2020, อลูมิเนียม [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.sa-thai.com [2/04/63].

[4] Packingsiam, ม.ป.ป, กระป๋อง [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.packingsiam.com/Index.php?lay=show&ac=article&Id=539312392&Ntype=7 [2/04/63]

[5] Pneumaticthailand, 2018, ความหมายของนิวเมติก Introduction to Pneumatic [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.pneumaticthailand.com/article [5/10/62]

[6] Poundxi, 2018, วิธีใช้งานโปรแกรม Arduino IDE เบื้องต้น [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://poundxi.com/%E0%B8%A7%E0%B8%B4% [8/11/62]

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบออนกริด

Exercise Bike Generate Electricity for ON-GRID

พูนศรี วรรณการ นัฐวีย์ ประภาศรีวรกุล ธีระ ทองคต ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว นเรศ ชลังสุทธิ์ และ นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: poonsri.w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบออนกริด หลักการทำงานอาศัยพลังงานกลที่ได้จากการปั่นจักรยานทำให้โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า **5** เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาหมุนทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นมา และนำไปผ่านวงจรฟูลบริดจ์เรกติไฟร์เพื่อแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงนำไปชาร์จแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน **12** โวลต์ จากนั้นนำไปผ่านวงจรแปลงไฟตรงเป็นไฟตรงแรงดันสูงเพื่อเพิ่มระดับแรงดันด้านเอาต์พุตให้ได้แรงดันที่เหมาะสม เพื่อนำไปผ่านอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริดไฟฟ้า **1** เฟส ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไปยังระบบไฟฟ้า **1** เฟส

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดไฟฟ้า; ฟูลบริดจ์เรกติไฟร์; อินเวอร์เตอร์

Abstract

This article presents Exercise Bike Generate Electricity for ON-GRID. The principle of operation relies on the mechanical energy obtained by cycling causing the rotor of 5-Phase axial flux permanent magnet, generating an AC voltage and through full bridge diode rectifier to converting it from AC to DC to charge a 12 Volt battery. It is then taken through a DC to DC high voltage converter circuit to increase the output voltage level to the proper voltage, To be taken through the inverter connected to the single phase power grid serves to transmit electrical energy to the single phase power system.

Keywords: generator; full bridge diode rectifier; inverter

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานมาใช้อย่างแพร่หลายโดยการนำพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนไม่ว่าจะเป็นพลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่พลังงานเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ หากมีการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับพลังงานทดแทนอื่นมาแทนที่การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้มาจากการไฟฟ้า และสามารถคืนพลังงานไฟฟ้าสู่กริดไฟฟ้าก็จะช่วยเสริมระบบไฟฟ้าและอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าได้ โดยทีมวิจัยตระหนักถึงเรื่องนี้จึงได้คิดค้นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถทดแทนพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในชีวิตประจำวันนั้นคือจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบออนกริด

งานวิจัยนี้จึงได้นำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานออกกำลังกายไปขับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาทำให้ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นมา แล้วนำไปผ่านวงจรฟูลบริดจ์เรกติไฟร์แปลงเป็นไฟตรง[1] นำไปชาร์จแบตเตอรี่และนำไปป้อนเข้าวงจรแปลงไฟตรงแรงดันต่ำเป็นไฟตรงแรงดันสูงเพื่อนำไปป้อนเข้าวงจรอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริดในการจ่ายกำลังไฟฟ้าคืนสู่กริดไฟฟ้า 1 เฟส ทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าคืนสู่กริด 1 เฟสได้เป็นการลดค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับการไฟฟ้าอีกทั้งเป็นการออกกำลังกายที่ได้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าได้ด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กไหลตามแนวแกนเพลาที่นำเสนอเป็นแบบจานแม่เหล็กหมุนคู่เป็นส่วนเคลื่อนที่และมีชุดขดลวดสเตเตอร์ไร้แกนเหล็กเป็นส่วนอยู่กับที่[2]แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 โครงสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดต่อเฟส[3]หาได้จากสมการที่ (1)

$$E_{g/ph} = 4.44 k_w N_{ph} \phi_p \left(N_r P / 120\right) \qquad (1)$$

เมื่อ

$E_{g/ph}$ คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อเฟส (โวลต์)
k_w คือ สัมประสิทธิ์ของการพันขดลวด
N_{ph} คือ จำนวนรอบการพันของขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส (รอบ)
ϕ_p คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว (เวเบอร์)
N_r คือ ความเร็วรอบเพลาโรเตอร์ (รอบต่อนาที)
P คือ จำนวนขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิด (ขั้ว)

2.2 วงจรแปลงไฟตรงแรงดันต่ำเป็นไฟตรงแรงดันสูง

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซี TL494 ร่วมกับตัวต้านทาน ตัวคาปาซิเตอร์ และแบตเตอรี่ 12 V ในการผลิตสัญญาณพัลส์ 50 Hz ไปควบคุมมอสเฟต G1,G4 และ G2,G3 ให้สลับกันทำงาน ซึ่งทำให้หม้อแปลง TR1 ทำงานผลิตไฟสลับแรงดันสูงออกมาทางด้านเอาต์พุต ป้อนให้วงจรฟูลบริดจ์เรกติไฟล์แปลงเป็นไฟตรงแรงดันสูง[4] ป้อนให้อินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส แสดงดังรูปที่ 2

(ก)

(ข)

รูปที่ 2 วงจรแปลงไฟตรงแรงดันต่ำเป็นไฟตรงแรงดันสูง
(ก) วงจรกำลังของวงจรแปลงไฟตรงแรงดันต่ำเป็นไฟตรงแรงดันสูง
(ข) วงจรสร้างสัญญาณควบคุมมอสเฟส G1,G4 และ G2,G3

3. การออกแบบฮาร์ดแวร์แต่ละส่วนของจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบออนกริด

3.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

การติดตั้งแม่เหล็กแม่เหล็กที่ใช้งานมีทั้งหมด 20 แท่งแบ่งเป็น 2 ชุดวางลงในแผ่นจานหมุนชุดละ 10 แท่งทำการติดตั้งแม่เหล็กโดยการวางแต่ละช่องห่างกัน 36 องศาจากนั้นวางแม่เหล็กสลับระหว่างขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) โดยวางแม่เหล็กตัวแรกลงในแผ่นที่ได้ออกแบบไว้ตัวที่สองวางถัดไป อย่าให้ขั้วดูดต่อกันการวางแต่ละตัวขั้วแม่เหล็กต้องผลักกันทำการวางให้ครบ 10 แท่งโดยทำให้ครบทั้งหมด 2 ชุด การติดตั้งแม่เหล็กถาวรลงบนจานโรเตอร์หมุน แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 การติดตั้งแม่เหล็กถาวรลงบนจานโรเตอร์หมุน

การวางขดลวดสเตเตอร์ ออกแบบมีขดลวดจำนวน 10 ชุดจำนวนพันขดลวด 360 รอบต่อ 1 ชุดโดยต่อเป็น 2 ชุดต่อเฟสทั้งหมดรวมกันให้ได้ 5 เฟสในการวางขดลวดในแผ่นไม้วางทำมุมกันแต่ละชุดเท่ากับ 36 องศา การต่อขดลวดทั้ง 10 ชุดต้นของขดลวดทั้ง 10 ชุดจะต่อถึงกันทั้งหมดและปลายทั้ง 10 ชุดจะจับกันเป็นคู่ๆต่อเข้ากับวงจรบริดจ์ทำหน้าที่แปลงไฟสลับ (AC) เป็นไฟตรง (DC) โดยใช้ไดโอดบริดจ์จำนวน 5 ตัว 1000V 50A ในการใช้งานต่อขนานกันของแต่ละเฟสซึ่งเอาท์พุตที่ได้จากไดโอดบริดจ์ออกมาเป็นไฟตรงซึ่งจะนำออกไปใช้งานในการชาร์ตแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ วงจรการต่อชุดขดลวดสเตเตอร์เข้าไดโอดบริดจ์แสดงดังรูปที่ 4 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ออกแบบในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาแสดงดังตารางที่ 1

รูปที่ 4 วงจรการต่อชุดขดลวดสเตเตอร์เข้าไดโอดบริดจ์

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ออกแบบในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กไหลตามแนวแกนเพลา	
พารามิเตอร์	ค่า
ความหนาแน่นกระแสในตัวนำ	4 A/mm^2
กระแสเอาต์พุตสูงสุดต่อเฟส	5 A
เบอร์ลวดตัวนำทองแดง	S.W.G. 16
จำนวนของชุดขดลวดสเตเตอร์	10 ชุด
จำนวนรอบตัวนำต่อเฟส	360 รอบ
จำนวนขั้วแม่เหล็ก	10 ขั้ว

3.2 การติดตั้งรถจักรยานเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส

การประกอบตัวรถจักรยานเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า **5** เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา โดยการเอาจักรยาน **2** ล้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อ 20 นิ้ว ไม่มีเกียร์ทด และมีที่นั่งมาถอดล้อหลังออกและนำไปยึดติดกับเหล็กฐานที่มีโซ่จักรยานคล้องติดเฟืองท้ายล้อหลังจักยานซึ่งยึดติดอยู่กับเพลาของเครื่องกำเนิดดังรูปที่ **5**

รูปที่ 5 รถจักรยานที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส

3.3 อินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส

เลือกใช้อินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริดแบบเฟสเดียวขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ที่มีประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์สูงสุดถึง 97.1% โดยมีลักษณะตามรูปที่ 6

รูปที่ 6 อินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส

4. ผลการทดสอบ

การทดสอบปั่นจักรยานชาร์จแบตเตอรี่ 12V ที่ความเร็วรอบต่างๆ ได้แรงดันไฟฟ้าคร่อมแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ 12V แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงดันไฟฟ้าคร่อมแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ที่ได้จากการทดสอบปั่นจักรยานชาร์จแบตเตอรี่ 12V

ความเร็วรอบโรเตอร์เครื่องกำเนิด(rpm)	แรงดันไฟฟ้าคร่อมแบตเตอรี่ (Vdc1,V)	กระแสไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ (Idc,A)
100	1	0
150	4.4	0
200	6.6	0
250	8.6	0
300	9.5	0.06
350	11.5	0.12
400	12.1	0.23
450	12.5	0.35
500	13.2	0.6

จากตารางที่ 3.2 เมื่อนำค่าแรงดันและกระแสที่ได้จากการทดสอบปั่นจักยานชาร์จแบตเตอรี่ 12V ไปพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 7 และจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบออนกริดต้นแบบแสดงดังรูปที่ 8

รูปที่ 7 กราฟแรงดันไฟฟ้าคร่อมแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ที่ได้จากการทดสอบปั่นจักยานชาร์จแบตเตอรี่ 12V

รูปที่ 8 จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟแบบออนกริดต้นแบบ

รูปที่ 9 รูปคลื่นแรงดันกริดและกระแสกริด 1 เฟส สเกลแรงดัน 200 โวลต์/ช่อง สเกลกระแส 1 แอมป์/ช่อง และสเกลเวลา 5 ms/ช่อง

การทดสอบอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริด 1 เฟส จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าแรงดันกริดมีรูปคลื่นใกล้เคียงชายน์มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 310 โวลต์ส่วนกระแสกริดมีรูปคลื่นใกล้เคียงชายน์มีมุมเฟสแตกต่างกับรูปคลื่นแรงดันกริดอยู่ 180 องศาไฟฟ้า มีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.4 แอมป์แสดงถึงการทำงานของอินเวอร์แตอร์ที่มีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจ่ายคืนไปยังกริดไฟฟ้า 1 เฟสอยู่ที่ประมาณ 60 วัตต์เนื่องจากควบคุมให้กระแสจ่ายคืนสู่กริดมีค่า 60 วัตต์

5. บทสรุป

จากผลการทดสอบปั่นจักรยานออกกำลังกายขณะชาร์จแบตเตอรี่ 12V ที่ความเร็วเพลาโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟสแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลาหมุนที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที วัดแรงดันขณะชาร์จแบตเตอรี่ได้เท่ากับ 13.2 V ที่กระแสชาร์จ 0.6A และจากการทดสอบอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริดไฟฟ้า 1 เฟส สามารถทำงานส่งผ่านกำลังไฟฟ้าไปยังกริด 1 เฟสได้ โดยจากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่ามีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจ่ายคืนไปยังกริดไฟฟ้า 1 เฟสอยู่ที่ 60 วัตต์ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในงานวิจัยนี้ใช้แม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงเพื่อให้ได้แรงดันออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟสเพิ่มขึ้นที่ความเร็วรอบการปั่นจักรยานต่ำ และควรออกแบบวงจรเพิ่มระดับแรงดันไฟตรงเอาต์พุตด้วยวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์เพื่อลดจำนวนอุปกรณ์ลงกว่าระบบที่นำเสนอ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ จากงบรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

[1] P. Wannakarn and V. Kinnares. “Single-Phase Grid Connected Axial Flux Permanent Magnet Generator System with Reactive Power Compensation Functionality”,10th International Power and Energy Conference, IPEC 2012.

[2] P. Wannakarn, T. Tanmaneeprasert, N. Rugthaicharoencheep and S. Nedphograw. “Design and Construction of Axial Flux Permanent Magnet Generator for Wind Turbine Generated DC Voltage at Rated Power 1500 W”, 4th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT),2011.pp 763-766.

[3] พูนศรี วรรณการ พนา ดุสิตากร นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ และธนารัตน์ ตันมณีประเสริฐ. “เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กไหลตามแนวแกนเพลา ขนาด 1 กิโลวัตต์ ประยุกต์ใช้กับพลังงานลมผลิตไฟฟ้า”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 11(EENET2019), 2562, pp. 543-54.

[4] Abdar Ali, Rizwan Ullah, Zahid Ullah. “DC-to-DC Converters for Low-Voltage High-Power Renewable Energy Systems”, International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering Vol:9, No:12, 2015, pp. 1411-1416.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

จักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

Electric Bicycle with Solar Panels

พูนศรี วรรณการ นิธิศ ชูช่วย อธิชา การถวิล จิรภัทร์ หริ่มฉ่ำ พนา ดุสิตากร มนัส บุญเทียรทอง สุรเชษฐ เดชฟุ้ง และ สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: poonsri.w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นพลังงานขับเคลื่อนให้กับรถจักรยานพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการชาร์จแบตเตอรี่จากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน จักรยานพลังงานไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนได้สองระบบ นั่นคือจากการปั่นด้วยคนและจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จากผลการทดสอบที่ได้ จักรยานพลังงานไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 กิโลเมตรต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง โดยน้ำหนักของจักรยานรวมกับผู้ขับขี่คือ 100 กิโลกรัม

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์; แบตเตอรี่; มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน

Abstract

This article presents the use of solar energy as a power source for electric bicycles. It relies on the principle of charging a battery from a solar panel to bring electric power to drive a brushed DC electric motor. Electric bicycles can be driven by two systems. That is, from manual spinning and from a DC electric motor. From the test results, the electric bicycles can travel a distance of 8 kilometers on a single battery charge, and the weight of the electric bicycles combined with the rider is 100 kg.

Keyword: solar energy; battery; brushed DC electric motor

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้ยานพาหนะขนส่งกันเป็นจำนวนมาก ยานพาหนะเหล่านั้นใช้เชื้อเพลิงในการสันดาป ปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงมากและมีแนวโน้มการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมันลดลง จึงได้มีการพัฒนาการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงและการนำไฟฟ้ามาเป็นพลังงานขับเคลื่อนยานพาหนะ เป็นการลดมลภาวะทางอากาศและเป็นการประหยัดพลังงานมากขึ้น บทความนี้ได้นำเสนอจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ โดยแนวคิดในการริเริ่มทำมาจากการพัฒนาจักรยานไฟฟ้าทั่วไป ที่อาศัยการเคลื่อนที่ด้วยแรงปั่นของคนเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ในการใช้เป็นพลังงานป้อนให้กับมอเตอร์ไฟตรง ในการส่งกำลังไปยังล้อจักรยานทำให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้โดยช่วยผ่อนแรงของคนในการปั่นจักรยาน ทำให้อำนวยความสะดวก ในการสัญจรทางบก

บทความนี้ได้มีการนำจักรยาน 3 ล้อ มาทำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน ชุดควบคุม และแบตเตอรี่ ในการทำให้จักรยาน 3 ล้อไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ จึงมีแนวคิดที่จะผลิตจักรยานไฟฟ้าพลังงานสะอาดที่เป็นยานพาหนะในการนำพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานจากการปั่นจักรยานมาใช้เพื่อลดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้พลังแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าในการใช้เป็นพลังงานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟตรงให้รถจักรยาน 3 ล้อเคลื่อนที่ในการสัญจรทางบก ทำให้ผ่อนแรงมนุษย์และช่วยประหยัดค่าเชื้อเพลิงฟอสซิล

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผงโซลาร์เซลล์

แผงแบบโมโนคริสตัลไลน์จะมีสีดำและมีลักษณะเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัส แผงมีหลายขนาดตามกำลังไฟฟ้าขาออก โดยฉลากที่ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะระบุกำลังเอาต์พุตหรือกำลังไฟฟ้าขาออกซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ การต่อแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกัน(มีพารามิเตอร์เดียวกัน) แบบอนุกรมจะได้แรงดันไฟฟ้าขาออกที่สูงขึ้น[1]

รูปที่ 1 การต่อแผงเซลล์โซลาร์เซลล์แบบอนุกรม

2.2 มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน

มอเตอร์กระแสตรงหมุนได้โดยใช้ขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กมาผลักกับชุดแม่เหล็กถาวรภายในตัวของมอเตอร์โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านชุดแปรงถ่านมายังชุดคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งจะเป็นหน้าสัมผัสและนำกระแสไฟฟ้าไปสู่ขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งจะพันอยู่บนแกนเพลาของมอเตอร์เป็นช่องสล็อต มอเตอร์ชนิดนี้มีทั้งแบบดุมล้อและแกนหมุน และมีทั้งแบบมีเกียร์และไม่มีเกียร์อีกด้วย[2] สมการหาขนาดมอเตอร์ของจักรยานแสดงดังสมการที่ 1 และสมการหาแรงบิดแสดงดังสมการที่ 2

$$\text{Power(kW)} = \text{Torque (N.m)} * \text{Speed (PRM)}/9550 \qquad (1)$$

$$\text{Torque(N.m)} = \text{Mass(kg)} * \text{V(m/s)} * \text{r(m)} \qquad (2)$$

2.3 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ตะกั่วกรด เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด อายุการใช้งานตั้งแต่ 2 ถึง 10 ปี แบตเตอรี่ตะกั่วกรดสามารถพบได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น 2โวลต์ 6 โวลต์และ 12โวลต์ แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่คุ้มค่าที่สุดในตลาด แบตเตอรี่แบบดีพไซเคิล(Deep Cycle Battery) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความสามารถในการจ่ายพลังงานได้ลึกหรือมากกว่าแบตเตอรี่แบบธรรมดามักจะใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานทางเลือกอื่น ๆ [1]

รูปที่ 2 แบตเตอรี่แบบดีพไซเคิล

2.4 ชุดควบคุม DC motor

วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟตรงในงานวิจัยนี้ใช้หลักการของสัญญาณแบบ PWM (Plus with Modulation) ในการนำไปควบคุมมอเตอร์ไฟตรงแบบมีแปรงถ่าน คือขณะทำงานจะสูญเสียพลังงานต่ำและมีความร้อนน้อยทั้งนี้เนื่องจากการทำงานจะเป็นลักษณะรูปคลื่นพัลส์สี่เหลี่ยม ซึ่งสามารถปรับช่วง On-Off ได้ หรือที่เรียกว่า Duty Cycle เช่น ถ้า Duty Cycle มีค่า 100% สัญญาณที่ปล่อยก็จะเป็นลักษณะเส้นตรงเสมือนกับการปล่อยแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเต็มกำลัง และหาก Duty Cycle ลดลงเหลือ 50% สัญญาณที่ได้ก็จะเป็นลักษณะเป็นครึ่งหนึ่งของสัญญาณทั้งหมดใน 1 คาบเวลา ส่งผลให้มีแรงดันไฟฟ้าออกเพียง 50% ของแหล่งจ่ายทั้งหมด การทำงานในลักษณะนี้ทำให้สูญเสียพลังงานต่ำเนื่องจากภาคเอาต์พุตไม่ต้องทำงานตลอดเวลา [3]

รูปที่ 3 ลักษณะรูปคลื่นพัลส์สี่เหลี่ยมของวงจรแบบ PWM

3. ฮาร์ดแวร์แต่ละส่วนของรถจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

3.1 แผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 18.8 โวลต์ 100 วัตต์ จำนวน 2 แผงมาทำการต่ออนุกรมกัน ซึ่งในการทดสอบวัดค่าแรงดันเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ 2 แผงต่ออนุกรมมีค่า 24.3โวลต์

3.2 วงจรป้องกันการชาร์จแบตเตอรี่

วงจรป้องกันการชาร์จแบตเตอรี่ 24 โวลต์ เมื่อแผงโซลาร์ชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ที่นำมาต่ออนุกรมกัน จะมีแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่ตั้งไว้ที่ $26.0V_{dc}$ จะสั่งตัดไฟชาร์จด้วยรีเลย์ และ LED 1 เป็นตัวบอกสภาวะการทำงาน หากยังไม่ต่อแบตเตอรี่เพื่อชาร์จประจุจะเห็น LED 1 เปล่งแสงติดสว่างค้างแต่ในขณะชาร์จ LED 1 จะเปล่งแสงเพิ่มขึ้น และถ้าชาร์จจนแบตเตอรี่เต็ม LED 2 ก็จะเปล่งแสง และวงจรป้องกันการชาร์จแบตเตอรี่ก็จะทำงานหยุดการจ่ายไฟชาร์จเข้าแบตเตอรี่เพื่อป้องกันไฟเกิน และป้องกันแบตเตอรี่พัง โดยวงจรป้องกันการชาร์จแบตเตอรี่แสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 วงจรป้องกันการชาร์จแบตเตอรี่

3.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในบทความนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์ LM339N ร่วมกับตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิดNPN และPNP เพื่อสร้างสัญญาณไฟบวกและไฟลบ ในการไปขับขาเกทของมอสเฟส Q1 ซึ่งขนานกับ Q2 เพื่อขับมอเตอร์ไฟตรงให้ทำงานเป็นตัวต้นกำลังของจักรยานไฟฟ้าสามล้อ[4] โดยเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่านขนาด 24V 250W , 300 RPM โดยวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3.4 การออกแบบโครงสร้างรถจักรยานพลังงานไฟฟ้า

การประกอบตัวรถจักรยานพลังงานไฟฟ้าเริ่มจากการหารถจักรยาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อ 20 นิ้ว ไม่มีเกียร์ทด และมีที่นั่ง โดยรถจักรยานไฟฟ้า 3 ล้อต้นแบบที่ใช้[4] แสดงดังรูปที่ 6 และกล่องใส่แบตเตอรี่ขนาด 12V, 7Ah จำนวน 2 ตัวต่ออนุกรมกัน แสดงดังรูปที่ 7 ส่วนต้นแบบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ แสดงดังรูปที่ 8

รูปที่ 6 รถจักรยานไฟฟ้า 3 ล้อต้นแบบที่ใช้

รูปที่ 7 กล่องใส่แบตเตอรี่ขนาด 12V, 7Ah จำนวน 2 ตัวต่ออนุกรมกัน

รูปที่ 8 ต้นแบบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

4. ผลการทดสอบ

ทำการทดสอบการชาร์จพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าแบตเตอรี่ช่วงเวลา 11.00-14.00 น. แล้ววัดค่าแรงดันเอาต์พุตที่ออกมาจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 100W 18.8V ที่ต่ออนุกรมกัน 2 แผง ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 1 ส่วนการทดสอบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้แบตเตอรี่เพียงอย่างเดียวที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร 3 กิโลเมตร และ 5 กิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีการจับเวลา คำนวณหาความเร็ว และวัดค่าแรงดัน ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 2 การทดสอบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้แบตเตอรี่ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการชาร์จพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าแบตเตอรี่

ช่วงเวลาทดสอบ	แรงดันเอาต์พุตแผงโซลาร์เซลล์
11.00 น.	24.2 โวลต์
11.30 น.	24.3 โวลต์
12.00 น.	24.4 โวลต์
12.30 น.	24.4 โวลต์
13.00 น.	24.3 โวลต์
13.30 น.	24.2 โวลต์
14.00 น.	24.4 โวลต์

จากตารางผลการทดสอบพบว่า แรงดันด้านขาออกของแผงโซลาร์เซลล์ในช่วงเวลา 11.00-14.00 น. มีค่าแรงดันเฉลี่ย 24.3 โวลต์

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้แบตเตอรี่เพียงอย่างเดียว

ระยะทาง	ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (นาที)	ความเร็ว (km/hr.)	V_{Batt} (Volt)
1 กิโลเมตร	1	4.17	15.012	23.2
	2	4.15	14.94	23
	3	4.22	15.192	23.1
3 กิโลเมตร	1	12.3	14.76	21.5
	2	12.5	15	21
	3	12.45	14.94	21.3
5 กิโลเมตร	1	21.02	15.1344	20.3
	2	20.85	15.012	20
	3	21.12	15.2064	20.2

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้แบตเตอรี่เพียงอย่างเดียวพบว่าจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ในระยะทาง 1 กิโลเมตร 3 กิโลเมตร และ 5 กิโลเมตร ตามลำดับ ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่ามีความเร็วเฉลี่ย ≈ 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยการทดสอบการขับขี่จะมีการเบรก การผ่อนคันเร่ง การบิดคันเร่ง ตามสภาพของถนนขณะขับขี่จักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้แบตเตอรี่ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์

ระยะทาง กิโลเมตร	เวลาที่ใช้ (นาที)	V_{Batt} (Volt)
0	0	23.4
8	40	20

5. บทสรุป

จากผลการทดสอบการชาร์จพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าแบตเตอรี่ดังตารางที่ 1 สามารถชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่ได้โดยมีค่าแรงดันเฉลี่ย 24.3 โวลต์ ซึ่งค่าแรงดันนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศขณะที่ทำการทดสอบ และจากผลการทดสอบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้แบตเตอรี่เพียงอย่างเดียวดังตารางที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อรถจักรยานเคลื่อนที่ระยะทาง 5 กิโลเมตรแรงเคลื่อนไฟฟ้าคร่อมแบตเตอรี่จะลดต่ำลงกว่าการเคลื่อนที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร และ 3 กิโลเมตร ส่วนผลการทดสอบจักรยานพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้แบตเตอรี่ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ดังตารางที่ 3 จะเห็นว่ารถจักรยานพลังงานไฟฟ้าต้นแบบนี้สามารถเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทาง 8 กิโลเมตร ซึ่งเคลื่อนที่ได้ไกลกว่าแบบใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการขับเคลื่อนรถจักรยาน 3 ล้อ ทำให้ผ่อนแรงมนุษย์และช่วยประหยัดค่าเชื้อเพลิงฟอสซิลในการสัญจรทางบก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ งบรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การถ่ายทอดและการเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพมหานคร :กระทรวงพลังงาน.

[2] กฤษณะ จันทสิทธิ์, คมสัน มุ่ยสี และสนั่น เถาชารี. (2557). การพัฒนารถจักรยานไฟฟ้า กึ่งอัตโนมัติเพื่อชุมชนบ้านท่าศาลา อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี. (ปริญญานิพนธ์ สังกัดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี).

[3] Muhammad H. Rashid. “Power Electronics Handbook”, Fourth Edition, 2018, pp. 945-1021.

[4] พูนศรี วรรณการ อรุณ ชลังสุทธิ์ และ สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์. “จักรยานไฟฟ้าสามล้อโดยใช้เทคนิคการควบคุมแบบพีดับบลิวเอ็ม”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9(EENET 2017), 2560.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ดุลยภาพด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

The Balancing Robot design and control with microcontroller

ครรชิต ภาวนานนท์[1] และ กฤชนันท์ เจริญสุข[2]

[1.]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ,

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 38 หมู่ 8 ถ.หาดเจ้าสำราญ ต. นาวุ้ง อ.เมืองเพชรบุรี จ.เพชรบุรี 76000, Email: Analog_dir99@hotmail.com

[2.] คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี, 16/10 ถนนเลียบคลองทวีวัฒนา แขวงทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา

กรุงเทพมหานคร 10170, , Email: C.kritchanan@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการควบคุมหุ่นยนต์ดุลยภาพโดยมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น และออกแบบตัวควบคุมเพื่อควบคุมให้หุ่นยนต์ดุลยภาพมีเสถียรภาพสูง การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้เซนเซอร์ Gyroscope เพื่อวัดความเอียงในกรณีที่หุ่นยนต์ดุลยภาพเคลื่อนที่ร่วมกับตัวตรวจวัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มโดยใช้เซนเซอร์ Accelerometer และสามารถวัดค่าความเอียงแบบอยู่กับที่ โดยเซนเซอร์ตรวจวัดค่าความเอียงและเซนเซอร์ตัวนี้จะใช้งานร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) จะรับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเอียงของหุ่นยนต์ดุลยภาพจาก Accelerometer เพื่อนำค่าสัญญาณมาวิเคราะห์และประมวลผลจากนั้น จึงส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์เพื่อรักษาเสถียรภาพและการทรงตัว ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดุลยภาพผลของการการทดสอบค่าสัญญาณเอาท์พุตจาก Accelerometer จะเปรียบเทียบกับความเอียงของหุ่นยนต์ดุลยภาพซึ่งสัญญาณเอาท์พุตดังกล่าวมีความแปรผันตรงกับมุมเอียง ของหุ่นยนต์ดุลยภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น ในทางปฏิบัติการนำหุ่นยนต์ดุลยภาพมาทำการทดสอบการทรงตัวเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ โดยหุ่นยนต์ดุลยภาพตั้งอยู่ในตำแหน่งการทรงตัวที่สมดุล เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำให้หุ่นยนต์ดุลยภาพเกิดการเอียงจากแนวสมดุลทำให้เซนเซอร์ตรวจจับความเอียง โดยเซนเซอร์จะส่งสัญญาณเอาท์พุตที่ เปลี่ยนแปลงไปมายังบอร์ด Arduino เพื่อทำการประมวลผลและส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ให้เพื่อไปขับล้อของหุ่นยนต์ดุลยภาพให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งสมดุลดังเดิม

คำสำคัญ : Accelerometer, Gyroscope, Arduino และ microcontroller

Abstract

This research presents the control of balancing robots with non-linear properties and designed a controller to control the balancing robot with high stability motion detection using a gyroscope sensor to measure inclination in the case of a balancing robot in combination with a sensor-based gravity accelerometer. The accelerometer can measure the inclination value stationary. The tilt sensor and this sensor are used with the microcontroller board. The microcontroller board (Arduino) receives the tilt change data of the balancing robot from Accelerometer to take the signal value to analyse and process it, thus sending a signal to the motor to maintain stability and balance. In the equilibrium movement of the robot, the result of testing the value of the output signal from the Accelerometer is compared with the tilt of the balancing robot, where the output signal is directly proportional to the tilt angle of a non-linear balancing robot. In practice, balancing robots test their balance when there is no external force acting on them. The balancing robot is positioned in a balanced balancing position. The tilt sensor detects the tilt when an external force causes the balancing robot to tilt from the equilibrium line. The sensor will send an output signal that Change it to the Arduino board to process and send a signal to the motor to drive the wheel of the balancing robot back to the original equilibrium position.

Keywords: Accelerometer, Gyroscope, Arduino and microcontroller

1. บทนำ

การออกแบบหุ่นยนต์ดุลยภาพ (balancing robot)[1-3] จะเป็นหุ่นยนต์แบบสองล้อซึ่งเมื่อไม่มีการควบคุมตัวหุ่นยนต์จะเกิดการไม่สมดุลหรือไม่มีเสถียรภาพ ลักษณะคล้ายกับการควบคุมอินเวอร์ทเพนดูลัม (invert pendulum)[4] ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้นและไม่มีเสถียรภาพเช่นเดียวกัน โดยในการควบคุมหุ่นยนต์ดุลยภาพจำเป็นต้องเลือกตัวควบคุมที่เหมาะสม เพื่อรักษาเสถียรภาพของหุ่นยนต์ดุลยภาพควบคู่กับการปรับปรุงสมรรถนะของระบบควบคุมหุ่นยนต์ดุลยภาพ

ในการนำเสนอการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ดุลยภาพและการประยุกต์ใช้งาน จะใช้อุปกรณ์ที่เป็นหัวใจหลักในการควบคุมนั้นคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) และเซนเซอร์ที่ใช้ในการทำหน้าที่ในการวัดค่าวัดค่าความเร่ง ของหุ่นยนต์ดุลยภาพคือ MPU-6050 บอร์ดที่ใช้ในการขับตัวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคือ L298 โดยอุปกรณ์ทั้งหมดนี้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป

การออกแบบตัวควบคุมแบบพีดี (PID ย่อจาก Proportional-Integral-Derivative)[5, 6] เป็นตัวควบคุมที่ถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั้งในงานอุตสาหกรรมและมีความเสถียรภาพและเป็นที่ยอมรับ ส่วนในงานการศึกษาก็มีการนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายในบทความนี้จึงใช้

ตัวควบคุมพื้นฐาน (PID) มาใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ดุลยภาพ ซึ่งหุ่นยนต์ดุลยภาพนั้นมีความไม่เป็นเชิงเส้นและไม่มีเสถียรภาพดังที่กล่าวมาแล้ว

2. การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ดุลยภาพ

ลักษณะในการออกแบบของโครงสร้างนั้น จะพยายามว่างอุปกรณ์ต่างๆ บนโครงสร้างของหุ่นยนต์ดุลยภาพให้มีน้ำหนักและความสมดุลทั้งด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา ให้เท่ากันมากที่สุด

2.1 โครงสร้างหุ่นยนต์ดุลยภาพ

การออกแบบหุ่นยนต์ดุลยภาพเพื่อใช้ในการศึกษาและทดลอง เนื่องจากคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นและไม่มีเสถียรภาพ ดังในรูปที่ 1

รูปที่ 1: โครงสร้างหุ่นยนต์ดุลยภาพ

หุ่นยนต์ดุลยภาพประกอบด้วย อินเวอร์ทเพนดูลัม (โครงสร้าง) ล้อสองล้อ[7-9] และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่ รักษาสมดุลหุ่นยนต์ดุลยภาพและขับเคลื่อนหุ่นยนต์ดุลยภาพเพื่อรักษาสมดุล ล้อสองล้อทำหน้าที่ เคลื่อนที่เพื่อรักษาสมดุลหุ่นยนต์ดุลยภาพ[10] อินเวอร์ทเพนดูลัมทำหน้าที่ เปลี่ยนแปลงจุดสมดุลของหุ่นยนต์ดุลยภาพ

2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

บอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ แล้วทำการประมวลผลเสร็จแล้วจึงส่งสัญญาณไปยังบอร์ดขับมอเตอร์ เพื่อรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ดุลยภาพ[11] โดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้เป็นบอร์ด Arduino UNO R3 ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2: บอร์ด Arduino UNO R3

2.3 เซนเซอร์วัดค่าวัดค่าความเร่ง

เป็นเซนเซอร์วัดค่าความเร่ง วัดได้ 3 แกน x, y, z เมื่อเซนเซอร์มีการหมุนจะเป็นการวัดค่าของอัตราเร่งเชิงมุม (วัดได้โดย accelerometer) และ อัตราเร็วเชิงมุม (วัดได้โดย gyroscope) โดยจะมีการเปลี่ยแปลงของสัญญาณเมื่อเซนเซอร์หมุนไปในแต่ละแกน x, y, z ที่ได้กล่าวมาในข้างต้น และมีการเชื่อมต่อเป็นแบบ I2C ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น และใช้แรงดันไฟ 3.3 โวลต์ ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3: เซนเซอร์ MPU6050

2.4 บอร์ดขับมอเตอร์

L298N เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 Channel โดยวงจรของ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย สัญญาณ (PWM Pulse Width Modulation) ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4: บอร์ดขับมอเตอร์ L298

2.5 มอเตอร์และล้อของหุ่นยนต์ดุลยภาพ

ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ดุลยภาพโดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสองตัว[12] และชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีชุดเกียร์ประกอบอยู่ภายในส่วนล้อนั้นสามารถประกอบเข้ากับชุดเพลาเกียร์ได้ทันที ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5: มอเตอร์และล้อของหุ่นยนต์ดุลยภาพ

3. ผลการทดสอบและการอภิปราย

การออกแบบตัวควบคุมให้สามารถรักษาเสถียรภาพของหุ่นยนต์ดุลยภาพได้นั้น จะต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวน D_i (disturbance)[11, 13] ของระบบควบคุม โดยในบทนี้ได้นำเสนอตัวควบคุมพื้นฐานคือตัวควบคุมแบบพีไอดี โดยตัวควบคุมที่แบบจะทำหน้าที่รักษาสมดุลของหุ่นยนต์ดุลยภาพให้มีเสถียรภาพ[8]

3.1 การออกแบบตัวควบคุมแบบPID

ระบบควบคุมเพื่อรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ดุลยภาพให้มีเสถียรภาพโดยมีโครงสร้างของระบบควบคุมแบบ PID ในรูปที่ 6

รูปที่ 6: โครงสร้างระบบควบคุมแบบPID

สมการ PID Control

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)\,d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

ตัวอย่างการโปรแกรม

```
error = setpoint - actual_position;
integral = integral + (error*dt);
derivative = (error - previous_error)/dt;
output = (Kp*error) + (Ki*integral) + (Kd*derivative);
previous_error = error;
```

รูปที่ 7: การทำงานของโปรแกรมการ ควบคุมการทรงตัวของรถสองล้อ

ในการรักษาเสถียรภาพของหุ่นยนต์ดุลยภาพ โดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีเป็นตัวป้อนกลับสัญญาณสถานะให้กับระบบ เพื่อรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ดุลยภาพด้วยวิธีการวางโพล

3.2 การต่อวงจรของหุ่นยนต์ดุลยภาพ

การทดสอบสัญญาณเอาท์พุตของ Accelerometer จะถูกวัดสัญญาณเอาท์พุตในลักษณะการส่งข้อมูลเป็นแบบ I2C ซึ่งข้อมูลหรือสัญญาณจะส่งออกมาจากเซนเซอร์ MPU6050 (อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก) โดยบอร์ด Arduino จะทำการรับข้อมูลในโหมดดิจิตอลเพื่อง่ายต่อการนำไปประมวลผลและส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ (L298) ให้เพื่อไปขับล้อของหุ่นยนต์ดุลยภาพให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งสมดุลดังเดิม รูปแบบการต่อวงจรและการนำไปใช้งาน ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8: วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ดุลยภาพ

3.3 การทดสอบตัวควบคุมแบบ PID control

ในการวัดและทดสอบสัญญาณเอาท์พุตของตัวตรวจจับความเอียง Accelerometer และได้ทำการทดสอบทางปฏิบัติด้านความสามารถการรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ดุลยภาพ ที่ควบคุมการทรงตัวและรักษาเสถียรภาพ ในกรณีแรกเป็นกรณีที่ไม่มีแรงกระทำจากภายนอกและอีกกรณีหนึ่งคือเมื่อมีแรงกระทำจากภายนอก โดยสนามทดสอบเป็นพื้นราบ โดยแสดงในรูปที่ 9 เมื่อทำการเปิดระบบจะสังเกตเห็นได้ว่าเป็นหุ่นยนต์ดุลยภาพสามารถรักษาสมดุลได้ และ รูปที่ 10 เป็นใช้แรงกระแทกเป็นรูปแบบสัญญาณอิมพัลส์หนึ่งหน่วยสังเกตได้ว่าการทดสอบความสามารถในการรักษาสมดุลจะเข้าสู่สมดุลในเวลา 1-2 วินาที

รูปที่ 9 : ผลหุ่นยนต์ดุลยภาพที่จุดสมดุล

รูปที่ 10 : ผลหุ่นยนต์ดุลยภาพคณะมีสัญญาณรับกวน

ต่อมาการทดสอบความสามารถในการรักษาสมดุล ในการทดสอบการรักษาสมดุลและการทรงตัวของหุ่นยนต์ดุลยภาพ ที่ควบคุมการทรงตัวด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเมื่อหุ่นยนต์ดุลยภาพขึ้นทางลาดชันยังคงสามารถรักษาเสถียรภาพได้ โดยทางลาดทำมุมกับแนวระดับอยู่ 14 องศา และเมื่อหุ่นยนต์ดุลยภาพวิ่งผ่านทางขรุขระ โดยลักษณะของทางขุรขระจะ ทำสิ่งขีดขวางทรงกระบอกของที่สูงจากพื้น 3 มิลลิเมตร และ วางสลับไปมาเป็นการก่อกวนการเคลื่อนที่ ซึ่งหุ่นยนต์ดุลยภาพยังคงสามารถรักษาเสถียรภาพได้ โดยเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำทำให้รถสองล้อเกิดมุมเอียงขึ้นจะทำให้เซนเซอร์ส่งข้อมูลไปยังระบบควบคุมและสั่งการให้มอเตอร์ขับเคลื่อนเพื่อให้หุ่นยนต์ดุลยภาพ สามารถทรงตัวในสภาวะสมดุลในทุกๆ ครั้ง แสดงดังรูปที่11 และ 12 ตามลำดับ

รูปที่ 10: ผลหุ่นยนต์ดุลยภาพวิ่งบนทางลาดเอียง

รูปที่ 12: ผลหุ่นยนต์ดุลยภาพวิ่งบนทางขรุขระ

4. สรุป

การควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์ดุลยภาพ โดยใช้หลักการของ Inverted Pendulum ในการรักษาสมดุลและเสถียรภาพของหุ่นยนต์ดุลยภาพนั้น จะต้องทำงานร่วมกับเซนเซอร์ Gyroscope และ Accelerometer และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานและประมวลผล ในการทดสอบสัญญาณเอาท์พุตของ Accelerometer จะแปรผันตรงแบบไม่เป็นเชิงเส้นกับมุมเอียงของรถสองล้อที่เพิ่มขึ้น โดยผลในการทดสอบการรักษาสมดุลและการทรงตัวของหุ่นยนต์ดุลยภาพ การทดสอบแบบที่ 1 เป็นแบบไม่มีแรงภายนอกมากระทำหุ่นยนต์ดุลยภาพ จะตั้งตรงโดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ การทดสอบแบบที่ 2 เป็นแบบมีแรงภายนอกมากระทำจนทำให้รถเอียงจากแนวสมดุลจนทำให้เซนเซอร์ส่งข้อมูลไปยังบอร์ดควบคุมไปสั่งการให้มอเตอร์ทำการหมุนเพื่อให้รถกลับเข้าสู่ตำแหน่งการทรงตัวที่สมดุลอีกครั้ง โดยในการทดลองแบบที่ 3 เป็นแบบสั่งให้หุ่นยนต์ดุลยภาพขึ้นทางลาดชัน ลักษณะเหมือนกับการป้อนสัญญาณ Ramp ให้กับหุ่นยนต์ดุลยภาพ โดยเมื่อหุ่นยนต์ดุลยภาพขึ้นทางลาดชันยังคงสามารถรักษาเสถียรภาพให้ตัวของหุ่นยนต์ดุลยภาพสามารถรักษาสมดุลอยู่ได้ ในการการทดลองแบบที่ 4 เป็นแบบการควบคุมการทรงตัวในทางขรุขระ ลักษณะเหมือนกับการป้อนสัญญาณ Pulse ให้กับหุ่นยนต์ดุลยภาพ โดยเมื่อหุ่นยนต์ดุลยภาพวิ่งผ่านทางขรุขระยังคงสามารถรักษาเสถียรภาพให้ตัวของหุ่นยนต์ดุลยภาพสามารถรักษาสมดุลอยู่ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Y.-S. Ha and S. Yuta, "Trajectory tracking control for navigation of the inverse pendulum type self-contained mobile robot," Journal Robotics and Autonomous System,, vol. 17, pp. 65-80, 1996.

[2] Albert-Jan Baerveldt and K. Robert, "A low-cost and low-weight attitude estimation system for an autonomous helicopter," IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, pp. 391-395, 1997.

[3] Alessio Salemo and J. Angeles, "On the Nonlinear Controllability of a Quasiholonomic Mobile Robot," in 2003 IEEE International

Conference on Robotics and Automation (Cat. No.03CH37422), Tlipei, Taiwan, 2003, p. 3379-3384.

[4] Felix Grasser, Aldo D'Arrigo, Silvio Colombi, and A. C. Rufer, "JOE: A Mobile, Inverted Pendulum," IEEE Transactions on Industrial Electronics vol. 49, pp. 107 - 114, 2002.

[5] Liang Sun and J. Gan, "Researching Of Two-Wheeled Self-Balancing Robot Base On LQR Combined With PID," in 2010 2nd International Workshop on Intelligent Systems and Applications, Wuhan, China, 2010, p.

[6] A. N. K. Nasir, M. A. Ahmad, and R. M. T. R. Ismail, "The Control of a Highly Nonlinear Two-wheels Balancing Robot: A Comparative Assessment between LQR and PID-PID Control Schemes," World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, vol. 4, pp. 942-947, 2010.

[7] Kaustubh Pathak, JaumeFranch, and S. K. Agrawal, "Velocity and Position Control of a Wheeled Inverted Pendulum by Partial Feedback Linearization," IEEE Transactions on Robotics, vol. 21, pp. 505 - 513, 2005.

[8] Bernhard Mahler and J. Haase, "Mathematical Model and Control Strategy of a Two-wheeled Self-balancing Robot," in IECON2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Vienna, Austria, 2014, p. 4189-4203.

[9] Amir A. Bature, Salinda Buyamin, Mohamed. N. Ahmad, and M. Muhammad, "A Comparison of Controllers for Balancing Two Wheeled Inverted Pendulum Robot," International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering, vol. 14, pp. 62-68, 2014.

[10] Frank Jepsen, Anders Soborg, Anders R. Pedersen, and Z. Yang, "Development and Control of an Inverted Pendulum Driven by a Reaction Wheel," in the 2009 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Changchun, China, 2009, p.

[11] C. Gonzalez, I. Alvarado, and D. M. L. Peña, "Low cost two-wheels self-balancing robot for control education," Journal of international Federation of Automatic Control, vol. 50, pp. 9174–9179, 2017.

[12] A. Blankespoor and R. Roemer, "Experimental verification of the dynamic model for a quarter size self-balancing wheelchair," in Proceedings of the 2004 American Control Conference, Boston, MA, USA, 2004, p. 488-492.

[13] Qin Yong, Liu Yanlong, Zang Xizhe, and L. Ji, "Balance Control of Two-Wheeled Self-Balancing Mobile Robot Based on TS Fuzzy Model " in The 6th International Forum on Strategic Technology, Beijing, China, 2011

ครรชิต ภาวนานนท์ อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์
อัจฉริยะมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครการศึกษา
วศ.ม. วิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กฤชนันท์ เจริญสุข อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การนำเสนอข้อมูลมหาวิทยาลัยไทยด้วยแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ

Visualization Data of Thai University through Interactive Dashboard

สุทธิดา แซ่เอ้ง[1] พิชญา สุขสุด[2] วราภรณ์ มาพิลอม[3] และ วีรวรรณ จันทนะทรัพย์[4*]

[1234]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

suttida-sa@rmutp.ac.th[1], pichaya-suk@rmutp.ac.th[2], waraporn-ma@rmutp.ac.th[3] and veerawan.j@rmutp.ac.th[4]

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพกำลังได้รับความสนใจและมีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน การนำเสนอข้อมูลด้วยภาพคือแนวคิดที่นำข้อมูลมาอธิบายในรูปแบบให้สามารถมองเห็นด้วยภาพเพื่อช่วยให้ผู้คนเข้าใจความหมายของข้อมูลในบริบทของภาพ ทั้งในส่วนของรูปแบบข้อมูล แนวโน้ม และความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มองเห็นได้ยากในข้อมูลรูปแบบข้อความ ซึ่งข้อมูลรูปแบบข้อความเหล่านั้นสามารถนำมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบของภาพได้โดยง่ายด้วยซอฟต์แวร์ด้านการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอข้อมูลมหาวิทยาลัยไทยในรูปแบบแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ และดำเนินการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาประกอบด้วย ซอฟต์แวร์ Data Studio เครื่องมือแบบสอบถาม และใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ผลการทดสอบพบว่าผู้ใช้งานจำนวน 15 ราย ซึ่งเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในระดับมากที่สุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้สนับสนุนองค์ความรู้ด้านการพัฒนาการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : การนำข้อมูลด้วยภาพ; แดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ

Abstract

Data visualization technology is going to grow in importance in the short term. This technology is a concept that describes any effort to help people understand the significance of data by placing it in a visual context. Patterns, trends, and correlations that may go unnoticed in text-based data can be more easily exposed and recognized with data visualization software. The purpose of this research is to develop the interactive dashboard of Thai university data and finding out the users' satisfaction with the dashboard. The tools used in the research were Data Studio software, questionnaires, mean and standard deviation for statistics. The results of the overall satisfaction evaluated by participants of 15 users, who were student of grade 12 is at a highest level. Therefore, the results of this research can be used to expand the knowledge of base of advance data visualization development in the future.

Keywords: Data Visualization; Interactive Dashboard

1. บทนำ

การศึกษาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่บอกถึงคุณภาพของการพัฒนาบุคคลให้มีความรู้ ทักษะในการประกอบอาชีพ รวมทั้งการสร้างคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินชีวิตอีกด้วย โดยคุณภาพเหล่านั้นถูกบรรจุในหลักสูตรการเรียนการสอนให้กับนักเรียนตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงระดับอุดมศึกษา ปัจจุบันประเทศไทยมีสถาบันอุดมศึกษาอยู่เป็นจำนวนมากทั้งมหาวิทยาลัยรัฐบาล และมหาวิทยาลัยเอกชน โดยเปิดการเรียนการสอนหลากหลายอาชีพในคณะ และสาขาวิชาต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเดียวกันคือผลิตบุคลากรที่มีความรู้ ทักษะอาชีพ มีคุณธรรมและจริยธรรม เพื่อป้อนเข้าสู่ตลาดแรงงาน ซึ่งข้อมูลรายละเอียดคณะ และหลักสูตรสาขาวิชาต่าง ๆ จะถูกเผยแพร่ทางเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยและจากเว็บไซต์ของ ทปอ. (สมาคมที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย) ทำให้นักเรียนอาจไม่สะดวกในการค้นหาจากหลายแหล่งข้อมูล ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลแบบเชิงโต้ตอบ (Interactive Dashboard) โดยนำเสนอข้อมูลมหาวิทยาลัยไทย หลักสูตรและสาขาวิชาต่าง ๆ ที่เปิดการเรียนการสอนในปัจจุบันด้วยแผนภูมินำเสนอข้อมูลชนิดต่าง ๆ และผู้ใช้งานสามารถปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลแผนภูมิต่าง ๆ ที่นำเสนอได้ โดยการศึกษาในครั้งนี้มีจุดมุ่งหวังเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมหาวิทยาลัยในประเทศไทย และเพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเลือกเรียนในมหาวิทยาลัย คณะ และสาขาวิชาของเด็กนักเรียนไทย

สำหรับการเรียบเรียงบทความจะเป็นดังนี้ ในหัวข้อที่ 2 อธิบายหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในงานการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ หัวข้อที่ 3 อธิบายถึงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย ในหัวข้อที่ 4 ผลการวิจัย หัวข้อที่ 5 สรุปผลการวิจัย และสุดท้ายกิตติกรรมประกาศ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ

เทคโนโลยีการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization Technology) คือ เทคโนโลยีที่ทำให้ข้อมูลถูกนำเสนอออกมาในรูปแบบของกราฟ (Graph) หรือแผนภูมิ (Chart) เพื่อให้เข้าใจรูปแบบ (Patterns) ทิศทางหรือแนวโน้ม (Trends) และความสัมพันธ์ (Correlations) ของข้อมูลในบริบทแผนภูมิชนิดต่าง ๆ [1] อย่างที่ได้มีการพิสูจน์กันแล้วว่าการรับรู้ภาพของมนุษย์จะทำให้มนุษย์รับรู้ได้รวดเร็ว และจดจำได้เป็นเวลานานกว่าข้อมูลที่เป็นข้อความ และหากภาพแผนภูมิเหล่านั้นมีความเป็นกราฟฟิก อาทิ สี และขนาด ประกอบด้วยก็จะทำให้มนุษย์รับรู้ถึงความแตกต่างที่ลึกซึ้งของข้อมูลมากยิ่งขึ้น [2]

นอกจากนั้นเทคโนโลยีการเสนอข้อมูลด้วยภาพก็ยังเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสำคัญในศตวรรษที่ 21 ที่ข้อมูลและสารสนเทศเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินธุรกิจ หรือกิจกรรมต่าง ๆ โดยข้อมูลหรือสารสนเทศจะช่วยในการตัดสินใจและคาดการณ์สถานการณ์ปัจจุบัน และอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพสามารถดำเนินการได้ 2 วิธีการ วิธีการแรกใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างแผนภูมิต่าง ๆ ภาษายอดนิยมที่ใช้ อาทิ Python, R, Matlab และ Java เป็นต้น ซึ่งผู้พัฒนาต้องมีทักษะด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อีกวิธีการหนึ่งคือใช้ซอฟต์แวร์ด้านการนำเสนอข้อมูล อาทิ Tableau, Power BI, Datawrapper, Plotly และ Data Studio เป็นต้น ซึ่งวิธีการใช้ซอฟต์แวร์เหล่านี้ผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพียงศึกษาวิธีการใช้งานเพื่อสร้างแผนภูมิต่าง ๆ ของซอฟต์แวร์เท่านั้น วิธีการนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะสามารถสร้างรายงานนำเสนอข้อมูลได้อย่างสวยงาม รวดเร็ว โดยรายงานนำเสนอข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาสร้างเป็นแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ (Interactive Dashboard) [3] ซึ่งปัจจุบันมีนักวิจัยได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบของไทย อาทิ งานวิจัยของอาทิตย์ [4] นำเสนองานการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพกับการแสดงข้อมูลการจัดการองค์ความรู้ ผลงานวิจัยของอภิยศ [5] นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างแดชบอร์ดข้อมูลและแสดงสถิติการใช้บริการกึ่งเรียลไทม์ของสำนักห้องสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลงานวิจัยของปัทมา และนิเวศ [6] นำเสนอการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อสนับสนุนการพยากรณ์และการตัดสินใจของผู้บริหารกรณีศึกษากลุ่มโรงพยาบาล เป็นต้น

2.2 หลักการนำเสนอข้อมูลด้วยแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ

การสร้างแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลนิยมใช้ซอฟต์แวร์ด้านการนำเสนอด้วยภาพที่นิยมใช้กันมาก เช่น Tableau, Power BI, และ Data Studio เป็นต้น โดยซอฟต์แวร์เหล่านี้มีทั้งส่วนที่ให้บริการฟรี และส่วนที่มีค่าใช้จ่าย ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูล และคุณสมบัติพิเศษของแผนภูมิที่ต้องการแสดงบนแดชบอร์ด โดยทั่วไปซอฟต์แวร์ตัวอย่างข้างต้นมีหลักการทำงานที่คล้ายกัน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

1) การเชื่อมต่อข้อมูล (Connection) เป็นขั้นตอนของการเชื่อมต่อกับชุดข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบต่าง ๆ

2) การสร้างแผนภูมิข้อมูล (Visualize) เป็นขั้นตอนนำชุดข้อมูลที่ได้เชื่อมต่อมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบภาพแผนภูมิต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือสร้างกราฟของซอฟต์แวร์ ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่ารายงาน (Report) และแดชบอร์ด (Dashboards) ความแตกต่างของรายงานกับแดชบอร์ด คือ รายงาน คือ หน้าแสดงแผนภูมิรายละเอียดของข้อมูลที่นำเสนอมักมีได้มากกว่า 1 หน้า สำหรับแดชบอร์ด คือ หน้ารายงานที่สรุปภาพรวมของข้อมูลที่นำเสนอมีจำนวน 1 หน้า

3) การเผยแพร่และนำเสนอ (Share) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการนำเสนอรายงาน หรือแดชบอร์ดที่สร้างขึ้น ซึ่งสามารถนำเสนอ หรือเผยแพร่ได้ตามวัตถุประสงค์ อาทิ แบ่งปันให้กับทีมพัฒนา เพื่อทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ หรือแบ่งปันให้กับผู้ใช้งานในโลกอินเทอร์เน็ต หรือแม้แต่สามารถฝังรายงานที่สร้างขึ้นลงบนหน้าเว็บเพจใด ๆ ก็สามารถทำได้เช่นกัน

สำหรับโครงสร้างการทำงานภาพรวมการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 โครงสร้างขั้นตอนการสร้างแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ [7]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การเตรียมชุดข้อมูล (Data Preparation)

3.1.1 การเลือกข้อมูล (Data Selection)

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยดำเนินการศึกษาข้อมูลมหาวิทยาลัย คณะ หลักสูตรการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาของประเทศไทยจากศูนย์กลางข้อมูลเปิด (MHESI Open Data) หน่วยงานกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ข้อมูลจัดเก็บในรูปแบบข้อความ .CSV ไฟล์ โดยสามารถเข้าถึงได้จากเว็บลิงก์ https://data.mhesi.go.th/th/dataset/ ชุดข้อมูลที่เลือกในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดชุดข้อมูล

ชื่อข้อมูล	วันปรับปรุง	จำนวนข้อมูล
สถาบันอุดมศึกษาในสังกัด	21 ม.ค. 65	261 แถว
รายชื่อสถาบันอุดมศึกษาจำแนกตามจังหวัด	30 ก.ค.64	74 แถว
รายชื่อสถาบันอุดมศึกษาจำแนกตามภาค	30 ก.ค. 64	7 แถว
รายชื่อสถาบันอุดมศึกษาจำแนกตามกลุ่มสถาบัน	30 ก.ค. 64	9 แถว
จำนวน นศ. เข้าใหม่จำแนกกลุ่มสาขาวิชา	11 พ.ค. 65	4424 แถว
จำนวน นศ. ปัจจุบันจำแนกตามกลุ่มสาขาวิชา	11 พ.ค. 65	5143 แถว
จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาจำแนกตามกลุ่มสาขาวิชา	27 ก.ค. 64	16337 แถว

นอกจากข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูลเปิดของหน่วยงานกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ข้างต้นแล้ว คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมรายละเอียดของมหาวิทยาลัย โครงสร้างหลักสูตรจากเว็บไซต์สถาบันอุดมศึกษาทุกแหล่ง ดำเนินการรวบรวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน 2564 ถึง 31 มกราคม 2565 โดยเน้นการสืบค้นข้อมูลแบบออนไลน์เพื่อช่วยผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านความรู้เกี่ยวกับมหาวิทยาลัย หลักสูตร ยังผลต่อการนำไปใช้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาต่อไป

3.1.2 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing)

ข้อมูลทั้งหมดที่เลือกจะถูกนำมาผ่านกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล เริ่มต้นจากสำรวจเพื่อแจกแจงข้อมูล (Parsing Data) การแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด (Correcting Data) ทั้งในส่วนข้อมูลขาดหาย รูปแบบที่ผิดพลาด แยกข้อมูลออกจากมิติเดียวกัน และแทนค่าข้อมูล จากนั้นกำหนดรูปแบบข้อมูลให้สอดคล้องกัน (Standardizing Data)

3.1.3 การแปลงข้อมูล (Data Transformation)

ชุดข้อมูลที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลจะถูกอัพโหลดขึ้นสู่แหล่งเก็บข้อมูลออนไลน์ โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ Google Drive เก็บชุดข้อมูลทั้งหมด จากนั้นดำเนินการแปลงข้อมูล .CSV เป็นข้อมูล Google Sheet ทั้งนี้ก็เพื่อสะดวกต่อการเชื่อมต่อข้อมูลกับเครื่องมือสร้างแดชบอร์ด คือ Data Studio นอกจากนั้นการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Google Sheet ยังช่วยนักวิจัยสามารถทำงานร่วมกัน และข้อมูลสามารถปรับปรุงได้แบบเรียลไทม์

3.2 การสร้างแดชบอร์ดข้อมูลเชิงโต้ตอบ

การสร้างแดชบอร์ดข้อมูลมหาวิทยาลัยไทยดำเนินการตามขั้นตอนดังรูปที่ 1 ข้างต้น โดยซอฟต์แวร์ด้านการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพที่เลือกใช้คือ Data Studio ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Google เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือขนาดเล็ก ผู้พัฒนาเพียงมีบัญชีผู้ใช้งาน Google ก็สามารถร้องขอการใช้งาน Data Studio ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ในขั้นตอนการสร้างแดชบอร์ดคณะผู้วิจัยดำเนินการออกแบบฉบับร่างการนำเสนอข้อมูลจำนวน 5 หน้าโดยกำหนดให้แต่ละหน้ามีเครื่องมือตัวกรอง (Filter) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกข้อมูลตามเงื่อนไข (Condition) ที่ต้องการ อันเป็นรูปแบบของปฏิสัมพันธ์เชิงโต้ตอบนั่นเอง รายละเอียดขั้นตอนการสร้างแดชบอร์ดข้อมูลมหาวิทยาลัยไทยมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เชื่อมต่อข้อมูล มหาวิทยาลัยไทย ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1 โดยเลือกการเชื่อมต่อกับเครื่องมือ Google Sheet

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแผนภูมิข้อมูลตามแบบที่ได้ดำเนินการออกแบบฉบับร่าง

ขั้นตอนที่ 3 เผยแพร่แดชบอร์ดข้อมูลมหาวิทยาลัยไทย

ตัวอย่างภาพผลลัพธ์แดชบอร์ดข้อมูลมหาวิทยาลัยไทยแสดงดังรูปที่ 2-6 ตามลำดับ

รูปที่ 2 แดชบอร์ดการนำเสนอข้อมูลมหาวิทยาลัยไทย

รูปที่ 3 รายงานการนำเสนอข้อมูลมหาวิทยาลัยไทย

รูปที่ 4 รายงานการนำเสนอข้อมูลศูนย์การเรียน

รูปที่ 5 รายงานการนำเสนอข้อมูลหลักสูตร

รูปที่ 6 รายงานการวิเคราะห์ข้อมูล

4. ผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานกับผู้ใช้งานเป้าหมาย โดยงานวิจัยนี้ดำเนินการทดสอบกับผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 ราย ซึ่งเป็นนักเรียนแผนการเรียนสายศิลป์โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบใช้งานแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลภายใต้โจทย์ "ค้นหามหาวิทยาลัยที่ใช่แล้วไปให้ถึงฝัน" โดยให้ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลมหาวิทยาลัย คณะ และหลักสูตรการเรียนการสอนที่ตนเองสนใจศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี โดยการใช้ตัวกรอง (Filter) คือ (1) ตัวกรองข้อมูลมหาวิทยาลัย (2) ตัวกรองข้อมูลคณะ (3) ตัวกรองพื้นที่ศูนย์การเรียน และ (4) ตัวกรองข้อมูลหลักสูตรฯ จากนั้นให้ผู้ทดสอบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อแดชบอร์ดข้อมูลมหาวิทยาลัยที่ได้ใช้งานด้วยเครื่องมือแบบสอบถาม กำหนดประเด็นข้อคำถาม 2 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพการทำงานที่สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาข้างต้น และด้านการใช้งานและความสวยงามที่เน้นการใช้งานง่าย จากนั้นรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการใช้งานในระดับมากที่สุดค่าเฉลี่ย 4.55 โดยเห็นว่าแดชบอร์ดที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตอบโจทย์ปัญหาค้นหามหาวิทยาลัยที่ใช่แล้วไปให้ถึงฝัน และมีความสวยงามรูปแบบการใช้งานง่ายในระดับที่มากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.60 และ 4.50 ตามลำดับ

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบเพื่อนำเสนอข้อมูลการศึกษาในระดับอุดมศึกษาของไทย ประกอบด้วย ข้อมูลมหาวิทยาลัย ข้อมูลคณะ และข้อมูลหลักสูตรสาขาวิชาที่เปิดการเรียนการสอนในปัจจุบัน โดยใช้ข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูลเปิด (MHESI Open Data) หน่วยงานกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ข้อมูลจัดเก็บในรูปแบบข้อความ .CSV ไฟล์ ดำเนินการจัดเตรียมข้อมูลตามศาสตร์ด้านวิทยาการศาสตร์ข้อมูล (Data Science) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้เชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ด้านการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ Data Studio ดำเนินการสร้างแผนภูมินำเสนอข้อมูลต่าง ๆ และทดสอบกับผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่า แดชบอร์ดข้อมูลมหาวิทยาลัยที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานทราบถึงข้อมูลมหาวิทยาลัย คณะ และหลักสูตรได้มากยิ่งขึ้น การค้นหาข้อมูลด้วยเงื่อนไข และการแสดงผลเชิงโต้ตอบกับผู้ใช้งานทำให้ผู้ใช้งานทราบข้อมูลได้รวดเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแดชบอร์ดเป็นข้อมูลแบบคงที่ ซึ่งหากข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังหน้าแดชบอร์ดจะไม่ถูกปรับตามข้อมูลจริงในปัจจุบัน ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ด้วยเทคนิค Web Scraping เพื่อให้สามารถดึงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบอัตโนมัติซึ่งเทคนิคดังกล่าวควรนำมาใช้ในการดำเนินงานวิจัยต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนคร ครั้งที่ 6 นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Friendly, H. Wainer, A History of Data Visualization and Graphic Communication. Harvard University Press, Cambridge, 2021.

[2] J. Steele and N. Iliinsky, Beautiful Visualization: Looking at Data through the Eye of Experts. O'Reilly Media, New York, 2010.

[3] W. Eckerson, Performance Dashboards-Measuring, Monitoring, and Managing Your Business, Wiley, New Jersey, 2010.

[4] อาทิตย์ สิทธิบรรเจิด. (2552). การนำ Visualization ไปประยุกต์ใช้กับการแสดงข้อมูลบนระบบ Knowledge Management. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

[5] อภิยศ เหรียญวิพัฒน์. (2563). การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้าง Dashboard แสดงสถิติการใช้บริการกึ่งเรียลไทม์ของสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. การประชุมวิชาการระดับชาติ PULNET ครั้งที่ 10, 8-9 มกราคม 2563. สงขลา : สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[6] ปัทมา เที่ยงสมบุญ และ นิเวศ จิระวิชิตชัย, "การพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อสนับสนุนการพยากรณ์และการตัดสินใจของผู้บริหาร กรณีศึกษากลุ่มโรงพยาบาล", Veridian E-Journal Science and Technology, Silpakorn University, ปี 5, ฉบับที่ 4, หน้า 16-30, กรกฎาคม-สิงหาคม 2561.

[7] Google Analytics Academy. [online]. "Introduction to Data Studio". Retrieved 26 April, 2022. Available from https://analytics.google.com/analytics/academy/course/10

สุทธิดา แซ่เฮ้ง
นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พิชญา สุขสุด
นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วราภรณ์ มาพิลอม
นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วีรวรรณ จันทนะทรัพย์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

และโทรคมนาคม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น

Automatic Air Purifier with Dust Sensor

กมลทิพย์ วัฒกีกำธร[1] ธนะกิจ วัฒกีกำธร[1] สิรวิชญ์ ไชยสิงห์ทอง[2] และภาสกร วรรณชะนะ[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร thanakit.w@rmutp.ac.th

[2]สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น โดยเครื่องฟอกอากาศนี้สามารถกรองฝุ่นขนาดเล็ก PM 2.5 โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับความหนาแน่นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 รุ่น PMS3003 ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ เพื่อสั่งให้พัดลมดูดอากาศที่ติดตั้งร่วมกับชุดใส้กรองอากาศ PM2.5 สำเร็จรูป ให้เปิดหรือปิดการทำงานของพัดลมดูดอากาศได้อย่างอัตโนมัติ อีกทั้งตัวเครื่องฟอกอากาศนี้ ยังสามารถแสดงค่าความหนาแน่นปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก PM1.0 PM2.5 และ PM10.0 ผ่านหน้าจอ LCD บนตัวเครื่องได้ และยังสามารถแสดงค่าความหนาแน่นปริมาณฝุ่นขนาดเล็กทั้ง 3 ค่า ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ไปยังเครื่องโทรศัพท์สมาร์โฟนที่ได้ลงโปรแกรมแอปพลิเคชัน Blynk นี้ได้อีกด้วย

คำสำคัญ : PM 2.5, ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino, Blynk แอปพลิเคชัน

Abstract

This article presents an automatic air purifier with a dust sensor. This air purifier can filter a small dust PM 2.5 by using a small dust density sensor model PMS3003 with an Arduino microcontroller to command the vacuum fan automatically. In addition, this air purifier can also display the density value, small dust volume, PM1.0, PM2.5 and PM10.0 on the LCD display its on the machine. an automatic air purifier can also display the 3 small dust density values through the Blynk application on smartphone as well.

.

Keywords: PM2.5 , Arduino microcontroller , Blynk Application

1. บทนำ

ในปัจจุบันอากาศที่เราหายใจเข้าไปไม่ใช่อากาศที่บริสุทธิ์ เพราะมีฝุ่นละอองขนาดเล็กอย่าง PM2.5 รวมถึงเชื้อโรค และสารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่มองไม่เห็นอีกมากมาย ซึ่งโดยปกติแล้วจมูกของเราจะมีขนจมูกที่ช่วยกรองฝุ่นละอองต่าง ๆ ก่อนเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ทำให้ร่างกายไม่ได้รับผลกระทบมากนัก แต่ปัจจุบันในประเทศไทยได้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศที่รุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง PM2.5 ซึ่งภายในโพรงจมูกของคนเรา ไม่สามารถกรองฝุ่นนี้ไม่ให้เข้าสู่ร่างกายได้ ทำให้ต้องหาวิธีหลีกเลี่ยงและป้องกัน เพราะอาจส่งเป็นอันตรายและผลเสียต่อสุขภาพร่างกายอย่างมากในภายหลัง จึงคิดที่จะหาวิธีการที่จะลดฝุ่นละอองขนาดเล็กอย่าง PM2.5 หรือ วิธีที่จะทำให้อากาศสะอาดด้วยงบประมาณที่ประหยัด จึงสร้างเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นขึ้นมา โดยจะทำความสะอาดและฟอกอากาศให้อยู่ในค่าที่ปลอดภัยไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ อีกทั้งยังสามารถนำค่าที่วัดค่าปริมาณฝุ่นละออง PM10, PM2.5 และ PM1 ส่งผ่านแสดงผลผ่านเครื่องโทรศัพท์มือถือ [1] ผ่านระบบเครือข่าย [2] หรือผ่านทางแอพพลิเคชัน Blynk [3] ซึ่งเครื่องฟอกอากาศส่วนใหญ่ที่มีขายทั่วไป ไม่มีการแสดงค่าปริมาณฝุ่นละออง จึงมีแนวคิดในการคิดพัฒนา “เครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น” ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาในการแสดงค่า อ่านค่าและสังเกตความผิดปกติของปริมาณฝุ่นละอองในบริเวณนั้นได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานตามสถานที่ต่างๆ สามารถนำไปใช้กับห้องนั่งเล่นหรือในห้องนอนได้

2. แนวคิดและการออกแบบเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น

หัวใจหลักในการตรวจจับปริมาณของฝุ่นละอองคือเซนเซอร์ใช้สำหรับตรวจจับควันและฝุ่นละอองในอากาศ [4] (Laser Dust Sensor) รุ่น PMS3003 มีลักษณะการทำงานคือภายในตัวเซนเซอร์จะมีโพรงช่องว่างแคบที่สามารถให้อากาศภายนอกที่มีฝุ่นละอองจากภายนอก ผ่านเข้ามาได้ด้วยการอาศัยพัดลมดูดอากาศเข้ามาในโพรงช่องว่างแคบนี้ โดยภายในช่องว่างนี้เอง ภายในช่องว่างแคบนี้จะมีตัวกำเนิดแสงเลเซอร์และตัววัดปริมาณความเข้มแสงเลเซอร์ที่รับเข้ามาได้ การทำงานอาศัยการยิงลำแสงเลเซอร์เข้าไปในโพรงนี้ เมื่อลำแสงเลเซอร์ไปกระทบกับฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีขนาดโตกว่า 2.5 ไมโครเมตรก็จะเกิดการกระเจิงขึ้น ถ้าหากว่ามีปริมาณฝุ่นละอองมากก็จะเกิดการกระเจิงของแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบมาก แต่ถ้าหากมีปริมาณฝุ่นละอองน้อยก็จะเกิดการกระเจิงของแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบน้อย ซึ่งปริมาณการกระเจิงของแสงเลเซอร์จะมีปริมาณสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองที่ผ่านมาในช่องว่างแคบนี้ จากนั้นที่ตัวเซนเซอร์รับแสงเลเซอร์ จะทำการวัดความเข้มของแสงเลเซอร์ที่ได้ โดยปริมาณค่าความเข้มแสงนี้ จะแสดงออกมาในรูปของข้อมูลสัญญาณดิจิทัลขนาด 10 บิตหรือ 1-1023 ค่า มีรอบเวลาในการอ่านค่าแต่ละรอบประมาณ 10 วินาที โดยส่วนใหญ่แล้ว เรามักจะพบเห็นเซนเซอร์นี้ติดตั้งภายในอุปกรณ์เกี่ยวกับเครื่องฟอกอากาศหรือเครื่องวัดคุณภาพอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 Laser Dust Sensor PMS3003

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

หลักการทำงานของเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น ประกอบไปด้วย ส่วนของเซนเซอร์ตรวจจับปริมาณฝุ่นละออง (Dust sensor) หน่วยประมวลผลหลักบอร์ด Node MCU V2 (Node MCU ESP8266) เป็นบอร์ดที่ใช้ ESP8266 เป็น CPU สำหรับประมวลผลโปรแกรมต่างๆ บอร์ดรุ่นนี้ มีความความเหมาะสมเนื่องจากตรงที่ตัวบอร์ดมีขนาดเล็กกว่า และยังสามารถเชื่อมต่อติดต่อสื่อสารผ่านอุปกรณ์ไร้สายในโครงข่าย WiFi กับเร้าเตอร์ เพื่อเชื่อมต่อเข้าสู่โครงข่ายอินเตอร์เน็ตภายนอกได้ บนบอร์ดรุ่นนี้ใช้ ESP8266 [5] มีพื้นที่หน่วยความจำรอมสูงถึง 4MB เพียงพอสำหรับการเขียนโปรแกรมขนาดใหญ่ อีกทั้งภายในยังเป็น ARM ขนาดย่อมๆ ใช้ความถี่สูงถึง 40MHz ทำให้สามารถประมวลผลโค้ดโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว บอร์ด MCU นี้ จะรับค่าข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่อ่านได้จากเซนเซอร์ตรวจจับปริมาณฝุ่นละอองให้ไปแสดงผลที่หน้าจอแสดงผล LCD [6](LCD Display) และส่งสัญญาณไปควบคุมบอร์ดรีเลย์โมดูล (Relay Module) เพื่อนำไปใช้เปิด-ปิดพัดลมดูดอากาศ AC 220V โดยที่ด้านใต้ฐานพัดลมดูดอากาศนี้ จะมีใส้กรองอากาศฝุ่นขนาดเล็ก PM2.5 ประกอบเข้าร่วมด้วย สำหรับตัว ESP8266 ภายในบอร์ด MCU นี้ จะทำการส่งค่าตัวเลขแสดงปริมาณฝุ่นละอองผ่านระบบโครงข่าย WiFi ร่วมกับแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อให้สามารถนำค่าปริมาณฝุ่นละอองที่อ่านได้ แสดงผลผ่านหน้าจอเครื่องสมาร์ทโฟนบนโทรศัพท์มือถือที่ลงโปรแกรมแอปพลิเคชัน Blynk ให้อีกทางหนึ่งด้วย

3 การสร้างและทดสอบ

3.1 การสร้าง

การสร้างเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นโดยควบคุมผ่านแอปพลิเคชั่น ในส่วนหัวใจหลักของเครื่องนี้ คือส่วนอุปกรณ์เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง, บอร์ด MCU ESP8266 ที่ได้อัพโหลดโปรแกรมควบคุมการทำงานแล้วและจอแสดงผล LCD ดังแสดงในรูปที่ 3 สำหรับโครงสร้างของเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น หลังประกอบร่วมเข้ากับพัดลมดูดอากาศ AC 220V และใส้กรองอากาศ PM2.5 ที่ทางด้านใต้ของพัดลม ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้ ถูกยึดเข้ากับท้อ PVC สีเหลือง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเครื่องและให้มีน้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายสะดวก ดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 แสดงเครื่องโทรศัพท์ที่ผ่านการลงโปรแกรมแอปพลิเคชัน Blynk เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 3 บอร์ด MCU ESP8266 และเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง

รูปที่ 4 โครงสร้างของเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติ ด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น

รูปที่ 5 เครื่องโทรศัพท์ที่ผ่านการลงแอปพลิเคชัน Blynk

รูปที่ 6 ผังการทำงานของเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น

3.2 การทดสอบ

การทดสอบการใช้งานอุปกรณ์สำหรับตรวจจับค่าฝุ่น และการทำงานเมื่อมีควันหรือฝุ่นละออง แล้วทำการทดสอบการใช้งานได้จริงของอุปกรณ์แต่ละตัวที่กลุ่มผู้ทดสอบได้นำมาประกอบเป็นเครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับค่าฝุ่น ใน 3 ส่วนดังนี้ เซนเซอร์ตรวจจับค่าฝุ่น ส่งสัญญาณดิจิตอล มายังบอร์ด NodeMCU V.2 บอร์ด NodeMCU V.2 ทำหน้าที่ประมวณผลและตรวจค่าที่รับมาแล้วสินใจ แล้วไปสั่งให้ Relay จ่ายไฟให้กับพัดลมดูดอากาศทำงานเมื่อค่าถึงเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

รูปที่ 7 เริ่มต้นการอ่านค่าปริมาณฝุ่นในห้องทดสอบ 1

รูปที่ 8 เริ่มต้นการอ่านค่าปริมาณฝุ่นในห้องทดสอบ 1 หลังเวลาผ่านไป 50 วินาที

รูปที่ 9 เริ่มต้นการอ่านค่าปริมาณฝุ่นบริเวณนอกห้องทดสอบ 1

รูปที่ 10 ค่าปริมาณฝุ่นบริเวณนอกห้องทดสอบ 1 หลังเวลาผ่านไป 50 วินาที

ตารางที่ 1 ผลการทดลองอ่านค่าปริมาณฝุ่นละอองในพื้นที่ปิดห้องทดสอบ 1

เวลา (วินาที)	แสดงผล LCD			เทียบกับ Blynk			หมายเหตุ
	Pm 1 (ug/m³)	Pm 2.5 (ug/m³)	Pm 10 (ug/m³)	Pm 1 (ug/m³)	Pm 2.5 (ug/m³)	Pm 10 (ug/m³)	
เริ่มต้น	19	21	22	19	21	22	ไม่ต่างกัน
10 วินาที	14	21	23	14	21	23	ไม่ต่างกัน
20 วินาที	14	21	23	14	21	23	ไม่ต่างกัน
30 วินาที	19	21	24	19	21	24	ไม่ต่างกัน
40 วินาที	19	21	24	19	21	24	ไม่ต่างกัน
50 วินาที	19	21	22	19	21	22	ไม่ต่างกัน

ตารางที่ 2 ผลการทดลองอ่านค่าปริมาณฝุ่นละอองในพื้นที่เปิดนอกห้องทดสอบ 1

เวลา (วินาที)	แสดงผล LCD			เทียบกับ Blynk			หมายเหตุ
	Pm 1 (ug/m³)	Pm 2.5 (ug/m³)	Pm 10 (ug/m³)	Pm 1 (ug/m³)	Pm 2.5 (ug/m³)	Pm 10 (ug/m³)	
เริ่มต้น	19	29	35	19	30	36	ไม่ต่างกัน
10 วินาที	28	55	100	29	55	100	ต่างกัน
20 วินาที	20	39	61	20	39	61	ต่างกัน
30 วินาที	20	39	61	20	39	61	ต่างกัน
40 วินาที	19	37	52	20	39	61	ต่างกัน
50 วินาที	18	34	46	19	37	52	ต่างกัน

ผลการทดสอบวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องทดสอบ 1 ซึ่งมีสภาพแวดล้อมลักษณะเป็นห้องปิด ไม่มีอากาศถ่ายเทและผ่านการกรองอากาศแล้ว เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝุ่นละอองน้อยที่สุด ในระยะเวลา 0 ถึง 50 วินาที แสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ ผลการวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองที่อุปกรณ์ตรวจวัดได้ โดยอ่านค่าปริมาณ PM1, PM2.5 และ PM10 ทั้งหน้าจอ LCD และที่เครื่องโทรศัพท์ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลการทดสอบพบว่าพัดลมดูดอากาศในตัวเครื่องจะยังไม่ทำงาน เมื่อปริมาณฝุ่นละออง มีค่าน้อยกว่า $50ug/m^3$

ผลการทดสอบวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองภายนอกห้องทดสอบ 1 ซึ่งมีสภาพแวดล้อมลักษณะเป็นพื้นที่เปิด มีอากาศถ่ายเทตลอดเวลาทำการวัดทดสอบเป็นระยะเวลา 0 ถึง 50 วินาทีเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ตามลำดับ ผลการวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองที่อุปกรณ์ตรวจวัดได้ โดยอ่านค่าปริมาณ PM1, PM2.5 และ PM10 ทั้งหน้าจอ LCD และที่เครื่องโทรศัพท์ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งผลการทดสอบพบว่าพัดลมดูดอากาศในตัวเครื่องจะทำงาน เมื่อปริมาณค่าฝุ่นละออง PM1, PM2.5 หรือ PM10 ค่าใดค่าหนึ่ง มีค่ามากกว่า $50ug/m^3$

สำหรับการทดลองใช้งานเครื่องฟอกอากาศ โดยนำตะกั่วบัดกรีไปจี้กับปลายหัวแร้ง เพื่อให้เกิดไอระเหยจากตะกั่วหลอมเหลว นำมาใช้แทนฝุ่นละอองที่สะสมในอากาศเข้มข้น โดยใช้ระยะเวลาให้ไอระเหยตะกั่วเข้าที่ตัวเซนเซอร์วัด เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นนำหัวแร้งและตะกั่วออกจากตัวเซนเซอร์วัด ขณะเดียวกันทำการอ่านค่าผลการวัดปริมาณฝุ่นละอองในระยะเวลาในการทดสอบตั้งแต่ 0 ถึง 50 วินาทีเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 11 -13 ตามลำดับ ผลการวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองที่อุปกรณ์ตรวจวัดได้ โดยอ่านค่าปริมาณ PM1, PM2.5 และ PM10 ทั้งหน้าจอ LCD และที่เครื่องโทรศัพท์ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งผลการทดสอบพบว่าพัดลมดูดอากาศในตัวเครื่องจะทำงาน เมื่อปริมาณฝุ่นละออง มีค่ามากกว่า $50ug/m^3$

จากตารางที่ 3 ในช่วงเวลาวินาทีที่ 20 พบว่าเซนเซอร์จะแสดงค่าผลการวัดละอองฝุ่น หลังจากที่เซนเซอร์ทำงานผ่านพ้นไปเป็นเวลา 10 วินาที หลังจากนั้น ที่วินาทีที่ 30 จนถึง วินาทีที่ 50 จะพบว่า ค่าปริมาณฝุ่นละอองที่อ่านได้จะมีแนวโน้มที่ลดลง อันเนื่องมาจากระบบกรองอากาศของตัวเครื่อง ได้ดูดอากาศเสียเข้าไป แล้วระบายอากาศดีออกมานั่นเอง

รูปที่ 11 เริ่มต้นการอ่านค่าปริมาณฝุ่นจากควันตะกั่วบัดกรี

รูปที่ 12 ภาพขยายหน้าจอแสดงผล หลังเวลาผ่านไป 30 วินาที

รูปที่ 13 ค่าปริมาณฝุ่นจากควันตะกั่วบัดกรี หลังเวลาผ่านไป 50 วินาที

ตารางที่ 3 ผลการทดลองอ่านค่าปริมาณฝุ่นละอองจากควันตะกั่วบัดกรี

[illegible]	[illegible]			[illegible]			[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

4. บทสรุป

เครื่องฟอกอากาศอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นนี้ สามารถนำไปติดตั้งใช้งานได้สะดวก และพกพาสะดวก จากการทดสอบพบว่า สามารถอ่านค่าปริมาณฝุ่นได้จากทางหน้าจอแสดงผล LCD และหน้าจอโทรศัพท์มือถือผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ได้ อีกทั้งยังสามารถฟอกอากาศได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อพบว่ามีปริมาณฝุ่น PM1, PM2.5 หรือ PM10 ที่วัดได้มีค่าเกินกว่า $\mathbf{50ug/m^3}$ ได้จริง

เอกสารอ้างอิง

[1] นายสุเมธ มะอินทร์, 2557. “Smart Home Electric Power Metering,” โครงงานนักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต.

[2] ปรีชา รักษาพล, 2558. “ระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้า ผ่านระบบเครือข่าย,” สารนิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครือข่าย , มหาวิทยาลัยมหานคร.

[3] ณัฐพงศ์ ประสาททอง, 2560. “ระบบควบคุมโหลดไฟฟ้าและแสดงค่าการใช้พลังงานผ่าน smart phone,” ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยบูรพา.

[4] เซ็นเซอร์ตรวจจับฝุ่นละออง-วัดคุณภาพอากาศ, [Online] https://www.cybertice.com/product/1801/pm2-5-เซ็นเซอร์ตรวจจับฝุ่นละออง-วัดคุณภาพอากาศ-laser-dust-sensor-pms3003-arduino. ค้นเมื่อ 27 มีนาคม, 2565.

[5] Configuring the ESP8266-01 Using an Arduino, [Online] https://www.hackster.io/user16726/configuring-the-esp8266-using-an-arduino. ค้นเมื่อ 27 มีนาคม, 2565.

[6] การใช้งาน LCD กราฟิก, [Online] https://learn.adafruit .com/ adafruit-gfx-graphi cs-library/overview. ค้นเมื่อ 27 มีนาคม, 2565.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การออกแบบและสร้างจักรยานไฟฟ้าเก็บประจุด้วยแผงโซลาร์แบบโค้งงอ

The Design and Construction of Electric Bike Charging with Flexible Solar Panels

พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์* ฉัตรแก้ว จริยตันติเวทย์ คชพงศ์ สุมานนท์ และ อัญชลี มโนสืบ

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพ 10800

email : ponlakit.j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างจักรยานไฟฟ้าที่สามารถเก็บประจุได้จากแผงโซลาร์แบบโค้งงอ ซึ่งเหมาะสำหรับการเดินทางระยะใกล้ มอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบกระแสตรงไร้แปลงถ่านขนาด 350 วัตต์ 36 โวลท์ แผงโซลาร์เซล์แบบโค้งงอขนาด 50 วัตต์ จำนวน 2 แผงต่อแบบอนุกรมผ่านวงจรควบคุมการชาร์จแบบ MPPT เพื่อควบคุมการชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่แบบลิเธียมไอออน 36 โวลท์ 10 แอมป์-ชั่วโมง ผลการทดสอบการเก็บประจุจากแผงโซลาร์เป็นเวลา 6 ชั่วโมง สามารถเก็บประจุได้ 62% ในการคายประจุทดลองที่โหลด 60 72 และ 96 กิโลกรัม พบว่า เมื่อน้ำหนักของผู้ขับขี่มากขึ้น การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะมากขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการใช้งานจะสั้นลง โดยความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง และความเร็วเฉลี่ยที่ 14 กิโลเมตร/ชั่วโมง

คำสำคัญ : จักรยานไฟฟ้า; แผงโซลาร์แบบโค้งงอ; มอเตอร์ดุมล้อ

Abstract

This paper presents the design and construction of an electric bike with flexible solar panels. This bike is suitable for a short distance transportation with a using of electric motor. The brushless DC motor of 350W 36 V, two flexible solar panels of 50W connected in series, and a lithium-ion battery of 36 V 10Ah are applied as the main components for the proposed electric bike. In the experiment, the electric bike was charged and discharged to examine the performance the system. The solar charging was performed and found that by charging time of 6 hours the amount of charge of battery was about 62%. While the discharge, the loads of 60, 72, and 96 kg were the cases. It was found that the more weight the shorter operation time. The average speed was 14 km/h while the maximum speed was 30 km/h.

Keywords: electric bike; flexible solar panel; hub motor

1. บทนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและการเผาไหม้เป็นสาเหตุหลักของมลพิษทางอากาศและเป็นส่วนที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การคมนาคมและขนส่งเป็นหนึ่งในส่วนสำคัญที่มีการใช้เครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงชนิดนี้เป็นจำนวนมาก การพัฒนายานพาหนะพลังงานไฟฟ้าเติบโตขึ้นอย่างก้าวกระโดด และถือว่าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสอดรับกับยุคสมัยปัจจุบัน จักรยานไฟฟ้าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในยานพาหนะที่เหมาะกับการเดินทางในระยะไม่ไกลนัก และยังเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดในสังคมได้อีกทางหนึ่ง

การพัฒนาจักรยานไฟฟ้ามีมาในลักษณะต่าง ๆ เช่นแบบที่สามารถอัดประจุกลับเข้ากลับเมื่อมีการเบรกหรือมีการปั่นด้วยเท้า [1] การทำจักรยานไฟฟ้าแบบ 3 ล้อ โดยใช้มอเตอร์แบบไร้แปลงถ่าน 2 ตัว เพื่อเพิ่มแรงบิด [2] หรือ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับจักรยานสามล้อไฟฟ้า [3] อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างจักรยานไฟฟ้าที่นอกเหนือจากจะชาร์จประจุได้จากไฟฟ้ากระแสสลับตามบ้านเรือนแล้ว ยังสามารถชาร์จประจุโดยอาศัยแผงโซลาร์แบบโค้งงอที่ติดตั้งไว้กับตัวจักรยาน ซึ่งลดการต้านลมตามหลักพลศาสตร์ ทั้งนี้แผงโซลาร์นี้ยังทำหน้าที่เป็นหลังคาให้กับผู้ขี่จักรยานเพื่อกันแดดและละอองฝนได้อีกด้วย

จักรยานไฟฟ้านี้จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปลงถ่านขนาด 350 W เป็นตัวขับเคลื่อน ใช้แบตเตอรี่แบบลิเธียมไอออน 36 โวลท์ 10 แอมป์-ชั่วโมง เก็บประจุไฟฟ้า และใช้แผงโซลาร์แบบโค้งงอได้ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 2 แผง เป็นอุปกรณ์หลัก โดยมีวัตถุประสงค์ให้สามารถขับเคลื่อนโดยใช้ไฟฟ้าได้ระยะทางไม่ต่ำกว่า 10 กิโลเมตร

2. วิธีการและอุปกรณ์

ในการออกแบบจักรยานไฟฟ้าที่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ด้วยทั้งไฟฟ้ากระแสสลับตามบ้านและด้วยแผงโซลาร์นี้มีไดอะแกรมรวมแสดงการทำงานของจักรยานไฟฟ้าที่เก็บประจุโดยแผงโซลาร์แบบโค้งงอในครั้งนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ไดอะแกรมการทำงานและส่วนประกอบของจักรยานไฟฟ้า

2.1 มอเตอร์แบบไร้แปลงถ่าน

มอเตอร์แบบไร้แปลงถ่าน (Brushless DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ไม่มีแปลงถ่านอยู่ภายใน ซึ่งแปลงถ่านนั้นทำหน้าที่เป็นสะพานจ่ายไฟให้กับโรเตอร์ของมอเตอร์ ดังนั้นแล้วจะลดการเสียดสีและการสึกหรอ อีกทั้งยังเสียงเบา ไม่มีประกายไฟ และมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ชนิดมีแปลงถ่าน อย่างไรก็ตามมอเตอร์ชนิดนี้จำเป็นต้องมีวงจรควบคุมการจัดทิศทางกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดของมอเตอร์ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปลงถ่านชนิดดุมล้อ (Hub Motor) 3 ขดลวด ขนาดกำลังงาน 350 วัตต์ 36 โวลท์ ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 มอเตอร์ไร้แปลงถ่านชนิดดุมล้อที่ติดตั้งเข้ากับล้อจักรยาน

ชุดควบคุมมอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบวงจรรวมเบอร์ MC33035 เป็นตัวจัดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีการรับสัญญาณป้อนกลับจากมอเตอร์ผ่าน Hall Sensor Feedback เพื่อรักษาระดับความเร็วของมอเตอร์ด้วย พร้อมกับ MC33039 เป็นภาคขับมอเตอร์ [4]

2.2 แผงโซลาร์แบบโค้งงอและตัวควบคุมการชาร์จ

แผงโซลาร์แบบโค้งงอได้ (Flexible Solar Panel) เป็นแผงโซลาร์ชนิดที่มีลักษณะบางและมีความอ่อนตัวสามารถโค้งงอได้ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แผงโซลาร์ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 2 แผงต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรม โดยแต่ละแผงมีขนาดกว้าง 54 เซนติเมตร ยาว 78 เซนติเมตร โดยมีความหนา 1 มิลลิเมตร (เมื่อไม่รวมความหนาของกรอบ) และเมื่อประกอบกับโครงหลังคาแล้วแสดงได้ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 การติดตั้งแผงโซลาร์แบบโค้งงอจำนวน 2 แผงต่อแบบอนุกรม

แผงโซลาร์จำนวน 2 แผงที่ถูกต่อแบบอนุกรมจะถูกต่อตรงเข้ากับวงจรควบคุมการชาร์จชุดควบคุมการชาร์จประจุแบบ MPPT อาศัยการควบคุมผ่านระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะคอยตรวจสัญญาณไฟฟ้าจากแผงโซลาร์และเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ และควบคุมเลือกแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากแผงที่เหมาะสมที่สุดเพื่อชาร์จเข้าแบตเตอรี่เพื่อให้เกิดการดึงพลังงานเข้ามาชาร์จได้มากที่สุด รูปที่ 4 แสดงการประกอบชุดควบคุมการชาร์จ และแบตเตอรี่ รูปที่ 5 แสดงการจักรยานไฟฟ้าที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว

รูปที่ 4 ชุดควบคุมจักรยานไฟฟ้าที่บรรจุลงกล่องติดไว้บนที่นั่งผู้ซ้อน

รูปที่ 5 จักรยานไฟฟ้าที่เก็บประจุด้วยแผงโซลาร์ที่ประกอบสมบูรณ์

3. การทดสอบ

หลังจากประกอบมอเตอร์ แผงโซลาร์ แบตเตอรี่ ชุดควบคุมมอเตอร์ และ ชุดควบคุมการชาร์จ เข้ากับโครงจักรยานตามไดอะแกรมในรูปที่ 1 แล้วจะได้จักรยานไฟฟ้าดังแสดงรูปที่ 5 ในหัวข้อนี้จะอธิบายการทดสอบการทำงาน คือ 1) การเก็บประจุหรือการชาร์จประจุ และ 2) การคายประจุ หรือ การขับเคลื่อนจักรยานที่โหลดต่าง ๆ ซึ่งในการทดสอบการเก็บประจุ และการคายประจุ จะทำการวัดกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และคำนวณกำลังงานไฟฟ้า โดยใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบแคลมป์ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT203 ซึ่งขั้นตอนการทดสอบได้แสดงไว้ในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

3.1 การเก็บประจุ

การทดสอบการเก็บประจุเข้าแบตเตอรี่จากไฟฟ้ากระแสสลับนั้นเริ่มจากการเสียบปลั๊กจากไฟฟ้าเข้าโมดูลแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 42 โวลท์ (ตามพิกัดแรงดันไฟเต็มของแบตเตอรี่) เพื่อชาร์จประจุ และวัดกระแสและแรงดันที่แบตเตอรี่ ซึ่งแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการชาร์จประจุด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์

เวลาชาร์จประจุ (hr:min)	แรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่	กระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่	กำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่
00:30	33.2V	0.52A	17.26W
01:00	36.5V	0.39A	14.23W
01:30	37.3V	0.27A	10.07W
02:00	38.5V	0.22A	8.47W
02:30	39.2V	0.21A	8.23W
03:00	40.1V	0.17A	6.81W
03:30	41.1V	0.07A	2.87W
04:00	41.3V	0.03A	1.23W
04:30	41.5V	0.02A	0.83W
5:00	41.6V	0.01A	0.41W

ตารางที่ 2 ผลการชาร์จประจุด้วยแผงโซลาร์ตั้งแต่เวลา 9:00 – 15:00 น.

เวลาชาร์จประจุ (hr:min)	โซลาร์เซลล์		แบตเตอรี่		
	แรงดัน	กระแส	แรงดัน	กระแส	กำลังงาน
00:30	35.68V	1.08A	35.11V	1.06A	37.21W
01:00	36.18V	0.87A	35.75V	0.86A	30.74W
01:30	36.76V	0.73A	36.21V	0.72A	26.07W
02:00	37.02V	0.66A	36.57V	0.65A	23.77W
02:30	37.23V	0.35A	36.85V	0.35A	12.89W
03:00	37.46V	0.43A	37V	0.42A	15.54W
03:30	37.46V	0.27A	37.09V	0.27A	10.01W
04:00	37.58V	0.69A	37.09V	0.68A	25.22W
04:30	37.70V	0.77A	37.24V	0.76A	28.30W
05:00	37.83V	0.69A	37.31V	0.68A	25.37W
05.30	37.87V	0.29A	37.31V	0.29A	10.81W
06.00	38.03V	0.50A	37.53V	0.49A	18.38W

ในการทดสอบการเก็บประจุจากแผงโซลาร์แบบโค้งงอนั้นเริ่มจากนำรถจักรยานไฟฟ้าไปจอดกลางแจ้งเพื่อรับแสงแดด โดยทำการวัดค่ากระแสและแรงดันทุก ๆ 30 นาที ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

จากการทดลองการเก็บประจุ เมื่อใช้เวลาชาร์จประจุเพิ่มขึ้นแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้น ส่วนกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจะลดลง ดังตารางที่ 1 - 2 การชาร์จไฟฟ้าด้วยไฟภายในอาคาร แบตเตอรี่จะเริ่มชาร์จเต็มเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 ชั่วโมง ส่วนการชาร์จด้วยแผงโซลาร์นั้น ได้ทำการทดลองชาร์จเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยขณะที่รถจักรยานเก็บประจุด้วยแผงโซลาร์แบบโค้งงอจอดอยู่กับที่ ปรากฏว่าแบตเตอรี่ยังชาร์จไม่เต็ม เมื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณ จะพบว่าการเก็บประจุด้วยแผงโซลาร์ จะเก็บประจุได้เพียง 62% ของความจุแบตเตอรี่

3.2 การคายประจุ

สำหรับการทดสอบการคายประจุหรือการขับมอเตอร์ของจักรยานไฟฟ้านั้น แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีไม่มีโหลด โดยทำการเปิดจักรยานไฟฟ้าและยกขึ้นบนขาตั้ง (ไม่มีคนนั่ง) และบิดคันเร่งจนสุด และทำการวัดกระแสและแรงดัน ดังแสดงผลการวัดไว้ในตารางที่ 3 ส่วนกรณีที่มีโหลดนั้นประกอบด้วย 60 72 และ 96 กิโลกรัม ซึ่งผลการวัดแสดงไว้ในตารางที่ 4 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการคายประจุกรณีไม่มีโหลด (ผู้ขับขี่)

เวลา (hr:min)	แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	กำลังไฟฟ้าขณะคายประจุ
00:30	40.8V	6.4A	261.12W
01:00	40.6V	6.3A	255.78W
01:30	40.1V	6.2A	250.48W
02:00	39.6V	6.0A	240.6W
02:30	39.1V	5.9A	233.6W
03:00	38.5V	5.8A	226.78W
03:30	38.1V	5.7A	219.45W
04:00	37.4V	5.5A	209.55W
04:30	36.9V	5.4A	201.96W
05:00	36.4V	5.2A	191.88W
05:30	36.0V	5.0A	182.00W
06:00	35.7V	4.8A	172.8W

ตารางที่ 4 ผลการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่กรณีมีโหลด 60 กิโลกรัม ที่ระยะทาง 32.4 กิโลเมตร

เวลา (hr:min)	แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	กำลังไฟฟ้าขณะคายประจุ
00:15	41.2V	6.4A	263.68W
00:30	40.6V	6A	243.6W
00:45	39.8V	5.8A	230.84W
01:00	38.9V	5.6A	217.8W
01:15	37.4V	5.3A	192.22W
01:30	36.8V	5A	191.36W
01:45	35.2V	4.8A	168.96W
02:00	33.7V	4.6A	168.5W
02:15	31.2V	4.6A	143.52W

ตารางที่ 5 ผลการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่กรณีมีโหลด 72 กิโลกรัม ที่ระยะทาง 28.8 กิโลเมตร

เวลา (hr:min)	แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	กำลังไฟฟ้าขณะคายประจุ
00:15	41.1V	6.2A	254.82W
00:30	40.4V	5.9A	238.36W
00:45	39.2V	5.6A	219.52W
01:00	38.3V	5.4A	207.9W
01:15	36.9V	5.2A	191.88W
01:30	35.8V	4.9A	175.42W
01:45	33.4V	4.7A	158.39W
02:00	31.7V	4.6A	145.82W

ตารางที่ 6 ผลการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่กรณีมีโหลด 96 กิโลกรัม ที่ระยะทาง 25.2 กิโลเมตร

เวลา (hr:min)	แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	กำลังไฟฟ้าขณะคายประจุ
00:15	40.9V	6A	245.4W
00:30	40V	5.7A	228W
00:45	38.9V	5.5A	213.95W
01:00	37.2V	5.2A	193.4W
01:15	35.4V	4.9A	173.46W
01:30	33.9V	4.7A	159.3W
01:45	31.5V	4.6A	144.9W

การทดลองการคายประจุ พบว่าเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการใช้งานจะลดลง กรณีไม่มีโหลด รถจักรยานไฟฟ้าใช้ได้มากกว่า 6 ชั่วโมง ในกรณีโหลด 60 กิโลกรัม ใช้งานได้ 2 ชั่วโมง 15 นาที ในกรณีโหลด 72 กิโลกรัม จะใช้ 2 ชั่วโมง และกรณีโหลด 96 กิโลกรัม จะใช้ได้ 1 ชั่วโมง 45 นาที ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 3-6 การคายประจุตามระยะทาง แสดงว่าสามารถใช้งานได้เกิน 10 กิโลเมตร โดยความเร็วรถเฉลี่ยอยู่ที่ 14 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รูปที่ 6-7 เปรียบเทียบการเก็บและการคายประจุ

รูปที่ 6 กำลังงานไฟฟ้าจากการเก็บประจุจากไฟฟ้า

รูปที่ 7 กำลังงานไฟฟ้าการคายประจุที่โหลด 60 72 และ 96 กิโลกรัม

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างรถจักรยานไฟฟ้าเก็บประจุจากแผงโซลาร์แบบโค้งงอและเก็บประจุจากไฟฟ้าบ้านได้ การเร่งหรือลดความเร็วทำได้โดยการบิดและผ่อนคันเร่ง การทดสอบพบว่าความเร็วสูงสุด 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในการคายประจุของแบตเตอรี่นั้นพบว่า เมื่อน้ำหนักของผู้ขับขี่มีมากขึ้นการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะมากขึ้นทำให้ระยะเวลาในการใช้งานจะสั้นลง ในการทดลองการเก็บประจุไฟฟ้าการเก็บประจุจากไฟฟ้าบ้านใช้เวลาในการเก็บประจุประมาณ 5 ชั่วโมงจึงเต็ม ในการทดลองการเก็บประจุด้วยแผงโซลาร์ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะมีการประจุพลังงานเพียง 62% ของความจุแบตเตอรี่ แสดงให้เห็นว่าแผงโซลาร์แบบโค้งงอเหมาะสำหรับเป็นแหล่งพลังงานเสริมสำหรับระบบนี้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และนายจาตุรนต์ เสือพิมพา และนายธนานพ พรประเสริฐรักษา นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

เอกสารอ้างอิง

[1] ประภาส แก้วพิทักษ์ และ ไตรรัตน์ กฤษณะโลม, “จักรยานไฟฟ้าแบบใช้การอัดประจุแบตเตอรี่เพิ่มจากการเบรกและการปั่นด้วยเท้า”, ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2551

[2] กิตติศักดิ์ หมึกแดง และ อดิศักดิ์ คามพินิจ, “รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2 ตัว” ปริญญานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2553

[3] เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์ และ ยุทธนา กันทะพะเยา, “การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับจักรยาน สามล้อไฟฟ้า” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1, 2559

[4] “AN1046/D: 2-Chip Solution for Brushless Motor Controller Design Using MC33035 Reference Design using part MC33039 by onsemi.”, from https://www.arrow.com/en/reference-designs/an1046d-2-chip-solution-for-brushless-motor-controller-design-using-mc33035/6a27fa64ad0f07a5a78a6b0be469bc8d

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรมโยธา

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ความสามารถในการไหลและกำลังอัดของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเอง ผสมร่วมแคลเซียมคาร์บอเนต ฝุ่นผงแกรนิตและกะลาปาล์ม

Flowability and Compressive strength of Self-Compacting Concrete Incorporating Calcium carbonate, Granite Dust and Palm Kernel Shell

พงศกร พรมสวัสดิ์[1], พิชญ์ธิดา จิตตมาโร[2], สิทธิศักดิ์ แจ่มนาม[3], เฉลิมพล ไชยแก้ว[4], พัชรียา ไชยแก้ว[5], บูชิต มาโห้[6], ธนพัฒน์ น้ำจันทร์[7] ณัชพงศ์พล คงชะสิงห์[8] และกฤษดา เสือเอี่ยม[9*]

[1]สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
282 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240 Email: pongsakon.p@rumail.ru.ac.th
[2]สำนักบัณฑิตศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
171/1 ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพฯ 10220 Email: pichthida_j@rtaf.mi.th
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: sittisak.j@eng.kmutnb.ac.th
[4,5]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล
ถนนเพชรเกษม ตำบลหนองแก อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77110 Email: [4]chalermphol.c@rmutr.ac.th, [5]patchareeya.cha@rmutr.ac.th
[6,7,8,9]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: [6]buchit.m@rmutp.ac.th, [7]tanaphat.n@rmutp.ac.th
[8]nutchapongpol.k@rmutp.ac.th, [9]gritsada.s@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีความตั้งใจที่จะนำแคลเซียมคารบอเนต ฝุ่นผงแกรนิตและกะลาปาล์มมาเป็นทางเลือกสำหรับการนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียดและและมวลรวมหยาบ ตามลำดับ สำหรับการผลิตคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองอย่างยั่งยืน ทำการประเมินความสามารถในการไหลของคอนกรีตสดโดยทำการทดสอบความสามารถในการไหล ระยะเวลาในการไหล การไหลผ่านอุปกรณ์ J-Ring กล่องทรงแอล และกล่องแบนทรงวี รวมถึงการทดสอบกำลังอัดซึ่งเป็นสมบัติของคอนกรีตแข็งตัว ผลการทดสอบพบว่าความสามารถในการไหลของคอนกรีตสดมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่โดยฝุ่นผงแกรนิตและกะลาปาล์มเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ส่วนผสมผสมฝุ่นผงแกรนิตและกะลาปาล์ม ร้อยละ 25 (M1) มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 51.3 MPa ซึ่งสูงกว่าคอนกรีตควบคุม (M0) ร้อยละ 4.2

คำสำคัญ : คอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเอง; ความสามารถในการไหล; กำลังอัด; ฝุ่นผงแกรนิต; กะลาปาล์ม

Abstract

This research intends to use calcium carbonate, granite dust, and palm kernel shell as alternatives for Portland cement, fine aggregate, and coarse aggregate replacement, respectively, for the sustainable production of self-compacting concrete (SCC). The flowability of fresh concrete was evaluated using slump flow, T_{50} flow time, J-ring, L-box, and V-funnel tests, while the hardened property was evaluated in terms of compressive strength tests. The results demonstrate that the flowability of fresh concrete was adversely affected when the incorporation of granite dust and palm kernel shell was increased. However, the mix proportion of 25% of both granite dust and palm kernel shell (M1) has a compressive strength at 28 days of 51.3 MPa, which is higher than the control concrete (M0) of 4.2%.

Keywords: self-compacting concrete; flowability; compressive strength; granite dust; palm kernel shell

1. บทนำ

จากการเติบโตอย่างรวดเร็วในภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ส่งผลให้นักวิจัยทั่วโลกมีความพยายามในการพัฒนาวัสดุคอนกรีตอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองต่อการใช้งานหลากหลายประเภท อาทิ คอนกรีตกำลังสูง (High Strength Concrete), คอนกรีตซ่อมแซมตัวเอง (Self-Healing Concrete), คอนกรีตสมรรถนะสูง (High-Performance Concrete) และคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเอง (Self-Compacting Concrete) โดย

คอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองได้รับการพัฒนาครั้งแรกโดยนักวิจัยชาวประเทศญี่ปุ่นในปี พ.ศ. 2531 ซึ่งถือเป็นการปฏิวัติครั้งยิ่งใหญ่ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง [1] ลักษณะเด่นของคอนกรีตดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเทคอนกรีตและอัดแน่นเนื่องจากสามารถไหลผ่านเหล็กเสริมเทลงแบบได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่เกิดการแยกตัว แต่ในขณะเดียวกันคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองมีความต้องการปริมาณปูนซีเมนต์ที่สูงกว่าคอนกรีตปกติ ดังนั้นจึงส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตและยังเป็นการเพิ่มภาระทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์อีกด้วย [2] ดังนั้นแนวคิดการผลิตคอนกรีตแบบยั่งยืนจึงได้มีการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนวัสดุธรรมชาติในส่วนผสมคอนกรีตกันมากขึ้น [3]

การใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมผสมร่วมในการผลิตคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองสามารถทำได้หลายแนวทาง อาทิเช่น การนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ การนำมาแทนที่มวลรวมละเอียด หรือการนำมาแทนที่มวลรวมหยาบ เป็นต้น [4] จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้าพบว่ามีการนำแคลเซียมคาร์บอเนตมาทำการแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน [2, 5] หรือการนำฝุ่งผงแกรนิตมาทำการแทนที่มวลรวมละเอียด ซึ่งพบว่าสมบัติของคอนกรีตสดและกำลังอัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่มากกว่าร้อยละ 40 [1, 6] ตลอดจนการนำกะลาปาล์มมาทำการแทนที่มวลรวมหยาบบางส่วน [3-4, 7-8] ทั้งนี้งานวิจัยดังกล่าวส่วนใหญ่ทำการผสมร่วมกับเถ้าลอยเป็นหลัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการไหลและกำลังอัดของคอนกรีตไหลอัดแน่นได้ด้วยตนเองจากการผสมร่วมระหว่างแคลซียมคาร์บอเนต ฝุ่นผงแกรนิต และกะลาปาล์ม เพื่อเป็นการลดการใช้วัสดุจากธรรมชาติให้มากที่สุด ตามแนวทางการพัฒนาคอนกรีตไหลอัดแน่นได้ด้วยตนเองอย่างยั่งยืน

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1. วัสดุประสาน ได้แก่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Type I Portland Cement) ตามมาตรฐาน มอก.15 หรือ ASTM C150 และแร่ผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures) ได้แก่ ผงแคลเซียมคาร์บอเนต จากบริษัทผู้ผลิตรายใหญ่ของประเทศไทย โดยเมืองแร่และโรงงานผลิตอยู่ที่ จ.ลพบุรี

2. มวลรวมละเอียดที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ทรายแม่น้ำที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มีการกระจายตัวของขนาดคละเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C33 และฝุ่นผงแกรนิตซึ่งเป็นฝุ่นผงที่ได้จากการตัดหินแกรนิตเพื่อจำหน่าย จากบริษัทผู้จำหน่ายและติดตั้งหินแกรนิต

3. มวลรวมหยาบ ใช้หินปูนขนาดโตสุดไม่เกิน 16 mm. มีการกระจายตัวของขนาดคละเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C33 และกะลาปาล์มน้ำมันจากบริษัทผู้จำหน่ายเชื้อเพลิงชีวมวล

4. น้ำผสมคอนกรีต ใช้น้ำประปา

5. สารเคมีผสมเพิ่ม เป็นสารลดปริมาณน้ำจำนวนมากประเภทคาร์บอกซีเลต (Polycarboxylate-Based Superplasticizer) ตามมาตรฐาน ASTM C494

2.2 สัดส่วนผสมคอนกรีต

แนวคิดการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นการผสมร่วมวัสดุจากผลผลิตพลอยได้ของภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ การนำผงแคลเซียมคาร์บอเนตมาแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ฝุ่นผงแกรนิตนำมาแทนที่ทรายและกะลาปาล์มน้ำมันนำมาแทนที่หินร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้กำหนดสัดส่วนผสมของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองควบคุม (M0) ประกอบไปด้วยปูนซีเมนต์ปริมาณ 550 kg/m^3 ทรายปริมาณ 813 kg/m^3 และหินปริมาณ 718 kg/m^3 ตามลำดับ อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานและสารเคมีผสมเพิ่มกำหนดมีค่าคงที่ทุกส่วนผสมเท่ากับ 0.30 (165 kg/m^3) และร้อยละ 1.5 ตามลำดับ สรุปสัดส่วนผสมของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองต่อหนึ่งหน่วยลูกบาศก์เมตรดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองต่อหนึ่งหน่วยลูกบาศก์เมตร

วัสดุ (kg/m^3)	M0	M1	M2	M3	M4
ปูนซีเมนต์	550	440	440	440	440
แคลเซียมคาร์บอเนต	*0*	*20%*	*20%*	*20%*	*20%*
แคลเซียมคาร์บอเนต	0	110	110	110	110
ทราย	813	609	406	203	0
ฝุ่นผงแกรนิต	*0*	*25%*	*50%*	*75%*	*100%*
ฝุ่นผงแกรนิต	0	199	399	598	797
หิน	708	531	354	177	0
กะลาปาล์ม	*0*	*25%*	*50%*	*75%*	*100%*
กะลาปาล์ม	0	121	242	362	483
น้ำ	165	165	165	165	165
สารเคมีผสมเพิ่ม	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%

2.3 การเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดสอบ

1. การทดสอบสมบัติของคอนกรีตสด (Fresh Properties) ประกอบไปด้วยการทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตในสภาพสด ตามมาตรฐาน ASTM C138 และทำการทดสอบหาปริมาณอากาศ (Air Content) ด้วยวิธีความดัน (Pressure Method) ตามมาตรฐาน ASTM C231

2. การทดสอบความสามารถในการไหลของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเอง ประกอบไปด้วย

2.1. ความสามารถในการเติมแทรก (Filling Ability) ได้แก่ การทดสอบระยะ (Slump Flow Diameter) และเวลาในการไหลแผ่ (Slump Flow Time) เมื่อคอนกรีตไหลแผ่จนถึงเส้นผ่านศูนย์กลางระยะ 50 ซม. เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM C1611

2.2. ความสามารถในการไหลผ่าน (Passing Ability) ได้แก่ การทดสอบการไหลผ่านเหล็กเสริมด้วยอุปกรณ์รูปวงแหวน (J-

Ring) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. เชื่อมติดกับเหล็กเสริมสูง 10 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM C1621 และการทดสอบการไหลผ่านเหล็กเสริมด้วยอุปกรณ์กล่องทรงแอล (L-Box) ตามมาตรฐาน EFNARC จากนั้นทำการประเมินแนวโน้มการติดขัด (Blocking) ของการไหลว่าอยู่ในระดับใด

2.3 ความสามารถต้านทานการแยกตัว (Segregation Resistance) ของคอนกรีต ได้แก่ การทดสอบเพื่อหาเวลาในการไหลของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองผ่านอุปกรณ์กล่องแบนเปลี่ยนขนาดรูปทรงวี (V-Funnel) ตามมาตรฐาน EFNARC

3. ทำการทดสอบกำลังอัด (Compressive Strength) ของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C39 โดยการหล่อคอนกรีตลงในแบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm และสูง 30 cm ปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงทำการถอดแบบหล่อและนำตัวอย่างไปทำการบ่มน้ำตามอายุการทดสอบที่ 3, 7, 28 และ 90 วัน ตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยของการทดสอบตัวอย่างละ 3 ก้อน

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

3.1 สมบัติของคอนกรีตสด

จากผลการทดสอบสมบัติของคอนกรีตสด ได้แก่ หน่วยน้ำหนักและปริมาณอากาศในทุกส่วนผสม ดังแสดงในภาพที่ 1-2

รูปที่ 1 หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดในแต่ละส่วนผสม

จากรูปที่ 1 เห็นได้ว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่ทรายด้วยฝุ่นผงแกรนิต และหินด้วยกะลาปาล์มในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น พิจารณาร้อยละการลดลงของหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม (M0) เท่ากับ 2.61, 8.70, 15.65 และ 19.13 ตามลำดับ เนื่องจากผลของความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่แตกต่างกันส่งผลต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตตามไปด้วย [2, 5] ในส่วนของปริมาณอากาศพบว่าปริมาณอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการแทนที่ทรายด้วยฝุ่นผงแกรนิต และหินด้วยกะลาปาล์มในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Pongsakorn et al [5] โดยคอนกรีตควบคุม (M0) มีปริมาณอากาศต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 2.00 ในขณะที่คอนกรีตผสมร่วมแคลเซียมคาร์บอเนต ฝุ่นผงแกรนิต และกะลาปาล์มในสัดส่วนที่แตกต่างกัน (M1-M4) ปริมาณอากาศเท่ากับร้อยละ 2.50, 3.20, 5.20 และ 6.20 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 ปริมาณอากาศในแต่ละส่วนผสม

3.2 ความสามารถในการไหล

จากผลการทดสอบความสามารถในการไหลของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเอง ประกอบการประเมินความสามารถในการเติมแทรก การประเมินความสามารถในการไหลผ่านสิ่งกีดขวางและการประเมินความสามารถต้านทานการแยกตัว ดังแสดงในภาพที่ 3-5

รูปที่ 3 การประเมินความสามารถในการเติมแทรก

จากรูปที่ 3 แสดงผลการประเมินความสามารถในการเติมแทรก ได้แก่การทดสอบความสามารถในการไหลแผ่ (Slump flow) พบว่าระยะในการไหลแผ่ของคอนกรีตสดมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่ทรายด้วยฝุ่นผงแกรนิต และหินด้วยกะลาปาล์มในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 71, 71, 70, 68 และ 66 ซม. ตามลำดับ ซึ่งตรงกับข้ามกับผลการทดสอบเวลาในการไหลแผ่เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของการไหล

เท่ากับ 50 ซม. (T_{50} flow time) กล่าวคือเวลาที่ใช้ในการไหลแผ่เมื่อถึงระยะกำหนดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณการแทนที่ทรายด้วยฝุ่นผงแกรนิต และหินด้วยกะลาปาล์มในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 3.2, 3.6, 4.4, 5.5 และ 7.2 วินาที ตามลำดับ เนื่องจากแรงเสียดทานที่เพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากลักษณะรูปร่างที่เป็นเหลี่ยมมุมและพื้นผิวที่มีความขรุขระ [6]

รูปที่ 4 การประเมินความสามารถในการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง

การประเมินความสามารถในการไหลผ่านสิ่งกีดขวางดังแสดงในรูปที่ 4 การทดสอบการไหลผ่านซี่เหล็กด้วยอุปกรณ์ J-Ring เปรียบเทียบกับระยะการไหลโดยอิสระนั้น พบว่าระยะผลต่างของการไหลแผ่ของคอนกรีตสดที่ผ่านอุปกรณ์ทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณการแทนที่ทรายด้วยฝุ่นผงแกรนิต และหินด้วยกะลาปาล์มในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 10, 16, 25, 38 และ 62 มม. ตามลำดับ ซึ่งตรงกับข้ามกับผลการทดสอบการไหลผ่านซี่เหล็กด้วยอุปกรณ์ทรงแอล (L-Box) เมื่อนำมาพิจารณาสัดส่วนของการติดขัดเนื่องจากการไหล (h_2/h_1 >0.80) พบว่าสัดส่วนของการติดขัดเนื่องจากการไหลลดลง เท่ากับ 0.95, 0.92, 0.86, 0.75 และ 0.69 ตามลำดับ นั้นหมายถึงคอนกรีตมีแนวโน้มติดขัดในระหว่างการไหลเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการแทนที่ทรายด้วยฝุ่นผงแกรนิต และหินด้วยกะลาปาล์มในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความหนืดในส่วนผสมที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความสามารถในการไหลผ่านให้ลดลง [1, 5-6]

สำหรับการประเมินความสามารถต้านทานการแยกตัว ได้แก่ การทดสอบเวลาในการไหลผ่านอุปกรณ์กล่องแบนทรงวี ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยทำการพิจารณาเวลาในการไหลทันทีเมื่อเติมคอนกรีตจนเต็มอุปกรณ์ (V-funnel) กับการปล่อยให้คอนกรีตค้างอยู่ในอุปกรณ์เป็นเวลา 5 นาที (V-funnel at 5 min) พบว่าระยะที่ใช้ในการไหลผ่านกล่องแบนทรงวีของคอนกรีตสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ทรายด้วยฝุ่นผงแกรนิต และหินด้วยกะลาปาล์มในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 5.8, 6.5, 8.0, 9.5 และ 12.2 วินาที ตามลำดับ สำหรับการไหลทันทีเมื่อเติมคอนกรีตจนเต็มอุปกรณ์ และเท่ากับ 7.2, 8.8, 9.4, 11.4 และ 13.5 วินาที ตามลำดับ สำหรับเวลาที่ใช้ในการไหลกรณีปล่อยให้คอนกรีตค้างอยู่ในอุปกรณ์เป็นเวลา 5 นาที ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งแนวโน้มการไหลทั้งสองกรณีเป็นไปในทางเดียวกัน ทั้งนี้เมื่อปล่อยให้คอนกรีตค้างไว้ในอุปกรณ์นานขึ้นเวลาที่ใช้ในการไหลผ่านอุปกรณ์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเวลาที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงคอนกรีตสดมีแนวโน้มเกิดการแยกตัว สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าโดยเป็นผลมาจากลักษณะอนุภาคของฝุ่งผงแกรนิตที่มีพื้นผิวหยาบและการดูดกลืนน้ำส่งผลให้ประสิทธิภาพในการไหลของคอนกรีตสดลดลงนั่นคือการใช้เวลาในการไหลที่เพิ่มขึ้น [1-2, 5-6] และผลจากปริมาณกะลาปาล์มที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อเวลาในการไหลที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน [3, 8]

รูปที่ 5 การทดสอบเวลาในการไหลผ่านอุปกรณ์กล่องแบนทรงวี

รูปที่ 6 การประเมินความสามารถต้านทานการแยกตัว

3.3 กำลังอัด

แสดงผลการทดสอบกำลังอัดดังแสดงในภาพที่ 7 พบว่าคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองมีการพัฒนากำลังอัดในทุกส่วนผสมตามระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้น การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตทั้ง 4 ส่วนผสม ประกอบไปด้วยคอนกรีตควบคุม (M0) และคอนกรีตผสมร่วมแคลเซียมคาร์บอเนต ฝุ่นผงแกรนิต และกะลาปาล์มในสัดส่วนที่แตกต่างกัน (M1-M4) จากผลการทดสอบพบว่า กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตควบคุม (M0) เท่ากับ 35.5, 40.5, 51.3 และ 61.3 MPa ที่อายุการบ่ม 3, 7, 28 และ 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบชุดการทดสอบของคอนกรีตอายุ 28 วัน

พบว่า ชุดการทดสอบของส่วนผสม M1 มีกำลังอัดเฉลี่ยสูงที่สุดและมากกว่าคอนกรีตควบคุมถึงร้อยละ 4.2 เนื่องจากขนาดอนุภาคเฉลี่ยของแคลเซียมคาร์บอเนตและฝุ่นผงแกรนิตมีขนาดเล็กกว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยของปูนซีเมนต์และทรายทราย ส่งผลให้เกิดการแทรกระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์และมวลรวมทำให้ช่องว่างลดลง รวมถึงพื้นผิวที่หยาบช่วยให้การยึดเกาะดีขึ้น [1, 2, 5, 6] ในขณะที่ส่วนผสม M2, M3 และ M4 กำลังอัดมีแนวโน้มลดลง และมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม ร้อยละ 14.0, 39.7 และ54.1 ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณซีเมนต์เพสต์ไม่เพียงพอสำหรับการเชื่อมประสานเนื่องจากพื้นที่ผิวของฝุ่งผงแกรนิตที่เพิ่มสูงขึ้น [1, 6] นอกจากนี้พื้นผิวของกะลาปาล์มมีลักษณะเรียบส่งผลกระทบต่อกำลังยึดเกาะ (Bonding Strength) ระหว่างซีเมนต์เพสต์และมวลรวมหยาบ [3]

รูปที่ 6 การพัฒนากำลังอัดในแต่ละส่วนผสม

4. สรุป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อประเมินความสามารถในการไหลและกำลังอัดของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองจากการผสมร่วมของแคลเซียมคาร์บอเนต ฝุ่นผงแกรนิต และกะลาปาล์มจากการนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ สรุปได้ดังนี้

- หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตนเองมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่วัสดุผสมเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม (M0) หน่วยน้ำหนักลดลงสูงสุดถึงร้อยละ 19.13 ในทางตรงกันข้ามปริมาณอากาศมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น
- การประเมินความสามารถในการไหล เห็นได้ว่าคอนกรีตสดมีความสามารถในการไหลเติมแทรกลดลง มีแนวโน้มติดขัดบริเวณเหล็กเสริมเนื่องจากการไหลเพิ่มขึ้นและมีแนวโนมเกิดการแยกตัวเมื่อปริมาณการแทนที่วัสดุผสมเพิ่มมากขึ้น
- ผลกำลังอัดของคอนกรีตแข็งตัวที่อายุ 28 วันพบว่าส่วนผสม M1 ซึ่งมีสัดส่วนผสมฝุ่นผงแกรนิตและกะลาปาล์มร้อยละ 25 มีสมบัติทางกลที่ดีกว่าคอนกรีตควบคุม โดยมีกำลังอัด 51.3 MPa มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม (M0) ร้อยละ 4.2 ในขณะที่เมื่อผสมร่วมเพิ่มมากขึ้นกำลังอัดมีแนวโน้มลดลง

เอกสารอ้างอิง

[1] A. Jain, R. Gupta, S. Chaudhary, "Sustainable development of self-compacting concrete by using granite waste and fly ash," *Construction and Building Materials,* 2020, 262, pp. 120516.

[2] P. Lertwattanaruk, G. Sua-iam, N. Makul, "Effects of calcium carbonate powder on the fresh and hardened properties of self-consolidating concrete incorporating untreated rice husk ash", *Journal of Cleaner Production*, 2018, 172, pp. 3265-3278.

[3] T. Z. Hong Ting, M. E. Rahman, H. H. Lau, "Sustainable lightweight self-compacting concrete using oil palm shell and fly ash", *Construction and Building Materials*, 2020, 264, pp. 120590.

[4] F. Monika, H. Prayuda, M. D. Cahyati, M. I. Syamsi, A. D. R. Purnomo, "The effect of palm shell as coarse aggregate replacement on self compacting concrete with different curing methods", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2021, 1144, pp. 012022, doi:10.1088/1757-899X/1144/1/012022

[5] P. Promsawat, B. Chatveera, G. Sua-iam, N. Makul, Properties of self-compacting concrete prepared with ternary Portland cement-high volume fly ash-calcium carbonate blends", *Case Studies in Construction Materials*, 2020, 13, pp. e00426.

[6] A. Jain, R. Gupta, S. Chaudhary, "Performance of self-compacting concrete comprising granite cutting waste as fine aggregate", *Construction and Building Materials*, 2019, 221, pp. 539–552.

[7] S. O. Odeyemia, R. Abdulwahaba, A. A. Abdulsalama, M. A. Anifowose, Bond and flexural strength characteristics of partially replaced self-compacting palm kernel shell concrete", *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 2019, 31, pp. 1–7.

[8] H. Prayuda, F. Saleh, T. I. Maulana, F. Monika, "Fresh and mechanical properties of self-compacting concrete with coarse aggregate replacement using Waste of Oil Palm Shell," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2018, 352, pp. 012028, doi:10.1088/1757-899X/352/1/012028

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยสับปะรดที่ถูกปรับปรุงแล้วและมอร์ต้าร์

The study of bond strength between modified pineapple fibers and mortar

อนุรักษ์ เทพกรณ์[1*] จักรพันธ์ แสงสุวรรณ[2*] บูชิต มาโห้[2*] และมาโนช สรรพกิจทิพากร[3*]

[1*]นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Email : anuruk_note@hotmail.com

[2*]อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Email : chakkaphan.s@rmutp.ac.th และ buchit.m@rmutp.ac.th

[3*]อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Email : manote.s@eng.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีรายได้จากผลผลิตทางการเกษตรเป็นรายได้หลัก ซึ่งสับปะรดเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ซึ่งในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณผลผลิต 2,350,887 ตัน/568,394 ไร่ จึงทำให้ใบสับปะรดมีปริมาณมากถึง 3,978,758 ตัน/568,394 ไร่ (ประมาณ 7000 กิโลกรัม/ไร่) และใบสับปะรดยังมีเหลือจากที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อีกจำนวนมาก นอกจากนี้เส้นใยพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งพบว่า เซลลูโลสมีผลโดยตรงทำให้กำลังรับแรงดึงและค่าโมดูลัสมีค่าสูง และจากการศึกษาองค์ประกอบของเส้นใยเส้นใยสับปะรด พบว่า มีปริมาณเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 70 – 85 ซึ่งมีปริมาณเซลลูโลสสูงกว่าเส้นใยพืชชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความต้องการศึกษาแรงดึงของเส้นใย และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยสับปะรดที่ถูกปรับปรุงแล้วและมอร์ต้าร์ โดยจากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยสับปะรดที่ถูกปรับปรุงโดยการต้ม ทำให้ได้แรงดึงของเส้นใย และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ต้าร์ดีที่สุด

คำสำคัญ : เส้นใยสับปะรด; แรงดึง; แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ต้าร์

Abstract

Thailand is one of the countries where agricultural products are the main source of income. Pineapples are an important part of the country's agricultural products. In 2 0 1 8, Pineapple yields were 2,350,887 tons/568,394 rai, which made the pineapple leaf volume up to 3,978,758 tons/568,394 rai (about 7000 kg/1 rai). And pineapple leaves still have a lot of leftovers that are not being used. In addition, the other plant fibers consist of cellulose Hemicellulose and lignin. It is the main constituent and found that cellulose has a direct effect on the tensile strength and modulus are high. And from the results of studies on the composition of pineapple fibers, it was found that the cellulose content was high at 70 - 85, which is higher than the cellulose content of many other plant fibers. Therefore, this research has a need to study the tensile strength of the fibers and the bonding force between the modified pineapple fibers and mortar. From the test results, it was found that Pineapple fiber modified by boiling resulting in the tensile strength of the fibers and the bonding force between fiber and mortar is best.

Keywords : pineapple fibers; tensile strength; the bonding force of fiber and mortar

1. บทนำ

เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber) เป็นเส้นใยที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งแหล่งธรรมชาติส่วนใหญ่ ได้แก่ พืช สัตว์และแร่ธาตุ เป็นต้น ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะสามารถผลิตเส้นใยสังเคราะห์เพื่อใช้ทดแทนเส้นใยธรรมชาติได้แล้ว แต่เส้นใยธรรมชาติก็ยังคงเป็นที่นิยมนำมาใช้งานอย่างต่อเนื่อง จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า เส้นใยธรรมชาติสามารถนำมาใช้ทดแทนเส้นใยสังเคราะห์ได้ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาตินั้นมีราคาถูกและมีความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพได้ และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย [3]

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีรายได้จากผลผลิตสับปะรด ในปี พ.ศ. 2561 ในปริมาณผลผลิต 2,350,887 ตัน/568,394 ไร่ [1] จึงทำให้ใบสับปะรดมีปริมาณมากถึง 3,978,758 ตัน/568,394 ไร่ (ประมาณ 7,000 กิโลกรัม/ไร่) ดังนั้นในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอจึงนำใบสับปะรดมาใช้ในการสกัดเป็นเส้นใยสับปะรดเพื่อผลิตเป็นเสื้อผ้า กระเป๋า รองเท้า และผลิตเป็นกระดาษ แต่ในอุตสาหกรรมงานก่อสร้าง พบว่า ได้นำเส้นใยสับปะรดมาใช้ในการทำแผ่นบุผนังดูดซับเสียง เป็นต้น [4] อย่างไรก็ตาม ใบสับปะรดยังมีเหลือจากที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อีกจำนวนมาก

เส้นใยพืชส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งพบว่า เซลลูโลสมีผลโดยตรงทำให้

กำลังรับแรงดึงและค่าโมดูลัสมีค่าสูง และจากการศึกษาองค์ประกอบของเส้นใยเส้นใยสับปะรด พบว่า มีปริมาณเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 70 – 85 [2][5] ซึ่งสูงกว่าเส้นใยพืชชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด ส่งผลทำให้เส้นใยสับปะรดมีคุณสมบัติในด้านกำลังรับแรงดึงที่สูงมาก ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 413 – 1,627 เมกปาสคาล และมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นอยู่ที่ 60 – 82 จิกกะปาสคาล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเส้นใยสับปะรดมาใช้เสริมแรงในคอนกรีต เพื่อช่วยเพิ่มกำลังรับแรงดึงให้กับคอนกรีต ลดการแตกร้าว และช่วยทำให้คอนกรีตมีความเหนียวเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังต้องการเพิ่มแรงดึง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยสับปะรดและมอร์ต้าร์ โดยเส้นใยสับปะรดผ่านการถูกปรับปรุงด้วยวิธีการต้ม การแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการแช่เส้นใยในสารละลายแกรฟีน เป็นต้น

2. วิธีการศึกษา

2.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

สำหรับวัสดุที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด (ทราย) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายกราฟีน น้ำสะอาด และเส้นใยใบสับปะรด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C150

2. มวลรวมละเอียด (ทราย) ผ่านตะแกรงเบอร์ 30 และค้างตะแกรงเบอร์ 50 มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.62

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 9.45 โดยน้ำหนัก ตามมาตรฐาน T 203 cm-99 [6]

4. สารละลายกราฟีน (Graphene) ที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร

5. เส้นใยสับปะรดที่ได้จากการสกัดจากใบสับปะรดด้วยเครื่องสกัดเส้นใยใบสับปะรด ดังแสดงในรูปที่ 1 และมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.17 ดังแสดงในตารางที่ 1

รูปที่ 1 ขบวนการสกัดเส้นใยสับปะรด

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยสับปะรด 1 เส้น

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่า
ความถ่วงจำเพาะ	1.17
เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	0.60 – 0.80
ค่าการดูดซึมของเส้นใย	320 – 350 %

สำหรับอัตราส่วนของมอร์ตาร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.48 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของมอร์ตาร์

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	ปูนซีเมนต์	มวลรวมละเอียด	น้ำ
0.48 (350 ksc.)	1	1.75	0.48

2.2 วิธีการทดสอบ

1. เตรียมเส้นใยที่ใช้ในการทดสอบชุดที่ 1 จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยนำเส้นใยที่ได้จากการสกัดจากใบสับปะรด ขนาด 0.60 – 0.80 มม. และมีความยาวเท่ากับ 20 - 30 เซนติเมตร มาดำเนินการพันเป็นเกลียว 10 20 30 และ 40 เส้น จำนวน 10 รอบ และตัดเส้นใยให้มีความยาว 10 ซม. เพื่อใช้ทดสอบกำลังรับแรงดึงของเส้นใย และใช้เสริมในมอร์ตาร์ระยะ 2.5 ซม. เพื่อทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์ ที่ระยะเวลา 28 วัน ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

2. เตรียมเส้นใยที่ใช้ในการทดสอบชุดที่ 2 โดยนำเส้นใยสับปะรดแต่ละเส้นที่มีขนาด 0.55 – 0.80 มม. มารวมกันเป็นกำและนำไปชั่งน้ำหนัก 50 มม. และตัดให้มีความยาวเท่ากับ 10 ซม. จำนวน 3 ตัวอย่าง

เพื่อใช้ทดสอบกำลังรับแรงดึงของเส้นใย และใช้เสริมในมอร์ตาร์ในระยะ 2.5 ซม. ที่ระยะเวลา 28 วัน เพื่อทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์ เหมือนกับการทดสอบชุดที่ 1

3. นำเส้นใยที่เตรียมไว้ทั้งชุดที่ 1 และ 2 ไปทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ และความถ่วงจำเพาะ ดังแสดงตารางที่ 1

4. เตรียมเส้นใยชุดที่ 2 ไปปรับปรุงด้วยวิธีที่ 1 ได้แก่ แช่ในน้ำเดือด เพื่อต้องการกำจัดฝุ่นและไขมันที่ผิวของเส้นใย ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะของผิวเส้นใยกับสารเคมีเคลือบผิว ประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง หลังจากที่นำไปแช่ในน้ำเดือดแล้ว จึงล้างด้วยน้ำสะอาด และนำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 70° เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. เตรียมเส้นใยชุดที่ 2 ไปปรับปรุงด้วยวิธีที่ 2 ได้แก่ การนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 9.45 เป็นเวลา 30 นาที และนำไปล้างในน้ำสะอาดและตากแดดให้แห้งตามมาตรฐาน T203 cm-99 เพื่อต้องการกำจัดฝุ่นและไขมันที่ผิว อีกทั้งยังต้องการกำจัดลิกนินและเฮมิเซลลูโลส เพื่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย เมื่อนำเส้นใยมารวมกันจะทำให้ปริมาณเส้นใยมีจำนวนมากกว่า (น้ำหนัก/เส้นใย 1 กำรวม) นอกจากการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะของผิวเส้นใยแล้ว ยังทำให้เพิ่มแรงดึงของเส้นใยอีก

6. เตรียมเส้นใยชุดที่ 2 ไปปรับปรุงด้วยวิธีที่ 3 ได้แก่ มาดำเนินการเคลือบผิวด้วยกราฟีน (Graphene) ซึ่งมีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร

7. เตรียมเส้นใยชุดที่ 2 เพิ่มเติม 1 ชุด โดยไม่ต้องปรับปรุงใดๆ

8. หลังจากดำเนินการปรับปรุงแต่ละวิธี นำเส้นใยชุดที่ 1 และ 2 ทั้งหมด เคลือบด้วยเรซินหัวและท้าย เพื่อทดสอบกำลังรับแรงดึง และดำเนินการเสริมเส้นใยในมอร์ตาร์ที่ระยะ 2.5 ซม. เพื่อทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์ที่ระยะเวลา 28 วัน ด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงดึง ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงดึง

2.3 ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบในชุดที่ 1 พบว่า เส้นใยสับปะรดที่ถูกพันเกลี่ยวจำนวน 40 เส้น มีกำลังรับดึงของเส้นใยโดยเฉลี่ย 170 เมกะปาสคาล และกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์โดยเฉลี่ย 0.13 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าดีที่สุด เมื่อเทียบกับเส้นใยสับปะรดที่พันเกลี่ยวจำนวน 30 20 และ 10 เส้น โดยเส้นใยสับปะรดที่ถูกพันเกลี่ยวจำนวน 10 และ 20 เส้น เกิดการรูดและไม่สามารถยึดเกาะกับมอร์ตาร์ได้เมื่อเส้นใยได้รับแรงดึง ทั้งนี้อาจเกิดจากเส้นใยสับปะรดที่ถูกพันเกลี่ยวจำนวน 40 เส้น มีผิวสัมผัสกับมอร์ตาร์โดยรอบเส้นใยมากที่สุด ทำให้มีแรงเกาะยึดระหว่างผิวสัมผัสกับมอร์ตาร์มากที่สุด เมื่อเทียบกับเส้นใยที่ถูกพันเกลียว 30 20 และ 10 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 4 5 และ 5 (ต่อ)

สำหรับผลการทดสอบในชุดที่ 2 พบว่า เส้นใยสับปะรดชนิดรวมกันเป็นกำและหนัก 50 มิลลิกรัม และถูกปรับปรุงโดยวิธีการต้ม ซึ่งมีกำลังรับแรงดึงของเส้นใยโดยเฉลี่ย 28 เมกะปาสคาล กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์โดยเฉลี่ย 0.08 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าดีที่สุด เมื่อเทียบกับเส้นใยสับปะรดที่ชนิดรวมกันเป็นกำและถูกปรับปรุงโดยวิธีการเคลือบผิวเส้นใยด้วยกราฟีน การนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเส้นใยที่ไม่ต้องปรับปรุงใดๆ ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7

รูปที่ 4 กำลังรับแรงดึงของเส้นใยสับปะรดชนิดพันเกลียว 10 20 30 และ 40 เส้น จำนวน 10 รอบ

รูปที่ 5 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์ของเส้นใยสับปะรดชนิดพันเกลียว 10 20 30 และ 40 เส้น จำนวน 10 รอบ

รูปที่ 5 (ต่อ) กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์ของเส้นใยสับปะรดชนิดพันเกลียว 10 20 30 และ 40 เส้น จำนวน 10 รอบ

ซึ่งจากผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเส้นใยและกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์ของเส้นใยสับปะรดที่ถูกปรับปรุงด้วยวิธีต้ม ได้ผลที่ดีสอดคล้องกับงานวิจัยของ Majid Ali (2013) ที่พบว่า การปรับปรุงเส้นใยมะพร้าวด้วยวิธีการต้ม ให้กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและคอนกรีตดีที่สุด เมื่อเทียบกับการปรับปรุงเส้นใยมะพร้าวด้วยการแช่ในสารเคมีประเภทอัลคาไลน์ (Alkaline) [7]

รูปที่ 6 กำลังรับแรงดึงของเส้นใยสับปะรดชนิดรวมกันเป็นกำและหนัก 50 มิลลิกรัม และถูกปรับปรุงโดยการต้มและแช่ใน NaOH

3. สรุป

1. เส้นใยสับปะรดที่ถูกพันเกลี่ยวจำนวน 40 เส้น มีกำลังรับดึงของเส้นใยโดยเฉลี่ย 170 เมกะปาสคาล และกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์โดยเฉลี่ย 0.13 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าดีที่สุด เมื่อเทียบกับเส้นใยสับปะรดที่ถูกพันเกลี่ยวจำนวน 30 20 และ 10 เส้น

2. เส้นใยสับปะรดชนิดรวมกันเป็นกำและหนัก 50 มิลลิกรัม และถูกปรับปรุงโดยวิธีการต้มมีกำลังรับแรงดึงของเส้นใยโดยเฉลี่ย 28 เมกะปาสคาล กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์โดยเฉลี่ย 0.08 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าดีที่สุด เมื่อเทียบกับการปรับปรุงโดยวิธีการเคลือบผิวเส้นใยด้วยกราฟีน การนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเส้นใยที่ไม่ต้องปรับปรุงใดๆ

รูปที่ 7 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและมอร์ตาร์ของเส้นใยสับปะรดชนิดรวมกันเป็นกำและหนัก 50 มิลลิกรัม และถูกปรับปรุงโดยการต้ม การแช่ใน NaOH และการเคลือบผิวด้วยกราฟีน

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ. จักรพันธ์ แสงสุวรรณ ดร.ขวัญชนก อุนทะอ่อน ที่อำนวยความสะดวกเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ใช้ทดสอบ ที่สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และนักศึกษาร่วมงานวิจัย ได้แก่ นายสิทธิชัย ถ้ำกระโทก นายวราพล แสงเดช และนายปองพล ราชรักษ์ เป็นต้น ที่ร่วมมือช่วยกันทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). สับปะรด ประจำสัปดาห์ที่ 4 (21 พ.ค. – 25 พ.ค. 61). กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์, พฤษภาคม 2561.

[2] Ridzuan, M. J. M., Majid, M. A., Khasri, A., Gan, E. H. D., Razlan, Z. M., and Syahrullail, S. (2019). "Effect of pineapple leaf (PALF), napier, and hemp fibres as filler on the scratch resistance of epoxy composites". Journal of Materials Research and Technology, 8(6), 5384-5395.

[3] Hassan, M. Z., Sapuan, S. M., Roslan, S. A. and Sarip, S. (2019). "Optimization of tensile behavior of banana pseudo-stem (Musa acuminate) fiber reinforced epoxy composites using response surface methodology". Journal of Materials Research and Technology, 8(4), 3517-3528.

[4] กิตติชาติ โหมาศวิน โสภาพรรณ แสงศัพท์และสิงห์ อินทรชูโต (2550). การใช้ใยมะพร้าวร่วมกับยางพาราเพื่อเป็นฉนวนดูดซับเสียง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

[5] Ridzuan, M. J. M., Majid, M. A., Khasri, A., Gan, E. H. D., Razlan, Z. M., and Syahrullail, S. (2019). "Effect of pineapple leaf (PALF), napier, and hemp fibres as filler on the scratch resistance of epoxy composites". Journal of Materials Research and Technology, 8(6), 5384-5395.

[6] Tappi, T 203cm-99. 2009. Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp. Atlanta, GA, USA.

[7] Ali, M., Li, X. and Chouw, N. (2013). "Experimental investigations on bond strength between coconut fibre and concrete". Materials & Design, 44, 596-605.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายวัสดุและอุปกรณ์สำหรับป้องกันอุบัติเหตุพลัดตกจากช่องเปิดของอาคาร

A comparative study of the cost of materials and equipment for the prevention of accidental falls from building openings

ทองพูล ทาสีเพชร[1*], ศรีสุดา จันศิริ[2], ยุทธณา คงจีน[2], ศุภประดิษฐ์ มาสงค์[2], สมบูรณ์ พันเลิศจำนรรจ์[3], ชินภัทร์ ชัยโชติกุลชัย[4] และกฤษดา เสือเอี่ยม[5]

[1,3,4]สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

225 ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 Email: [1]deanthongpoon@yahoo.com, [3]somboon_ph@rmutto.ac.th, [4]chinnaphut_ch@rmutto.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยปทุมธานี

140 หมู่ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี Email: srisuda.j@ptu.ac.th

[5]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: gritsada.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ในประเทศไทยสถิติการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการดำเนินงานก่อสร้างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงทุกปี เนื่องจากกิจกรรมในการทำงานก่อสร้างมักมีความสลับซับซ้อน โดยฉพาะการทำงานในที่สูงโดยในแต่ละวันคนงานก่อสร้างจะมีการปฏิบัติงานเคลื่อนไหวและปีนป่ายอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้รัฐบาลไทยจึงได้ให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว โดยมีมติคณะรัฐมนตรี พ.ศ. 2543 กำหนดให้ผู้รับเหมาที่รับงานภาครัฐต้องจัดทำแผนและแนวทางการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย อย่างไรก็ตามเหตุการณ์ดังกล่าวนั้นก็ยังคงเกิดขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการลงทุนอุปกรณ์สำหรับป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงของช่องเปิดอาคารในโครงการก่อสร้างอาคาร โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้รับเหมาในหน่วยงานก่อสร้างด้วยแบบสอบถามเปรียบเทียบกับการประมาณการตามเกณฑ์มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) พบว่า ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับวัสดุและอุปกรณ์ในการป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงของโครงการก่อสร้างอาคารนั้นมีความสัมพันธ์กับความยาวของเส้นรอบรูปอาคาร

คำสำคัญ : การป้องกันตกหล่น, อุบัติเหตุจากการก่อสร้าง, การก่อสร้างอาคาร, ช่องเปิดอาคาร, การลงทุนด้านความปลอดภัย

Abstract

In Thailand, the statistics of accidents during construction work tend to increase every year. Due to the complexity of construction activities, especially working at high places, where every day the construction workers are moving and climbing all the time. Therefore, the Thai government released a safety policy in 2000 to enforce contractors' contracts with public clients to provide their safety plans and implementation programs together. Nevertheless, many accidents still ccur. This research aims to be a comparative study of the cost of equipment investment in preventing fall accidents from building openings in a building construction project. Data was collected on-site from contractors using a questionnaire and compared with the estimates based on the Engineering Institute of Thailand (EIT) standards. The results from this study have shown that investment in materials and equipment for fall prevention is associated with the length of the building perimeter.

Keywords: Fall prevention, Open space, Construction accidents, Building construction, Safety investment

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีวิธีการบริหารจัดการ เทคนิค และเทคโนโลยีในการก่อสร้างพัฒนาไปอย่างก้าวหน้ามาก รวมถึงการนำวัสดุและอุปกรณ์ที่ทันสมัยมาใช้เพื่อให้การดำเนินงานโครงการแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด ภายใต้งบประมาณและงานที่มีคุณภาพ แต่อย่างไรก็ตามยังคงประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานก่อสร้างจำนวนมาก โดยเฉพาะในบางฤดูกาลแรงงานก่อสร้างส่วนใหญ่ซึ่งมาจากภาคเกษตรกรรมเพื่อหารายได้เพิ่มในระหว่างรอการเก็บเกี่ยว การหมุนเวียนแรงงานดังกล่าวทำให้ผู้ประกอบการมักละเลยในเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน หรือวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในงานก่อสร้างส่งผลให้กำไรในการทำงานมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงของคนงานก่อสร้างให้ได้รับอุบัติเหตุหรือเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในปี พ.ศ. 2543 คณะรัฐมนตรีจึงมีมติกำหนดให้มี "มาตรการป้องกันและควบคุมอุบัติเหตุในงานก่อสร้างของรัฐ" เพื่อส่งเสริมความปลอดภัยในหน่วยงาน และผู้รับเหมาที่ทำงานก่อสร้างของภาครัฐจะต้องจัดทำแผนปฏิบัติงานด้านความปลอดภัย

จากสถิติอันตรายและเจ็บป่วยจากการทำงานในปี พ.ศ. 2556-2560 พบว่าคนงานก่อสร้างได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตในลำดับต้นๆ โดย Chonsuvivatwong and Kamolrattanakul [1] ได้ศึกษาความปลอดภัยในหน่วยงานก่อสร้าง พบว่า การตกจากที่สูงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คนงานเสียชีวิตมากที่สุด ส่วนในสหรัฐอเมริกา Huang and Hinze [2] พบว่าอุบัติเหตุของคนงานที่ตกจากที่สูงมากถึงร้อยละ 36.3 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าโครงการก่อสร้างเหล่านั้นมีมูลค่างานค่าก่อสร้างที่ต่ำ ส่งผลให้ผู้รับเหมาละเลยหรือไม่ให้ความสำคัญในการป้องกันอันตรายจากการทำงานก่อสร้าง เช่นเดียวกับในฮ่องกง อุบัติเหตุในการทำงานสูงถึงร้อยละ 47 สาเหตุส่วนใหญ่มาจากระบบจัดการความปลอดภัยไม่ดี รูปแบบการทำงานไม่เหมาะสม จนกระทั่งเจ้าหน้าที่มีการตรวจสอบไม่ดีพอ [3] ทั้งนี้การป้องกันการตกจากที่สูงต้องติดตั้งระบบป้องกันควบคู่ไปกับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังนั้นมาตรการป้องกันการตกจากที่สูงควรเป็นไปใน 2 แนวทาง ได้แก่ มาตรการเชิงรุก (Active Measure) อาทิ การติดตั้งราวป้องกันการตก (Guardrail) และมาตรการเชิงรับ (Passive Measure) อาทิ การติดตั้งตาข่าย เป็นต้น [4-5] จากนั้นได้มีการพัฒนาระบบสำหรับช่วยในการวิเคราะห์การป้องกันการตกจากที่สูง ส่วนหนึ่งพบว่าราวป้องกัน ตาข่าย และระบบอุปกรณ์ป้องกันการตก (Personal fall-arrest system, PFAS) ก็ยังเป็นมาตรการป้องกันที่ไม่เพียงพอเนื่องจากสภาพแวดล้อมแต่ละสถานที่มีความแตกต่างกัน สำหรับประเทศไทยมีกฎหมายหลายฉบับเข้ามาบังคับใช้ในการทำงานแต่พบว่าเจ้าของกิจการและกลุ่มผู้ควบคุมงานมีความรู้เกี่ยวกับกฎความปลอดภัยในงานก่อสร้างอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเจ้าของกิจการและผู้ควบคุมงานมีความรู้ที่ยังไม่ถึงเกณฑ์หรือเพียงพอในการปฏิบัติงาน จึงมีแนวโน้มว่าที่หน่วยงานอาจเกิดอุบัติเหตุได้สูง [6-7] ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงของคนก่อสร้างอาคารสูง วิเคราะห์ความสัมพันธ์สำหรับการลงทุนจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันการตกเปรียบเทียบกับความยาวของเส้นรอบรูปซึ่งเป็นบริเวณช่องเปิดอาคารของอาคารเพื่อเป็นแนวทางในการประเมินคำนวณค่าใช้จ่ายของโครงการก่อสร้างอาคาร

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1. ในการวิจัยครั้งนี้ทำการสำรวจข้อมูลจากบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 7 บริษัทฯ หรือ 7 โครงการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยในแนวดิ่ง ด้วยแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นทางด้านความปลอดภัย มาตรการการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันตกจากที่สูงของคนงาน ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการลงทุนจัดซื้ออุปกรณ์ของแต่ละโครงการ เพื่อทำการเปรียบเทียบการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันตกจากที่สูงของคนงานตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และราคากลางจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า

2.2. ขอบเขตการศึกษาเฉพาะราวป้องกันการตกของคนงานจากช่องเปิดของอาคารสูง คือ บริเวณช่องเปิดพื้นรอบตัวอาคาร พื้นภายในอาคาร บันได ลิฟต์ ผนัง เป็นต้น

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

3.1 ข้อมูลทั่วไปของโครงการก่อสร้าง

จากการสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับราวป้องกันการตกจากที่สูงของโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 7 โครงการ ซึ่งเป็นอาคารคอนโดมิเนียมจำนวนระหว่าง 19-30 ชั้น ขนาดพื้นที่ใช้สอยระหว่าง 14,950-85,507 ตารางเมตร โดยมีรายละเอียดโครงการและการลงทุนทางด้านการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล ดังแสดงในตารางที่ 1 เห็นได้ว่าแต่ละโครงการมีการลงทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลตั้งแต่ 300,000-710,000 บาท ในขณะที่แต่ละโครงการมีอุปกรณ์ป้องกันของเดิม ในช่วงร้อยละ 0-100 ส่วนความคืบหน้าของโครงการก่อสร้างอยู่ในช่วงร้อยละ 10-80 มูลค่าโครงการก่อสร้างในช่วง 225-1,200 ล้านบาท และความยาวเส้นรอบรูปของอาคารรวมทุกชั้น อยู่ในช่วง 3,450-9,714 เมตร จากข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวนำมาทำการวิเคราะห์การลงทุนทางด้านการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลในลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดข้อมูลโครงการก่อสร้างและการลงทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคล

บริษัทผู้รับเหมา	A	B	C	D	E	F	G
อาคารสูง (ชั้น)	27	23	19	30	23	23	26
พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)	85,507	14,950	30,367	37,141	49,150	32,160	29,700
เส้นรอบรูปอาคาร (ม.)	9,714	3,937	3,450	5,880	7,317	5,688	5,512
มูลค่างานก่อสร้าง (ล้านบาท)	499	225	324	657	1200	480	230
ความคืบหน้าการก่อสร้าง (%)	57	80	16.1	27	50	65	10
มีอุปกรณ์ป้องกันของเดิม (%)	3	100	30	80	80	0	70
ลงทุนอุปกรณ์ป้องกัน (บาท)	650,000	300,000	710,000	600,000	600,000	300,000	300,000

3.2 การวิเคราะห์การลงทุนการจัดซื้ออุปกรณ์ความปลอดภัย

ขั้นตอนที่ 1 ทำการคำนวณราคาอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) โดยกำหนดให้เป็นการติดตั้งรอบกรอบทั้งตัวอาคาร และจากราคากลางจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า พ.ศ. 2551 ได้ราคารวมค่าวัสดุและแรงงานติดตั้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 289.16 บาทต่อเมตร

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณร้อยละค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อป้องกันอุบัติเหตุป้องกันการตกจากที่สูงข้อมูลโครงการจริงเปรียบเทียบกับร้อยละค่าใช้จ่ายในการประเมินราคาจากการติดตั้งตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย โดยคิดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงเต็มกรอบอาคารภายนอกทุกชั้น (100%) สรุปเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงจากการสำรวจโครงการก่อสร้างจริงและประเมินตามเกณฑ์ วสท.

บริษัท	มูลค่าโครงการ (ล้านบาท)	จากการสำรวจ		ตามเกณฑ์ วสท.	
		บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ
A	499	650,000	0.13	2808900	0.56
B	225	300,000	0.13	1138423	0.51
C	324	710,000	0.22	997602	0.31
D	657	600,000	0.09	1700261	0.26
E	1,200	600,000	0.05	2115784	0.18
F	480	300,000	0.06	1644742	0.34
G	230	300,000	0.13	1593850	0.69

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงจากข้อมูลโครงการจริงเปรียบเทียบกับร้อยละค่าใช้จ่ายในการประเมินราคาจากการติดตั้งตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย โดยคิดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงเต็มกรอบอาคารภายนอกทุกชั้น (100%) พบว่าร้อยละการลงทุนจัดซื้อป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงแปรผันตามมูลค่าโครงการ มีความสัมพันธ์ในลักษณะเอกซ์โปเนนเชียล ดังรูปที่ 1 จากความสัมพันธ์ได้ค่าสมการจากการสำรวจโครงการก่อสร้าง คือ $y = 0.1884e^{-0.001x}$ และ $R^2 = 0.4428$ และสมการจากการประเมินค่าใช้จ่ายกรณีติดตั้งเต็มกรอบอาคารภายนอกทุกชั้น คือ $y = 0.6711e^{-0.001x}$ และ $R_2 = 0.550$ ซึ่งแนวโน้มมีความสัมพันธ์กัน แต่ความเป็นจริงแล้วผู้รับเหมาส่วนใหญ่จะไม่ลงทุนจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงเต็มกรอบอาคารภายนอกทุกชั้น ฉะนั้นต้องหาวิธีการประเมินค่าการลงทุนใหม่

รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนจริงของโครงการและราคาตามแบบมาตรฐาน วสท.ติดตั้ง(100%)

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาแนวทางติดตั้งบางส่วน โดยทำการตั้งสมมุติฐานว่าทางผู้รับเมาทำการติดตั้งอุปกรณ์ป้องการตกตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยประมาณร้อยละ 10-30 ของกรอบภายนอกอาคารทั้งหมดหรือติดตั้งความสูงประมาณ 3 ถึง 4 โดยทำการเปรียบเทียบกับราคาจากการสำรวจโครงการจริง กำหนดความแตกต่างของราคาค่าติดตั้งอุปกรณ์กันไม่ควรต่างกันเกินร้อยละ 30 สรุปผลได้ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงประเมินตามเกณฑ์ วสท. ในกรณีติดตั้ง 3 ชั้น

บริษัท	เส้นรอบรูปอาคาร (ม.)	จากการสำรวจ		ตามเกณฑ์ วสท.	
		บาท	บ/ม	บาท	บ/ม
A	9,714	650,000	66.91	610,000	63.24
B	3,937	300,000	76.20	270,000	68.15
C	3,450	710,000	205.80	260,000	75.14
D	5,880	600,000	102.04	360,000	60.42
E	7,317	600,000	82.00	500,000	68.15
F	5,688	300,000	52.74	390,000	68.15
G	5,512	300,000	54.43	350,000	64.33

จากตารางที่ 3 ความแตกต่างของข้อมูลอยู่ในช่วงร้อยละ 5.49-63.49 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 26.37 จะเห็นได้ว่าบริษัทส่วนซึ่งติดตั้งอุปกรณ์ป้องกัน 3 ชั้น คิดเป็นร้อยละ 12.51 ของเส้นรอบรูปของช่องเปิดทั้งหมด สำหรับในกรณีการติดตั้ง 4 ชั้นหรือคิดเป็นร้อยละ 16.68 ของเส้นรอบรูปของช่องเปิดทั้งหมด ความแตกต่างของข้อมูลอยู่ในช่วงร้อยละ 3.41-56.99 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 27.39 ดังแสดงผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงประเมินตามเกณฑ์ วสท. ในกรณีติดตั้ง 4 ชั้น

บริษัท	เส้นรอบรูปอาคาร (ม.)	จากการสำรวจ		ตามเกณฑ์ วสท.	
		บาท	บ/ม	บาท	บ/ม
A	9,714	650,000	66.91	710,000	72.66
B	3,937	300,000	76.20	310,000	79.20
C	3,450	710,000	205.80	310,000	88.51
D	5,880	600,000	102.04	410,000	68.89
E	7,317	600,000	82.00	580,000	79.20
F	5,688	300,000	52.74	450,000	79.20
G	5,512	300,000	54.43	410,000	74.10

จากข้อมูลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุตกจากที่สูงประเมินตามเกณฑ์ วสท. ในกรณีติดตั้ง 3 และ 4 ชั้น นำมาคำนวณร้อยละค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อป้องกันอุบัติเหตุป้องกันการตกจากที่สูงของโครงการจริงเปรียบเทียบกับร้อยละค่าใช้จ่ายในการประเมินราคาจากการติดตั้งตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงกับมูลค่าโครงการในกรณีติดตั้ง 3 และ4 ชั้นดังแสดงในรูปที่ 2-3

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าโครงการและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง ในกรณีติดตั้ง 3 ชั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าโครงการและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง ในกรณีติดตั้ง 3 ชั้น ดังสมการ $y = 0.1884e^{-0.001x}$ และ $R_2 = 0.4428$ สำหรับจากการสำรวจโครงการก่อสร้าง และสมการ $y = 0.1563e^{-0.001x}$ และ $R^2 = 0.6526$ สำหรับจากการประเมินค่าใช้จ่ายตามเกณฑ์ วสท. ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าโครงการและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง ในกรณีติดตั้ง 4 ชั้น ดังสมการ $y = 0.1884e^{-0.001x}$ และ $R_2 = 0.4428$ สำหรับจากการสำรวจโครงการก่อสร้าง และสมการ $y = 0.1825e^{-0.001x}$ และ $R_2 = 0.6552$ สำหรับจากการประเมินค่าใช้จ่ายตามเกณฑ์ วสท.

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าโครงการและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง ในกรณีติดตั้ง 4 ชั้น

ขั้นตอนที่ 5 ทั้งนี้หากทำการวิเคราะห์อัตราส่วนเส้นรอบรูปอาคารในกรณีติดตั้ง 3 ชั้น เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบข้อมูลทั้งสองแบบน้อยที่สุด พบว่าความยาวเส้นรอบรูปอาคารอยู่ในช่วงร้อยละ 10.0-15.79 หรือมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 12.51 เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนเส้นรอบรูปที่ติดตั้งตามมาตรฐาน วสท กับความยาวเส้นรอบรูปทั้งหมดของอาคารอยู่ในช่วง 1:6 - 1:10 หรือมีค่าเฉลี่ย 1:8 ดังแสดงในตารางที่ 5 ทั้งนี้ในกรณีสมมุติต้องพิจารณาค่าอุปกรณ์ติดตั้งเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากความเสียหายในระหว่างการทำงาน เช่น การชำรุดหรือการหักงอ กำหนดให้พิจารณาเกณฑ์เผื่อสำหรับความเสียหายเท่ากับร้อยละ 20 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยติดตั้งเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 15.01 หรือคิดเป็นอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูปในการติดตั้งต่อเส้นรอบรูปทั้งหมดเท่ากับ 1:6

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณเส้นรอบรูปทั้งอาคารกับในกรณีการติดตั้ง 3 ชั้น

บริษัท	เส้นรอบรูปอาคาร (ม.)	เส้นรอบรูป 3 ชั้น		
		ยาว (ม.)	ร้อยละ	อัตราส่วน
A	9,714	1079.4	11.11	1:9
B	3,937	513.51	13.04	1:8
C	3,450	544.80	15.79	1:6
D	5,880	588.00	10.00	1:10
E	7,317	954.39	13.04	1:8
F	5,688	741.90	13.00	1:8
G	5,512	636.00	15.54	1:9

ขั้นตอนที่ 6 ในกรณีหากบริษัทผู้รับเหมาอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงของเดิมบางส่วน โดยสมมุติให้อุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วน

บุคคลของเดิมที่มีอยู่แล้วคิดเป็นต้นทุนประมาณครึ่งหนึ่งของราคาจัดซื้อของใหม่ ดังนั้นกรณีตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยความยาวของเส้นรอบรูปอาคารเมื่อมีของเก่าอยู่แล้วบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ดังสมการ y=-0.1908x+66.796 ซึ่งตัวอย่างการคำนวณพบว่าในกรณีมีอุปกรณ์ป้องกันการตกหล่นในที่สูงของเดิมร้อยละ 25 ค่าใช้จ่ายต่อเมตรของเส้นรอบรูปที่ติดตั้งเท่ากับ 64.05 บาท/เมตร หรือสำหรับกรณีมีอุปกรณ์ป้องกันการตกหล่นในที่สูงของเดิมร้อยละ 85 ค่าใช้จ่ายต่อเมตรของเส้นรอบรูปที่ติดตั้งเท่ากับ 57.46 บาท/เมตร

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่อเส้นรอบรูปอาคารกับอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงที่มีอยู่เดิม

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้นำเสนอรูปแบบในการประเมินการลงทุนจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงของคนงานจากช่องเปิดสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารสูง ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยการเก็บข้อมูลจากบริษัทผู้รับเหมาจำนวน 7 โครงการพบว่า ค่าใช้จ่ายจริงในการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูงจากการสำรวจอยู่ในช่วง 54.43-205.80 บาทต่อเมตร หรือร้อยละ 0.30-0.71 ของมูลค่าโครงการ สำหรับการประเมินตามเกณฑ์มาตรฐาน วสท. จากการติดตั้งอุปกรณ์รอบอาคารทุกชั้นเป็นเงินเท่ากับ 289.16 บาทต่อเมตร หรือร้อยละ 0.12-0.69 ของมูลค่าโครงการซึ่งถือว่าสูงมาก ทั้งนี้หากพิจารณาเป็นค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมซึ่งควรมีความแตกต่างจากการเปรียบเทียบไม่เกินร้อยละ 30 พบว่าราคาที่เหมาะสมที่สุดต้องควรติดตั้งความสูงไม่เกิน 3 ชั้นหรือคิดเป็นร้อยละ 12.51 ของเส้นรอบรูปอาคารทั้งหมดหรือเป็นคิดเป็นอัตราส่วน 1:8 นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่าการมีอุปกรณ์ป้องการตกจากที่สูงของเดิมอยู่มากเท่าไรส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อของใหม่ลดลงมากขึ้นไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] V. Chonsuvivatwong, P. Kamolrattanakul. (1998). “A Multi-Centre Cross-Sectional Survey on Safety at Construction Sites in Thailand,” *Journal of Occupational Health*, 1998, 40, pp. 319-324.

[2] X. Huang, J. Hinze. “Analysis of Construction Worker Fall Accidents,” *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, 129(3), pp. 262-271.

[3] S. L. Tang, U. K. Lee, K. Wong, K. “Safety Cost optimization of Building Projects in Hong Kong”, *Journal of Construction Management and Economics*, 1997, 15, pp. 177-186.

[4] A. P. C. Chan, F. K.W. Wong, D. W. M. Chan. “Work at Height Fatalities in the Repair Maintenance Alteration and Addition Works,” *Journal of Construction Engineering and Management*, 2008, 134(7), pp. 527-535.

[5] J. G. Everett, P. B. Frank. “Cost of Accidents and Injuries to the Construction Industry,” *Journal of Construction Engineering and Management*, 1996, 122(2), pp. 158-164.

[6] กวี หวังนิเวสน์กุล, “การใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคลในงานก่อสร้าง” วิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9, 2547, เล่ม 1, หน้า 1-6.

[7] ธนารักษ์ วรปรีชาพันธ์, การศึกษาองค์ประกอบในการคิดราคางานการป้องกันอุบัติเหตุของงานก่อสร้างอาคาร.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร

The Impact of the Coronavirus 2019 Crisis on the Construction Business in Bangkok

ธนกฤต จารุศิลปางกูร[1*], สถาพร ลือรุ่งรัตน์วุฒิ[2], สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์[3], ณัชพงศ์พล คงชะสิงห์[4] และกฤษดา เสือเอี่ยม[5]

[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี

140 หมู่ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมือง ปทุมธานี 12000 Email: 6301130154039@ptu.ac.th[1], sathaporn.l@ptu.ac.th[2]

[3]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 Email: suwat.dh@kmitl.ac.th[3]

[4,5]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: nutchapongpol.k@rmutp.ac.th[3], gritsada.s@rmutp.ac.th[4]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร และศึกษาแนวทางในการรับมือจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ เจ้าของธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง หรือ ผู้รับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 202 คน จากกลุ่มประชากร 409 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในการแจกแจงความถี่ ในรูปของตารางสถิติแสดงค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ การบริหารงานก่อสร้าง และแรงงาน ตามลำดับ แนวทางในการรับมือจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ได้แก่ เตรียมพร้อมทางการเงินเพื่อรักษาสภาพคล่อง ทบทวนแผนการลงทุนและค่าใช้จ่าย ใช้สิทธิประโยชน์จากมาตรการบรรเทาผลกระทบที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศบริหารเงินทุนการก่อสร้างให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด และประเมินความเสี่ยงอย่างรอบด้านเพื่อลดความเสี่ยงให้เหลือน้อยที่สุด

คำสำคัญ : ผลกระทบ; ธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง; โคโรนาไวรัส 2019

Abstract

The purposes of this study are to investigate the impact of the coronavirus 2019 (COVID-19) crisis on the construction business in Bangkok and to investigate guidelines for coping with the impact of the coronavirus 2019 crisis on the construction business in Bangkok. The samples were 202 individual construction business entrepreneurs or contractors operating in Bangkok by 409 populations. A questionnaire was a tool for collecting the data. The statistics used for the analysis were the percentage, mean, and standard deviation. The results of the study are shown as in the following. The overall impact of the coronavirus 2019 crisis on the construction business in Bangkok was represented at a high level. As considered in each aspect, the cost of construction was the highest average expenditure, followed by construction management and labor, respectively. The guidelines for coping with the impact of the coronavirus 2019 crisis on the construction industry in Bangkok are recommended as staying solvent to maintain financial liquidity, reviewing investment plans and expenditure, claiming for related rights in alleviating issues released by either domestic or international law bodies or organizations, and effective management of construction costs to assess the risk in all aspects to be a minimal risk, respectively.

Keywords: The Impact; Construction Business; Corona Virus 2019.

1. บทนำ

ใน พ.ศ. 2562 ได้มีโรคระบาดใหม่เกิดขึ้นซึ่งมีจุดเริ่มต้นจากนครอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย สาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งผู้ป่วยที่ได้รับเชื้อจะมีอาการไข้สูงไอแห้งและอ่อนเพลีย ซึ่งต่อมาทางองค์การอนามัยโลกได้ประกาศโรคนี้อย่างเป็นทางการว่า โควิด-19 (COVID-19) และต่อมาไวรัสชนิดนี้ได้แพร่ระบาดในหลายประเทศ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจทั่วโลก และการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ได้ส่งผลต่อประเทศไทยและหนึ่งในธุรกิจที่ถูกผลกระทบโดยตรง คือธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง โดยเฉพาะกรุงเทพมหานคร เนื่องจากว่าเป็นเมืองหลวงของประเทศที่ถือได้ว่ามีการเจริญเติบโตของการพัฒนาเมืองมากที่สุด

ธุรกิจประเภทรับเหมาก่อสร้างในประเทศไทยเป็นหนึ่งในธุรกิจที่ส่งผลต่อการเติบโตของ GDP ของประเทศไทย และยังเป็นอุตสาหกรรมที่ส่งผลให้มีอัตราการจ้างงานสูง อย่างไรก็ตามผลกระทบจากวิกฤติการณ์แพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้โครงการภาคเอกชนหลายๆ โครงการต้องถูกเลื่อนระยะเวลาการก่อสร้างออกไปอย่างไม่มีกำหนด และมีบางโครงการถูกยกเลิกไป นอกจากนี้ยังส่งผลให้ธุรกิจรับเหมาก่อสร้างขนาดกลางและขนาดเล็กที่เข้าไปรับเหมาต่อจากผู้รับเหมารายใหญ่อีกทอดหนึ่งต้องได้รับผลกระทบตามไปด้วย เหตุการณ์ดังกล่าวทำให้ธุรกิจในภาพรวมมีกำไรลดลงถึงร้อยละ 74 เมื่อ

เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2562 [1] ยิ่งไปกว่านั้นในภาคครัวเรือนเอง ก็อาจมีการชะลอการก่อสร้างต่อเติมที่พักอาศัย เนื่องจากมีความกังวลเกี่ยวกับการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส โคโรนา 2019 ที่อาจมากับแรงงานที่เข้ามาปฏิบัติงานในพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งทำให้การตัดสินใจเลือกใช้บริการรับเหมาก่อสร้างของประชาชนในช่วงวิกฤติการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำได้ยากขึ้น

จะเห็นได้ว่า ปัญหาของการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่เกิดขึ้นล้วนทำให้ธุรกิจรับเหมาก่อสร้างเสียโอกาสจากการประสบความสำเร็จ สูญเสียรายได้จากการประกอบธุรกิจอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาถึง ผลกระทบจากวิกฤตโควิด-19 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครดังกล่าว เพื่อจะได้ทราบถึงผลกระทบจากวิกฤตโควิด-19 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครอย่างแท้จริง และได้แนวทางการรับมือจากผลกระทบที่เกิดขึ้นสำหรับธุรกิจก่อสร้างในอนาคตให้มีโอกาสประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร และศึกษาแนวทางในการรับมือจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้ที่เกี่ยวข้องในธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง ได้แก่ เจ้าของธุรกิจรับเหมาก่อสร้างหรือผู้รับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 409 คน จากแคมป์ก่อสร้างที่มีที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร [2]

3.2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาใช้ตามหลักการจากสูตรของทาโร่ยามาเน่ (Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ มีระดับค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5%

3.3. ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษา (Independent Variable) ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ตำแหน่งงานในปัจจุบัน ประสบการณ์ในการทำงาน และจำนวนโครงการก่อสร้างที่เคยดำเนินการที่ผ่านมาในอดีต

3.4. ตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษา (Dependent Variable) ได้แก่ ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง การบริหารงานก่อสร้าง แรงงาน และแนวทางในการรับมือจากผลกระทบที่เกิดขึ้น

4. การดำเนินการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาทางด้านเชิงปริมาณ โดยการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม และ สัมภาษณ์ โดยที่ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้ที่เกี่ยวข้องในธุรกิจรับเหมาก่อสร้างได้แก่ เจ้าของธุรกิจรับเหมาก่อสร้างหรือผู้รับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 409 คน [2] จากแคมป์ก่อสร้างที่มีที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครที่มีการจดทะเบียนรายชื่อบริษัทรับเหมาก่อสร้างขนาดใหญ่ , ขนาดกลางและขนาดเล็กในเขตกรุงเทพมหานคร [3] ซึ่งจะคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนประชากรทั้งหมด โดยใช้หลักการจากสูตรของทาโร่ ยามาเน่ (Yamane) [4] ในสมการที่ 1 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5% จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 202 คน และ ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นวิธีที่เลือกเอาตามความสะดวกในการติดต่อและการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้มาจะถูกทำการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \tag{1}$$

โดยที่

n คือ จำนวนตัวอย่าง

N คือ จำนวนประชากร

e คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ตำแหน่งงานในปัจจุบัน ประสบการณ์ในการทำงาน จำนวนโครงการก่อสร้างที่เคยดำเนินการที่ผ่านมาในอดีต ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ (Check List)

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง การบริหารงานก่อสร้าง แรงงาน ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบโดยใช้ระดับการวัดประเภทอันตรภาคชั้น (Interval Scale) 5 ระดับของลิเคิร์ท (Likert scale) (มีผลกระทบมากที่สุด - มีผลกระทบน้อยที่สุด)

ส่วนที่ 3 แนวทางในการรับมือจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร เป็นข้อคำถามที่ให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ

แบบสอบถามผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญทางด้านการวัดผล ด้านการก่อสร้าง และด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และทำการตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบสอบถาม โดยเฉพาะในส่วนของคำถามเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นแบบประเมินค่าระดับผลกระทบ โดยการหาค่า IOC : The Index of Item-Objective Congruence เพื่อตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) [5] แล้วนำคะแนนแต่ละข้อคำถามมาวิเคราะห์หาค่า IOC โดยมีเกณฑ์ตัดสินที่ยอมรับได้ที่ 0.5 – 1.00 ขึ้นไป [6] ซึ่งจากการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม พบว่า มีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ทุกข้อคำถาม (Index of Item-Objective Congruence : IOC) ≥ 0.50

สุดท้ายทำการปรับปรุงข้อคำถามของแบบสอบถาม และนำไปเก็บข้อมูลจำนวน 30 ชุด จากประชากรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือ ซึ่ง ใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่า (Coefficient) โดยวิธีการคำนวณของครอนบาค (Cronbach) ในสมการที่ 2 [7] ซึ่งการประเมินความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.863 (การแปลความหมายระดับความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ที่ดี)

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left(1-\frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right) \qquad (2)$$

โดยที่

α คือ สัมประสิทธิ์แอลฟา

K คือ จำนวนข้อคำถาม

$\sum s_i^2$ คือ ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อคำถาม

s_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวม

ผู้ศึกษาใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทำการวิเคราะห์ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อ หาค่าความถี่ (Frequency) และ ค่าร้อยละ (Percentage) สำหรับข้อมูลในส่วนที่ 1 ส่วนข้อมูลส่วนที่ 2 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยที่เกณฑ์การพิจารณาการคำนวณระดับการให้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละระดับชั้นโดยใช้สูตรการคำนวณช่วงความกว้างของชั้น และ เกณฑ์การแปลความหมายตาม มัลลิกา บุนนาค [8] ขณะที่ข้อมูลส่วนที่ 3 ใช้การพรรณนาข้อมูลเพื่ออธิบายข้อมูลของแบบสอบถามโดยวิธีการหาค่าความถี่ (Frequency)

5. ผลการศึกษา

ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลของการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 178 คน (ร้อยละ 88.10) มีอายุอยู่ระหว่าง 36 – 45 ปี จำนวน 94 คน (ร้อยละ 46.50) จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 114 คน (ร้อยละ 56.40) มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 100,000 - 300,001 บาท จำนวน 89 คน (ร้อยละ 44.10) เป็นเจ้าของธุรกิจ จำนวน 112 คน (ร้อยละ 55.40) และเป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง จำนวน 90 คน (ร้อยละ 44.60) มีประสบการณ์ในการทำงาน 11 – 20 ปี จำนวน 86 คน (ร้อยละ 42.60) และ มีจำนวนโครงการก่อสร้างที่เคยดำเนินการที่ผ่านมาในอดีต 11 – 15 งาน จำนวน 78 คน (ร้อยละ 38.60)

ส่วนที่ 2 ปัจจัยเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร

ผลของการศึกษาในส่วนที่ 2 ได้พิจารณาเป็นปัญหารายด้าน 3 อย่าง คือ ด้านค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง , ด้านการบริหารงานก่อสร้าง และด้านแรงงาน ผลการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 1-3 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงภาพรวมทั้งหมด ผลการศึกษาจะแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครด้านค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ต้นทุนในการก่อสร้างโดยรวมสูงขึ้นไม่อยู่ภายใต้งบประมาณที่ตั้งไว้	4.02	.503	มาก
2. มีการผันผวนของราคาวัสดุก่อสร้าง	3.52	.780	มาก
3. ค่าแรงหรือค่าล่วงเวลาปรับตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากขาดแคลนแรงงาน และมีความจำเป็นต้องลดจำนวนแรงงานลงแต่เพิ่มจำนวนรอบในการทำงาน	4.77	.435	มากที่สุด
4. มีค่าใช้จ่ายในการจัดการแคมป์เพื่อลดความเสี่ยงในการระบาดและติดเชื้อจากโรคโควิดเพิ่มมากขึ้น 19	4.01	.716	มาก
5. เกิดปัญหาในการหมุนเวียนกระแสเงินสดและขาดสภาพคล่อง	4.91	.319	มากที่สุด
6. การเบิกเงินตามงวดงานมีความล่าช้า ขาดสภาพคล่องในด้านการเงินของเจ้าของธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง/ผู้รับเหมาก่อสร้าง	4.59	.585	มากที่สุด
7. เสี่ยงต่อการถูกปรับเงิน หากไม่สามารถก่อสร้างได้เสร็จทันตามกำหนดระยะเวลา	4.06	.632	มาก
รวม	**4.27**	**.23**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.27) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า เกิดปัญหาในการหมุนเวียนกระแสเงินสดและขาดสภาพคล่อง เป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.91) รองลงมาคือ ค่าแรงหรือค่าล่วงเวลาปรับตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากขาดแคลนแรงงาน และมีความจำเป็นต้องลดจำนวนแรงงานลงแต่เพิ่มจำนวนรอบในการทำงาน ($\bar{x}$ = 4.77) และการเบิกเงินตามงวดงานมีความล่าช้า ขาดสภาพคล่องในด้านการเงินของเจ้าของธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง/ผู้รับเหมาก่อสร้าง ($\bar{x}$ = 4.59) ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านการบริหารงานก่อสร้าง ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีหนี้สิน รายจ่ายเพิ่มมากขึ้น เสี่ยงต่อการขาดทุนเพิ่มขึ้น เป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.94) รองลงมาคือ ระยะเวลาในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากต้องลดหรือหยุดก่อสร้างชั่วคราว ($\bar{x}$ = 4.75) และเกิดการชะลอการลงทุนใหม่ ($\bar{x}$ = 4.11) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านการบริหารงานก่อสร้าง

ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครด้านการบริหารงานก่อสร้าง	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ระยะเวลาในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากต้องลดหรือหยุดก่อสร้างชั่วคราว	4.75	.444	มากที่สุด
2. เกิดการตัดราคาในการประมูลงานก่อสร้างอย่างรุนแรง	1.95	.878	น้อย
3. เกิดการชะลอการลงทุนใหม่	4.11	.501	มาก
4. ขาดแคลนวัสดุก่อสร้างหรือเกิดปัญหาในการจัดส่งวัสดุก่อสร้าง ไม่มีวัตถุดิบในการผลิต	2.97	.581	ปานกลาง
5. มีหนี้สิน รายจ่ายเพิ่มมากขึ้น เสี่ยงต่อการขาดทุนเพิ่มขึ้น	4.94	.246	มากที่สุด
6. เกิดความไม่ปลอดภัยของสถานที่ทำงาน อาจเกิดการสัมผัสของแรงงานทำให้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้	4.04	.781	มาก
7. มีแนวโน้มต้องปิดกิจการลง	1.89	.714	น้อย
รวม	**3.52**	**.21**	**มาก**

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านแรงงาน

ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครด้านแรงงาน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. มีการลดจำนวนแรงงานลง ไม่เพียงพอต่อความต้องการ	4.55	.646	มากที่สุด
2. มีการลดค่าแรง หรือโอที หรือสวัสดิการของแรงงานลง	2.54	.591	น้อย
3. แรงงานมีความเครียดกับการทำงานมากขึ้น	3.07	.869	ปานกลาง
4. แรงงานต้องรับผิดชอบปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น	4.32	.466	มากที่สุด
5. แรงงานเสี่ยงติดเชื้อโควิด 19-หรือติดเชื้อโควิด19-	3.19	.634	ปานกลาง
6. แรงงานมีความเสี่ยงต่อการถูกเลิกจ้าง	2.66	.589	ปานกลาง
7. การจ่ายค่าแรงงานล่าช้ากว่าที่ควรจะเป็น	3.79	.445	มาก
รวม	**3.44**	**.23**	**มาก**

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครในภาพรวม

ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	4.27	.236	มากที่สุด
2. การบริหารงานก่อสร้าง	3.52	.216	มาก
3. แรงงาน	3.44	.231	มาก
รวม	3.74	.224	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านแรงงาน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.44) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีการลดจำนวนแรงงานลง ไม่เพียงพอต่อความต้องการเป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.55) รองลงมาคือ แรงงานต้องรับผิดชอบปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น ($\bar{x}$ = 4.32) และการจ่ายค่าแรงงานล่าช้ากว่าที่ควรจะเป็น ($\bar{x}$ = 3.79) ตามลำดับ

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ การบริหารงานก่อสร้าง และแรงงาน ตามลำดับ

ส่วนที่ 3 แนวทางในการรับมือจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร

ผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เสนอแนวทางในการรับมือจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ดังนี้

ด้านค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เสนอแนวทางให้เตรียมพร้อมทางการเงินเพื่อรักษาสภาพคล่อง ทบทวนแผนการลงทุนและค่าใช้จ่าย ศึกษาและใช้สิทธิประโยชน์จากมาตรการบรรเทาผลกระทบที่ได้จากภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ รองลงมาคือ บริหารเงินทุนการก่อสร้างให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด และวางแผนนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ในการก่อสร้างเพื่อลดระยะเวลาก่อสร้าง ตามลำดับ

ด้านการบริหารงานก่อสร้าง ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เสนอแนวทางให้มีการประเมินความเสี่ยงอย่างรอบด้านเพื่อลดความเสี่ยงให้เหลือน้อยที่สุด รองลงมาคือ มีแผนการทำงานก่อสร้างทั้งแผนระยะสั้นและระยะยาว และมีระบบการติดตามและกำกับการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและควบคุมโรคโควิด-19

ด้านแรงงาน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เสนอแนวทางให้เคลื่อนย้ายแรงงานในจำนวนครั้งที่น้อยที่สุด รองลงมาคือ กำหนดนโยบายความปลอดภัยในการทำงาน และจัดให้มีช่องทางการสื่อสารกับพนักงาน แรงงาน ที่สามารถเข้าถึงได้ โดยมีการสื่อสารทุกรูปแบบ

เพื่อให้ความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับโรคโควิด-19 และการปฏิบัติตัวที่ถูกต้องแก่พนักงาน

6. สรุปผลการศึกษา

ผลกระทบจากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครด้านค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าผลกระทบที่ได้รับมากที่สุดในด้านค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง คือ เกิดปัญหาในการหมุนเวียนกระแสเงินสดและขาดสภาพคล่อง ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับสถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2563) ที่ได้นำเสนอบทความเรื่อง การปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และธุรกิจรับเหมาก่อสร้างต่อวิกฤตโควิด-19 [9] ที่กล่าวว่า ผลกระทบจากวิกฤตโควิด-19 ทำให้โครงการก่อสร้างหลายโครงการต้องถูกเลื่อนระยะเวลาการก่อสร้างออกไปอย่างไม่มีกำหนด หลายบริษัทขาดสภาพคล่องทางการเงินอย่างรุนแรง ไม่มีเงินทุนหมุนเวียน และทำให้ต้องปิดกิจการลงไปในที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้าง ในด้านการบริหารงานก่อสร้างในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า ผลกระทบที่ได้รับมากที่สุดในด้านการบริหารงานก่อสร้าง คือ มีหนี้สิน รายจ่ายเพิ่มมากขึ้น เสี่ยงต่อการขาดทุนเพิ่มขึ้นและในด้านแรงงานในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าผลกระทบที่ได้รับมากที่สุดในด้านแรงงานคือ มีการลดจำนวนแรงงานลง แรงงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ

7. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ ดำเนินการในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่กำลังมีความรุนแรง ดังนั้นจึงเสนอแนะการศึกษาในอนาคต อาจทำภายหลังจากที่การแพร่ระบาดดังกล่าว คลี่คลายหรือยุติลงแล้วเพื่อศึกษามาตรการในการรักษาความปลอดภัยทางด้านสาธารณสุขที่อาจเปลี่ยนแปลงไปภายใต้ภาวะปกติใหม่ รวมทั้งมีแนวทางในการรับมือหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดจากผลกระทบอย่างไร ทั้งนี้ควรทำการศึกษาในมิติอื่นๆ เช่น ศึกษาในพื้นที่อื่นที่ได้รับผลกระทบ เพิ่มเติมประเภทของกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริมล ตรีพงษ์กรุณา, พัฒนาพร ฉัตรจุฑามาส, ภรศิษฐ์ จิราภรณ์, นพรัตน์ วงศ์สินหิรัญ และ ณลินี เด่นเลิศชัยกุล. (16 สิงหาคม 2563). การปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และก่อสร้างต่อวิกฤตโควิด-19.กรุงเทพธุรกิจ. สืบค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/pr/detail/72703

[2] ผู้จัดการออนไลน์. 2564. กทม. ติวเข้มแคมป์คนงานก่อสร้าง 409 แห่งยึดมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดโควิด. สืบค้นจาก https://mgronline.com/qol/detail/9640000050502

[3] อินฟอร์เมชั่น คอนสตรัคชั่น. 2564. ทะเบียนรายชื่อบริษัทรับเหมาก่อสร้างขนาดกลางและขนาดเล็กในเขตกรุงเทพมหานคร. สืบค้นจาก https://www.icons.co.th.

[4] ศิริพงศ์ พฤทธิพันธ์. 2553. ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับธุรกิจ. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ฮาซันพริ้นติ้ง.

[5] พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 9) กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[6] ระพินทร์ โพธิ์ศรี. 2554. สถิติเพื่อการวิจัย (Statistic for Research.) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] วัลลภ รัฐฉัตรานนท์. 2554. เอกสารการสอนประกอบการเรียนการสอนของคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[8] มัลลิกา บุนนาค. 2537. สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2563. การปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และก่อสร้างต่อวิกฤตโควิด-19. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ในการถอดปริมาณงานก่อสร้าง : กรณีศึกษาบ้านพักอาศัยชั้นเดียว

A Study of Building Information Modeling (BIM) in Construction Quantity Takeoff : Case Study of a Single Story House

ชุดารัตน์ จอมทอง[1], กฤษดา เสือเอี่ยม[2], ขวัญชนก อุนทะอ่อน[3], สิทธิศักดิ์ แจ่มนาม[4], บูชิต มาโห้[5], เฉลิมพล ไชยแก้ว[6], พัชรียา ไชยแก้ว[7], ธนภรณ์ สันหมุด[1], พีรดา แสงฟุ้ง[1] และธนพัฒน์ น้ำจันทร์[8*]

[1,2,3,5,8]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: [2]gritsada.s@rmutp.ac.th, [3]kwanchanok.o@rmutp.ac.th

[5]buchit.m@rmutp.ac.th, [8]tanapat.n@rmutp.ac.th*

[4]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: [4]sittisak.j@eng.kmutnb.ac.th

[6,7]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ถนนเพชรเกษม ตำบลหนองแก อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77110 Email: [6]chalermphol.c@rmutr.ac.th, [7]patchareeya.cha@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในการถอดแบบปริมาณงานก่อสร้างและเปรียบเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิมในระบบสองมิติบ้านพักอาศัย 1 ชั้น โดยเลือกใช้แบบบ้านเพื่อประชาชนของกรมโยธาธิการและผังเมือง วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารในการถอดแบบปริมาณงานก่อสร้างของโครงการตัวอย่าง ภายหลังแบบจำลองแล้วเสร็จทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณงานจากแบบจำลองและจากการถอดแบบด้วยวิธีดั้งเดิม ผลการวิจัย พบว่า ปริมาณงานในหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและหมวดงานสถาปัตยกรรมมีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 4.63 เนื่องมาจาก BIM ไม่มีการเผื่อความสูญเสียของวัสดุตามวิธีการถอดแบบซึ่งใช้มาตรฐาน วสท. เป็นเกณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ พบว่าเมื่อสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารเสร็จสมบูรณ์แล้ว เราสามารถใช้ประโยชน์จากสารสนเทศที่จัดเก็บใน BIM เพื่อทำความเข้าใจในเชิงลึกถึงคุณลักษณะของอาคารและกระบวนการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการใช้แบบก่อสร้าง 2 มิติ

คำสำคัญ : แบบจำลองสารสนเทศอาคาร; การถอดปริมาณงาน; การประมาณราคา

Abstract

This research project aimed to study Building Information Modeling (BIM) for the construction quantity takeoff and compared it with a traditional two-dimensional (2D) plan for a one-story house. A model of public houses from the Department of Public Works and Town and Country Planning was used for this experiment. The process started with creating the BIM model in order to apply it to the construction quantity takeoff and cost estimation. After the model accuracy was validated, the BIM-based estimation method was compared with the traditional estimation method. The result shows that the quantity taken off by BIM yields less than the 2D model. There was less than 4.63 percent because the BIM method does not compensate for material losses as recommended by the Engineering Institute of Thailand's guidelines. In addition, once a building information model has been successfully created, one can take its advantages to gain a more technical understanding of a given building and its respective construction processes than that is achieved by using a 2D model.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), quantity takeoff, cost estimate

1. บทนำ

การถอดปริมาณวัสดุ เป็นขั้นตอนสำคัญของการดำเนินโครงการก่อสร้าง ซึ่งเป็นการทำให้การประมาณราคางานก่อสร้างให้มีความแม่นยำหรือใกล้เคียงราคาจริง ทำได้โดยการแยกปริมาณงานจากแบบโดยการวัดปริมาณ แตกต่างกันไปตามลักษณะของวัสดุที่ทำการวัดปริมาณ นอกจากจะใช้ประมาณราคาก่อสร้างยังใช้เพื่อกำหนดวงเงินหรืองบประมาณ และขอบเขตสำหรับโครงการก่อสร้างนั้นได้ การคิดปริมาณเนื้องานของผู้ถอดแบบ อาจจะคิดได้ไม่เท่ากัน จึงกำหนดให้ผู้ถอดแบบใช้มาตรฐานการวัดเนื้องานและเกณฑ์การเผื่อความเสียหายเป็นอันเดียวกัน ในปัจจุบันแนวคิดการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญใน

อุตสาหกรรมการก่อสร้างและใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยในกระบวนการออกแบบ การบริหารจัดการงานก่อสร้าง การบริหารทรัพยากรอาคาร และตลอดอายุการใช้งานของอาคาร (Building Life Cycle) การประยุกต์ใช้ BIM สามารถควบคุมระบบการทำงานในกระบวนการต่าง ๆ ลดความผิดพลาดที่เกิดจากการแก้ไขแบบ การถอดปริมาณ ค่าใช้จ่าย สามารถช่วยตรวจสอบความถูกต้องของแบบ นอกจากนั้น BIM เป็นแบบจำลอง 3 มิติ ทำให้กระบวนการออกแบบเกิดความชัดเจนยิ่งขึ้น ประโยชน์ข้างต้นของ BIM ทำให้มีผู้สนใจในการนำ BIM มาใช้กับองค์กรมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้ในการถอดปริมาณวัสดุก่อสร้างและการประมาณราคาเปรียบเทียบกับวิธีการถอดปริมาณด้วยวิธีดั้งเดิม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

National Institute of Building Sciences, NIBS (2010) ได้นิยามว่า BIM คือแบบจำลองระบบดิจิตอลที่แสดงลักษณะทางกายภาพและระบบการทำงานของสิ่งก่อสร้าง และเป็นแหล่งแบ่งปันสารสนเทศต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง อีกทั้งเพื่อช่วยให้การตัดสินใจตลอดวัฏจักรการก่อสร้างนั้นมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น [1] การสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคารเป็นเทคโนโลยีซอฟต์แวร์ที่ได้รับการยอมรับอย่างรวดเร็วทั่วทั้งอุตสาหกรรมสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง BIM สามารถแสดงภาพสามมิติที่ถูกต้องแม่นยำของอาคาร นอกจากนี้ยังเป็นฐานข้อมูลที่สามารถติดตามคุณสมบัติข้อมูลสำหรับส่วนประกอบที่ประกอบด้วยแบบจำลองอาคาร สามารถอธิบายรูปทรงเรขาคณิตสามมิติ วัตถุ และคุณลักษณะของสิ่งอำนวยความสะดวกทางกายภาพ แกนหลักของ BIM คือ รูปทรงเรขาคณิตของอาคาร แต่ BIM ยังเป็นฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างของข้อมูลที่ไม่ใช่เพียงกราฟิก แต่ยังให้ข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบของอาคาร ในแบบจำลองข้อมูลอาคาร วัตถุทั้งหมดมีเอกลักษณ์และคุณลักษณะที่เหมือนจริง สามารถเรียงลำดับ ถอดปริมาณและตรวจสอบได้ [2]

2.2 มาตรฐานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

การนำ BIM ไปใช้งาน จำเป็นต้องกำหนดมาตรฐานในการสร้างแบบจำลองอาคารให้สอดคล้องกับกระบวนการทำงาน มาตรฐานดังกล่าว ประกอบด้วย

2.2.1. มาตรฐานรายละเอียดขององค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร หรือ Level of Development (LOD) คือการกำหนดระดับรายละเอียดขององค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร รวมทั้งข้อมูลสารสนเทศประกอบให้สอดคล้องกับกระบวนการทำงาน และเกิดความเข้าใจที่ตรงกันของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดเป็นค่าตัวเลข เช่น LOD 100, LOD 200 เป็นต้น

2.2.2. มาตรฐานการทำงานร่วมกันและการแบ่งปันข้อมูล ในกรณีงานที่มีความซับซ้อนและมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย จำเป็นต้องกำหนดมาตรฐานในการทำงาน และแบ่งปันข้อมูลระหว่างกัน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน

2.2.3. มาตรฐานการกำหนดหมวดหมู่และประเภทของข้อมูลองค์ประกอบอาคาร ประกอบไปด้วย มาตรฐานการตั้งชื่อ รายละเอียดข้อมูลสารสนเทศประกอบ และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐาน BIM แล้วในหลายประเทศ เช่น สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา เป็นต้น [3]

2.3 ประโยชน์ของแบบจำลองสารสนเทศ

แบบจำลองสารสนเทศอาคารประกอบไปด้วย ข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก และข้อมูลกราฟิกในองค์ประกอบต่างๆ ของอาคาร จึงสามารถนำข้อมูลสารสนเทศดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในส่วนงานอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย เช่น ด้านการบริหารการก่อสร้าง ด้านการจัดการทรัพยากรอาคาร ด้านผลิตชิ้นองค์ประกอบอาคาร ด้านการประเมินสมรรถนะอาคาร เป็นต้น [3]

Nadeem et al. (2015) ได้ศึกษาวิธีการหาปริมาณงานที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารในรูปแบบของปริมาณที่ใช้ภาพ 3 มิติ ทำการสร้างแบบจำลองให้ผู้รับเหมาทราบปริมาณงานและยังเป็นการทบทวนการหาปริมาณงานในรูปแบบเดิมทำให้สามารถเห็นภาพสิ่งก่อสร้างได้ชัดเจนและเป็นกระบวนการที่ช่วยลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน [4]

Machete et al. (2021) ได้ศึกษาประยุกต์ใช้ BIM สำหรับอาคารเก่าแก่ โดยใช้ BIM สำหรับการวางแผนฟื้นฟู และการบริหารจัดการทรัพยากรในการลงทะเบียนข้อมูล เช่น สถานะของการอนุรักษ์และประวัติการบำรุงรักษา โดย BIM สามารถทำงานร่วมกับรูปแบบข้อมูลอื่น ๆ เช่น เอกสาร สเปรดชีต รูปภาพ เป็นต้น สามารถย้ายข้อมูล อัปเดต และรายงาน ทำให้ได้ข้อมูลองค์ประกอบที่ถูกต้องสำหรับโครงการ [5]

3. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่

3.1. ทบทวนเอกสารและทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร การถอดปริมาณงานก่อสร้าง และการประมาณราคา

3.2 ศึกษาและวิเคราะห์ องค์ประกอบ กระบวนสร้าง และระดับข้อมูลที่ควรระบุลงในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

3.3 คัดเลือกโครงการกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 1 ชั้น (บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1)

3.4 สร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้งานโปรแกรม Autodesk Revit เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง และเป็นที่ยอมรับในงานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

3.5 ตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงกระบวนการรายละเอียดของแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับการถอดปริมาณ

3.6 ทำการถอดปริมาณงานและประมาณราคาโดยใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยวิธีดั้งเดิม

3.7 วิคราะห์ สรุปผลการศึกษา หาข้อจำกัดของงานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

4. ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารที่ทำการศึกษา

คณะผู้วิจัยได้เลือกโครงการตัวอย่างบ้านพักอาศัยครอบครัวไทยเป็นสุขแบบที่ 1 โครงการของกรมโยธาธิการและผังเมืองที่ทำการออกแบบอาคารเพื่อประชาชน เป็นโครงการบ้านเดี่ยวสูง 1 ชั้น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นที่ใช้สอย 77 ตารางเมตร แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

ภาพที่ 1 รูปด้านบ้านพักอาศัยครอบครัวไทยเป็นสุขแบบที่ 1 [6]

ภาพที่ 2 ผังบริเวณบ้านพักอาศัยครอบครัวไทยเป็นสุขแบบที่ 1 [6]

4.2 องค์ประกอบต่างๆ ของแบบจำลองสารเทศ

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลแบบก่อสร้าง ในรูปแบบ 2 มิติ เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบจำลองสารสนเทศอาคารในรูปแบบ 3 มิติ โดยสร้างเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 และแบบจำลองโครงการกรณีศึกษาดังภาพที่ 3

ตารางที่ 1 องค์ประกอบต่างๆ ของแบบจำลองสารเทศบ้านพักอาศัยครอบครัวไทยเป็นสุขแบบที่ 1

องค์ประกอบ	รูปตัวอย่าง
ฐานราก	
เสา	
คาน	
พื้น	
ประตูและหน้าต่าง	
ผนัง	
ฝ้าเพดาน	

ภาพที่ 3 แบบจำลองสารสนเทศอาคารกรณีโครงการศึกษา

4.3 เปรียบเทียบการถอดปริมาณของวิธีดั้งเดิมและวิธีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ตารางที่ 2 แสดงรายการวัสดุจากการถอดปริมาณด้วยวิธีดั้งเดิมและวิธีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ลำดับ	รายการ	ปริมาณวัสดุ		หน่วย
		วิธีดั้งเดิม	BIM	
1	งานเสาเข็ม	64	64	ต้น
2	งานคอนกรีตโครงสร้าง	14.7	14.6	ลบ.ม.
	ทรายหยาบ	4.0	4.0	ลบ.ม.
	คอนกรีตหยาบ	1.0	1.0	ลบ.ม.
3	งานแผ่นพื้นสำเร็จ	46.0	46.0	ตร.ม.
4	งานไม้แบบ	147.2	146.2	ตร.ม.
	ไม้เคร่า	44.2	43.8	ตร.ม.
	ตะปู	29.4	29.2	กก.
5	งานเหล็กเสริม			
	เหล็กเสริม Dia 6 มม.	250.0	243.4	กก.
	เหล็กเสริม Dia 9 มม.	367.4	359.0	กก.
	เหล็กเสริม Dia 12 มม.	320.0	321.0	กก.
	เหล็กเสริม Dia 16 มม.	339.0	323.3	กก.
	ลวดผูกเหล็ก	38.3	37.4	กก.
6	งานเหล็กรูปพรรณ			
	เหล็กฉาก ขนาด 25 x 25 x 3.0 มม.	480.0	477.0	กก.
	เหล็กตัวซี ขนาด 100 x 50 x 20 x 2.3 มม.	547.0	545.0	กก.
	เหล็กตัวซี ขนาด 125 x 50 x 20 x 3.2 มม.	74.3	73.0	กก.
	เหล็กรางน้ำ ขนาด 100 x 50 x 5 x 7.5 มม.	279.3	279.0	กก.
	เหล็กรางน้ำ ขนาด 150 x 75 x 6.5 x 10 มม.	762.6	762.6	กก.
7	งานมุงหลังคา			
	พื้นที่หลังคา	142.0	139.0	ตร.ม.
	ครอบสันโค้ง	77	77	แผ่น
	ครอบโค้งสามทาง	2	2	ตัว
	ครอบโค้งหางมน	4	4	ตัว
8	งานฝ้าเพดาน			
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	54.0	53.6	ตร.ม.
	ฝ้าไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2"	67.0	66.0	ตร.ม.
9	งานผนังและพื้นตกแต่ง			
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	99.0	98.7	ตร.ม.
	ผนังฉาบปูนเรียบ	191.0	191.0	ตร.ม.
	ผนังบุกระเบื้องเคลือบขนาด 8" x 8"	14.5	14.5	ตร.ม.
	พื้นผิวขัดมันเรียบ	21.0	21.0	ตร.ม.
	พื้นปูกระเบื้องเคลือบขนาด 8" x 8"	53.0	53.0	ตร.ม.
	พื้นผสมน้ำยากันซึมผิวปูกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8"x8"	5.0	5.0	ตร.ม.
10	งานประตู - หน้าต่าง			
	ป1 พร้อมมุ้งลวด	1	1	ชุด
	ป2 พร้อมมุ้งลวด	1	1	ชุด
	ป3 พร้อมมุ้งลวด	2	2	ชุด
	ป4	1	1	ชุด
	น.1 พร้อมมุ้งลวด	4	4	ชุด
	น.2 พร้อมมุ้งลวด	1	1	ชุด
	น.3 พร้อมมุ้งลวด	2	2	ชุด
	น.4 พร้อมมุ้งลวด	1	1	ชุด
11	งานสุขภัณฑ์			
	โถส้วมนั่งราบมีฐาน	1	1	ชุด
	อ่างล้างหน้าชนิดแขวนผนัง	1	1	ชุด
	กระจกเงา	1	1	ชุด
	ตัววงกบพลาสติก	1	1	ชุด
	สายชำระ	1	1	ชุด
	กล่องใส่กระดาษชำระ	1	1	ชุด
	ฝักบัวอาบน้ำ สายอ่อน	1	1	ชุด
	กล่องใส่สบู่	1	1	ชุด
	ราวแขวนผ้าพลาสติก	1	1	ชุด
12	งานทาสี	220.0	219.0	ตร.ม.

4.4 เปรียบเทียบราคาจากการถอดปริมาณของวิธีดั้งเดิมและวิธีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

จากผลการถอดปริมาณงานของวิธีดั้งเดิม และวิธีแบบจำลองระบบสารสนเทศอาคาร นำไปคำนวณหาค่าวัสดุและค่าแรง แยกเป็นงาน 12 หมวด ดังนี้

ตารางที่ 3 ราคาค่าแรงและค่าวัสดุที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีดั้งเดิมและวิธีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ลำดับ	รายการ	รวมราคาค่าวัสดุและราคาค่าแรง (บาท)		เปอร์เซ็นต์ต่าง (%)
		วิธีดั้งเดิม	BIM	
1	งานเสาเข็ม	45,056	45,056	0.00%
2	งานคอนกรีตโครงสร้าง	33,737	33,461	0.82%
3	งานแผ่นพื้นสำเร็จ	11,270	11,270	0.00%
4	งานไม้แบบ	78,468	77,903	0.72%
5	งานเหล็กเสริม	36,461	35,613	2.33%
6	งานเหล็กรูปพรรณ	79,889	79,619	0.34%
7	งานมุงหลังคา	41,063	40,241	2.00%
8	งานฝ้าเพดาน	69,334	68,450	1.28%
9	งานผนังและพื้นตกแต่ง	115,303	115,165	0.12%
10	งานประตู - หน้าต่าง	61,532	61,532	0.00%
11	งานสุขภัณฑ์	10,900	10,900	0.00%
12	งานทาสี	17,160	17,082	0.45%
	รวม	623,661	619,621	0.60%

จากตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าราคาค่าวัสดุของทั้ง 2 วิธีแตกต่างกัน โดยมีงานที่มีราคาที่ต่างกันได้แก่ งานคอนกรีตโครงสร้าง 0.82%, งานไม้แบบ 0.72%, งานเหล็กเสริม 2.33%, งานเหล็กรูปพรรณ 0.34%, งานมุงหลังคา 2.00%, งานฝ้าเพดาน 1.28%, งานผนังและพื้นตกแต่ง 0.12% และงานทาสี 0.45% ในส่วนงานที่มีราคาเท่ากัน ได้แก่ งานเสาเข็ม งานแผ่นพื้นสำเร็จงานประตู – หน้าต่าง และงานสุขภัณฑ์ จากราคารวมพบว่ามีค่าแตกต่างกัน 0.6%

5. สรุป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองสารสนเทศ และเปรียบเทียบใช้ระบบสารสนเทศอาคารกับการคิดปริมาณงานโครงสร้างและงานสถาปัตย์จากแบบก่อสร้างอาคารในรูปแบบสองมิติ ในตัวอย่างกรณีศึกษา สรุปได้ดังนี้

● จากการศึกษาใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการถอดแบบหาปริมาณงานและประมาณราคาในการก่อสร้าง ข้อดีของการถอดปริมาณวัสดุจากแบบจำลองสารสนเทศ 3 มิติ ช่วยลดเวลาในขั้นตอนถอดปริมาณวัสดุ และยังสามารถแสดงให้เห็นในรูปแบบ 3 มิติ ที่มีรูปแบบใกล้เคียงกับรูปแบบก่อสร้างจริง ในส่วนซอฟต์แวร์แบบจำลองสารสนเทศ 3 มิติ สามารถระบุถึงคุณลักษณะเฉพาะ เช่น ชนิดและขนาดของเหล็ก ชนิดของผนัง เป็นต้น และสามารถนำปริมาณวัสดุที่ถอดออกมาคำนวณต่อเพื่อหาค่าแรงและค่าวัสดุ

● จากการศึกษาเปรียบเทียบการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศกับวิธีการแบบดั้งเดิมเพื่อหาปริมาณงานและประมาณราคา พบว่าปริมาณงานในหมวดงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและหมวดงานสถาปัตยกรรมมีความแตกต่างกันไม่เกิน 4.63% และราคาของงานแต่ละงานขึ้นอยู่กับปริมาณงานที่ถอดออกมาได้ในแต่ละวิธีที่มีค่าต่างกัน จึงทำให้ราคารวมที่ได้จากวิธีแบบดั้งเดิมกับวิธีแบบจำลองสารสนเทศมีค่าแตกต่างกัน 0.6% ทำให้ทราบว่าการถอดปริมาณงานและปริมาณราคาด้วยวิธีแบบจำลองสารสนเทศมี ค่าใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม จึงสามารถใช้วิธีแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นแนวทางในการถอดปริมาณวัสดุในงานก่อสร้างและสามารถใช้วิธีการดังกล่าวเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในการทำงานมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] National Institute of Building Sciences [NIBS], BIM and FM. The portal to lifecycle facility management. Journal of Building Information Modeling spring. (2010).

[2] P. Teicholz (Ed.), BIM for Facility Managers, John Wiley & Sons, Apr 3 2013(ISBN:1118417623, 9781118417621).

[3] สมาคมสถาปนิกแห่งสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับประเทศไทย. ครั้งที่ 1. พลัสเพรส จำกัด : กรุงเทพฯ, (2558).

[4] A. Nadeem, A. K. D. Wong, and F. K. W. Wong, "Bill of Quantities with 3D Views Using Building Information Modeling," Arab. J. Sci. Eng., vol. 40, no. 9, pp. 2465–2477, 2015, doi: 10.1007/s13369-015-1657-2.

[5] Rita Machete, Joana R. Silva, Rita Bento, Ana Paul Falcão, Alexandre B. Goncalves, José Maria Lobo de Carvalho, and Daniel Vaz Silva, "Information transfer between two heritage BIMs for reconstruction support and facility management: the case study of the Chalet of the Countess of Edla, Sintra, Portugal," J. Cult. Herit., vol. 49, pp. 94–105, 2021, doi:10.1016/j.culher.2021.02.010.

[6] กรมโยธาธิการและผังเมือง, แบบบ้านเพื่อประชาชน : แบบบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (ออนไลน์) [สืบค้นวันที่ 10 พฤศจิกายน 2564]. จาก http://subsites.dpt.go.th/construction/images/pdf/home_fam_happy_1.pdf

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลสำหรับโครงการก่อสร้าง

Comparative Study of Cost of Personal Protective Equipment for Construction Projects

ทองพูล ทาสีเพชร[1*], ศรีสุดา จันศิริ[2], ยุทธณา คงจีน[2], ศุภประดิษฐ์ มาสงค์[2], ชาคริต ศรีสุวรรณรัตน์[3], วิมรรศนา ณ สงขลา[4] และ กฤษดา เสือเอี่ยม[5]

[1,3,4]สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

225 ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 Email: [1]deanthongpoon@yahoo.com, [3]chachrist_sr@rmutto.ac.th, [4]wimassana_na@rmutto.ac.th.

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยปทุมธานี

140 หมู่ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี Email: srisuda.j@ptu.ac.th

[5]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: gritsada.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

สถิติการได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุในการดำเนินงานก่อสร้างสำหรับประเทศไทยนั้นมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหลายประเทศและนักวิจัยจำนวนมากพยายามประเมินค่าใช้จ่ายในการป้องกันอุบัติเหตุดังกล่าว ทั้งนี้รัฐบาลไทยได้ให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว โดยมีมติคณะรัฐมนตรี พ.ศ. 2543 กำหนดให้ผู้รับเหมาที่รับงานภาครัฐต้องจัดทำแผนและแนวทางการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย อย่างไรก็ตามเหตุการณ์ดังกล่าวนั้นก็ยังคงเกิดขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการลงทุนอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลสำหรับโครงการก่อสร้างงานอาคาร โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้รับเหมาในหน่วยงานก่อสร้างด้วยแบบสอบถามเปรียบเทียบกับการประมาณการตามราคาจำหน่ายของบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน พบว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลสำหรับโครงการก่อสร้างงานอาคารนั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนคนงานในโครงการก่อสร้างและมาตรฐานในการใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล

คำสำคัญ : อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล, การลงทุน, อุบัติเหตุจากการก่อสร้าง, โครงการก่อสร้าง

Abstract

Statistics on construction accidents and injuries in Thailand have shown a high rate of occurrences in comparison to many other countries. Several researchers have been attempting to assess the cost of accident prevention. The Thai government also realized that this could be a significant problem. Therefore, the Thai government released a safety policy in 2000 to enforce contractors' contracts with public clients to provide their safety plans and implementation programs together. Nevertheless, many accidents still occur. This research aims to be a comparative study of the cost of personal protective equipment (PPE) for building construction. Data was collected on-site from contractors using a questionnaire and compared with the estimates based on the selling prices of accredited PPE manufacturers. The results of this study have shown that investment in PPE is associated with the number of workers in construction projects and the use of standard PPE.

Keywords: Personal preventive equipment, Investment, Construction accidents, Construction projects.

1. บทนำ

ธุรกิจการก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงสูง และมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงมากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าการจัดการที่หน้างานไม่ดี ไม่ตระหนักถึงความปลอดภัย และมีพฤติกรรมการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย Lam et al [1] ศึกษาพบว่าคนงานก่อสร้างส่วนใหญ่ในฮ่องกงขาดความรู้ทางด้านความปลอดภัย ขาดการฝึกอบรม และขาดการฝึกทักษะทางด้านการก่อสร้าง อีกทั้งโครงการก่อสร้างมีกิจกรรมที่ซับซ้อนและมีหลากหลายรวมอยู่ในโครงการเดียวกันดังนั้นคนงานจึงมีทักษะที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังรวมถึงการมีระยะเวลาก่อสร้างที่จำกัด การหมุนเวียนและอพยพคนงานตลอดเวลา การระดมคนงานจำนวนมากในการทำงาน คนงานมีการเคลื่อนไหวในการปฏิบัติงานตลอดเวลา รวมถึงมีการปีนป่ายและทำงานในสถานที่ซึ่งมีความเสี่ยง ด้วยเหตุนี้คนงานก่อสร้างจึงมีโอกาสสูงที่จะได้รับอันตรายจากการดำเนินงานก่อสร้าง ดังนั้นคนงานก่อสร้างจึงต้องมีการฝึกอบรมทักษะทางด้านความปลอดภัยในการทำงาน สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล มีการควบคุมดูแลโดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย รวมถึงต้องมีมาตรฐานและกฎระเบียบในการทำงาน [2] จากรายงานประจำปีของกองทุนเงินทดแทน สำนักงานการประกันสังคม กระทรวงแรงงาน ระบุว่ามีคนงานก่อสร้างประมาณ 15,000 คนได้รับอันตรายและเจ็บป่วยจาก

การทำงาน นอกจากนี้ยังมีคนงานเสียชีวิตมากถึง 100 คน การจัดการความปลอดภัยในการก่อสร้างจึงถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญสูงสุดและควรที่จะนำมาใช้เพื่อป้องกันอุบัติเหตุให้กับคนงาน ดังนั้นจึงมีมติคณะรัฐมนตรี [2543] กำหนดให้มี "มาตรการป้องกันและควบคุมอุบัติเหตุในงานก่อสร้างของรัฐ" เพื่อส่งเสริมความปลอดภัยในหน่วยงานและผู้รับเหมาที่ทำงานก่อสร้างของภาครัฐ ซึ่งจะต้องจัดทำแผนปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยและควรแสดงค่าใช้จ่ายสำหรับการป้องกันอุบัติเหตุจากแผนปฏิบัติด้านความปลอดภัยด้วยเช่นกัน

ในประเทศที่กำลังพัฒนา สถานการณ์ในการทำงานก่อสร้างไม่ค่อยดีนัก มีการอพยพคนงานก่อสร้างจากชนบทเข้ามาทำงานในเมืองใหญ่ คนงานเหล่านี้มีการฝึกอบรมและฝึกปฏิบัติด้านความปลอดภัยเพียงเล็กน้อย ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาประเทศไทยเริ่มมีสัญญาณการฟื้นตัวทางเศรษฐกิจ พิจารณาจากตัวเลขไตรมาสที่ 4 ของปี พ.ศ. 2564 คิดเป็นร้อยละ 1.6 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ แต่งานก่อสร้างยังมีแรงงานไร้ฝีมือเป็นจำนวนมาก ประกอบกับภาครัฐและภาคเอกชนไม่ให้ความสำคัญกับแผนการป้องกันอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง [3] ส่งผลให้คนงานได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจำนวนมาก แต่การสูญเสียเหล่านี้สามารถป้องกันได้ด้วยการมีแผนในการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยและการปรับปรุงหน้างานให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม Janadi [4] พบว่าในความเป็นจริงของการปฏิบัติงานของผู้รับเหมาในหน่วยงานก่อสร้างนั้นก็ยังมีการละเลยและเพิกเฉยในนโยบายด้านความปลอดภัยดังกล่าว ทั้งนี้อุตสาหกรรมการก่อสร้างมีอัตราเฉลี่ยการได้รับอันตรายและการเจ็บป่วยในช่วงร้อยละ 8-10 ของอุตสาหกรรมทั้งหมด และเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีจำนวนผู้เสียชีวิตมากถึง 100 คน โดย Fareequi et al [5] เปรียบเทียบอัตราการเสียชีวิตต่อคนงานก่อสร้างหนึ่งแสนคน ของประเทศออสเตรเลีย แคนาดา สวีเดน อังกฤษ ฮ่องกง ไทย พบว่ามีอัตราการเสียชีวิตเท่ากับร้อยละ 5.0, 20.9, 5.0, 4.4, 64.2 และ 37.3 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมการก่อสร้างในทั่วโลกมีแนวโน้มการได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตสูงกว่าอุตสาหกรรมอื่นๆ ทั้งหมด ในสหรัฐอเมริกา Everett et al [6] ได้ตรวจสอบค่าใช้จ่ายสำหรับอุบัติเหตุในงานก่อสร้างประมาณร้อยละ 7.9 ส่วนฮ่องกง ประมาณร้อยละ 15 ของมูลค่าโครงการก่อสร้าง [7] ในขณะที่ค่าใช้จ่ายเพื่อการป้องกันอุบัติเหตุในงานก่อสร้างประมาณร้อยละ 0.6-0.8 ซึ่งเกาหลีใต้ค่าใช้จ่ายสูงถึงร้อยละ 1.2-13 [8] ในส่วนของประเทศไทยการลงทุนสำหรับอุปกรณ์ป้องกัยภัยส่วนบุคคลเท่ากับ 14-129 บาทต่อคน [9] ส่วนเฉกชนก [10] พบว่ามีลงทุนสูงถึง 490-2,131 บาทต่อคน ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการลงทุนด้านความปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง และแนวทางในการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับระบบในการจัดการความปลอดภัยของโครงการก่อสร้าง

2. ระเบียบวิธีวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสอบถามข้อมูลบริษัทรับเหมาก่อสร้างงานอาคารพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 6 โครงการ ด้วยแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นทางด้านการจัดการความปลอดภัย การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลขั้นพื้นฐาน การลงทุน สำหรับมาตรการความปลอดภัยส่วนบุคคลของคนงานตรวจ จากนั้นทำการตรวจสอบราคาอุปกรณ์ตามมาตรฐานราคากลางของบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน เพื่อทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละโรงการก่อสร้าง

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

3.1 ข้อมูลทั่วไปของโครงการก่อสร้าง

จากการสำรวจโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจำนวน 6 โครงการขนาดพื้นที่ใช้สอยระหว่าง 4,800-20,000 ตารางเมตร โดยมีรายละเอียดโครงการและการลงทุนทางด้านการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดข้อมูลโครงการก่อสร้างและการลงทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคล

บริษัทผู้รับเหมา	A	B	C	D	E	F
อาคารสูง (ชั้น)	6	8	8	12	30	32
พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)	20,000	16,285	4,800	17,000	13,608	24,530
จำนวนคนงาน *(คน)*	350	120	150	350	400	430
ค่าก่อสร้าง (ล้านบาท)	238.00	322.921	66.335	104.40	402.00	493.00
ได้ดำเนินการแล้ว (%)	90	30	65.45	10	25	3
ลงทุน PPE (บาท)	98,000	150,400	600,000	109,500	175,000	34,010

จากข้อมูลในตารางที่ 1 เห็นได้ว่าแต่ละโครงการมีการลงทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลตั้งแต่ 34,010-600,000 บาท ในขณะที่โครงการก่อสร้างส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงเริ่มดำเนินการก่อสร้างความคืบหน้าโครงการในช่วงร้อยละ 3-90 จำนวนคนงานในช่วง 120-430 คน และมูลค่าโครงการก่อสร้างในช่วง 66-493 ล้านบาท จากข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวนำมาทำการวิเคราะห์การลงทุนทางด้านการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลในลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2 การวิเคราะห์การลงทุนการจัดซื้ออุปกรณ์ความปลอดภัย

ขั้นตอนที่1 ทำการตรวจสอบสอบราคาอุปกรณ์ตามมาตรฐานราคากลางของบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน โดยอุปกรณ์ที่เป็นของประจำคนงานก่อสร้างต้องสวมใส่ในระหว่างปฏิบัติงาน 10 อันดับแรก ได่แก่ หมวกแข็งนิรภัยร้อยละ 24.5 ผ้าปิดจมูกร้อยละ 13.87 รองเท้าพื้นยางหุ้มส้นร้อยละ 12.24 ถุงมือผ้าร้อยละ 11.83 เข็มขัดนิรภัยร้อยละ 9.79 แว่นตานิรภัยร้อยละ 8.16 ถุงมือหนังร้อยละ 6.93 ถุงมือยางร้อยละ 4.08 รองเท้านิรภัยร้อยละ 4.08 และแว่นตากรองแสงร้อยละ 2.45 โดยรวมราคาค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลต่อคนเท่ากับ 4,381 บาท ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคล

ลำดับ	อุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วน	ราคาต่อชิ้น (บาท)
1	หมวกแข็งนิรภัย	170
2	ผ้าปิดจมูก	14
3	รองเท้าพื้นยางหุ้มส้น	1,400
4	ถุงมือผ้า	70
5	เข็มขัดนิรภัย	1,170
6	แว่นตานิรภัย	140
7	ถุงมือหนัง	232
8	ถุงมือยาง	100
9	รองเท้านิรภัย	950
10	แว่นตากรองแสง	135
	รวมราคา	4,381

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณร้อยละค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลจากข้อมูลโครงการจริงเปรียบเทียบกับร้อยละค่าใช้จ่ายในการประเมินราคาจากบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ได้รับการรับรองมาตรฐานจากข้อมูลในตารางที่ 2 โดยคิดค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลสำหรับคนงานก่อสร้างเต็มจำนวน (100%) สรุปเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลจากโครงการก่อสร้างจริงและการประเมินราคา

บริษัท	มูลค่าโครงการ (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายจริง		ค่าใช้จ่ายประเมิน	
		บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ
A	238.0	98,000	0.04	1,409,000	0.64
B	322.9	150,400	0.05	526,000	0.16
C	66.3	600,000	0.91	657,000	0.99
D	104.0	109,500	0.11	1,533,000	1.47
E	402.0	175,000	0.04	1,553,000	0.44
F	493.0	34,010	0.01	1,883,000	0.38

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลจากข้อมูลโครงการจริงเปรียบเทียบกับร้อยละค่าใช้จ่ายในการประเมินราคาจากบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล โดยแนวคิดการจัดซื้อสำหรับคนงานก่อสร้างครบทุกคน (100 %) พบว่าร้อยละการลงทุนจัดซื้อป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลแปรผันตามมูลค่าโครงการ มีความสัมพันธ์ในลักษณะเอกซ์โปเนนเชียล ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในโครงการจริงเปรียบเทียบกับการประเมินราคาสำหรับคนงานก่อสร้าง 100%

จากรูปที่ 1 จากความสัมพันธ์ได้ค่าสมการจากการสำรวจโครงการก่อสร้าง คือ $y = 0.595e^{-0.008x}$ และ $R^2 = 0.6761$ และสมการจากการประเมินค่าใช้จ่ายกรณีซื้อครบทุกคน คือ $y = 1.3203e^{-0.003x}$ และ $R_2 = 0.7105$ ซึ่งแนวโน้มมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน แต่ความเป็นจริงแล้วผู้รับเหมาส่วนใหญ่จะไม่ลงทุนจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลให้คนงานก่อสร้างครบทุกคน ฉะนั้นต้องหาวิธีการประเมินค่าการลงทุนใหม่

ขั้นตอนที่ 4 ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างด้านราคาจากการจัดซื้อบางส่วน ดังแสดงผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างด้านราคาจากการจัดซื้อบางส่วน

บริษัท	A	B	C	D	E	F
ค่าก่อสร้าง (ล้านบาท)	238.00	322.921	66.335	104.40	402.00	493.00
ค่าใช้จ่ายจริง (บาท)	98,000	150,400	600,000	109,500	175,000	34,010
เฉลี่ยต่อคน (บาท)	0.04	0.05	0.91	0.11	0.04	0.01
ค่าใช้จ่ายประเมิน 10%						
เป็นเงิน (บาท)	140,900	52,600	65,700	153,000	155,300	188,300
เฉลี่ยต่อคน (บาท)	438	438	438	438	438	438
ผลต่าง (ร้อยละ)	56.46	65.05	89.05	40.03	0.14	453.89
ค่าใช้จ่ายประเมิน 8%						
เป็นเงิน (บาท)	112,720	42,080	52,560	122,640	124,240	150,640
เฉลี่ยต่อคน (บาท)	350	350	350	350	350	350
ผลต่าง (ร้อยละ)	**25.17***	72.04	91.24	**12.03***	**19.89***	343.11

ทั้งนี้เนื่องจากแนวคิดในการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลให้คนงานก่อสร้างครบทุกคนนั้นไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ดังนั้นทำการกำหนดสมมุติฐานใหม่สำหรับการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลประมาณร้อยละ 8-10 ของคนงานทั้งหมด เพื่อให้คนงานเบิกใช้ตามจริง พร้อมทั้งเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจริงและการประเมินสำหรับทั้งสองแบบ โดยกำหนดให้ความแตกต่างทางด้านราคาที่ยอมรับได้ไม่ควรเกินร้อยละ 30 โดยจากผลในตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาความแตกต่างของข้อมูล จะเห็นได้ว่าค่าความแตกต่างของสมมุติฐานการจัดซื้อทั้งสองแบบมีร้อยละความแตกต่างไม่เกินร้อยละ 30 (25.17%, 12.03% และ 19.89%) สำหรับการจัดซื้อควรจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลไม่เกินร้อยละ 8 ของคนงานทั้งหมด จากนั้นนำค่าใช้จ่ายไปทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมูลค่าก่อสร้างของโครงการ ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลจากโครงการก่อสร้างจริงและการประเมินราคาร้อยละ 8

บริษัท	มูลค่าโครงการ (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายจริง		ค่าใช้จ่ายประเมิน 8%	
		บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ
A	238.0	98,000	0.04	112,720	0.052
B	322.9	150,400	0.05	42,080	0.013
C	66.3	600,000	0.91	52,560	0.079
D	104.0	109,500	0.11	122,640	0.118
E	402.0	175,000	0.04	124,240	0.035
F	493.0	34,010	0.01	150,640	0.031

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลจากข้อมูลโครงการจริงเปรียบเทียบกับร้อยละค่าใช้จ่ายในการประเมินราคาจากบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลเมื่อทำการจัดซื้อร้อยละ 8 ของจำนวนคนงานก่อสร้างทั้งหมด พบว่าร้อยละการลงทุนจัดซื้อป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลแปรผันตามมูลค่าโครงการ มีความสัมพันธ์ในลักษณะเอกซ์โปเนนเชียล ดังรูปที่ 2 ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้แสดงด้วยสมการจากข้อมูลสำรวจโครงการก่อสร้าง คือ $y = 0.595e^{-0.008x}$ และ $R^2 = 0.6761$ และสมการจากการประเมินค่าใช้จ่ายกรณีทำการจัดซื้อร้อยละ 8 คือ $y = 0.1055e^{-0.003x}$ และ $R_2 = 0.6952$ ซึ่งแนวโน้มมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น นั่นหมายถึงแนวทางที่เหมาะสมจากการศึกษาคือการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลประมาณร้อยละ 8-10 ของคนงานทั้งหมด เฉลี่ยคิดเป็น 350 บาทต่อคน

ขั้นตอนที่ 5 ในกรณีสมมุติเหตุการณ์ในกรณีการใช้งานแล้วอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลเกิดการชำรุดเสียหาย เช่น เสื่อมสภาพ ฉีกขาด หักงอ ซึ่งพิจารณาค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในส่วนนี้ไปอีกร้อยละ 20 ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลของคนงานโดยเฉลี่ยต่อคนเท่ากับ 420 บาท

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในโครงการจริงเปรียบเทียบกับการประเมินราคาสำหรับคนงานก่อสร้าง (8%)

ขั้นตอนที่ 6 ในกรณีหากบริษัทฯ ผู้รับเหมามีอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลอยู่แล้วหรือมีบางส่วนนั้น โดยสมมุติให้อุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลของเดิมที่มีอยู่แล้วคิดเป็นต้นทุนประมาณครึ่งหนึ่งของราคาจัดซื้อของใหม่ ดังนั้น กรณีตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลของคนงานโดยเฉลี่ยต่อคนเมื่อมีของเก่าอยู่แล้วบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ดังสมการ y=-2.1x+420 ซึ่งตัวอย่างการคำนวณพบว่าในกรณีมีอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลของเดิมร้อยละ 25 ค่าใช้จ่ายต่อคนงานเท่ากับ 367.5 บาท หรือสำหรับกรณีมีอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลของเดิมร้อยละ 82 ค่าใช้จ่ายต่อคนงานลดลงเหลือ เท่ากับ 247.8 บาท

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อคนงานกับอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลที่มีอยู่เดิม

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้นำเสนอรูปแบบในการประเมินการลงทุนจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลสำหรับโครงการก่อสร้างอาคาร ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยการเก็บข้อมูลจากบริษัทผู้รับเหมาจำนวน 6 โครงการพบว่าค่าใช้จ่ายจริงในการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ได้จากการสำรวจอยู่ในช่วง 280-438 บาทต่อคนหรือร้อยละ 0.041-0.105 ของมูลค่าโครงการ สำหรับการประเมินจากการอุปกรณ์ที่จำเป็นครบทั้งสิบรายการเป็นเงินเท่ากับ 4,381 บาทต่อคน หรือร้อยละ 0.44-1.47 ของมูลค่าโครงการซึ่งถือว่าสูงมาก ดังนั้นการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการประเมินราคาจากบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลเมื่อทำการจัดซื้อร้อยละ 8 ของจำนวนคนงานก่อสร้างทั้งหมดหรือเท่ากับ 350 บาทต่อคนหรือร้อยละ 0.035-0.118 ของมูลค่าโครงการถือเป็นค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมและมีความแตกต่างจากการเปรียบเทียบไม่เกินร้อยละ 30 นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่าการมีอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลของเดิมอยู่มากเท่าไรส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อของใหม่ลดลงมากขึ้นไปด้วย สุดท้ายจากการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการเก็บข้อมูลแต่ละโครงการควรมีความก้าวหน้ามากกว่าร้อยละ 50 เพื่อที่จะประเมินค่าใช้จ่ายระบบจัดการความปลอดภัยทั้งระบบที่เป็นจริง เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายของการเกิดอุบัติเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อม และหาความสัมพันธ์ จะได้ค่าการลงทุนที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

[1] C. S. Lam, Y. K. Kam. “Safety Training to Improve Construction Worker Behaviour,” Hong Kong, 1998.

[2] T. Aksorn, B. H. W. Hadikusumo. “The Unsafe Acts and the Decision-to-Err Factors of Thai Construction Workers,” *Journal of Construction in Developing Countries*, 2007. 12(1), pp.1-14

[3] V. Chonsuvivatwong, P. Kamolrattanakul. “A Multi-Centre Cross-Sectional Survey on Safety at Construction Sites in Thailand,” *Journal of Occupational Health*, 1998, 40, pp. 319-324.

[4] M. O. Janadi. “Impact of Human Relations on the Safety of Construction Workers,” *International Journal of Project Management*, 1995, 13(6), pp. 383 – 386.

[5] R.U. Fareequi, F. Arif, S .F.A. Rafeequi. Safety Performance in Construction Industry of Pakistan, First International Conference on Construction In Developing Countries (ICCIDC–I), 2008.

[6] J.G. Everett, P. B. Frank. “Cost of Accidents and Injuries to the Construction Industry”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 1996, 122(2), pp. 158 – 164.

[7] S. L. Tang, H. K. Lee, K. Wong. “Safety Cost optimization of Building Projects in Hong Kong”, *Journal of Construction Management and Economics*, 1997. 15, pp. 177-186.

[8] K.S. Son, R. E. Melchers, W.M. Kal. “An Analysis of Safety Control Effectiveness”, *Journal of Reliability Engineering and System Safety*, 2000, 68(3), pp. 187-194.

[9] เสริมสิน วชิราพรพฤฒ (2543). ความสัมพันธ์ของระดับมาตรการความปลอดภัยกับค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของโครงการก่อสร้างอาคารสูง วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] เฉกชนก ช่วยนวล (2552). การศึกษาค่าใช้จ่ายความปลอดภัยและระดับการจัดการความปลอดภัยกับการมีส่วนร่วมของบุคคลากรในโครงการก่อสร้างอาคารสูง วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การพัฒนาผลิตภัณฑ์วงกบจากวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

Development of Casing Products by physic – nut composite plastic material for construction industry

นิโรจน์ เงินพรหม[1*]

[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา

Nirojn.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

จากการทดลองวิจัยพบว่ากรรมกรรมวิธีสำหรับการเตรียมวัสดุวงกบคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติก ต้นสบู่ดำ มีลักษณะเป็นผงน้ำหนักเบาเหมาะกับการทำวัสดุคอมโพสิท และพลาสติกหลังจากผ่านการบด จะเพิ่มพื้นที่ในการสัมพัสเมื่อทำการผสม ป้อนเข้าเครื่องได้อย่างสม่ำเสมอ หลอมละลายได้เร็ว ในระหว่างที่ผสมเม็ดพลาสติกผ่านการบดจะเกิดการเสียดสีกันจะมีประจุไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้น ทำให้ดูดฝุ่นของสารผสมติดผิวของเม็ดได้ดี สัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตวงกบวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion)ได้สัดส่วน ใยไม้ธรรมชาติจาดต้นสบู่ดำ (%น้ำหนัก) ที่ 57.8 % พลาสติก (%น้ำหนัก) 34.0 % และสารเติมแต่ง(%น้ำหนัก) 8.2 % สามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ไม่แตกร้าวและเกิดการบิดเบียวอุณหภูมิในการขึ้น การนำไปใช้งานวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกควรทดสอบและเลือกให้เหมาะกับลักษณะการใช้งาน

คำสำคัญ : วัสดุคอมโพสิท ; สบู่ดำ,วงกบ

1. บทนำ

วัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆรวมทั้งวัสดุที่ทำจากไม้หรือธรรมชาติเป็นวัสดุที่หายากและมีราคาแพงดังนั้นหากมีการคิดค้นวัสดุที่ทดแทนไม้ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันหรือดีกว่าและราคาถูกกว่าเพื่อเป็นทางเลือกให้กับวิศวกร ผู้รับเหมาและเจ้าของงานก่อสร้างผลิตภัณฑ์วงกบส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นไม้จริงที่มีราคาแพงและมีข้อจำกัดดังนั้นหากมีการวิจัยผลิตภัณฑ์วงกบจากคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการของตลาดอยู่มากรวมทั้งวัสดุที่ใช้ทำเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไม้แปรรูปและเศษไม้จากการเกษตรที่เหลือทิ้ง เป็นมลภาวะเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดหากนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งเป็นสินค้าสู่อุตสาหกรรมต่อไปได้

1.1 วัสดุคอมโพสิท

วัสดุคอมโพสิทยังประกอบด้วยตัวเสริมแรง (reinforce phase) และเนื้อประสาน (matrix) เช่น พอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่ในการประสานเชื่อมโยงโครงสร้างระหว่างตัวเสริมแรงเพื่อทำให้เกิดโครงข่าย 3 มิติ (crosslinking)

รูปที่ 1.1 แสดงประเภทของวัสดุคอมโพสิทโดยแบ่งตามลักษณะของส่วนเสริมแรง [1],[2]

เพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลให้แก่วัสดุคอมโพสิท ทั้งนี้ ด้วยคุณสมบัติของวัสดุ คอมโพสิทที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้วัสดุคอมโพสิทถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้างและโครงสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์และวัสดุทางการแพทย์ [3] จึงมีการแบ่งประเภทของวัสดุคอมโพสิทตามการใช้งานและวัสดุผสมดังรายละเอียดตามรูปที่ 1.1

1.2 พอลิเมอร์เมทริกซ์ (Polymer Matrix)

ตามที่ทราบกันแล้ววัสดุผสมประกอบด้วยวัสดุหลายอย่าง ประกอบด้วยส่วนผสมหลักเส้นใยและพอลิเมอร์เรซิน คือมีสารเติมต่างๆ เพื่อปรับสมบัติที่ต้องการ เช่นไบเดอร์ ฟิลเลอร์ เม็ดสี ตัวเร่ง และสารลดการติดไฟเป็นต้น เมื่อนำมาผสมกันก็จะเกิดรอยต่อระหว่างผิวหน้า (interfaces) ซึ่งเป็นผิวหน้าที่ฟอร์มพื้นที่หรือขอบเขตคล้ายๆ ขอบเกรนระหว่างส่วนประกอบ 2 ชนิดในสารเนื้อเดียว อินเตอร์เฟส (interphase) เป็นบริเวณที่ฟอร์มอยู่ระหว่างผิวหน้า (รูปที่ 2.1)

2 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 ใยไม้ธรรมชาติจากสบู่ดำ

ในงานวิจัยใช้ไม้สบู่ดำจากสวนทดลองเกษตร จากรูปที่ 2.2 ต้นสบู่ดำผ่านการตัดแต่งกิ่งจะมีกิ่งที่ตัดแล้ว ที่เหลือทิ้งตามท่องร่องจำนวนมากโดยส่วนใหญ่จะนำไปสุมรวมให้แห้งแล้วเพากำจัดทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางควัน หรือไม่ก็บดเป็นปุ๋ยหมักและกองทิ้งตามท้องร่อง

ให้ย่อยสลายตามธรรมชาติทำให้เกิดปัญหาการหมักของเชื่อราและมลภาวะในการกำจัดทิ้ง

รูปที่ 1.2 เป็นภาพตัดของวัสดุผสมเสริมเส้น สัณฐานวิทยาของการยึดติดกันระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 200 เท่า [4]

รูปที่ 2.2 ต้นสบู่ดำผ่านการตัดแต่งกิ่ง

จากรูปที่ 2.3 แกนในต้นสบู่ดำกำลังขยาย 10x จะเห็นว่าประกอบด้วยกลุ่มมัดท่อสำเลียงอยู่ทางด้านนอกและมี pith เป็นเนื้อเยื่อ Parenchyma ขนาดใหญ่ ส่วนกลางสุดของลำต้นเซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยมขนาดของเซลล์ใหญ่กว่าชั้นคอร์เทกซ์ บางเซลมีการสะสมน้ำอยางอยู่ภายในเซลล์ และการเรียงตัวของสติลเป็นแบบ ectophloic siphonostele (eustele) มัดท่อลำเลียงเป็นแบบ collateral bundle มีโฟลเอ็มอยู่ทางด้านนอกของไซเล็ม ไซเล็มประกอบด้วยเวสเซส เทรคีด ไซเล็มไฟเบอร์ และไซเล็มพาเรงไคมา พบว่า เทรคีดมี secondary thickening wall แบบhelical ส่วนโฟลเอ็มประกอบด้วย sieve element ไฟเบอร์ และโฟลเอ็มพาเรงไคมา

จากรูปที่ 2.3 แกนในต้นสบู่ดำกำลังขยาย 10x

2.2 พลาสติก

ในงานวิจัยนี้ใช้พลาสติกชนิดโพลีเอธิลีน (polyethylene – PE) ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นเม็ดพลาสติกที่มีคุณสมบัติแข็งแรง เหนียว ทนทาน ป้องกันความชื้นมิให้ผ่านเข้าออกได้ ทนกรดและด่างอ่อน มีน้ำหนักเบา ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.93 สามารถพับงอได้ดี มีความยืดตัวได้สูง ฉีกขาดยาก เป็นฉนวนไฟฟ้าดีมาก ไม่สามารถทนความร้อนสูง แต่ทนความเย็นได้ถึง –100 องศาฟาเรนไฮต์ เม็ดพลาสติกชนิด HDPE

จะเห็นได้ว่าโพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high-density polyethylene - HDPE) เหมาะกับการนำไปผลิตขึ้นรูปเป็นวัสดุในงานก่อสร้าง

รูปที่ 2.4 เม็ดพลาสติกชนิด HDPE

2.3 สภาวะการผสม

ซึ่งจะผสมผสานกันตามอัตราส่วน

ใยไม้ธรรมชาติ(%น้ำหนัก)	พลาสติก(% น้ำหนัก)	สารเติมแต่ง(%น้ำหนัก)						รวม
		ซีโร	แวก	สี	UV	กันเปราะ	หล่อลื่น	
57.6%	34%	1%	1%	6%	0.4	0.4	0.4	100%

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนผสมของใยธรรมชาติต้นสบู่ดำกับพลาสติก

2.4 การขึ้นรูป เครื่องอัดรีดตัวอย่างทดสอบโดยมีการลำเลียงวัถุดิบที่ผสมไว้แล้วมาลำเลียงป้อนเข้าเครื่อง และให้ความร้อนอัดผ่านโมลตัวอย่างขึ้นรูปเป็นชิ้นงานและ จากรูปที่ 2.6 ชุดให้ความร้อนเครื่องอัดรีดตัวอย่าง โดยมีเซนเซอร์ตรวจจับอุหภูมิที่ให้เพื่อควบคุมอุหภูมิเป็นไปตามต้องการซึ่งมีชุดควบคุมและให้ความร้อนในช่วงต่างๆดังรูป

นำส่วนผสม มาเข้าเครื่องอัดรีด (Extrusion) wood-extrusion

รูปที่ 2.5 เครื่องอัดรีดตัวอย่างทดสอบ

รูปที่ 2.6 ชุดให้ความร้อนเครื่องอัดรีดตัวอย่าง

2.5 ทดสอบความแข็งแรง และความแข็งตึง ในการดัดสถิตย์ (Strength and Stiffness in Static Bending)

- Modulus of Rupture (MOR) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการต้านการแตกหักหรือความแข็งแรง (Strength) ของไม้
- Modulus of Elasticity (MOE) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการต้านการโก่งหรือความแข็งตึง (Stiffness) ของไม้ มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ British Standard 373: 1957 Methods of testing small clear specimens of timber และตามมาตรฐาน ASTM D 143

2.6 ทดสอบความแข็ง (Hardness)

Britih Standard 373: 1957 Methods of testing small clear specimens of timber

2.7 ทดสอบการฉีก (Cleavage)

Britih Standard 373: 1957 Methods of testing small clear specimens of timber

3 ผลการทดสอบ

3.1 ผลทดสอบประกอบวงกบ

สารมารถประกอบและขึ้นรูปวงกบได้อย่างสวยงามตัดแต่งไสได้ง่าย

รูปที่ 3.1 ประกอบวงกบไม้คอมโพสิทจากต้นสบู่ดำ

รูปที่ 3.2 การประกอบเข้ามุม การเข้ามุมประกอบได้แนบสนิท

รูปที่ 3.3 ลักษณะการเซาะร่องเข้าเดือยวงกบไม้ไม้คอมโพสิทจากต้นสบู่ดำ

3.2 ผลการทดสอบความแข็งแรง และความแข็งตึง ในการดัดสถิตย์ (Strength and Stiffness in Static Bending)

Modulus of Rupture (MOR) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการต้านการแตกหักหรือความแข็งแรง (Strength) ของไม้

Modulus of Elasticity (MOE) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการต้านการโก่งหรือความแข็งตึง (Stiffness) ของไม้

ของวงกบจากวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกผลการทดสอบความแข็งแรง และความแข็งตึง ในการดัดสถิตย์ พบว่า มีความต้านการแตกหัก (MOR) มีค่า 27.10 และมีความสามารถในการต้านการโก่งความแข็งตึง (MOE) มีค่า 3,260 MPa และมีลักษณะการรับแรงดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ลักษณะการรับความแข็งแรง และความแข็งตึง ในการดัดสถิตย์ของวงกบจากวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติก

3.3 ผลการทดสอบความแข็ง (Hardness)

ของวงกบจากวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกผลการทดสอบความแข็ง พบว่า มีความค้ำความแข็ง 8,010 N และมีลักษณะการรับแรง ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ลักษณะการทดสอบความแข็ง ของวงกบจากวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติก

3.4 ผลการทดสแอบการฉีก (Cleavage)

ของวงกบจากวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงฉีก พบว่า มีความต้านการฉีก 0.760 MPaและมีลักษณะการรับแรง ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 3.6 ลักษณะการรับแรงฉีกของวงกบจากวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติก

4. สรุป

กรรมวิธีสำหรับการเตรียมวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติก ต้นสบู่ดำที่ความละเอียดอยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 0.5 มิลิเมตร มีลักษณะเป็นผงน้ำหนักเบาเหมาะกับการทำวัสดุคอมโพสิท และพลาสติกหลังจากผ่านการบด ขนาดต่ำกว่า 0.02 cm. จะเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสเมื่อทำการผสม ป้อนเข้าเครื่องได้อย่างสม่ำเสมอ หลอมละลายได้เร็ว ในระหว่างที่ผสมเม็ดพลาสติกผ่านการบดจะเกิดการเสียดสีกันจะมีประจุไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้น ทำให้ดูดฝุ่นของสารผสมติดผิวของเม็ดได้ดี สัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตวงกบวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion)ได้สัดส่วนดังตารางที่ 3.1 ใยไม้ธรรมชาติ (%น้ำหนัก) ที่ 57.8 % พลาสติก (%น้ำหนัก) 34.0 % และสารเติมแต่ง(%น้ำหนัก) 8.2 % สามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ไม่แตกร้าวและเกิดการบิดเบียว อุณหภูมิในการขึ้นรูป ผลิตวัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion) ที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 140-185 องศาเซลเซียส วงกบคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกสามารถรับแรงอัดขนานเสี้ยนได้ 19.7 MPa วัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกสามารถรับแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนได้ 38.1 MPa วัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกสามารถรับแรงดึงขนานเสี้ยนได้ 12.5 MPa วัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกสามารถรับแรงเฉือนขนานเสี้ยนได้ 7.68 MPa วัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกมีความสามารถในการต้านการแตกหักหรือความแข็งแรง (MOR) ได้ 27.10 MPa วัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกมีความสามารถในการต้านการโก่งหรือความแข็งตึง (MOE) ได้ 3,260 MPa วัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกมีความแข็ง 8,010 N วัสดุคอมโพสิทเส้นใยสบู่ดำผสมพลาสติกสามารถรับแรงฉีกได้ 0.760 MPa

เอกสารอ้างอิง

[1] Matthews F.L. and Rawlings R.D. Composite Materials : Engineering and Science. London Chapman & Hall, 1994

[2] ณฐสพล เกียรติพานิช, การพัฒนาเทอร์โมพลาสติกเสริมแรงที่เตรียมจากเส้นใยธรรมชาติและการศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติการไหล,วิศวกรรมเคมี,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548

[3] พันธพงศ์ ตั้งธีระสุนันท์ วัสดุคอมโพสิท: ทิศทางและแนวโน้มการใช้วัสดุคอมโพสิทในประเทศไทย เอกสารเผยแพร่ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กันยายน 2549

[4] สุปราณี แสงทอง, การปรับปรุงผิวเส้นใยธรรมชาติโดยใช้ปฏิกิริยาแอดไมเซลลาพอลิเมอไรเซชั่นสำหรับวัสดุประกอบ, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายนิโรจน์ เงินพรหม ความเชี่ยวชาญในสาขาวิชา Geotechnical Engineering, Computer Application in Civil Engineering, Construction Materials, วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาแนวโน้มความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร

The study of extreme events trends in Samut Sakhon

ขวัญชนก อุนทะอ่อน[1] ธนพัฒน์ น้ำจันทร์ วิมรรศนา ณ สงขลา[2]

ชัชพงศ์ แซ่เอียบ ศิรินันท์ สีวัด และ นันทภัทค์ ลิ้มไพบูลย์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: kwanchanok.o@rmutp.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

225 ถนนพญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร E-mail: wimassana@gmail.com

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงและรวดเร็วก่อให้เกิดผลกระทบไปหลายพื้นที่ทั่วโลก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณฝนที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอดีต ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อการทำเกษตรกรรม การทำนาเกลือเป็นเกษตรกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทยซึ่งจะทำในช่วงฤดูแล้ง การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศในจังหวัดสมุทรสาคร ด้วยดัชนีฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด 6 ดัชนี ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบรายปีและรายฤดูกาลจากข้อมูลตรวจวัดปริมาณฝนจำนวน 4 สถานีที่กระจายตัวอยู่ในจังหวัดสมุทรสาคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2563 ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีดัชนีที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความมั่นใจที่ 95% ซึ่งส่งผลกระทบต่อการตกของฝนทั้งในส่วนของความเข้มฝนและจำนวนวันฝนตกต่อเนื่องที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในฤดูการทำนาเกลือในจังหวัดสมุทรสาคร

คำสำคัญ: ความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ, สหสัมพันธ์, ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด

Abstract

Extreme and rapid climate change causing effects to many areas around the world climate change has a direct impact on the amount of precipitation that may have changed in the past causing a direct impact on agriculture salt farming is one of Thailand's most important farming activities, which is done during the dry season. The objective of this study was to study the extreme events trends using the statistical technique with 6 extreme precipitation indices from 4 rainfall stations (1975-2020) in Samut Sakhon Province for annual and seasonal rainfall. The study found that some of the extreme precipitation indices indicated statistically significant changes in annual and seasonal rainfall at 95% confidence levels which affect to the salt farming season in Samut Sakhon Province in term of the increasing rainfall intensity and increasing consecutive wet or decreasing dry days in the salt farming season in Samut Sakhon Province

Keywords: Extremes events, Correlation, Extreme precipitation indices

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรง เป็นเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบอย่างมากกับเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมไปในหลายพื้นที่ทั่วโลก จากผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในหลายประเทศพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพอากาศก่อให้เกิดภัยธรรมชาติต่างๆ เช่น น้ำท่วม น้ำแล้ง พายุไต้ฝุ่น หิมะตกหนัก เป็นต้น Byung Sik Kim และคณะ [1] ได้ศึกษาสภาพภูมิอากาศของศตวรรษที่ 21 มีแนวโน้มที่จะแตกต่างกันจากศตวรรษที่ 20 พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเชิงพื้นที่และมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่แนวโน้มฤดูร้อนจะยาวนานกว่าฤดูใบไม้ร่วง ฝนที่ตกหนักในประเทศเกาหลีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ช่วงที่แห้งแล้งยาวนานที่สุดลดลง และฝนตกหนักบ่อยขึ้น โดยศึกษาข้อมูลฝนสุดขั้วจากเหตุการณ์ในอดีต 6 ดัชนีสุดขั้ว รวบรวมข้อมูลจากหอดูดาว 66 แห่งทั่วประเทศ การศึกษาสภาวอากาศที่รุนแรงยังมีให้เห็นอีกในหลายงานวิจัย เช่น WP Abdila and BD A Nugroho [2] ศึกษาเกี่ยวกับอุบัติการณ์สุดโต่ง เช่น หยาดน้ำฟ้าที่รุนแรง นำไปสู่การเกิดอุกทกภัย และภัยแล้งซึ่งมีผลกระทบต่อการเกษตรในพื้นที่ทางตอนใต้ของเกาะชวาประเทศอินโดนีเซีย โดยใช้ 27 ดัชนีสุดขั้ว แบ่งเป็น 11 ดัชนีหยาดน้ำฟ้าสุดขั้ว และ 16 ดัชนีอุณหภูมิสุดขั้ว เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของดัชนีหยาดน้ำฟ้าเพื่อเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนในภาคใต้ของเกาะชวา โดยใช้การทดสอบ Mann-Kendall ที่ไม่อาศัยพารามิเตอร์ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ ปริมาณฝนรายวันต่อเนื่อง 32 ปี จำนวน 7 สถานี จากการศึกษาพบว่า แนวโน้มสำคัญส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่สถานีทางตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา มีแนวโน้มของปริมาณฝนตกต่อเนื่องกันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนดัชนีความชื้นมีค่าลดลง จากปรากฏการณ์นี้บ่งชี้ว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการเกษตรจะมี

ปริมาณการใช้ที่มากขึ้น Tirzah Moreira de Melo และคณะ [3] ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปของรัฐรีโอกรันดีโดซูล ประเทศบราซิลปี ในปี พ.ศ.2558 เพื่อวางแผนการรับมือต่ออากาศที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อการเกษตร โดยใช้ข้อมูลสถานีฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาของรัฐรีโอกรันดีโดซูลจำนวน 7 สถานี ดัชนีที่ใช้ในการวิเคราะห์ 8 ดัชนี และอาศัยพารามิเตอร์ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพอากาศโลก จากผลการวิเคราะห์พบว่าแนวโน้มของอุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มที่จะลดลง แต่ปริมาณฝนที่ตกหนักมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น

สำหรับสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศในประเทศไทย งานวิจัยสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศด้วยดัชนีสุดขั้วหลายๆ ดัชนี เช่น Atsamon Limsakul และคณะ [4] ศึกษาแนวโน้มดัชนีอุณหภูมิสุดขั้วที่แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องเชิงพื้นที่ และแนวโน้มที่สำคัญซึ่งสอดคล้องกับภาวะโลกร้อนในพื้นที่ศึกษา อัสมน ลิ่มสกุล และคณะ [5] ศึกษาสภาพความรุนแรงของสภาวะอากาศที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปด้วยดัชนีที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศจำนวน 17 ดัชนี พบว่า ภูมิอากาศหลายเหตุการณ์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในรอบ 40-50 ปีที่ผ่านมา เช่น ความถี่ของเหตุการณ์ฝนในพื้นที่ส่วนใหญ่ในประเทศไทยลดลง แต่ความแรงฝนและความเข้มของฝนจากเหตุการณ์ฝนตกหนักกลับเพิ่มขึ้น ปริมาณฝนตกหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ วินัย เชาวน์วิวัฒน์ และคณะ [6] ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อค่าดัชนีฝนสุดขั้วของประเทศไทยด้วยค่าความเป็นไปได้ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกส่งผลกระทบต่อภัยพิบัติที่เกี่ยวกับน้ำในประเทศไทยโดยเฉพาะน้ำท่วม และน้ำแล้ง โดยใช้ 10 ดัชนีในการวิเคราะห์ ประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

สภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการเกษตรของประเทศไทยไม่ใช่เพียงการทำนาข้าวเท่านั้น ยังรวมไปถึงการทำนาเกลือซึ่งเป็นเศรษฐกิจที่สำคัญหนึ่งของประเทศด้วยเช่นกัน การศึกษานี้จึงให้ความสนใจที่จะศึกษาแนวโน้มความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปที่จะส่งผลกระทบต่อการทำนาเกลือ

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝนรายวันจากสถานีตรวจวัดปริมาณฝนจำนวนทั้งสิ้น 4 สถานี ที่กระจายตัวอยู่ในจังหวัดสมุทรสาคร ตั้งแต่เริ่มตั้งสถานีจนถึงปี 2563 เก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา โดยการคัดเลือกสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่เหมาะสมพิจารณาจากความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลไม่น้อยกว่า 95% และต้องมีความยาวชุดข้อมูลไม่น้อยกว่า 30 ปี จากการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนทั้ง 4 สถานี พบว่าสถานีตรวจวัดฝนที่มีความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูลไม่น้อยกว่า 95% ของข้อมูลทั้งหมด มีจำนวนทั้งสิ้น 2 สถานี และมีความยาวชุดข้อมูลตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป โดยข้อมูลดังกล่าวนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศด้วยวิธีทางสถิติของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Extreme precipitation indices) จำนวน 6 ดัชนี ได้แก่ ระยะเวลาแห้งแล้งยาวนานต่อเนื่อง (Maximum number of consecutive dry days; CDD) ระยะเวลาชุ่มชื้นต่อเนื่อง (Maximum number of consecutive wet days; CWD) จำนวนวันที่ฝนตกหนัก (Number of days with precipitation > 10 mm; R10) จำนวนวันที่ฝนตกหนัก (Number of days with precipitation > 20 mm; R20) ปริมาณฝนสูงสุดในรอบหนึ่งวัน (Maximum 1-day rainfall amount; Rx1D) ปริมาณฝนสูงสุดในรอบห้าวัน (Maximum 5-day rainfall amount; Rx5D)

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น [7] วิเคราะห์มาจากความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรง ระหว่างตัวแปร x และ y โดยนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณฝนสะสมรายปี ณ สถานีที่คัดเลือกในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรสาครจำนวนทั้งสิ้น 2 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2563 โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ แบบรายปี และแบบรายฤดูกาล (เดือน พฤจิกายน ถึง พฤษภาคม) ที่เป็นช่วงในการทำนาเกลือ ดังสมการที่ (1)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_i X_i + e_i \tag{1}$$

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศด้วยวิธีทางสถิติของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Extreme precipitation indices) จำนวน 6 ดัชนีจากอดีตจนถึงปัจจุบันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) ภายใต้เงื่อนไข 3 ประการ คือ ตัวแปรทั้งสองตัวเป็นข้อมูลต่อเนื่อง ข้อมูลแต่ละชุดต้องเป็นอสระต่อกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรเป็นแบบเส้นตรง ดังสมการที่ (2)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)\left(y_i - \bar{y}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2\left(y_i - \bar{y}\right)^2}} \tag{2}$$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณฝนรายปีกับช่วงเวลาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นไปในทิศทางเดียวกันไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 หากค่าสัมประ

สิทธ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0 แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนรายปีไม่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปีกับช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใดพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิการตัดสินใจ (Coefficient of determination, r^2)

การทดสอบสมมุติฐานใช้วิธีการทดสอบค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับสมมติฐานหลัก (p-value) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ p-value<0.05

2.4 ผลการศึกษา

การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศด้วยวิธีทางสถิติของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด จำนวน 6 ดัชนี ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในจังหวัดสมุทรสาคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2563 จำนวน 2 สถานี จากสถานีตรวจวัดปริมาณฝนทั้งหมด 4 สถานี โดยพิจารณาจากความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลปริมาณฝนไม่น้อยกว่า 95% และมีความยาวชุดข้อมูลปริมาณฝนไม่น้อยกว่า 30 ปี

ผลการทดสอบด้วยความน่าจะเป็น (p-value) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของดัชนีปริมาณฝนสูงสุด 6 ดัชนี แบบรายปี และรายฤดูกาล ที่สถานี 428003 และ 428004 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2563 แสดงในตารางที่ 1-4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีปริมาณฝนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแบบรายปี ได้แก่ ค่าดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกมากกว่า 20 มิลลิเมตร(R20) ที่สถานี 428003 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.2 วันต่อปี ค่าดัชนีระยะเวลาที่ชุ่มชื้นต่อเนื่อง (CWD) และค่าดัชนีปริมาณฝนสูงสุดในรอบห้าวัน (Rx5D) ที่สถานี 428004 มีแนวโน้มเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติปีละ 0.7 และ 1.4 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบด้วยความน่าจะเป็น (p-value) ของดัชนีปริมาณฝนสูงสุด แบบรายปี ที่สถานี 428003 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2563

ดัชนี	ผลการคำนวน	P-value	Statistically significant
CDD	y = -0.6433x + 80.108	0.176	NO
CWD	y = -0.008x + 7.3404	0.772	NO
R10	y = 0.2905x + 30.918	0.054	NO
R20	y = 0.1825x + 15.425	0.037	YES
Rx1D	y = 0.4734x + 79.143	0.463	NO
Rx5D	y = 0.3212x + 33.343	0.357	NO

สำหรับรายฤดูกาล ที่สถานี 428003 ค่าดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร (R10) ค่าดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกหนักน้อยกว่า 20 มิลลิเมตร (R20) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉลี่ยปีละ 0.3 วัน และ 0.2 วัน ตามลำดับ และดัชนีระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง (CDD) แนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 1.06 วันต่อปี

3. สรุป

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร ด้วยวิธีทางสถิติของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดจำนวน 6 ดัชนี เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการกับสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์แนวโน้มดัชนีปริมาณฝนสูงสุดแบบรายปี และแบบรายฤดูการมีดัชนีที่บ่งชี้ถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความมั่นใจที่ 95% และรวมไปถึงดัชนีที่บ่งชี้ถึงการลดลงของระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการตกของฝนทั้งในส่วนของความเข้มฝนและจำนวนวันฝนตกต่อเนื่องในฤดูการทำนาเกลือในจังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งต้องการสภาพอากาศที่แห้งแล้งยาวนานต่อเนื่อง หากมีปริมาณฝนที่ตกมากก็จะให้เกลือละลายและการทำนาเกลือเป็นไปได้ยากมากยิ่งขึ้น

4. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และข้อมูลปริมาณฝนในจังหวัดสมุทรสาครได้รับการเอื้อเฟื้อจากกรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบด้วยความน่าจะเป็น (p-value) ของดัชนีปริมาณฝนสูงสุด แบบรายปี ที่สถานี 428004 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2563

ดัชนี	ผลการคำนวน	P-value	Statistically significant
CDD	y = -0.2191x + 58.823	0.244	NO
CWD	y = 0.0718x + 5.4203	0.022	YES
R10	y = 0.0692x + 37.07	0.537	NO
R20	y = 0.0426x + 21.783	0.625	NO
Rx1D	y = -0.0946x + 104.16	0.863	NO
Rx5D	y = 1.3636x + 16.414	0.001	YES

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบด้วยความน่าจะเป็น (p-value) ของดัชนีปริมาณฝนสูงสุด แบบรายฤดูกาล ที่สถานี 428003 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2563

ดัชนี	ผลการคำนวน	P-value	Statistically significant
CDD	y = -1.0667x + 111.44	0.006	YES
CWD	y = -0.0036x + 3.7797	0.849	NO
R10	y = 0.3062x + 4.4348	0.023	YES
R20	y = 0.1822x + 2.0232	0.024	YES
Rx1D	y = 0.1124x + 61.95	0.815	NO
Rx5D	y = 0.0706x + 8.9806	0.779	NO

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบด้วยความน่าจะเป็น (p-value) ของดัชนีปริมาณฝนสูงสุด แบบรายฤดูกาล ที่สถานี 428004 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2563

ดัชนี	ผลการคำนวน	P-value	Statistically significant
CDD	y = -0.5501x + 84.74	0.073	NO
CWD	y = 0.0167x + 3.1263	0.394	NO
R10	y = 0.0768x + 8.8778	0.250	NO
R20	y = 0.0495x + 5.2828	0.280	NO
Rx1D	y = 0.3833x + 61.182	0.300	NO
Rx5D	y = 0.6114x + 0.1223	0.150	NO

เอกสารอ้างอิง

[1] Byung Sik Kim, Young Han Yoon, Hyun Dong Lee. (2011) Analysis of Changes in Extreme Weather Events Using . Construction Environment Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Goyang 411-712, Korea, Department of Construction & Environment Engineering, University of Science & Technology (UST), Daejeon 305-350, Korea.

[2] Tirzah Moreira de Melo, Jose Antônio S. Louzada, Olavo Correa Pedrollo. (2015) Trends in Extreme Indices and Seasonal Analysis of Precipitation and Temperature in the Northwest Region of Rio Grande do Sul, Brazil. cientific Research Publishing Inc. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

[3] WP Abdila and BD A Nugroho. (2021) Trend analysis of extreme precipitation indices in the southern part of Java. Master Program, Department of Agricultural and Biosystems Engineering, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, Departement of Agricultural and Biosystems Engineering, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

[4] Atsamon Limsakul, Sangchan Limjirakan , Thavivongse Sriburi. (2009) Trends in daily temperature extremes in Thailand. Environmental Research and Training Center, Technopolis Klong 5 Klong Luang Pathumthani 12120 Thailand, Environmental Research Institute, Chulalongkorn University Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand.

[5] อศัมน ลิ่มสกุล และคณะ. (2558) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความร้อนในประเทศไทย. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[6] วินัย เชาวน์วิวัฒน์ กนกศรีศรินนภากร และสมพินิจ เหมืองทอง. (2021) การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อค่าดัชนีฝนสุดขั้วของประเทศไทยด้วยค่าความเป็นไปได้. ฝ่ายนวัตกรรมสารสนเทศทรัพยากรน้ำ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา

[7] Hann, c. T., (2002). “Statistical method in hydrology (2nd ed.)”. lowa: lowa State Press

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การพัฒนาคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าจากเศษขยะพลาสติกชุมชน

The Development of Cellular Lightweight Concrete Made from Municipal Plastic Waste

อภิวิชญ์ พูลสง[1*], ศรีสุดา จันศิริ[2], ยุทธณา คงจีน[2], ศุภประดิษฐ์ มาสงค์[2], บุรฉัตร ฉัตรวีระ[3] และ กฤษดา เสือเอี่ยม[4]

[1]สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

225 ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 Email: [1] apivichso@gmail.com

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยปทุมธานี

140 หมู่ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี Email: srisuda.j@ptu.ac.th

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

99 หมู่ 18, ถ.พหลโยธิน, ต.คลองหนึ่ง, อ.คลองหลวง, จ.ปทุมธานี, 12120 Email: cburacha@engr.tu.ac.th

[4]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: gritsada.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการนำขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากชุมชนมาใช้ประโยชน์ถือเป็นหนึ่งในความพยายามที่สำคัญสำหรับการลดผลกระทบของขยะพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขยะพลาสติกที่เหลือทิ้งจากชุมชนมาเป็นส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า โดยขยะพลาสติกถูกบดย่อยเพื่อนำมาผสมร่วมกับมวลรวมละเอียดร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.4 และสารก่อฟองที่ได้จากการผสมกับน้ำอัตราส่วน 1 : 40 กำหนดความหนาแน่นของคอนกรีตสดที่ 900, 1,000 1,100 1,200 และ 1,300 กก./ลบ.ม. ผลการศึกษาพบว่าความหนาแน่นแห้งแตกต่างจากความหนาแน่นควบคุมเล็กน้อย กำลังอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นในขณะที่การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลง ที่อายุ 28 วัน กำลังอัดสำหรับความหนาแน่น 900-1300 กก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 10.5, 14.0, 18.1, 23.4 และ 28.0 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

คำสำคัญ : คอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า, ขยะพลาสติค, ควมหนาแน่นแห้ง, กำลังอัด, การดูดซึมน้ำ

Abstract

Nowadays, the recycling of municipal plastic waste is one of the most important actions to minimize their impacts on the environment. In this research, the feasibility of recycling municipal plastic waste as a mixture of cellular lightweight concrete was studied. The plastic waste was granulated and mixed with 30% by weight of fine aggregate. The water to binder ratio was 0.4, and the foaming agent obtained from the water was mixed at a ratio of 1: 40. The density of fresh concrete was controlled at 900, 1,000, 1,100, 1,200, and 1,300 kg/m^3. The results showed that the dry density was slightly different from the control density. The compressive strength tends to increase as the density increases, while the water absorption tends to decrease. At 28 days, the compressive strength for densities of 900-1300 kg/m^3 was 10.5, 14.0, 18.1, 23.4, and 28.0 kg/m^2, respectively.

Keywords: Cellular lightweight concrete, Plastic waste, Dry density, Compressive strength, Water absorption,

1. บทนำ

ในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลภาวะของโลกเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งในปัจจุบันเมืองใหญ่จะมีปริมาณขยะในแต่ละวันเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว [1] พลาสติกถือเป็นหนึ่งในวัสดุที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายจนส่งผลทำให้พลาสติกกลายเป็นขยะที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากและรวดเร็วในปัจจุบัน ในทุกทั่วโลกโดยเฉลี่ยถุงพลาสติกจะเป็นขยะที่มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาจะเป็นหลอดเครื่องดื่ม ฝาพลาสติก และภาชนะบรรจุอาหาร เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วยตัวเองเนื่องจากเป็นสารสังเคราะห์ [2] ดังนั้นนักวิจัยจึงได้พยายามหาวิธีการในการจัดการขยะพลาสติคเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและไม่ให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตามมาในระยาว โดยแนวทางการนำขยะพลาสติคเหล่านี้มาใช้ในการผลิตวัสดุในงานก่อสร้าง หรือนำมาใช้ในอุตสาหกรรมคอนกรีตถือเป็นแนวทางหนึ่งที่เริ่มมีการศึกษากันในช่วงที่ผ่านมา

คอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า (Cellular Lightweight Concrete, CLC) เป็นคอนกรีตรูปแบบหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเนื่องจากมี

น้ำหนักเบาและยังมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนได้ดีอีกด้วย [3] นิยมนำมาทำเป็นอิฐสำหรับงานผนังอาคาร โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศที่ร้อนจึงได้รับความนิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย สำหรับคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ในประเทศไทย สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุสาหกรรม ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ มาตรฐาน มอก. 1505 สำหรับคอนกรีตมวลเบาแบบฟองอากาศอบไอน้ำ [4] ซึ่งกระบวนการผลิตต้องผ่านกระบวนการการอบไอน้ำแรงดัน ส่งผลทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่สูง ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงเป็นบริษัทขนาดใหญ่ และมาตรฐาน มอก. 2601 สำหรับคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ [5] หรือเรียกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า โดยแบ่งความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งออกเป็น 8 ชนิด หรือความหนาแน่นแห้งอยู่ระหว่าง 501-1,600 กก./ลบ.ม. การผลิตระบบนี้ใช้ต้นทุนไม่สูงมากทำให้ผู้ประกอบการขนาดเล็กสามารถลงทุนในกระบวนการผลิตได้ ทั้งนี้คอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าเป็นคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย น้ำและฟองโฟม จึงมีความพยายามในการศึกษาเพื่อนำเอาวัสดุเหลือทิ้งมาผสมร่วมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า [6-9] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำขยะพลาสติกจากชุมชนมาทำการผสมร่วมในการผลิตนวัตกรรมวัสดุก่อสร้างคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าเพื่อลดต้นทุนในการผลิต และปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Type I Portland cement; OPC) ตามมาตรฐาน ASTM C150

2.1.2 เถ้าถ่านหิน (Fly ash) เป็นเถ้าหรือวัสดุเหลือทิ้งจากการเผาถ่านหินลิกไนต์เพื่อให้พลังงานในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า

2.2.2 มวลรวมละเอียดเป็นทรายแม่น้ำ ซึ่งผ่านการอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิระหว่าง 110±5 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16

2.2.3 น้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต คือ น้ำประปา

2.3.4 สารก่อโฟม (Foaming Agent) หรือน้ำยากักกระจายฟองอากาศที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นสารก่อโฟมชนิดสังเคราะห์ ประเภทประจุลบ สูตรสารเพิ่มฟองเพื่อการผลิตคอนกรีตมวลเบาเซลลูลาร์จากผู้ผลิตในประเทศไทย

2.2 อัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่า

ส่วนผสมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตมวลแบบเบาเซลลูล่า โดยกำหนดความหนาแน่นของคอนกรีตสดเท่ากับ 900, 1,000, 1,100, 1,200, และ 1,300 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งเป็นความหนาแน่นใช้งานทั่วไป แนวคิดในการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลแบบเบาเซลลูล่า โดยการผสมร่วมเถ้าลอยร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และขยะพลาสติกร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของทราย อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (ซีเมนต์และเถ้าลอย) คงที่ทุกส่วนผสมเท่ากับ 0.40 รายละเอียดอัตราส่วนผสม ดังตารางในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตมวลแบบเบาเซลลูล่า

วัสดุ (kg/m^3)	900	1000	1100	1200	1300
ปูนซีเมนต์	403	400	398	395	390
เถ้าลอย	*10%*	*10%*	*10%*	*10%*	*10%*
เถ้าลอย	40.3	40	39.8	39.5	39
ทราย	210	291	370	451	532
ขยะพลาสติค	*30%*	*30%*	*30%*	*30%*	*30%*
ขยะพลาสติค	63	87.3	111	135.3	159.6
น้ำ	180	177	175	172	170
สารก่อโฟม	3.7	4.7	6.2	7.2	9.4

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

2.3.1 การเตรียมฟองโฟม โดยการเตรียมน้ำสะอาด จำนวน 40 ลิตร และสารก่อโฟมจำนวน 1 ลิตร หรืออัตราส่วน 40:1 นำมาผสมกันอย่างช้าๆ ทำการสร้างฟองโฟมด้วยเครื่องสร้างฟองโฟมแบบควบคุมเวลาพร้อมต่อเข้ากับถังลมซึ่งจะทำการรักษาระดับความดันคงที่ในช่วง 0.6-0.8 บาร์ เมื่อความดันคงที่จึงทำการเปิดให้ฟองโฟมให้ไหลออกมาผสมกับคอนกรีตที่ได้เตรียมไว้

2.3.2 การเตรียมคอนกรีตมวลเบา โดยทำการผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดผ่านเครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าแบบใบกวนในแนวนอนดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 เครื่องผสมคอนกรีตแบบใบกวนในแนวนอน

การผสมคอนกรีตเซลลูล่าเป็นกระบวนการที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง เนื่องจากโครงสร้างของฟองโฟมที่ผสมคอนกรีตเซลลูล่ามีความแข็งแรงไม่มาก ในกระบวนการผสมจึงต้องไม่ให้ฟองโฟมเกิดความเสียหาย เพื่อให้ฟองอากาศกระจายแทรกตัวตามเนื้อคอนกรีตอย่าง

สม่ำเสมอการผสมไม่ควรตีหรือหมุนให้เร็วเกินไป เพราะจะทำให้ฟองอากาศเกิดการแตกตัวง่าย

2.3.3 หลังจากผสมจนมีความสม่ำเสมอแล้ว ทำการตรวจสอบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดจนอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ ทำการเทคอนกรีตลงแบบหล่อ จากนั้นปล่อนทิ้งไว้ให้คอนกรีตแข็งตัวหรือไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จึงทำการแกะก้อนตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อเพื่อทำการบ่มชื้นโดยใช้พลาสติคหุ้มดังรูปที่ 2 เพื่อรอการทดสอบตามอายุที่กำหนดไว้

รูปที่ 2 ตัวอย่างคอนกรีตหลังถอดออกจากแบบหล่อ

2.4 วิธีการทดสอบ

2.4.1 การทดสอบความหนาแน่นแห้ง (Dry Density Test) ของชิ้นตัวอย่างทดสอบขนาด 150×150×150 มม. ที่อายุ 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ โดยคำนวณความหนาแน่นจากสัดส่วนของน้ำหนักตัวอย่างทดสอบหลังอบเป็นเวลา 24 ชม. กับด้วยปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ

2.4.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength Test) ของชิ้นตัวอย่างทดสอบขนาด 150×150×150 มม. ที่อายุ 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ โดยเลือกสองด้านที่เรียบตรงข้ามกันของชิ้นทดสอบเป็นด้านสำหรับใช้ในการทดสอบการรับน้ำหนักกระทำแก่ตัวอย่างคอนกรีต กำหนดอัตราการเพิ่มของแรงอัดคงที่เท่ากับ 0.40 เมกะพาสคัล/วินาที จนกระทั่งคอนกรีตวิบัติหรือไม่สามารถรับแรงที่สูงขึ้นได้ต่อไปอีก กำลังที่ได้มาจากค่าเฉลี่ยการทดสอบตัวอย่างคอนกรีต 3 ก้อน

2.4.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ของชิ้นตัวอย่างทดสอบขนาด 150×150×150 มม. ที่อายุ 28 วัน โดยทำการอบตัวอย่างในเตาอบจนแห้งได้มวลคงที่ จากนั้นนำไปแช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นยกขึ้นใช้ผ้าซับน้ำส่วนเกินที่ผิวของตัวอย่างทดสอบและชั่งน้ำหนักภายในเวลา 180 วินาที จากนั้นทำการคำนวณหาอัตราการดูดซึมน้ำจากอัตราส่วนระหว่างมวลของน้ำที่ถูกดูดซึมกับมวลของตัวอย่างเมื่อแห้ง

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

3.1 สมบัติของวัสดุประสานและมวลรวมละเอียด

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของวัสดุประสานในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเทา ขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 7.06 ไมโครเมตร และความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.14 ในขณะที่เถ้าลอยมีลักษณะผงละเอียดสีน้ำตาล ขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 8.80 ไมโครเมตร และความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.01 สังเกตุได้ว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยของปูนซีเมนต์และเถ้าลอยมีขนาดใกล้เคียงกัน ปูนซีเมนต์มีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 2.20-123.04 ไมโครเมตร โดยที่เถ้าลอยมีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 2.56-144.20 ไมโครเมตร ลักษณะการกระจายขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์และเถ้าลอยดังแสดงในรูปที่ 1

สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของมวลรวมละเอียดในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าทรายมีลักษณะเป็นก้อนมนสีน้ำตาล โมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 1.99 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.50 และค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ0.34 ในขณะที่ขยะพลาสติกบดย่อยมีลักษณะเป็นแผ่นแบนสีขาว โมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.90 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.46

รูปที่ 3 การกระจายขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์ เถ้าลอย

3.2 ความหนาแน่นแห้ง

จากผลการทดสอบความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า ที่อายุ 14, 28 และ 60 วัน สำหรับในแต่ละการออกแบบส่วนผสมที่กำหนดความหนาแน่นของคอนกรีตสดเท่ากับ 900, 1,000, 1,100, 1,200 และ 1,300 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าผสมร่วมขยะพลาสติคและเถ้าลอย ที่อายุ 14 วัน ความหนาแน่นแห้งมีค่าเท่ากับ 920, 1,017, 1,122, 1,221 และ 1,318 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ที่อายุ 28 วัน ความหนาแน่นแห้งมีค่าเท่ากับ 913, 1,012, 1,113, 1,209 และ 1,311 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ และที่อายุ 56 วัน ตามลำดับ ความหนาแน่นแห้งมีค่าเท่ากับ 905, 1,005, 1,104, 1,201 และ 1,298 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ เห็นได้ว่าความหนาแน่นแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการบ่มเพิ่มเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นแห้งที่ได้มีค่า

ใกล้เคียงกับความหนาแน่นที่กำหนด โดยค่าความคลาดเคลื่อนความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 22 กก./ลบ.ม. ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2601 ซึ่งกำหนดความหนาแน่นเชิงปริมาตรของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าต้องมีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไว้ไม่เกิน ±50 กก./ลบ.ม.

รูปที่ 4 ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตมวลเบาที่อายุต่างกัน

3.3 กำลังอัด

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า ที่อายุ 14, 28 และ 60 วัน ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 กำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าที่อายุต่างกัน

พบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังอัดของคอนกรีตตัวอย่างทดสอบที่อายุ 14 วัน สำหรับความหนาแน่น 900-1300 กก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 9.9, 11.3, 13.0, 18.4 และ 24.0 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ สำหรับความหนาแน่น 900-1300 กก./ลบ.ม. ค่าเฉลี่ยกำลังอัดของคอนกรีตตัวอย่างทดสอบที่อายุ 28 วัน สำหรับความหนาแน่น 900-1300 กก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 10.5, 14.0, 18.1, 23.4 และ 28.0 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยกำลังอัดของคอนกรีตตัวอย่างทดสอบที่อายุ 56 วัน สำหรับความหนาแน่น 900-1300 กก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 11.5, 15.3, 21.2, 25.9 และ 32.1 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ โดยกำลังอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุในการบ่มและความหนาแน่นควบคุมเพิ่มขึ้น กำลังที่ได้จากการทดสอบอายุ 28 วันมีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2601 เนื่องจากพื้นผิวของขยะพลาสติกที่เรียบส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวกับซีเมนต์เพสต์ให้ลดลง

3.4 การดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบการดูดซึมร้ำของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า ที่อายุ 28 วัน ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า ร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตตัวอย่างทดสอบสำหรับความหนาแน่น 900-1300 กก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 20.5, 20.3, 19.9, 19.0 และ 18.1 ตามลำดับ โดยร้อยละการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลงความหนาแน่นของคอนกรีตเพิ่มขึ้น โดยร้อยละการดูดซึมน้ำมีค่าสูงสุด 20.5 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์เมื่อพิจารณาตามมาตรฐาน มอก.2601 ซึ่งกำหนดร้อยละการดูดซึมน้ำไม่มากกว่า 23 สำหรับคอนกรีตมวลเบาที่ความหนาแน่นระหว่าง 801-1,200 กก./ลบ.ม. และไม่มากกว่าร้อยละ 20 สำหรับคอนกรีตมวลเบาที่ความหนาแน่นระหว่าง 1,201-1,600 กก./ลบ.ม.

รูปที่ 6 ร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น กำลังอัดและการดูดซึมน้ำ

จากผลการทดสอบการทดสอบเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น กำลังอัดและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าที่อายุ 28 วัน ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่ากำลังอัดมีความสัมพันธ์ในเชิงแปรผันตามความหนาแน่นกล่าวคือ กำลังอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของคอนกรีตเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามกำลังอัดมีความสัมพันธ์ในเชิงผกผันกับอัตราการดูดซึมน้ำ กล่าวคือ กำลังอัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น กำลังอัดและการดูดซึมน้ำ

4. สรุป

● ความหนาแน่นแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการบ่มเพิ่มเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นแห้งที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับความหนาแน่นที่กำหนด โดยค่าความคลาดเคลื่อนความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 22 กก./ลบ.ม

● กำลังอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุในการบ่มและความหนาแน่นควบคุมเพิ่มขึ้น กำลังที่ได้จากการทดสอบอายุที่อายุ 28 วัน สำหรับความหนาแน่น 900-1300 กก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 10.5, 14.0, 18.1, 23.4 และ 28.0 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

● โดยร้อยละการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลงความหนาแน่นของคอนกรีตเพิ่มขึ้น โดยร้อยละการดูดซึมน้ำมีค่าสูงสุด 20.5 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์เมื่อพิจารณาตามมาตรฐาน มอก.2601

● กำลังอัดมีความสัมพันธ์ในเชิงแปรผันตามความหนาแน่นแห้ง ในทางตรงกันข้ามกำลังอัดมีความสัมพันธ์ในเชิงผกผันกับอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เลขที่สัญญารับทุนที่ น.สกสว 28/2563 และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยปทุมธานี ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือทดสอบในระหว่างการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] มงคลชัย อัศวดิษฐเลิศ และ เจริศา จำปา, “การใช้ประโยชน์จากซากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ส่วนอโลหะ) และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม” *วารสารสิ่งแวดล้อม*, ปีที่ 22 ฉบับที่ 7, หน้า 34-43, 2561.

[2] สุจิตรา วาสนาดำรงดี, “ภาพรวมมาตรการลดขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งในต่างประเทศ”. *วารสารสิ่งแวดล้อม*, ปีที่ 23,ฉบับที่ 2, หน้า 1-10. 2562

[3] ปิติ สุคนธสุขกุล (2558). คอนกรีตพิเศษ, ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ

[4] มอก. 1505-2541, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ

[5] มอก. 2601-2556, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ

[6] เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ และ สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์. (2559) การรีไซเคิลเศษเมลามีนโดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมในคอนกรีตมวลเบา. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 (น. 323-330), นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[7] ธนภร ทวีวุฒิ และ นท แสงเทียน, “กำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า,” *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มอบ*, ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, หน้า 91-102, 2558

[8] วันโชค เครือหงษ์ และ อภิวิชญ์ พูลสง, “สมบัติทางกล โครงสร้างจุลภาค การนำความร้อนและการหดตัวแห้งของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าผสมเถ้าชานอ้อย,” *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 13, ฉบับที่ 2, หน้า 22-38, 2560.

[9] อภิวิชญ์ พูลสง, “การพัฒนาคอนกรีตมวลเบาผสมผงฝุ่นหินจากโรงโม่หิน,” *วารสารวิชาการเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, หน้า 94-102, 2556.

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรมการจัดการ

อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การกำจัดฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ชนิดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยน้ำหมักกระเทียม

Removal of PM 2.5 Dusts Restricted to Airborne Microorganisms with Garlic Fermented Broth

ดวงฤทัย นิคมรัฐ[1*]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
[*]duongruitai.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์พัฒนากระบวนการสกัดสารสกัดกระเทียมเพื่อการกำจัดลดปริมาณฝุ่น PM 2.5 โดยเฉพาะชนิดจุลินทรีย์ปนเปื้อนในอากาศ สารสกัดกระเทียมที่ได้จะเป็นสารเคลือบทดแทนการใช้สารเคมีบนแผ่นกรองอากาศทำด้วยกระดาษกรองจากใยใบไผ่ เพื่อการฟอกอากาศ จาก 3 วิธีการสกัดสารสกัดกระเทียมพบว่าวิธีการทำสารสกัดกระเทียมจากการหมักด้วยกลุ่มจุลินทรีย์สร้างกรดแล็คติก สามารถออกฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ชนิดแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศด้วยวิธี Disc agar diffusion ได้ค่อนข้างดีกว่าวิธีการสกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ และพบว่าให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก บ่งบอกถึงความสามารถเจือจางน้ำหมักกระเทียมได้ไม่เกินร้อยละ 10 ที่ยังคงประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ และมีอายุการทำงานที่จำกัดไม่ควรใช้งานเกินหนึ่งอาทิตย์ ผลการศึกษานี้ จึงเห็นได้ว่าสารสกัดกระเทียมจากน้ำหมักเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในพัฒนาต่อไปบนพื้นฐานของเทคโนโลยีสีเขียวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปเคลือบบนแผ่นกรองอากาศชนิดกระดาษกรอง เพื่อฟอกอากาศพร้อมทั้ง ลดปัญหาของฝุ่น PM 2.5 และสามารถพัฒนาต่อไปในเชิงพาณิชย์ระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้

คำสำคัญ : กระเทียมหมัก; แบคทีเรียกรดแลคติก; การฟอกอากาศ; พีเอ็ม 2.5; เทคนิคการแพร่จากแผ่นวงกลมบนวุ้น

Abstract

In this study, the researcher aimed to develop the extraction process for garlic extracts to remove PM 2.5 dust particles especially contaminated airborne microorganisms. It would be used as a coating substance, instead of using chemicals, applied to the air filter made of bamboo fiber filter papers before performing air purification. From three extraction procedures and using Agar disc diffusion method, garlic extract from lactic acid bacteria fermentation had an antimicrobial activity against airborne bacteria and fungi relatively better than hydro-ethanolic garlic extraction method but not significantly different from the application of lactic acid bacteria. Potent garlic fermented solution could be diluted at not more than 10% that is still effective in inhibiting microorganisms. The fermented broth had a limited shelf life since it should not be used for more than a week. Therefore, the study can be concluded that the garlic extraction by LAB fermentation is an appropriated alternative choice for further development based on green technology with environmentally friendly approach. It can be coated on the air filter paper type filter and thus purifying the air together with reducing PM 2.5 dusts. The outcome research can be further commercialized in an industrial level.

Keywords: Fermented garlic, Lactic acid bacteria, Air purification, PM 2.5, Disc agar diffusion method

1. บทนำ

กระเทียม (*Allium sativum*) เป็นพืชสมุนไพรที่รู้จักกันดีส่วนใหญ่มีกลิ่นและกลิ่นเฉพาะตัว บางชนิดใช้เป็นไม้ประดับหรือเครื่องเทศ ถูกใช้ในหลายรูปแบบ (เช่น น้ำมัน ผง ฯลฯ) ซึ่งพบได้ในอาหารสำเร็จรูป ซุป และขนมปังจำนวนมากที่ใช้เป็นอาหารประจำวันในภูมิภาคเอเชีย สายพันธุ์ของกระเทียมชนิดกระเทียมจีน (*A. tuberosum*) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารเอเชียถูกใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรคและโรคต่าง ๆ ในรูปน้ำกระเทียมสกัดและน้ำมันหอมระเหย สามารถพัฒนาเป็นนวัตกรรมใหม่ในการรักษาโรคด้านจุลชีพที่มีคุณสมบัติฤทธิ์ในการยับยั้งแบบกว้าง ต่อจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ และเชื้อราหลายชนิดด้วย [1-3]

สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักเของกระเทียมจะมีกำมะถันที่เสถียรและปลอดภัย สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สารที่ละลาย น้ำ ได้แก่ S-allylcysteine (SAC) และ Sallylmercaptocysteine (SAMC) และสารที่ ละลายในไขมัน ซึ่งจัดว่าองค์ประกอบทางเคมีที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ diallyl sulfide (DAS), triallyl sulfide, diallyl disulfide (DADS), diallyl polysulfides [4] SAC และ SAMC ถูกเป็นสารหลักในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [5] หลายอย่าง เช่น อัลไลอิน อัลลิซิน อัลลิอิเนส เอส-อัลลิลซิสเตอีน และสารประกอบออร์กาโนซัลเฟอร์ในกลุ่มสารพวกโพลิซัลไฟด์ (polysulfide) เช่น ไดอัลลิลซัลไฟด์ (diallyl sulfide), ไดอัลลิลไดซัลไฟด์ (diallyl disulfide), ไดอัลลิลไตรซัลไฟด์ (diallyl trisulfide), ไดทีอิน (dithiins) และ อโจอิน (ajoene)

ในกระเทียมสด แห้ง หรือสารสกัดจากกระเทียม มีองค์ประกอบของสารเคมีหลากหลาย มีฤทธิ์ทางชีวภาพ และมีคุณสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพ ส่วนกลิ่นฉุนจากกระเทียมสดมีเอนไซม์อัลลิเนส (allinase) ด้วยการบดหรือสับกระเทียมจะกระตุ้นให้เอนไซม์ดังกล่าว

ทำงาน เปลี่ยน S-allylcysteine (allin) ที่เป็นสารตั้งต้นของสารประกอบกำมะถันทำหน้าที่มีกลิ่น ให้กลายเป็นสารเคมีต่าง ๆ [6-7] ที่มาจากกรดอะมิโนซิสเทอีน มีความแตกต่างกันไปทั้งปริมาณและชนิดที่มี ถูกเก็บไว้ในรูปของอัลลิอิน (alliin) [8] ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากสามารถจับกับอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical) ยับยั้งการสร้างโปรตีน ดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอของเชื้อแบคทีเรียต้านในวงกว้างต่อแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียลบ รวมทั้งแบคทีเรียที่ดื้อยาหลายชนิด [10-11] สามารถยับยั้งการทำงานของเชื้อรา เช่น *Candida albicans* และโปรโตซัว เช่น *Giardia lamblia* และมีฤทธิ์ต้านเชื้อไวรัส [12] วิธี Disc agar diffusion บ่งบอกว่าน้ำหมักกระเทียมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราชนิด *Aspergillus* sp. ได้ ไม่พบว่าสามารถยับยั้ง *Colletotricum* sp. และเชื้อรา *Trichoderma* sp. [13] Fuchs และคณะ [14] ศึกษาการออกฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารประกอบ อัลลิซินต่อ S. aureus และ Pseudomonas โดยระบุว่าอัลลิซินเป็นสารประกอบต้านจุลชีพหลักที่พัฒนาในสูตรยาทาตาเพื่อรักษากุ้งยิง [15]

กระบวนการเตรียมผลิตภัณฑ์กระเทียมที่นิยมกัน เช่น การแช่ในน้ำ (Aqueous garlic extract) [6], การอบกระเทียม (Aged garlic), การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze-drying) การอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ (Low temperature drying) การกลั่น (Distillation), การบดแช่ในน้ำมัน (maceration in oil), การสกัดด้วยแอลกอฮอล์ในช่วงระยะเวลาสั้นและการสกัดด้วยแอลกอฮอล์โดยการแช่ในระยะยาว (Hydroalcoholic short extraction and hydroalcoholic long maceration) [17], การใช้ความร้อนชื้นให้ได้กระเทียมดำ (Black garlic extract, ABG) [18] และการหมักกระเทียมด้วยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรดแลคติค (Lactic acid bacteria, Fermented garlic) [19] ทั้งนี้ชนิดสารสกัดกระเทียมและปริมาณของสารประกอบที่ได้จะขึ้นกับกระบวนการสกัด อุณหภูมิ และระยะเวลาในการทำให้แห้ง การใช้ตัวทำละลายสกัดแบบมีขั้วและ/หรือไม่มีขั้ว ตลอดจนสภาวะและระยะเวลาของการหมักก่อนการสกัดขั้นสุดท้าย นอกจากนี้ขึ้นกับกระบวนการบดเซลล์กระเทียมที่ทำให้อัลลิอินเนสออกมาทำให้เปลี่ยนเป็นอัลลิซิน [1] สารสกัดจากกระเทียมที่ผลิตโดยต่างห้องปฏิบัติการจะมีผลต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันไป เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน[20 -21] สารสกัดกระเทียมที่ละลายน้ำ (Aqueous garlic extract, AGE) และสารสกัดกระเทียมจาก AGE เป็นสารประกอบที่ละลายในน้ำมันได้ในปริมาณเล็กน้อย ช่วยเพิ่มระดับของสารต้านอนุมูลอิสระและมีประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ [4, 6, 20] โดยสารสกัดกระเทียม (AGE) ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างบ่มกระเทียมเป็นเวลานานมากกว่า 13 เดือน (aged garlic extract) สามารถกำจัดหรือลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ โดยทำให้สารประกอบในกระเทียมสดจะเปลี่ยนจากสารมีกลิ่นแรงมากเป็นแบบไม่มีกลิ่น การสกัดกระเทียมด้วย hydroethanolic extraction เป็นระยะเวลานาน 13 เดือน สามารถให้ผลสารสกัดกระเทียมหมักที่มีสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 56.02 ± 5.29 ไมโครกรัม/มิลลิกรัมน้ำหนักกระเทียมแห้ง สามารถต้านออกซิเดชันป้องกันความเสียหายอันเกิดจากอนุมูลอิสระ[16] ส่วนกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งของกระเทียมสด ซึ่งเป็นวิธีการระเหยแบบแฟลชที่อุณหภูมิต่ำในสุญญากาศ เพียงบางส่วน ทำให้กระเทียมอบแห้งมีองค์ประกอบทางเคมีไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่มีสารประกอบที่มีกลิ่นฉุนรุนแรง และระคายเคือง เหมือนกับกระเทียมดำ (Aged black garlic, ABG) ที่ใช้กระบวนการหมักกระเทียมสดที่อุณหภูมิสูงและควบคุมความชื้นเป็นระยะเวลาหลายสัปดาห์ถึงหลายเดือน กระบวนการทำกระเทียมดำทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่สำคัญคือ มีสีเข้ม มีความคงตัวเหมือนเยลลี่ รสหวาน ไม่มีกลิ่นฉุนของกระเทียมบดสด มีประโยชน์เป็นที่นิยมของผู้บริโภค [18] ส่วนกระเทียมหมักสามารถให้สารอัลลิซินที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ดี [2, 11] งานวิจัยจากFeldberg และคณะ [15] แสดงให้เห็นว่าอัลลิซินที่ถูกสกัดจากกระเทียมแช่แอลกอฮอล์แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพด้วยกลไกการยับยั้งการสังเคราะห์อาร์เอ็นเอในทันทีและทั้งหมด

จากที่กล่าวมา ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีจุดประสงค์ต้องการศึกษาการออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศจากการใช้สมุนไพรแปรรูปของกระเทียมในรูปแบบของสารสกัดกระเทียมและจากจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักกระเทียม โดยเลือก 2 วิธีการสกัดสารสกัดกระเทียม คือการสกัดสารสกัดกระเทียมด้วยน้ำและเอทานอล(hydro-ethanolic garlic extraction) และการสกัดด้วยการหมักด้วยกลุ่มจุลินทรีย์กรดแลคติก และเปรียบเทียบผลการยับยั้งจุลินทรีย์ เน้นการต้านจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนในอากาศ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียทั่วไป คือ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, และ *Streptococcus* sp. และเชื้อรา คือ *Apergillus* sp., *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. โดยมีตัวควบคุมคือ สารสกัดที่ได้จากกระเทียมสดบดแช่ในน้ำ และตัวอย่างของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแลคติกที่คัดแยกได้จากกระบวนหมักกระเทียมธรรมชาติ ด้วยความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มที่ปนเปื้อนในอากาศนี้ จะมีประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาเป็นสารสกัดกระเทียมเคลือบบนพื้นผิวของแผ่นกรองอากาศที่ทำด้วยกระดาษกรองจากเส้นใยใบอ้อย ใส่ในเครื่องกรองอากาศ ทดแทนการใช้แผ่นกรอง HEPA ที่มีคุณสมบัติในการฟอกอากาศกำจัดฝุ่น PM 2.5

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมสารสกัดกระเทียม

1) วิธีการแช่กระเทียมในน้ำ (Water garlic maceration method)

หั่นกระเทียมสายพันธุ์จีนปริมาณ 200 กรัมสดเป็นชิ้นและสับให้ละเอียดก่อนแช่ในน้ำ ปริมาณ 600 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองแล้วปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 10 นาที นำสารละลายส่วนใสที่ได้ไประเหยในสุญญากาศ เพื่อให้ได้ผลผลิตของแข็งก่อนนำมาละลายในน้ำกลั่นปริมาณ 200 มิลลิลิตร บ่มที่ 25 องศาเซลเซียสในตู้อบแบบเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วกรองให้ได้สารสกัดกระเทียมด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 2 เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งใช้ในการทดลองต่อไป [9]

2) วิธีการสกัดกระเทียมด้วย น้ำและแอลกอฮอล์ (Hydro-ethanolic extraction method)

นำกระเทียมจีนสด ประมาณ 200 กรัม มาหั่นเป็นแว่นก่อนนำไปแช่ในเอทานอลร้อยละ 20 ปริมาณ 500 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สองครั้ง แล้วนำสารละลายที่ได้มารวมกัน หลังจากนั้นกรองโดยการกรองด้วยกระดาษกรอง นำสารสกัดที่ได้ไประเหยในสุญญากาศให้ได้ผลผลิตของแข็งก่อนนำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาณ 200

มิลิลลิตร แล้วบ่มที่ 25 องศาเซลเซียสในตู้อบแบบเขย่า (250 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองให้ได้สารสกัดกระเทียมด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 2 เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป [22]

2.2 กลุ่มแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก

เชื้อราที่ปนเปื้อนในอากาศ ถูกคัดแยกได้ในห้องปฏิบัติการ ด้วยการคัดแยกและสังเกตจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ประกอบด้วยเชื้อรา *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. และเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษาได้จากstock สายพันธุ์เชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ได้จากศูนย์ชีววัสดุประเทศไทย จังหวัดปทุมธานี ประกอบด้วย ชนิด *Escherichia coli Staphylococcus aureus Streptococcus* sp. จาก Stock cultureที่ได้จาก ที่เก็บในห้องปฏิบัติการ และได้ผ่านการตรวจสอบชนิดทางสัณฐานวิทยามาแล้ว เชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิดจะถูกทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง (Solid medium) ชนิด Nutrient Agar (NA) เป็นเวลานาน 18 ชั่วโมง และสำหรับเชื้อราบนอาหารชนิด Potato Dextrose Agar (PDA) เป็นเวลานาน 3 วัน [2] ก่อนการนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบของเหลวชนิดเดิมเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงก่อนนำมาศึกษาต่อไป

2.3 การอ่อนไหวของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Disc agar diffusion

ในการทดสอบดูความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ของสารสกัดกระเทียมด้วยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสที่เกิดขึ้นรอบแผ่น disc [23] เริ่มด้วยการนำสารสกัดกระเทียมที่เตรียมจากวิธีการสกัด 3 วิธี ปริมาณ 500 มิลลิลิตร มาทำการเจือจางให้ได้สารสกัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 100%, 50%, 25%, 12.5% 6.25% และ 3.13% ด้วยน้ำกลั่น แล้วแช่ด้วยแผ่น disc ที่ทำจากกระดาษกรอง Whatman Filter paper no. 2 หรือทำกระดาษกรองที่ทำจากเส้นใยใบอ้อย ทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร มาเติมสารสกัดกระเทียมปริมาณ 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 30 นาที ทำการ spread เชื้อบริสุทธิ์ชนิดแบคทีเรีย และเชื้อรา ซึ่งเชื้อแบคทีเรียเป็นชนิด *Escherichia coli Staphylococcus aureus Streptococcus* sp. และเส้นใยของเชื้อรา *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. แต่ละชนิดลงบนเพลตที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเดิมชนิดแข็ง (NA หรือ PDA) ที่มีแผ่น disc ที่มีสารสกัดกระเทียมตามความเข้มข้นที่เจือจางไว้ เพลตถูกบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง สังเกตวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของการเกิดวงใส (Clear zone) รอบแผ่น disc บนจานเพาะเชื้อบ่งบอกการยับยั้ง ถูกวัดเป็นมิลลิเมตรเพื่อบ่งบอกการอ่อนไหว (Sensitivity) ของจุลินทรีย์ทุกวัน เป็นเวลานาน 15 วัน คำนวนประสิทธิภาพของการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ได้ ทั้งนี้การยับยั้งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 มิลลิเมตรเพื่อถือว่าน้อยมาก และ/หรือไม่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย [12]

3. ผลการทดลอง

3.1 การเตรียมสารสกัดกระเทียม

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้พัฒนากระบวนการสกัดกระเทียมให้ได้คุณภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่รวมถึง ฝุ่นสารเคมีและฝุ่นจากอนุภาพจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในอากาศที่อาจเป็นแบคทีเรีย เชื้อรา ยีสต์และอาจรวมถึงไวรัส ปนเปื้อนในอากาศ เพื่อการยับยั้งและกำจัดจุลินทรีย์ดังกล่าวที่ติดอยู่บนตัวแผ่นกรองอากาศ (จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ) **จากตารางที่ 1** พบว่าสารสกัดกระเทียมจากการหมักด้วยจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียสร้างกรดแลคติค (Lactic acid bacteria) ส่วนใหญ่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมลบและแกรมบวกที่เลือกในการศึกษานี้ จากผลที่แสดงเป็นบวกที่เพิ่มขึ้นมาจากการเกิดวงใสของการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli*, *S. aureus* และ *S. typhimurium* กว้างมาก และพบว่าให้ผลบวก (+) มากกว่าการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราชนิด Aspergillus sp., *Penicillium* sp., และ*Rhizopus* sp. และพบว่าน้ำหมักกระเทียมด้วยจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติก (LAB) มีความสามารถในการทำงานออกฤทธิ์ต้านจุลชีพดีกว่าเมื่อเทียบกับน้ำกระเทียมสดบดสับที่ยังไม่แปรรูป และสามารถยับยั้งอย่างมีประสิทธิภาพต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกดีกว่าแกรมลบ

การศึกษานี้สนับสนุนได้ว่า ความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธีการสกัดต่างกัน เช่น น้ำหมักกระเทียม (Fermented garlic) ที่มาจากการทำงานของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria, LAB) มีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ต่างจากวิธีอื่น โดยสารสกัดกระเทียมหมักค่อนข้างมีฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคดีกว่าเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดเล็กน้อย [24] พบว่าจากสองวิธีอยู่ในช่วง 3.9-4.7 ซึ่งสภาวะดังกล่าวสำคัญ อาจส่งผลทำให้ออกฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพดี ทั้งนี้ในน้ำหมักกระเทียมเองมีเชื้อ LABที่ช่วยเพิ่มส่งผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ให้ดีขึ้น ความสามารถการยับยั้งจุลินทรีย์ของกระเทียมหมักด้วยวิธีสกัดด้วยน้ำและเอทานอล(Hydro-ethanol garlic extract) ที่มีpHในช่วง 6.5-7.2 ลดลงเมื่อเทียบกับสองวิธีแรก แต่พบว่ามีความสามารถในการทำงานดีกว่าตัวควบคุมคือน้ำกระเทียมสดบด (Water-minced fresh garlic) มีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้น้อยที่สุด จากการศึกษานี้เป็นไปได้ที่น้ำกระเทียมที่ได้อาจสูญเสียความสามารถในการทำงานหลังจากการสกัดและทดสอบเป็นเวลานานถึง 5 วัน

3.2 การทำงานของกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์กรดแลคติก

พบว่าเมื่อทำการหมักธรรมชาติด้วยหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นเวลานาน 7 วัน น้ำหมักกระเทียมเป็นกรด pH อยู่ในช่วง 4.2-4.7 น้ำหมักมีความหลากหลายชื้อจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก แกรมบวกส่วนใหญ่ รูปร่าง coccus และ bacillus จากการผ่านกล้องจุลทรรศน์สีย้อม Crystal Violet ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความแตกต่างของกลุ่มจุลินทรีย์มีบทบาทส่งผลช่วยให้มีประสิทธิภาพและความไวในการทำงานของกระเทียมเพิ่มขึ้น [6] ส่งผลให้กระเทียมหมักมีการเปลี่ยนแปลงของสายพันธุ์ และชนิดกลุ่มจุลินทรีย์สร้างกรดประเภท Lactic acid bacteria ส่งผลให้โครงสร้างสารประกอบและอนุพันธ์ที่ได้แตกต่างกัน

จากการทดลองพบเชื้อแบคทีเรียจำนวนมากกว่า 12 log Units ยีสต์ 8 logUnit และเชื้อราในปริมาณน้อยที่สุด 2 logUnit บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งแบบจำเพาะด้วยเทคนิค Spread Plate แบบ Double Layers บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งแบบจำเพาะ deMan, Rogosa and Sharpe (MRS) บ่มภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 72 ชั่วโมง Mixed cultures ของกลุ่มจุลินทรีย์กรดแลคติกที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถส่งเสริมการทำงานเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน (Synergism) ให้สร้างกรดเร็วขึ้น ก่อให้มีกลิ่นเปรี้ยวเร็วขึ้น เป็นกรดเร็วขึ้นภายในวันที่ 3-4 ทั้งนี้สารBacteriocin ที่ควรได้จากกลุ่ม LAB นี้ที่ยืนยันจากงานวิจัยอื่น [22] อาจเป็นตัวสำคัญในการยับยั้งจุลินทรีย์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของน้ำหมักกระเทียม

ตารางที่ 1 ฤทธิ์การต้านจุลชีพของสารสกัดกระเทียมชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวิธี Agar disc diffusion ระยะเวลานาน 5 วัน

Fermented Garlic concentration (%)	Clear zone (mm.) Mean ± SD				
	Day 2	Day 5	Day 7	*Day 9*	*Day* 15
100	16.14±0.17	15.73±2.78	18.16±1.55	13.36±1.51	4.97±2.52
60	11.05±0.04	12.56±2.01	11.38±3.46	10.56±1.13	2.31±3.11
20	8.32±0.06	7.97±3.82	9.01±0.90	9.33±1.45	1.85±1.96

3.3 ความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์

จากผลตารางที่ 2 พบว่า น้ำหมักกระเทียมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค บนกระดาษกรองที่ถูกตัดเป็นวงกลม (disc) แช่ด้วยน้ำหมักทีอุณหภูมิห้อง สามารถยับยั้งจุลินทรีย์แบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบดังกล่าวได้ดี สารสกัดกระเทียมหมักมีคุณลักษณะเฉพาะที่สามารถเจือจางได้ จากการน้ำหมักที่ได้ จนถึงที่ความเข้มข้นร้อยละ 6-7 สามารถทำให้เชื้อแบคทีเรียลดลงอย่างน้อย 50% (IC_{50} = 6-7%) สามารถเจือจางได้ถึงความเข้มข้นร้อยละ 3 จากเริ่มต้นที่ความเข้มข้นร้องละ100 มีวงใส(clear zone) กว้างที่สุด ที่ระดับความเข้มข้น 50% และ 25% ที่ให้ผลที่วงใสแตกต่างกัน ลดลงเล็กน้อย แต่ผลแตกต่างกันมากขึ้นในกลุ่มที่ความเข้มข้น 12.5% 6.25% และ 3.13% พบว่ามีการแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P0.01) ที่การเปลี่ยนแปลงจากระดับความเข้มข้นที่ 6.25% ลดลงมาที่ 3.13% ข้อสังเกตที่ได้จากการศึกษานี้ คือ สารสกัดกระเทียมมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดี สามารถเจือจางไม่เกินร้อยละ 10 ด้วยวิธีการดังกล่าวสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกมาตรฐานคุณภาพของแต่ละ batch ของการหมักให้ได้ เพื่อให้ได้น้ำหมักกระเทียมที่มีคุณภาพและมาตรฐานเหมือนเดิมทุกครั้งตามต้องการ

ความสำคัญในการการทำงานของสารสกัดกระเทียมไม่ขึ้นกับชนิด ประเภทของกระดาษกรอง จากผลการเปรียบเทียบประเภทกระดาษกรองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ คือ Whatman filter paper และเส้นใยใบอ้อยพบว่าไม่แตกต่างกัน สามารถในการดูดซับสารสกัดกระเทียมดี สามารถยับยั้งจุลินทรีย์แบคทีเรียอย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2 และ 3** และให้ผลการต้านกลุ่มเชื้อราในทางเดียวกัน (ไม่แสดงผลในการศึกษานี้)

ตารางที่ 2 การยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มที่ปนเปื้อนในอากาศเป็นระยะเวลานาน 7 วัน ด้วยวิธี Agar disc diffusion ของแผ่นกระดาษกรอง Whatman filter no. 42

Methods	*E. coli*	*S. typhimurium*	*S. aureus*	*Aspergillus* sp.	*Penicilium* sp.	*Rhizopus* sp.
Water-minced fresh garlic	++	++	+	+	+	+
Fermented garlic	++++	++++	++++	+++	++	++
Hydro-ethanolic garlic extract	++	+++	++++	++	++	+++
*Mixed lactic acid bacteria	+++	++	+++	++	++	++

\+ หมายถึง การเกิดclear zone ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1.9 มิลลิเมตร

++ หมายถึง การเกิดclear zone ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 2- 4.9 มิลลิเมตร

+++ หมายถึง การเกิดclear zone ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง5-9.9 มิลลิเมตร

++++ หมายถึง การเกิดclear zone ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 มิลลิเมตร

* Mixed lactic acid bacteria หมายถึง กลุ่มแบคทีเรียกรด แลคติกที่คัดแยกจากน้ำหมักกระเทียมธรรมชาติ

3.4 อายุการใช้งานของน้ำหมักกระเทียม

จาก**ตารางที่ 3** บ่งบอกถึงอายุการใช้งานของสารสกัดกระเทียมจากการหมัก พบว่าสารสกัดกระเทียมมีอายุของการออกฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ในช่วงเวลาที่จำกัดและขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่เจือจาง น้ำหมักมีประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ และวิธีการหมัก สารสกัดกระเทียมที่ออกฤทธิ์มีการแพร่ในวุ้นได้ดีจนถึงวันที่ 7 และยังคงประสิทธิภาพการทำงานภายใน 15 วัน สามารถเจือจางที่ความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 12.6% (จากวันที่1-15) ทั้งนี้สารสกัดกระเทียมที่ได้มีคุณลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นกับวิธีการเตรียมสารสกัดกระเทียม ชนิดกลุ่มจุลินทรีย์ ชนิดอายุของหัวกระเทียมและกระบวนการสกัดกระเทียมที่เลือกใช้ [22, 25] อายุการใช้งานของสารสกัดกระเทียม จะสามารถถูกใช้เพื่อการระบุการใช้งานที่จะนำไปใช้อย่างเหมาะสม [24] ช่วยกำหนดแนวทางการใช้งานให้แก่ผู้บริโภคและระบบการผลิตในระดับขนาดใหญ่ขึ้น ช่วยระบุระยะเวลาการเปลี่ยนตัวกรองหรือเวลาต้องพ่นเคลือบสารสกัดกระเทียมหรือน้ำหมักกระเทียมครั้งต่อไป

ตารางที่ 3 อายุการใช้งานของน้ำหมักกระเทียม (FGE) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *S. aureus* isolate เป็นระยะเวลา15 วัน แผ่นdisc ทำจากแผ่นกรองอากาศเส้นใยใบอ้อย

FGE concentration (%)	Clear zone (mm.) Mean ± SD		
	E. coli	*B. subtilis*	*S. aureus*
100	19.08±1.80	20.16±2.78	23.56±1.51
50	17.15±1.24	18.76±3.12	20.42±2.54
25	15.82±4.16	17.27±1.52	19.37±1.13
12.5	12.38±1.95	10.32±2.69	14.06±2.80
6.25	8.71±1.77	7.14±2.58	12.91±3.70
3.13	3.45±2.11	2.52±1.84	9.25±2.79

4. สรุป

ทีมผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์การศึกษาคุณภาพของการสกัดด้วยการหมักด้วย LAB เพื่อลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศ ด้วยการใช้เทคนิค Agar disc diffusion สามารถนำไปสู่แนวทางการเตรียมสารสกัดเพื่อการเคลือบบนแผ่นกรองอากาศในเครื่องฟอกอากาศ สามารถพัฒนาในเชิงเชิงพาณิชย์ระดับอุตสาหกรรม ให้ได้สารสกัดกระทียมปริมาณมากที่มีมาตรฐานด้วยคุณลักษณะที่สามารถติดตามได้ และมีคุณภาพ มีอายุการทำงานยาวนาน เพื่อเคลือบแผ่นกรองอากาศที่ทำด้วยกระดาษกรองช่วยในการฟอกอากาศ น้ำหมักที่มีปริมาณและต้องมีคุณภาพ สามารถเก็บได้ในระยะยาว สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ใช้พ่นบนกระดาษกรองในระหว่างการใช้งานเครื่องฟอกอากาศ เพื่อคงคุณภาพในการทำงานยับยั้งจุลินทรีย์ของการกรองได้นาน สารสกัดกระเทียมด้วยการหมักด้วย LAB ที่ได้พัฒนา สร้างกรดอินทรีย์ที่สามารถช่วยในการต้านจุลชีพปนเปื้อนในอากาศ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ให้ทุนสนับสนุนงบรายได้ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] H.J.Jang, H.J.Lee, D.K.Yoon, D.S.Ji, J.H.Kim, C.H.Lee, “Antioxidant and antimicrobial activities of fresh garlic and aged garlic by-products extracted with different solvents”, Food Sci Biotechnol., 2017,27(1), 219-225.

[2] Y.S.Kim, H.H.Baek, I.M.Chung, B.Kwon, and G.E. Ji, “Garlic fermentation by lactic acid bacteria”, Food Science and Biotechnology, 2009, 18(5), 1279-1283.

[3] D.W.Sohn, C.H. Han, Y.S. Jung, S.I. Kim, S.W.. Kim, Y.H. Cho, “Anti-inflammatory and antimicrobial effects of garlic and synergistic effect between garlic and ciprofloxacin in a chronic bacterial prostatitis rat model”, Int J Antimicrob Agents.,2009, 34(3), 215–9.

[4] C.Borek, “Antioxidant health effects of aged garlic extract”, The Journal of Nutrition, 2001, 131, 1010S-1015S.

[5] J.Imai, N.Ide, S. Nagae, T.Moriguchi, H. Matsuura, and Y. Itakura, “Antioxidant and free radical scavenging effects of aged garlic extract and its constituents” Planta Medica., 1994, 60, 417-420.

[6] S.B. Bhatwalkar, R. Mondal, S.B.N. Krishna, J.K.Adam, P.Govender, and R. Anupam, “Antibacterial Properties of Organosulfur Compounds of Garlic (Allium sativum)”, Front Microbiol., 2021, 12: 613077.

[7] A.Müller, J.Eller J, F. Albrecht, P.Prochnow, K.Kuhlmann, J.E.Bandow, A.J.Slusarenko and L.I.LeichertI, “Allicin induces thiol stress in bacteria through S-alylmercapto modification of protein cysteines”, 2016. J Biol Chem., 291, 11477–90.

[8] J.Wang, Y.Cao, C.Wang, and B.Sun, “Low-frequency and low-intensity ultrasound accelerates alliinase-catalysed synthesis of allicin in freshly crushed garlic. J Sci Food Agric., 2011,91(10),1766–72.

[9] V.Viswanathan, A.G.Phadatare, A.Mukne, “Antimycobacterial and antibacterial activity of Allium sativum bulbs”, Indian J. Pharm. Sci., 2014,76, 256–261.

[10] D.Wallock-Richards, C.J. L.Doherty, D.J.Clarke, M.Place, J.R.Govan, and D.J.Campopiano, “Garlic revisited: Antimicrobial activity of allicin-containing garlic extracts against Burkholderia cepacia comple”, 2014, PLoS One. 9:e112726.

[11] M.Kumar and J.S.Berwal, “Sensitivity of food pathogens to garlic (Allium sativum)”, J. Appl. Microbiol., 1998, 84 213–215

[12] J.C. Harris, S.Cottrell, S.Plummer and D. Lloyd, “Antimicrobial properties of Allium sativum (garlic)”, Applied Microbiology and Biotechnology, 2001, 57, 282–286.

[13] R.H.Mozos, V.M.Galet, G.L.Carballo, R.Catalá, P.H.Muñoz, R.Gavara, “Development and optimization of antifungal packaging for sliced pan loaf based on garlic as active agent and bread aroma as aroma corrector”, Int J Food Microbiol., 2019, 290, 42-48.

[14] A.L.Fuchs, A.J.Weaver, B.P.Tripet, M.C.B.Ammons, M.Teintze and V.Copié, “Characterization of the antibacterial activity of Bald's eye salve against drug resistant *Staphylococcus aureus* and Pseudomonas aeruginosa”, 2018, PLoS One. 13, e0208108.

[15] J.Wang, Y.Cao, C.Wang, and B.Sun, “Low-frequency and low-intensity ultrasound accelerates alliinase-catalysed synthesis of allicin in freshly crushed garlic. J Sci Food Agric., 2011,91(10),1766–72.

[16] A.N.A.Abad, M.H.K.Nouri, and F.Tavakkoli, “Effect of Salvia officinalis hydroalcoholic extract on vincristine-induced neuropathy in mice” Chin. J. Nat. Med., 2011, 9 (5), 354-358

[17] I.Cervantes et al., “Comparison of antioxidant activity of hydroethanolic fresh and aged garlic extracts and their effects on cerebral ischemia” ,Food Chemistry, 2013, 140 (1-2), 343-3352.

[18] I.S.Choi, H.S.Cha, and Y.S.Lee. “ Physiochemical and antioxidant properties of black garlic”. Molecules, 2014. 19, 16811-16823.

[19] A. Ebrahimi, P.M.E. Pure, “Antioxidant, Antibacterial and Color Analysis of Garlic Fermented in Kombucha and Red Grape Vinegar” Applied Food Biotechnology, 2016, 3 (4), 246-252.

[20] H.Amagase, B.L.Petesch, H.Matsuura, S.Kasuga, Y. Itakura, “Intake of garlic and its bioactive components” J Nutr, 2001, 131, 955S-962S.

[21] Y.Kodera, M.Kurita, M.Nakamoto, and T. Matsutomo, “Chemistry of aged garlic: Diversity of constituents in aged garlic extract and their production mechanisms via the combination of chemical and enzymatic reactions (Review)”, Exp. Ther. Med., 2019, 19, 1574–1584.

[22] H.A.R.Suleria, M.S.Butt, F.M.Anjum, F.Saeed, R.Batool, A.Ahmad, “Aqueous garlic extract and its phytochemical profile; special reference to antioxidant status” Int J Food Sci Nutr., 2012, 63(4), 431-9.

[23] L.M.Prescott, J.P.Harley and D.A. Klein, Microbiology, 1993, Second Edition. Wm C Brown Publishers, England, pp. 325-343.

[24] S. Durairaj, S. Srinivasan, and P. Lakshmanaperumalsamy, “In vitro Antibacterial Activity and Stability of Garlic Extract at Different pH and Temperature”, Electronic Journal of Biology, 2009, 5(1), 5-10.

[25] S.Petropoulosa, A.Fernandes, L.Barros, A.Ciric, M.Sokovic, and I.C.F.R.Ferreirab. “Antimicrobial and antioxidant properties of various Greek garlic genotypes”, 2018, Food Chemistry. 245, 7-

ดร. ดวงฤทัย นิคมรัฐ

งานวิจัย

Molecular Biology (Gene expression) of Bacteria and Fungi, Biotechnology: Enzyme/ food in anaerobic fermentation, Biochemical and molecular identification for the bacterial and fungal species, Biomaterial application with environmental

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

บรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพคตินจากเปลือกส้มโอสำหรับรักษาอาหารแห้งเพื่ออุตสาหกรรมครัวเรือน

Development of A Dried Food Storing Bio-packaging from Pectin Extracted from Pomelo Peels for A Household Industry

ดวงฤทัย นิคมรัฐ[1*] ภัทริกา สูงสมบัติ[1] ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร[1] นภัสสร เพชรธำรงกุล[1]
เจนนิษา เฟื่องชูนุช[1] ศุมาลี กลิ่นพิมล[1] นิภาพร ปัญญา[2] และ ภภัสสร สิงหธรรม[2]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชาราษฎร์1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
duongruitai.n@rmutp.ac.th, patarika.s@rmutp.ac.th, natchamai.l@rmutp.ac.th, napassorn.p@rmutp.ac.th,
jannisa.f@rmutp.ac.th, sumalee.k@rmutp.ac.th
[2]2สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
nipaporn.p@rmutp.ac.th, wanida.si@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพคตินในครัวเรือนและศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ เน้นคุณสมบัติในการเก็บรักษาคุณภาพของอาหารแห้งของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพคติน ในการศึกษาตัวอย่างของอาหารแห้งที่ใช้คือกาแฟผง พบว่าเพคตินสกัดได้จากเปลือกส้มโอที่ได้มีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 4.65 ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับเพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 83.20 อยู่ในช่วงเพคตินเกรดห้องปฏิบัติการ และมีปริมาณดีกรีออฟเอสเทอริฟิเคชันร้อยละ 63.63 อยู่ในช่วงเพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพคตินด้วยมือ โดยใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ เพคตินร้อยละ 20.16 ผสมกับแป้งมันสำปะหลังสุกร้อยละ 39.92 และกลีเซอรอลร้อยละ 39.92 ได้ซองบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นแผ่นฟิล์มเรียบ ใส สีครีม ซองบรรจุภัณฑ์ดูดความชื้นโดยพบว่ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 5-6 ภายใน 6 ชั่วโมงแล้วอิ่มตัว และสามารถย่อยสลายบนดินภายใน 7 วัน ซองเปล่าสามารถย่อยสลายได้เร็วกว่าซองที่บรรจุกาแฟ (10 และ 11 วัน ตามลำดับ) แม้ว่าบรรจุภัณฑ์ไม่สามารถป้องกันอากาศเข้าออกได้แต่สามารถพัฒนาเพื่อการเก็บอาหารชนิดที่ต้องการให้อากาศและไอน้ำถ่ายเทได้ เช่น ผักและผลไม้ ดังนั้นจากการทดลองจึงชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนของชุมชน ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและย่อยสลายง่าย

คำสำคัญ : ย่อยสลายทางชีวภาพ; มิตรต่อสิ่งแวดล้อม; เพคติน; บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

Abstract

The research aimed to develop homemade pectin bio-packages and study the physical and chemical qualities of pectin extracted from pomelo peels, emphasizing the studying the properties in dry food quality preservation of bio-packages. In the study, the example of dry food used was coffee powder. It was found that the pectin extracted from the pomelo peels had metoxyl contents of 4.65% in the same range as industrial graded pectin. The galacturonic acid content of 83.20% was same as found in the laboratory graded pectin range and a degree of esterification of 63.63% was adjusted in the industrial grade pectin range. When forming a bio-packaging made of pectin by hand using the ratios of 20.16% pectin and mixing with 39.92% ripe cassava starch, and 39.92% glycerol, resulting in a package that has physical appearances as a smooth, clear, cream-colored film. The package could uptake water until saturation with the weight increase up 5-6% within 6 hr and be biodegraded on soil within 7 d. The empty sachets were decomposed faster than the coffee sachets (10 and 11 days, respectively). Though, the packaging itself is not an airlocked type but with its features that can be developed for the storage of foodstuffs that require airflow and steam, such as fruits and vegetables. Therefore, from the experiments, it is possible to apply the developed bio-packaging made of pectin from pomelo peels as a household industrial bio-packaging product with environmentally friendly biodegradability for the community.

Keywords: Biodegradable, Environmentally friendly, Pectin, Bio-packaging

1. บทนำ

ในปัจจุบันด้วยความต้องการลดการใช้พลาสติกและโฟมที่ใช้กันมากในชีวิตประจำวัน เพราะเป็นที่ทราบกันถึงความยากในการย่อยสลาย และไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทางเลือกหนึ่งของการใช้วัสดุชีวภาพที่มาจากธรรมชาติจากพืช เพื่อการนำไปใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อาหาร เครื่องสำอาง และยา เป็นวัสดุ บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ และสารสำคัญประเภทสารเติมแต่ง ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภคและต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งยังสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ การ

พัฒนางานวิจัยหลากหลายในปัจจุบันให้ความสำคัญของการทำบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่มีคุณสมบัติการใช้งานเทียบเคียงกับพลาสติกแบบเดิม [1-2] ซึ่งเป็นการส่งเสริมการลดการก่อเกิดภาวะโลกร้อน และส่งผลให้ปริมาณขยะในประเทศลดน้อยลง ทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

เพคติน (Pectin) ได้ถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของพลาสติกชีวภาพด้วยมีงานวิจัยมากมายด้านการสกัดและประยุกต์ใช้เพคตินเพื่อเป็นบรรจุภัณฑ์ [3-4] เพคตินผลิตมาจากพืช (Cellulose) มีโครงสร้างเป็นโพอลิเมอร์ของโพลิแซคคาไรด์ประเภท Heteropolysaccharide มีองค์ประกอบหลักเป็นกรดกาแลคทูโรนิก (Galacturonic acid) ที่เชื่อมผสานกันประมาณ 200 – 1000 Da ด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิก (α-1,4 glycosidic) มีน้ำหนักโมเลกุล 30,000-300,000 Da และอาจพบน้ำตาลกาแล็กโตส อะราบิโนส และแรมโนสที่ โซ่พันธะของเพคตินและมีกรดกาแล็กทูโรนิก พบได้มากในผนังเซลล์ของพืชที่ขึ้นบนดินด้วยทางเลือกที่เหมาะสมคือ กากผลไม้และเปลือกผลไม้ เช่น เปลือกมะนาว ส้ม และส้มโอ ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตร โดยทั่วไปจะใช้ในรูปผงสีขาวหรือน้ำตาลอ่อน เพคตินที่สกัดได้จากผลไม้ มักใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล ในกระบวนการผลิตอาหาร โดยเฉพาะในแยมและเยลลี่ และยังเป็นสารที่ทำให้เกิดการคงตัว ในเครื่องดื่ม เช่น นม น้ำผลไม้ เพคตินได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องดื่มมายาวนาน [5] ปัจจุบันมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมทางเทคโนโลยีชีวภาพ ในเชิงเภสัชกรรมและการผลิตยาเพิ่มมากขึ้น

คุณสมบัติของเพคตินที่สามารถเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหาร [6] ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เป็นส่วนผสมของยาและเครื่องสำอาง ด้วยความเป็นสารทำให้เกิดเจล (Gelling Agent) เป็นสารให้หนืดข้น (Thickening Agent) เป็นสารก่อเกิดอิมัลชัล (Emulsifier) ช่วยเพิ่มความเหนียวในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มให้มีความคงตัว (Stabilizer) ปรับให้มีรสสัมผัส มีเนื้ออาหารในรูปแบบตามต้องการ [7] เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเป็นแหล่งเสริมเส้นใยที่มีผลดีต่อสุขภาพ [8] ทั้งยังได้มีแนวคิดการประยุกต์ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ ให้มีความคงตัว ยืดทำเป็นแผ่นฟิล์มปิดหุ้มผักผลไม้และอาหาร ที่สามารถให้อากาศผ่านถ่ายเทได้ ไม่แตกเวลาพับซ้อน

ในการศึกษานี้คณะผู้วิจัยมีความสนใจในการนำเพคตินจากเปลือกส้มโอที่เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ที่มีมากตามฤดูกาลที่ออกผลผลิตในปริมาณมาก มาสกัดเพคติน เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการนำของเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ ด้วยการพัฒนาต้นแบบบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งชนิดผง เพื่อการพัฒนาไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน ให้แก่ชุมชนเกษตรกร จากวัตถุดิบคือเศษของเหลือทิ้ง คือเปลือกส้มโอทดแทนเพคตินทางการค้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน ด้วยการตกตะกอนด้วยเอทานอล แล้วขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มและบรรจุภัณฑ์อาหาร ทดสอบคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์อาหารดังกล่าว ความสามารถเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการประยุกต์ใช้วุ้นเพคติน ด้วยคุณสมบัติและการนำไปใช้อย่างเหมาะสม

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมเพคตินจากเปลือกส้มโอ [8-9]

จากวิธีการของ ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร และคณะ (2559) [8] นำเปลือกส้มโอ 1 กิโลกรัม แช่ในสารสะลาย 95% เอทานอลปริมาตร 1000 มิลลิตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทำให้แห้งแล้วนำเปลือกส้มโอบดแห้งปริมาณ 100 กรัม มาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่เข้มข้น 0.05 นอร์มอล ปริมาตร 1,200 มิลิลิตร นำส่วนตะกอนที่ได้แล้วนำมาล้างด้วยเอทานอล 1:2 โดยปริมาตร และอะซิโตนที่ความเข้มข้น 80% จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร ก่อนอบให้อะซิโตนระเหยจนหมด แล้วปั่นเพคตินที่ได้ให้ละเอียดจึงเก็บใส่ภาชนะไม่ให้อากาศเข้า

2.2 การศึกษาคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ [10]

1) การตรวจสอบคุณภาพของเพคตินเบื้องต้น

นำตัวอย่างเพคตินปริมาณ 0.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดไฮดรอกซาลามีนที่ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วรอทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที จึงเติมกรดไฮโดรคลอริก ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเฟอริคคลอไรด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอลปริมาตร 1 มิลิลิตร สังเกตตะกอนสีแดงเกิดขึ้นแสดงถึงสารเพคติน

2) การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล

ในการหาปริมาณน้ำหนักสมมูลของเพคติน โดยชั่งผงเพคติน 0.5 กรัม แล้วละลายผงเพคตินด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเติมโซเดียมคลอไรด์ 1 กรัม ก่อนการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยใช้ฟีนอลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ ไตเตรทจนกระทั่งสารละลายถึงจุดยุติ คำนวนหาน้ำหนักสมมูลแล้ว ก่อนเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25 นอร์มอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จนเป็นสีชมพูเข้ม แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เติมสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 นอร์มอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าจนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีชมพูเข้มเป็นสีเหลือง นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล โดยใช้ฟีนอลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ ไตเตรทจนเป็นชมพูเข้ม แล้วคำนวณหาปริมาณเมทอกซิลจากสูตรจากสมการนี้

ร้อยละปริมาณเมทอกซิล = (Vรวม×15.52)/(ปริมาณตัวอย่าง(กรัม))×100 **[1]**

3) การวิเคราะห์ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก [11]

นำผงเพคติน 5 กรัม เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกปริมาตร 5 มิลลิลิตร และแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นที่ร้อยละ 60 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร กรองและล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกครั้งละ 15 มิลลิลิตร และล้างด้วยแอลกอฮอล์จนตะกอนไม่มีคลอไรด์ นอบตะกอนให้แห้งก่อนนำเพคตินที่เตรียมได้ปริมาณ 1 ใน 10 ของน้ำหนักแห้ง เติมแอลกอฮอล์ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และเติมน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ บันทึกผลการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล บันทึกปริมาตรของด่างที่ใช้เท่ากับ V2 คำนวณจากสูตร

V1 = สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 1

V2 = สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 2

Vรวม= V1 + V2

ร้อยละปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก = (Vรวม×97.07)/(ปริมาณตัวอย่าง(กรัม))×100 **[2]**

4) การวิเคราะห์หาค่าดีกรีออฟเอสเทอริฟิเคชัน

ชั่งผงเพคตินปริมาณ 0.5 กรัม นำมาเติมเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำที่กลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไป 5 หยด ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มอล บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้เป็น V_1 จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าจนกระทั่งสีชมพูจางหายไป เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ที่ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล จนสีชมพูเริ่มปรากฏ บันทึกผลคำนวณหาค่าปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เป็น V_2 สามารถคำนวณดีกรีออฟเอสเทอริฟิเคชัน จากสูตร

V1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 1

V2 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 2

ร้อยละดีกรีออฟเอสเทอริฟิเคชัน (ร้อยละ DE) = V2/(V1+V2+10)×100 **[3]**

2.3 การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์เพคติน [1, 12]

ชั่งเพคตินปริมาณ 10 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 20 กรัม แล้วนำเพคตินที่ชั่งได้มาละลายกับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ต้มสารละลายเพคตินเป็นเวลานาน 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ต้มแป้งมันสำปะหลังจนแป้งมีลักษณะข้นและหนืด กรองแยกกากตะกอนออกก่อนนำส่วนสารละลายเพคตินที่กรองแล้วเติมน้ำกลั่นเพิ่มอีก 100 มิลลิลิตรและกลีเซอรอลปริมาณ 20 มิลลิลิตร กวนส่วนผสมทั้งหมดจนสุก แล้วเทส่วนผสมลงในถาดซิลิโคน เพื่อการเตรียมฟิล์มแล้วเกลี่ยให้สม่ำเสมอกัน ก่อนอบที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำแผ่นมานำมาตัดและซีลขอบให้เป็นถุงให้ได้ขนาด 5.8 × 7 ตารางเซนติเมตร จะได้ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

2.4 ความสามารถการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์เพคตินบนผิวดินและฝังในดินลึก

นำกระถางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ใส่ดินทางการเกษตรลงในภาชนะลึก 10 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 3 ภาชนะ เทียบกับตัวควบคุมซึ่งเป็นซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้าอีก 1 ภาชนะ วางซองบรรจุภัณฑ์ลงบนผิวดินแล้วรดน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร เช้า-เย็น โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงจนกว่าถูกย่อยสลายหมด

3. ผลการทดลอง

3.1 การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ

จากการทดลองพบว่าเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอ เปลือกส้มโอสด 1 กิโลกรัม เมื่อนำไปตากแดดจนแห้งสนิทได้เปลือกส้มโอแห้ง 65 กรัม หลังจากการนำมาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 N ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ได้เพคติน 5.5 กรัม มีลักษณะคล้ายนมผง สีครีม ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ

3.2 คุณภาพของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอ

จากการตรวจสอบปริมาณและคุณลักษณะของเพคตินจากเปลือกส้มโอที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีเบื้องต้น พบว่ามีตะกอนมีสีแดง เมื่อทำการทดสอบจากค่าร้อยละเมทอกซิล ร้อยละกรดกาแลคทูโรนิก และร้อยละดีกรีออฟเอสเทริฟิเคชันเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเพคตินตามมาตรฐาน เพื่อบ่งบอกคุณสมบัติของเพคตินเกรดตามมาตรฐาน [13] สามารถเรียงตามความบริสุทธิ์จากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ เกรดเพคตินมาตรฐาน, เกรดเพคตินโรงงานอุตสาหกรรม, เกรดเพคตินห้องปฏิบัติการ เพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดได้ มีคุณภาพที่ได้มาตรฐาน และมีความเหนียว สามารถนำมาขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพได้ เพราะมีปริมาณเมทอกซิล ร้อยละ 4.65 ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับเพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 83.20 อยู่ในช่วงเพคตินเกรดห้องปฏิบัติการ และมีปริมาณดีกรีออฟเอสเทริฟิเคชันร้อยละ 63.63 อยู่ในช่วงเพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม จัดเป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง เพราะมีปริมาณดีกรีออฟเอสเทริฟิเคชันที่มากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป ทำให้เพคตินมีความเหนียวกว่าเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ [13] ซึ่งจากผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ

3.3 การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคติน

ในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพใช้เพคตินจากเปลือกส้มโอปริมาณ 10 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 20 กรัมและกลีเซอลรอล 20 มิลลิลิตร แล้วอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง สามารถทำซองบรรจุภัณฑ์จำนวน 4 ซอง แต่ละซองบรรจุภัณฑ์มีขนาด 5.8 × 7 ตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 2) ซองบรรจุภัณฑ์มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มใส มีความยืดหยุ่นและเหนียว ไม่มีกลิ่น สีครีม เนื้อเรียบมันเงา พบว่าฟองเหล่านี้สามารถดูดซับความชื้นและอากาศภายนอกเข้าไปด้านในซองได้ง่ายขึ้น อันมีผลต่อกาแฟผงที่เก็บรักษาไว้ในการศึกษาต่อมา และมีผลต่ออายุการใช้งานของกาแฟผง ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น ด้วยการผสมสารเคมีเคลือบบรรจุภัณฑ์ เพื่อป้องกันอากาศเข้าและช่วยยืดระยะการเก็บรักษากาแฟผงให้ได้ยาวนานขึ้น

ภาพที่ 2 ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพคตินจากเปลือกส้มโอ

4. การดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

จากการเก็บซองบรรจุภัณฑ์ไว้ในกล่องที่มีความชื้นอิ่มตัว พบว่าซองบรรจุภัณฑ์ก่อนได้รับความชื้นเป็นแผ่นฟิล์มใส เหนียวยืดหยุ่น สีครีม เนื้อเรียบ มันเงา แต่ยังมีฟองอากาศขนาดเล็ก มีรูปทรงไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีความนิ่มอ่อนตัวลง จากการดูดความชื้นทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา กาแฟผงมีการดูดความชื้นในชั่วโมงแรกสูง โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นทุก ๆ ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ตัวฟิล์มเพคตินของซองบรรจุภัณฑ์เปล่ามีความสามารถดูดความชื้นน้อยกว่ากาแฟผงที่สามารถดูดความชื้นสูงมากกว่าตัวซองบรรจุภัณฑ์ที่มีกาแฟผงอยู่ ซองบรรจุภัณฑ์มีความสามารถในการกันความชื้นได้ในระดับหนึ่ง ด้วย

ความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กาแฟผงเสื่อมคุณภาพ ซองบรรจุภัณฑ์มีการดูดความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องใน 48 ชั่วโมง และสังเกตเห็นซองบรรจุภัณฑ์มีการดูดอัตราความชื้นเพิ่มขึ้นทุกวัน จากแนวโน้มการดูดความชื้นซองบรรจุภัณฑ์มาจากร้อยละน้ำหนักของซองบรรจุภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 6 ชั่วโมงแรก (ภาพที่ 3) หลังจากนั้นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่ช้าลงแต่ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าซองบรรจุภัณฑ์ไม่สามารถกันความชื้นได้เมื่อเทียบกับซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า

ภาพที่ 3 กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของกาแฟผงและซองบรรจุภัณฑ์

จากการเปลี่ยนแปลงของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพคตินจากเปลือกส้มกาแฟผง กาแฟผงและซองบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการดูดความชื้น เมื่อส่องภายใต้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ผลการทดลองแสดงว่าเมื่อสังเกตกาแฟผงด้วยตาเปล่าก่อนได้รับการดูดความชื้น มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีน้ำตาล กระจายตัว ไม่จับตัวเป็นก้อน ในขณะที่กาแฟผงที่ผ่านการดูดความชื้นที่เพิ่มขึ้นมีการจับตัวกันเป็นก้อนมากขึ้น กาแฟผงที่ผ่านการดูดความชื้นในซองบรรจุภัณฑ์ มีลักษณะใกล้เคียงกับกาแฟผงที่ไม่ผ่านการดูดความชื้น แต่การจับตัวเป็นก้อนค่อนข้างน้อยกว่ากาแฟผงที่วางไว้ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าซองบรรจุภัณฑ์สามารถช่วยกันความชื้นจากภายนอกเข้าสู่กาแฟผงได้ ทำให้ช่วยรักษาคุณภาพกาแฟผงได้ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง

5. การย่อยสลายของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

ในการศึกษาการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอบนผิวดิน เมื่อทำการรดน้ำเช้าและเย็นปริมาตร 100 มิลลิลิตร พบว่าซองบรรจุภัณฑ์เปล่าและซองบรรจุภัณฑ์บรรจุกาแฟผงถูกย่อยสลาย (ภาพที่ 4) ซองบรรจุภัณฑ์เปล่าที่อยู่บนผิวดินถูกย่อยสลายภายใน 10ชั่วโมง และซองบรรจุภัณฑ์ที่มีกาแฟผงถูกย่อยสลายภายใน 11 ชั่วโมง ซองบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบเริ่มถูกย่อยสลายตั้งแต่วันแรก แต่ซองเปล่าถูกย่อยสลายดีกว่าตัวอย่างอื่น ทั้งนี้คาดว่ากาแฟมีปัจจัยที่ขัดขวางความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุกาแฟผง ทั้งนี้ตัวควบคุมชนิดซองกาแฟสำเร็จรูปพลาสติกไม่พบว่ามีการย่อยสลาย

ภาพที่ 4 ตัวอย่างของการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพคตินจากเปลือกส้มโอที่วางลงบนผิวดิน

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพัฒนาต้นแบบการผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์เพคตินจากการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่ออุตสาหกรรมในครัวเรือนสามารถให้เพคตินที่มีคุณภาพขององค์ประกอบทางเคมีอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และที่สำคัญคือการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติ แต่ทด้วยการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารสดและแห้งที่ต้องเก็บเป็นระยะเวลานานมากกว่าอาทิตย์ คุณสมบัติของอาหารแห้งชนิดที่เลือกไว้คือกาแฟผง ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา สามารถช่วยบ่งบอกถึงคุณสมบัติพื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการเก็บแบบแห้ง ไม่มีออกซิเจนผ่าน ด้วยการลดลงของกลิ่นกาแฟผง สีอ่อนลง เปียกชื้น มีการผ่านของอากาศและไอน้ำเข้าออกได้ จากผลการทดลองที่พบว่ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น มีการเกาะตัวกันเป็นก้อน

ด้วยคุณสมบัติของเพคตินและจากแผ่นฟิล์มเพคตินที่สกัดมาเมื่อผสมกับแป้งและกลีเซอรอล ดังกล่าว จึงสามารถนำไปพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ชีวภาพชนิดฟิล์ม ซองบรรจุภัณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ สารเคลือบชนิดกินได้ที่สามารถทำเองได้ในครัวเรือน (Homemade green packaging) ด้วยเทคนิคที่เน้นความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental friendly) ใช้เป็นฟิล์มชนิดที่ให้อากาศผ่านได้ น้ำผ่านได้ (Film) ใช้เพื่อปิดหุ้มผักผลไม้และอาหาร ให้อากาศสามารถผ่านถ่ายเทได้ ยืดหยุ่น ไม่แตกเมื่อพับซ้อน จากฟิล์มชนิดที่รับประทานได้จากเจลจากเพคติน (Gelling Agent) ให้ความหนืดข้น (Thickening Agent) เป็นส่วนผสมกับสารอื่นในฟิล์มเพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านความเหนียว ความคงตัว ยืดทำเป็นแผ่นฟิล์ม โดยที่แผ่นฟิล์มที่ได้จะยังสามารถพัฒนาต่อไป เช่น เป็นองค์ประกอบในอาหาร ห่อหุ้มอาหารและยา ที่มีความยืดหยุ่น [14]

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนเพื่อการวิจัย ภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ให้ทุนสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] I.S. Jacobs and C.P. Bean, “Fine particles, thin films and exchange anisotropy,” in Magnetism, vol. III, G.T. Ra do and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.

[2] ภาวิณี เทียมดี และ บวรรัตน์ บิ้งสลุง. 2562. การประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธ์เพื่อผลิตเพาะชำพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ. สาขาวิชาเคมี (ค.บ.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

[3] R.A.S. Lestari, M.Kasmiyatun, K.Dermawan, A.N.Aini, N.Riyati, F.R. Putri, “Bioplastic from Jackfruit seeds and rice”, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 2020, pp. 835.

[4] M.S.Muthusamy and S. Pramasivam, “Bioplastics—An eco-friendly alternative to petrochemical plastics”, Curr. World Environ, 2019, 14, pp. 49–59.

[5] หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน. 2562. การสกัดและการประยุกต์ใช้เพคตินจากเปลือกทุเรียน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[6] P.J.P.Espotoa, W.X.Du, R.de J.Avena-Bustillos, N.de F.F.Soares, T.H. McHugh, "Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review", 2014, Food Hydrocolloids, 35, pp. 287-296.

[7] กรวิทย์ สักแกแก้ว. 2562. คุณประโยชน์ของเพคตินจากอาหารเหลือทิ้ง. คณะอุตสาหกรรมบริการ

[8] ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร และคณะ. 2559. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด เพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยกรดไฮโดรคลอริก. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพช

[9] T.Larptansuphaphol, P.Thongkwan, and S.Songpromtip, "Extraction of Pectin from Peels of Vegetables and Fruits", Agricultural Sci. J., 2013, 44(2)(Suppl.), 433-436.

[10] เวธกา เช้าเจริญ. 2561. การสกัด การทำให้บริสุทธิ์และสมบัติของเพคตินจากตาล. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

[11] วัชระ เวียงแก้ว. 2549. การสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ. ภาควิศวกรรมเคมี คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ องครักษ์

[12] วิลาส รัตนานุกูล. 2554. พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

[13] ชญานิน กำลัง และคณะ. 2546. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรเทคโนโลยีชาวบ้านออนไลน์. 2563.

[14] E.P.J.Pérez, D.Wen-Xian, A.Bustillos, R.de Jesús, S.N. de F.Ferreira, M.Tara H, "Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review", Food Hydrocolloids, 2014, pp. 287-296.

ดร. ดวงฤทัย นิคมรัฐ

งานวิจัย

Molecular Biology (Gene expression) of Bacteria and Fungi, Biotechnology: Enzyme/ food in anaerobic fermentation, Biochemical, Biomaterial application with environmental friendliness.

ดร. ภัทริกา สูงสมบัติ

งานวิจัย

Bioremediation with plant, Soil science, Plant physiology, Biology of soil-plant interaction, Environmental science, Ecology, Biomaterial application with environmental friendliness.

ผศ. นิภาพร ปัญญา

งานวิจัย

Computer graphics, Animation and Multimedia, Game and Interactive Media.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การออกแบบผังคลังสินค้าโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ บริษัทกรณีศึกษา

Warehouse Layout Design with Simulation Program A Case Study Company

พัฒนเดช ชื่นฉันทวงศ์[1] ธีรณัฐ พิพัฒน์ชลธี[1] กิตติชัย อธิกุลรัตน์[1]และ อิทธิพล เนคมานุรักษ์[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนน ประชาราษฎร์1 แขวง วงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขววงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบผังอาคารคลังสินค้าและวัดประสิทธิภาพการทำงานภายในอาคารคลังสินค้าด้วยการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมเฟล็กซิม อาคารจัดเก็บผลิตภัณฑ์เหล็กแปรรูปประกอบด้วย เหล็กเส้น , เหล็กแผ่น ,และเหล็กที่ลูกค้าสั่งตัดตามขนาด อุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงที่ใช้ภายในอาคารคลังสินค้าประกอบด้วยเครนเหนือหัวและรถโฟล์คลิฟท์ พื้นที่ภายในอาคารมีขนาด 54 x 88 เมตร^2 มีประตูเข้าออกทั้งหมด 6 ประตู เมื่อทำการวางผัง 3 แบบ แล้วเสร็จจึงจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมเฟล็กซิม วิเคราะห์ผลลัพธ์และวัดผลที่เกี่ยวข้องในการทำงาน โดยมีเกณฑ์การตัดสินใจ คือ ปริมาณการจัดวางผลิตภัณฑ์ ,ปริมาณการขนถ่ายในช่วงเวลาหนึ่ง ,เวลาที่ใช้ขนถ่ายต่อ 1 หน่วย และประสิทธิภาพการใช้งานอุปกรณ์ขนถ่าย พบว่าผลลัพธ์ที่ได้ แบบที่ 3 ได้คะแนนมากที่สุด ถัดมาเป็นแบบที่ 1 และ แบบที่ 2 ด้วยคะแนนร้อยละ 95.59 ,83.82 และ77.94 ตามลำดับ

คำสำคัญ : การออกแบบผังคลังสินค้า; การจำลองสถานการณ์; โปรแกรมเฟล็กซิม; โกดังจัดเก็บสินค้า

Abstract

This research paper is to warehouse plant layout and measure the performance inside a warehouse building through simulations through Flexsim program. Steel product storage buildings consist of steel bars, steel plates, and steel that customers order according to sizes. Handling equipment used within warehouse buildings consists of overhead cranes and forklifts. The indoor area of the building is 54 x 88 meters^2, with a total of 6 entrance doors. When the 3 types of layouts are completed, the simulation is done using Flexsim Program. Analyze the results and measure the relevant results of the work. The decision criterion is the amount of product placement, the amount of unloading at a certain time, the time it takes to unload per 1 unit and the efficiency of the use of the unloading equipment. It was found that the results obtained in Type 3 received the highest score. Next were Type 1 and Type 2 with scores of 95.59, 83.82 and 77.94 percent, respectively.

Keywords: warehouse layout design; simulation, flexsim program, warehouse

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเหล็กเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทย เนื่องจากเหล็กถูกใช้ในกระบวนการผลิตในหลายอุตสาหกรรมและในหลายประเทศ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น กระทบไปถึงภาคอสังหาริมทรัพย์ ภาคการก่อสร้าง และภาคบริการ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะขยายตัว ทำให้มีความต้องการเหล็กในอุตสาหกรรมเหล่านี้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เศรษฐกิจของประเทศไทยได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีความต้องการใช้เหล็กในประเทศเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเหล็กเส้นที่ใช้สำหรับการก่อสร้าง และเหล็กแผ่นประเภทต่างๆ ที่ใช้ในกลุ่มของวงการด้านอุตสาหกรรม

ทางบริษัทกรณีศึกษาประกอบกิจการด้านอุตสาหกรรมเหล็ก ก่อสร้าง และการตกแต่ง เป็นบริษัทผู้ผลิตกลางน้ำ และปลายน้ำ รับวัตถุดิบประเภทเหล็กรีดร้อนและเหล็กรีดเย็น เป็นม้วนคอยล์ เพื่อขายเป็นวัตถุดิบและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ขายทั้งปลีกและส่ง ให้แก่ลูกค้า ทางบริษัทเล็งเห็นความสำคัญของกิจกรรมโลจิสติกส์มาใช้ในบริษัท ต้องการปรังปรุงจัดสรรพื้นที่การจัดวางใหม่ให้สอดคล้องกับกิจกรรมการผลิตและการค้า

งานวิจัยจึงได้ศึกษาทฤษฎีการจัดการคลังสินค้า ทฤษฎีการออกแบบวางผังโรงงาน มาประยุกต์ใช้รวมกับทฤษฎีการจำลองสถานการณ์ งานวิจัยจะเริ่มจากการสอบถามขนาดพื้นที่อาคารจัดเก็บสินค้าและขนาดพื้นที่จัดวางสินค้าแต่ละประเภทจากทางบริษัท ตรวจสอบรูปแบบการจัดเก็บของสินค้าแต่ละประเภทและการหยิบสินค้าซึ่งจะใช้เป็นแบบเข้าหลังออกก่อน ในส่วนของการออกแบบวางผังคลังสินค้านั้น จะทำการออกแบบวางผังอาคารจัดเก็บสินค้าไว้ 3 รูปแบบ นำไปเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมเฟล็กซิม โดยตั้งเกณฑ์การตัดสินใจคัดเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีคลังสินค้าและการจัดการคลังสินค้า [3] คลังสินค้า คือ สถานที่สำหรับเก็บสินค้าเป็นจำนวนมาก มีกิจกรรมหลักเป็นการรับ การจัดเก็บ การจัดเตรียมสินค้า และการจัดส่งตามคำสั่ง การจัดการจัดการคลังสินค้า [4] เป็นการจัดการในการรับ การจัดเก็บ หมายถึง การจัดส่งสินค้าให้ผู้รับเพื่อกิจกรรมการขาย เป้าหมายหลักในการบริหาร ดำเนินธุรกิจ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ

คลังสินค้าก็เพื่อให้เกิดการดำเนินการเป็นระบบให้คุ้มกับการลงทุน การควบคุมคุณภาพของการเก็บ การหยิบสินค้า การป้องกันลดการสูญเสียจากการดำเนินงานเพื่อให้ต้นทุนการดำเนินงานต่ำที่สุด และการใช้ประโยชน์เต็มที่จากพื้นที่

ทฤษฎีกลยุทธ์การจัดเก็บสินค้า [3] ระบบการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า เป็นรูปแบบการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้าหรือประเภทสินค้า โดยมีการจัดตำแหน่งการวางคล้ายกับร้านค้าปลีกหรือตามห้างทั่วไปที่มีการจัดวางสินค้าในกลุ่มเดียวกันหรือประเภทเดียวกันไว้ ตำแหน่งที่ใกล้กัน ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บสินค้าคือมีการเน้นเรื่องการใช้งานพื้นที่จัดเก็บ มากขึ้น และยังง่ายต่อพนักงานหยิบสินค้าทราบถึงตำแหน่งของสินค้าที่จะต้องไปหยิบ แต่มีข้อเสียเช่นกันเนื่องจากพนักงานที่หยิบสินค้าจำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องของสินค้าแต่ละชิ้น

หลักการของการวางผังโรงงานหรือคลังสินค้า ต้องคำนึกถึงกิจกรรมทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็น คน วัสดุ เครื่องจักร กิจกรรมสนับสนุนการผลิต ระยะทาง [9] กล่าวคือ " การวางผังโรงงานเป็นกระบวนการในการจัดวางเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ คนงาน วัตถุดิบ และสิ่งอำนวยความสะดวกในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้โรงงานดำเนินการและประกอบกิจการได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย "

ทฤษฎีการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน จะตั้งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมมีความสำคัญกับค่าใช้จ่ายในระยะยาวของธุรกิจ กล่าวคือ "การที่โรงงานอุตสาหกรรมจะตั้งอยู่ที่ใดที่หนึ่ง จะมีผลโดยตรงต่อต้นทุน ทั้งที่เป็นต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน" ถ้าผู้ประกอบการเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมได้เหมาะสมกับงาน ย่อมมีผลให้กำไรของบริษัทไปในทางที่ดีด้วย แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อธุรกิจก็มีความจำเป็นที่จะต้องเลือกสถานที่ตั้งโรงงานใหม่ ผู้ประกอบการก็จะต้องวางแผนเพื่อเลือกที่ทั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการดำเนินการ วิธีการในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานที่เป็นที่นิยมมีอยู่หลายวิธี และวิธีการให้คะแนน สามารถทำได้โดยการประเมินปัจจัยต่างๆ ที่จะเกี่ยวข้องในการตัดสินใจ และให้น้ำหนักคะแนนกับปัจจัยนั้นๆ เช่น ให้น้ำหนักคะแนนกับแหล่ง วัตถุดิบ สภาพแวดล้อมบริเวณนั้น ที่ดิน แหล่งน้ำ เป็นต้น แล้วจึงนำคะแนนของทางเลือกนั้นๆ ตามแต่ละปัจจัยต่างๆ มาเปรียบเทียบกัน คะแนนรวมแหล่งใดมากที่สุดก็พิจารณาแหล่งนั้นเป็นทำเลที่ตั้ง

โปรแกรมเฟล็กซิมเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายสำหรับโปรแกรมสร้างแบบจำลอง โดยทำการทดสอบแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ และเพื่อแนวทางในการวิเคราะห์ปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น รวมไปถึงการแสดงผลในรูปแบบของสามมิติ สามารถใช้ได้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น นำไปช่วยพัฒนากระบวนการผลิต ,ช่วยสร้างแบบจำลองการจัดวางเลย์เอาท์ในคลังสินค้า เพื่อค้นหาสิ่งของต่างๆได้สะดวกยิ่งขึ้น, สามารถจำลองกระบวนการผลิตได้ก่อน โดยใช้วัตถุเป็นหุ่นยนต์หรือเครน เพื่อดูสภาพแวดล้อมคร่าวๆ ในการทำงานก่อนที่จะทำการผลิตจริง , สามารถจำลองอัตราการรอคิวของงานบริการต่างๆ เพื่อให้มีการจัดการที่ดีขึ้นหรือรวดเร็วขึ้น และช่วยสร้างแบบจำลองการจัดวางระบบสายพาน เพื่อลำเลียงรวมไปถึงนำไปใช้เพื่อพัฒนาขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ให้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

3. วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ กล่าวคือ เป็นการศึกษาการปฏิบัติงานภายในอาคารคลังสินค้าที่ปฏิบัติอยู่ นำไปออกแบบวางผังพื้นที่จัดวางผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิการใช้พื้นที่ภายในคลังให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่เกิดขึ้น รวมถึงปัจจัยต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์เฟล็กซิม โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้ 1. ศึกษาขนาดพื้นที่ของอาคารจัดเก็บและขนาดพื้นที่วางของผลิตภัณฑ์ 2.ศึกษารูปแบบการขนถ่ายลำเลียงผลิตภัณฑ์ 3. ออกแบบวางผังอาคารจัดเก็บสินค้า 4.นำแบบไปจำลองในโปรแกรม 5.คัดเลือกแบบตามเกณฑ์ ทำการสรุปผล แต่ละรูปแบบที่ได้ทำการออกแบบ เป็นประสิทธิภาพการขนย้ายและจำนวนการจัดเก็บผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท แสดงข้อมูลเปรียบเทียบรูปแบบการจัดวางผัง 3 รูปแบบ พร้อมเสนอบริษัทกรณีศึกษาเพื่อประกอบการตัดสินใจการดำเนินงาน

4. ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาพื้นที่ที่ใช้จัดวางผลิตภัณฑ์เหล็กเส้น, เหล็กแผ่นและเหล็กตัดตามขนาด อาคารจัดเก็บสินค้ามีพื้นที่กว้าง 54 เมตร ยาว 88 เมตร ได้ออกแบบจัดวาง 3 รูปแบบ โดยใช้หลักการออกแบบผังโรงงานร่วมกับทฤษฎีการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า กำหนดให้พื้นที่สีฟ้าแทนพื้นที่วางเหล็กเส้น พื้นที่สีชมพูและสีเขียวแทนพื้นที่วางเหล็กแผ่น และพื้นที่สีน้ำเงินแทนพื้นที่เหล็กตัดตามขนาด พื้นที่สีส้มจัดให้เป็นพื้นที่สำหรับโหลดสินค้ารอส่งมอบให้กับลูกค้า และสุดท้ายพื้นที่สีเหลืองเป็นพื้นที่สำหรับรถบรรทุกที่ถอยเข้ามาโหลดขึ้นท้าย จะสังเกตได้ว่าจะมี 1 ประตูที่ถูกปิด เนื่องจากสาเหตุทางบริษัทได้วางตู้คุมไฟตรงมุม ผู้วิจัยจึงทำการปิดประตูและจัดให้เป็นพื้นที่จัดวางเหล็กสามารถขนถ่ายลำเลียงออกได้ประตูที่ใกล้ที่สุด สรุปการออกแบบผังแสดงในรูปต่อไปนี้

รูปที่ 1 แบบผังจัดวางผลิตภัณฑ์แบบผังที่ 1

รูปที่ 2 แบบผังจัดวางผลิตภัณฑ์แบบผังที่ 2

รูปที่ 3 การจัดวางผังผลิตภัณฑ์ แบบผังที่ 3

จากการออกแบบผังที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยได้ออกแบบให้สอดคล้องกับกิจกรรมภายในคลังสินค้าที่เกิดขึ้น ตามหลักทฤษฎีการออกแบบผังโรงงานหรือการจัดพื้นที่สำหรับจัดวางสินค้าภายในโกดัง โดยคำนึกถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงาน สรุปความสามารถจัดวางเหล็กแต่ละประเภทผลิตภัณฑ์ได้ปริมาณจัดเก็บ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณผลิตภัณฑ์จัดเก็บผลิตภัณฑ์ภายในอาคาร

ผลิตภัณฑ์เหล็ก	แบบผังที่ 1	แบบผังที่ 2	แบบผังที่ 3
เหล็กเส้น	1,024 SKU	928 SKU	1,044 SKU
เหล็กแผ่น	3,136 SKU	2,680 SKU	2,890 SKU
เหล็กตัดตามขนาด	872 Pallet	784 Pallet	816 Pallet

นำแบบที่ได้ไปจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมเฟลี่กซิม ผลลัพธ์ที่ได้นำมาพิจารณาคัดเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุด โดยปัจจัยดังนี้ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ขนถ่ายลำเลียงภายในเวลา 60 นาที ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 2 ในส่วนประสิทธิภาพการใช้อุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 3 และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการขนถ่ายลำเลียงผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ขนถ่ายลำเลียงภายในเวลา 60 นาที

ผลิตภัณฑ์เหล็ก	แบบผังที่ 1	แบบผังที่ 2	แบบผังที่ 3
เหล็กเส้น	129 SKU	113 SKU	133 SKU
เหล็กแผ่น	242 SKU	229 SKU	243 SKU
เหล็กตัดตามขนาด	165 Pallet	211 Pallet	159 Pallet

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการใช้อุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียง

ผลิตภัณฑ์เหล็ก	อุปกรณ์ขนถ่าย	แบบผังที่ 1	แบบผังที่ 2	แบบผังที่ 3
เหล็กเส้น	เครน	49.88 %	49.94 %	49.90 %
เหล็กแผ่น	เครน	49.90 %	50.03 %	50.08 %
เหล็กตัดตามขนาด	รถโฟล์คลิฟท์	45.63%	43.92 %	45.52 %

ตารางที่ 4 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการขนถ่ายลำเลียงผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย (วินาทีต่อหน่วย)

ผลิตภัณฑ์เหล็ก	แบบผังที่ 1	แบบผังที่ 2	แบบผังที่ 3
เหล็กเส้น	13.86	15.91	13.43
เหล็กแผ่น	13.05	14.29	15.54
เหล็กตัดตามขนาด	10.57	8.21	10.90

ผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ที่ได้ออกแบบมานั้น นำมาพิจารณาคัดเลือกวิธีเชิงคุณภาพ โดยใช้เครื่องมือการเลือกแบบวิธีการให้คะแนนความสำคัญตามวัตถุประสงค์ที่ได้สอบถามทางผู้จัดการคลังสินค้า กำหนดให้ปัจจัยแรกปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ขนถ่ายลำเลียงภายใน 60 นาที มีน้ำหนักคะแนนร้อยละ 29.41 ปัจจัยรองลงมา ปริมาณผลิตภัณฑ์จัดเก็บผลิตภัณฑ์ภายในอาคาร มีน้ำหนักคะแนนร้อยละ 26.47 ลำดับถัดมาปัจจัยเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการขนถ่ายลำเลียงผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย มีน้ำหนักคะแนนร้อยละ 23.53 ปัจจัยสุดท้ายประสิทธิภาพการใช้อุปกรณ์ขนถ่าย น้ำหนักคะแนนร้อยละ 20.59 จากปัจจัยที่กล่าวมานำมาให้คะแนนตามความเหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบวางผังคลังสินค้าและการจำลองสถานการณ์

สภาพปัจจัย	คะแนนเต็ม	แบบผังที่1	แบบผังที่2	แบบผังที่3
ปริมาณการขนถ่าย	100	90	75	100
ความจุในการวางผลิตภัณฑ์	90	85	75	90
เวลาเฉลี่ยต่อการขนถ่าย	80	65	45	75
ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนถ่าย	70	45	70	60
รวม	340	285	265	325
ร้อยละ	100	83.82	77.94	95.59

จากการให้คะแนนตามปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าผลลัพธ์ที่ได้ แบบที่ 3 ได้คะแนนมากที่สุด ที่คะแนนร้อนละ 95.59 ถัดมาเป็นแบบที่ 1 และ แบบที่ 2 ด้วยคะแนนร้อยละ 83.82 และ 77.94 ตามลำดับ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบวางผังและใช้การจำลองสถานการณ์นำมาประกอบการตัดสินใจ โดยคำถึงนึกการออกแบบ

ตามหลักโลจิสติกส์ที่เรียนและศึกษามา อาจจะมีทฤษฎีใหม่ๆในอนาคตที่สามารถตอบโจทย์การออกแบบวางผังและโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่มีความแม่นยำละเอียดมากกว่านี้ในอนาคต โดยการออกแบบข้างต้นสามารถปรับเปลี่ยนได้ในอนาคต เนื่องจากมีความสอดคล้องกับความต้องการหรือแนวโน้มในการสั่งซื้อเพื่อหาแบบผังที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับอาคารจัดเก็บผลิตภัณฑ์เหล็กแปรรูป ปัจจัยที่นำมาประกอบการพิจารณาคัดเลือกทางบริษัทกรณีศึกษาทางผู้จัดการคลังสินค้าได้ให้คะแนนความสำคัญตามความต้องการ

5. สรุป

จากผลการออกแบบวางผังอาคารจัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่นำมาจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมเฟล็กซิม ได้ข้อสรุปว่า อาคารจัดเก็บผลิตภัณฑ์ เลือกแบบผังที่ 3 มีคะแนน 325 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 95.59 มีความสามารถในการวางผลิตภัณฑ์, ปริมาณการขนถ่าย, เวลาเฉลี่ยในการขนถ่ายของผลิตภัณฑ์ต่อ 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ และประสิทธิภาพของอุปกรณ์ขนถ่าย ดีที่สุดในการออกแบบทั้ง 3 แบบ โดยการออกแบบข้างต้นสามารถปรับเปลี่ยนได้ในอนาคตเนื่องจากมีความสอดคล้องกับความต้องการหรือแนวโน้มในการสั่งซื้อ โดยทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นการจำลองขึ้นมาภายใต้เงื่อนไขที่ผู้วิจัยทำกำหนดไว้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์กิตติชัย อธิกุลรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่งเป็นพิเศษ สละเวลาส่วนตัวมาตรวจสอบบทความนี้อย่างละเอียด ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ บริษัทกรณีศึกษา บริษัทขายผลิตภัณฑ์เหล็กแปรรูป ซึ่งเป็นผู้ให้ความอนุเคราะห์และให้ข้อมูลต่างๆ ที่เอื้อต่อการทำงานวิจัยเป็นอย่างมาก จนสามารถทำให้งานวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่บิดามารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียวและยินดีรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Charles, G.P. (2002). “Considerations in order picking zone configuration”., Journal of Operation and Production Management, Vol. 22.

[2] James, A.T. and Jerry, D.S. (1998). “The Warehouse Management Handbook”, second edition, Tompkins.

[3] การออกแบบและวางผังโรงงาน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ส. เอเชีย เพรส. คลังสินค้า

[4] วันชัย ริจิรวนิช. (2541). การออกแบบผังโรงงาน. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] พีรเวทย์ เชื้อสุข ภานุรุจ อินมา. (2560). การจำลองสถานการณ์รูปแบบการจัดเก็บสินค้าและการจัดการพื้นที่คลังสินค้า

[6] พิชญาภรณ์ เอกศิริ และรัฐยา พรหมหิตทร. (2562). การออกแบบและวางผังคลังสินค้าด้วยระบบ Systematic Planning. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันตก.

[7] ชยุตม์ บันเทิงจิตร. (2561). การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ในการออกแบบผังคลังสินค้า เพื่อลดเวลาในการขนถ่ายวัสดุ. วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต (Kasem Bundit Engineering Journal), 8(3), 1-14.

[8] นราธิป คลับคล้าย,สินชัย สุกาญจนะและสหรัฐ พวงน้อย. (2562). การปรับปรุงคลังสินค้าและระบบการจัดเก็บสินค้า กรณีศึกษาบริษัทผลิตสายไฟ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[9] ประจวบ กล่อมจิตร. (2555).การออกแบบโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน .

นาย พัฒนเดช ชื่นฉันทวงศ์
ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ
และโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นางสาว ธีรณัฐ พิพัฒน์ชลธี
ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ
และโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผศ.ดร.กิตติชัย อธิกุลรัตน์
อาจารย์ประจำภาควิชา วิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ดร. อิทธิพล เนคมานุรักษ์
อาจารย์ประจำภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การพัฒนาเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

Development of Automatic Lawn Mover

โอฬาร กาญจนเจริญนนท์[1*] อภิรัตน์ แวแข[2] สุริวัฒน์ เพิ่มลาภ[3] สรสุธี บัวพูล[4*] ศิวรุตม์ จุลพรหม[5] และสมเดช อิงคะวะระ[6]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800

Sorasutee.b@rmutp.ac.th

[6]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถ.พระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330

Somdech@pit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติและทดสอบการทำงานของเครื่อง โดยเครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถลดการใช้แรงงานคนในการตัดหญ้า โดยมีขนาดของเครื่องกว้าง 85 เซนติเมตร ยาว 106 เซนติเมตร สูง 26 เซนติเมตร มีความแข็งแรง เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติใช้เครื่องยนต์เบนซิน โดยเครื่องที่ได้พัฒนามีฟังก์ชันการทำงาน 2 ฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันหลบหลีกสิ่งกีดขวางและฟังก์ชันสั่งการผ่านโทรศัพท์มือถือ ซึ่งควบคุมการเปิดและปิดโดยแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อความสะดวกในการเปิดปิดการทำงาน จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ โดยพื้นที่การทดสอบการตัดหญ้า กว้าง 5 เมตร และยาว 5 เมตร มีการวัดความสูงของหญ้าก่อนทำการตัดหญ้า โดยมีค่าเฉลี่ย 35.4 เซนติเมตร และหลังจากทำการตัดหญ้า โดยที่ความสูงของหญ้าค่าเฉลี่ย 2.4 เซนติเมตร และการทดสอบฟังก์ชันหลบหลีกสิ่งกีดขวาง มีการทดสอบ 2 ประเภทได้แก่ กิ่งไม้ และมนุษย์ จากการการทดสอบพบว่าเครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถหลบหลีกกิ่งไม้ และมนุษย์ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : เครื่องตัดหญ้า หญ้า การตัดหญ้า เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

Abstract

This project aims to design and build an automatic lawn mower. The developed machine can reduce the use of human labor in mowing the grass. The size of the machine is 85 cm width, 106 cm length, and 26 cm height. The automatic lawnmower uses a gasoline engine for movement and working. It is controlled by the mobile phone application. The new program was designed for controlling of movement and mowing. It was created at Blynk application. The user interface of program, it helps control on and off the working. The result of the machine testing, the area of grass cutting is 5 m x 5 m. The average height of the grass can be reduced from 35.4 cm to 2.4 cm. It can stop automatedly when the human or the thing is in front of the machine movement. And the overall of controlling of machine can control by using Blynk application.

Keywords: automatic lawn mower, grass cutting, lawn cutting machine

1. บทนำ

ในอดีตมนุษย์ใช้มีดหรือกรรไกรในการตัดหญ้าทำให้เกิดความเมื่อยล้าและทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมากแต่ในปัจจุบันได้มีการคิดค้นเครื่องตัดหญ้าขึ้นมาเพื่อใช้ตัดหญ้าแทนการใช้มีดหรือกรรไกรตัดหญ้า เครื่องตัดหญ้าในปัจจุบันมีทั้งหมด 3 ประเภทคือ เครื่องตัดหญ้าแบบรถเข็น เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่าและ เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ [1] ทำให้สะดวกและรวดเร็วในการใช้งานและยังเป็นเครื่องทุ่นแรงในการตัดหญ้าในสนามกีฬาและสนามหญ้าขนาดใหญ่ แต่ยังพบปัญหาของการตัดหญ้าด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่าคือ การถือเครื่องตัดหญ้าเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดอาการเมื่อยล้าตามร่างกายทำให้ปวดหัวไหล่และ ปวดแขน รวมทั้งใบตัดหญ้ามีโอกาสกระทบกับหินจึงทำให้หินกระเด็นกระทบกับร่างกายผู้ใช้หรือผู้ที่อยู่บริเวณใกล้ได้ [2]

ปัจจุบันมีการผลิตเครื่องตัดหญ้าบังคับวิทยุที่ขับเคลื่อน 4 ล้อ บังคับการเคลื่อนที่ด้วยรีโมท [3] เครื่องตัดหญ้าประเภทนี้ช่วยลดอันตรายจากหินกระเด็นกระทบกับร่างกายผู้ใช้ เนื่องจากผู้ใช้อยู่ห่างจากเครื่องตัดหญ้า แต่เครื่องตัดหญ้าประเภทนี้มีข้อจำกัดคือ ระยะสัญญาณควบคุมได้ไม่เกิน 500 เมตร รวมทั้งผู้ใช้ต้องมีความรู้ในการบังคับการทำงานของเครื่องตัดหญ้า

จากปัญหาดังกล่าวของเครื่องตัดหญ้าบังคับวิทยุจึงทำให้เกิดแนวคิดในการออกแบบเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้บอร์ด Arduino2560 โดยเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติมีฟังก์ชันการทำงานคือ ควบคุมการเปิดปิดการทำงานผ่านสมาร์ทโฟน สามารถเคลื่อนที่ได้เองและสามารถหลบสิ่งกีดขวาง

2. วิธีการดำเนินการ

วิธีการดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ศึกษาชนิดของหญ้า ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมบอร์ด ESP32 Wi-Fi ศึกษาการใช้วัสดุในการตัดหญ้า ศึกษาเรื่องระบบควบคุมการทำงานด้วย Arduino MEGA 2560 และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ออกแบบส่วนประกอบและรายละเอียดของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

2.1 ออกแบบโครงสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ มีดังนี้

- กำหนดขนาดของส่วนประกอบของโครงสร้าง
- คัดเลือกวัสดุของส่วนประกอบของโครงสร้าง
- เขียนแบบสั่งงานทั้งแบบสองมิติ และสามมิติของส่วนประกอบของโครงสร้าง

2.2 ออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

3. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ
4. สร้างและประกอบโครงสร้าง
5. สร้างระบบควบคุมการทำงาน
6. ประกอบโครงสร้างและระบบควบคุมการทำงานเข้าด้วยกัน
7. ทดสอบการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

7.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติในพื้นที่ 9 ตารางเมตร หรือ 5 เมตร x 5 เมตร

7.2 ทดสอบฟังก์ชันย่อยการทำงานของเครื่อง

7.2.1 ทดสอบฟังก์ชันการควบคุมระบบเปิดและปิดผ่านสมาร์ทโฟน

7.2.2 ทดสอบฟังก์ชันการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

3. ผลการดำเนินงาน

3.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

ผลการออกแบบโครงสร้างของเครื่องด้วยการกำหนดขนาดและคัดเลือกวัสดุ ซึ่งส่วนประกอบหลักของเครื่องได้แก่ โครง มีขนาดกว้าง 85 เซนติเมตร ยาว 107 เซนติเมตร สูง 38 เซนติเมตร ทำมาจากเหล็กกล่องตัดกันด้วยวิธีการเชื่อม เพื่อความแข็งแรงของโครงสร้าง ฐานเครื่องตัดหญ้ามีขนาดกว้าง 16 เซนติเมตร ยาว 34 เซนติเมตร สูง 37 เซนติเมตร ทำมาจากเหล็กกล่องตัดกันด้วยวิธีการเชื่อม เพื่อความแข็งแรงในการรับแรงกระชากจากเครื่องตัดหญ้า ล้อ มีจำนวน 2 วง มีขนาด 8 นิ้ว กล่องแผงควบคุม มีขนาดกว้าง 27 เซนติเมตร ยาว 37 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร ซึ่งเลือกใช้เป็นพลาสติกประเภท ABS ทนความความร้อนและเป็นฉนวนได้ดี

ผลการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การออกแบบวงจรระบบควบคุมการทำงาน การออกแบบโค้ดเพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงาน และการออกแบบหน้าจอควบคุมการทำงานของแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งการออกแบบวงจรระบบควบคุมการทำงานจะทำการเขียนแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อจำลองการเชื่อมต่อของวงจรอิเล็กทรอกนิกส์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การออกแบบโค้ดเพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงาน ได้ทำการเขียนโค้ดบนโปรแกรม Arduino ซึ่งโค้ดควบคุมการทำงานมีทั้งหมด 5 รายการ ได้แก่ โค้ดการกำหนดให้ Arduino ติดต่อสื่อสารกับเซ็นเซอร์วัดระยะและมอเตอร์ โค้ดการกำหนดการเลี้ยวของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ โค้ดการกำหนดเดินหน้าและถอยหลัง โค้ดการกำหนดหยุดเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ โค้ดการกำหนดเงื่อนไขและการกำหนดการทำงาน หลังจาการเขียนโค้ดแล้วทำการอัพโหลดโค้ด ควบคุมโค้ดการกำหนดให้ Arduino ติดต่อสื่อสารกับเซ็นเซอร์วัดระยะและมอเตอร์ โค้ดการกำหนดการเลี้ยวของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ โค้ดการกำหนดเดินหน้าและถอยหลัง โค้ดการกำหนดหยุดเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ โค้ดการกำหนดเงื่อนไขและการกำหนดการทำงาน บรรจุลง Arduino และการออกแบบหน้าจอควบคุมการทำงานของแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งการออกแบบหน้าจอควบคุมการทำงานของแอปพลิเคชัน Blynk ได้ออกแบบหน้าจอการควบคุมการทำงานจำนวน 1 หน้าจอ ได้แก่ การปิดและการเปิดเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ รูปที่ 1 แสดงเครื่องตัดหญ้าที่ได้พัฒนาขึ้น

รูปที่ 1 เครื่องตัดหญ้าที่ได้พัฒนาขึ้น

3.2 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

การทดสอบการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติเริ่มต้นจากการอัดประจุแบตเตอรี่ให้เต็มที่ 13.0 โวลต์ หลังจากนั้นเช็คประจุไฟของแบตเตอรี่ด้วยมัลติมิเตอร์ต้องไม่ต่ำกว่า 11.5 โวลต์ โดยมีวิธีการทดสอบจะเริ่มทำการทดสอบที่สนามหญ้าขนาดพื้นที่กว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร โดยทำการวัดความสูงของหญ้าก่อนตัดทั้งหมด 9 ตำแหน่ง จากนั้นทำการเปิดเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติผ่านหน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk และสังเกตการเคลื่อนที่ของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ หลังจากทำการทดสอบการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปทำการวัดความสูงของหญ้าหลังทำการตัดโดยมีการวัดทั้งหมด 9 ตำแหน่ง

ผลการวัดความสูงของหญ้าก่อนตัดและหลังตัดหญ้าทั้งหมด 9 ตำแหน่ง แสดงผลดังรูปที่ 2 และตารางที่ 1 เพื่อการเก็บผลการทดสอบการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

ก. ข.

รูปที่ 2 การวัดความสูงของหญ้า

ก. ก่อนตัดหญ้า

ข. หลังตัดหญ้า

ตารางที่ 1 ผลการวัดความสูงของหญ้าก่อนตัดและหลังตัดหญ้าทั้งหมด 9 ตำแหน่ง

ความสูงหญ้า ณ ตำแหน่ง	การตัดหญ้าครั้งที่ 1 (เซนติเมตร)		การตัดหญ้าครั้งที่ 2 (เซนติเมตร)		การตัดหญ้าครั้งที่ 3 (เซนติเมตร)	
	ก่อนตัด	หลังตัด	ก่อนตัด	หลังตัด	ก่อนตัด	หลังตัด
1	50	2	30	3	35	2.8
2	41	1.7	32	2.9	30	3
3	38	1.9	28	3.1	31.8	2.5
4	45	1.5	30.2	2	30.3	2
5	48	1.2	25	3	29	3.2
6	51	1	31	2.7	25	3.3
7	48	2.2	29	2.5	27	2.7
8	47	1.8	26	3.2	31	2.9
9	49	1.8	35	3.1	35	3

3.3 ผลการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

ผลการเคลื่อนที่ของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติในรูปแบบเดินทางตรงและแบบซิกแซกคือเครื่องตัดหญ้าสามารถเคลื่อนที่ได้ตามที่ได้ออกแบบรูปแบบการเดินในทุกรอบสำหรับพื้นที่เรียบไม่มีหลุม

ผลการทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยการจำลองสิ่งกีดขวางในสนามหญ้า มีวิธีการนำกิ่งไม้วางห่างจากเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ 2 เมตร และมนุษย์เดินผ่านเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ โดยทำการทดสอบอย่างละ 3 ครั้ง ผลการทดสอบเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติสามารถหยุดการเคลื่อนที่ได้เองครบทุกครั้ง เมื่อพบสิ่งกีดขวางและมนุษย์เดินผ่านเครื่องตัดหญ้า รูปที่ 3 แสดงการทดสอบการหยุดการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติเมื่อพบสิ่งกีดขวางเป็นกิ่งไม้ และรูปที่ 4 แสดงการทดสอบการหยุดการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติเมื่อพบสิ่งกีดขวางเป็นมนุษย์

รูปที่ 3 การทดสอบการหยุดการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติเมื่อพบสิ่งกีดขวางเป็นกิ่งไม้

รูปที่ 4 การทดสอบการหยุดการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติเมื่อพบสิ่งกีดขวางเป็นมนุษย์

4. อภิปรายผล

เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างดี ตามแนวเส้นทางที่ได้ออกแบบไว้ ทั้งทางตรงและทางซิกแซก หากพบหลุมหรือพื้นที่ไม่เรียบจำนวนมากอาจจะทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องตัดหญ้าเกิดการเลี้ยวได้ ซึ่งเครื่องสามารถลดขนาดความสูงของหญ้าได้ สั่งการผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ให้เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติรวมถึงการหยุดการทำงานเพื่อพบสิ่งกีดขวางทั้งกิ่งไม้และมนุษย์เพื่อลดการเสียหายได้ แต่ยังคงพบว่าควรจะมีการพัฒนาต่อยอดในประเด็นเรื่องของแบตเตอรี่ เนื่องจากก่อนการเริ่มต้นการตัดหญ้าทุกครั้งควรจะต้องทำการวัดและอัดประจุแบตเตอรี่เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนตัดหญ้า

จริง หากพื้นที่ที่ต้องการตัดหญ้ามีขนาดกว้างมาก จะทำให้แบตเตอรี่ของเครื่องตัดหญ้าไม่เพียงพอ

5. สรุปผล

เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถลดปัญหาของผู้ใช้งานเครื่องตัดหญ้าในเรื่องความปลอดภัยในขณะตัดหญ้าและลดการใช้แรงงานคนในการตัดหญ้า เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติสามารถเคลื่อนที่เองได้โดยอัตโนมัติโดยสั่งการผ่านโทรศัพท์มือถือที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Blynk เป็นตัวสั่งงานให้เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติทำงาน และสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางเองได้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการนำเทคโนโลยีการควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ผ่านแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้กับเครื่องตัดหญ้า ซึ่งจากเดิมจะเป็นการใช้ควบคุมผ่านรีโมทคอนโทรล

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

[1] iToolmart. เครื่องตัดหญ้า. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : https://itoolmart.com/blog/content,11 กุมภาพันธ์ 2564.

[2] brushcutter. เครื่องตัดหญ้าไร้สาย. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : https://brushcutter.com/, 1 กุมภาพันธ์ 2564.

[3] LNW. เครื่องตัดหญ้าบังคับวิทยุ.[ออนไลน์] สืบค้นจาก : https://lnwshop.com./เมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2565

[4] พรเทพ แสนติ๊บ และคณะ, ปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า, 2550, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

[5] ผดุงศักดิ์ จันทร์ผล และคณะ, ปริญญานิพนธ์เรื่องรถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ, 2560 สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา บริษัทรับเหมาก่อสร้างไทย

Production Efficiency Increase by using the application of preventive maintenance techniques: A Case study in Thai construction company

เมธี สุรวิทย์[1*] สรสุธี บัวพูล[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กรุงเทพมหานคร 10800 E mail: boymateesurawit@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในงานก่อสร้าง ด้วยการแนวออกแบบแนวทางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันงานเครื่องจักร เริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ ระยะเวลาในการหยุดการทำงาน และบันทึกสาเหตุที่ทำให้เครื่องหยุดการทำงาน และนำไปวิเคราะห์สาเหตุผ่านแผนผังก้างปลาและแผนภูมิพาราโต จากนั้นทำการออกแบบแนวทางการซ่อมบำรุง และลงพื้นที่ปฏิบัติงานโดยนำแนวทางไปใช้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำการหาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) และระยะเวลาในการสูญเสีย (MTBF) มาคำนวณก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งพบว่า ค่า OEE หลังปรับปรุงเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.45 และค่า MTBF ลดลง 10 ชั่วโมง ในการปฏิบัติตามแนวทางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องจักรของบริษัทรับเหมาก่อสร้าง

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพ; การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน; บริษัทรับเหมาก่อสร้าง; ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร; เครื่องจักรหยุดทำงาน

Abstract

The aim of research is to increase the efficiency of machines of construction company by using the guidelines for preventive maintenance. The important data of machines were collected for evaluation of OEE and MTBF. The causes of machine breakdown were collected and then the root cause of machine breakdown was analyzed by using Fish Bone Diagram and Parato's Principle. The maintenance guidelines were designed and tested at working area for three months. The data were collected after the experiment of the guidelines. The results show the OEE was increased 24.45 percent and the MTBF was decreased 10 hours after the following of guidelines for preventive maintenance. From the results, it can increase the efficiency of the machines of Thai construction company.

Keyword: efficiency; preventing maintenance; construction company; overall effective efficiency; machine breakdown

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจรับเหมาก่อสร้างไทยมีสภาพการแข่งขันทางการตลาดสูง สิ่งสำคัญที่ผู้ประกอบการธุรกิจก่อสร้างต้องคำนึงถึงคือการใช้ทรัพยากรที่มีได้อย่างคุ้มค่าที่สุด ลดเวลาการดำเนินงาน และการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลง

ปัจจุบันธุรกิจรับเหมาก่อสร้างได้มีการนำเครื่องจักรมาช่วยในการดำเนินงาน ได้แก่ Truck Hiab, Water Truck, Crane และ Vibration เป็นต้น เครื่องจักรเหล่านี้มาเพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกในการทำงานให้งานแล้วเสร็จได้เร็วขึ้น ในขณะเดียวกันหากเครื่องจักรได้มีการหยุดทำงาน (Breakdown) ก็ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานภาพรวมเช่นกัน ดังนั้นผู้ประกอบการธุรกิจรับเหมาก่อสร้างควรคำนึงถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร ด้วยการวัดประสิทธิภาพในการผลิตโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Effective Efficiency: OEE) ซึ่งเริ่มต้นจากการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรเกิดการหยุดการทำงาน การออกแบบแนวทางการลดสาเหตุเหล่านั้น และประเมินค่า OEE อีกครั้งเพื่อทราบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรหลังปรับปรุงกระบวนการ รวมทั้งกำหนดเป็นแผนงานวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักรได้ [1]

งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาบริษัทรับเหมาก่อสร้างไทยแห่งหนึ่ง ที่ได้รับผิดชอบในโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม โครงการรถฟ้าสายสีเขียว โครงการรถทางคู่ลพบุรี โดยใช้เครื่องจักรทั้งหมด 316 คัน ซึ่งบริษัทรับเหมาก่อสร้างนี้ประสบปัญหาเครื่องจักรหยุดทำงานบ่อยครั้ง ส่งผลทำ

ให้เสียเวลาในการดำเนินงาน ต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมเป็นเวลานาน และมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเป็นจำนวนมาก

จากปัญหาดังกล่าว ทางผู้วิจัยมีแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพและกำหนดแนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน [2] ให้กับเครื่องจักรในบริษัทรับเหมาก่อสร้างไทย โดยจะลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูลจริงจากสถานที่ปฏิบัติงานและใบแจ้งซ่อม และนำมาวิเคราะห์ OEE ทั้งก่อนและหลังการนำแผนการปรับปรุงไปใช้ดำเนินงาน เพื่อทราบแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรให้กับบริษัทรับเหมาก่อสร้าง

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ เริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักร ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนธันวาคม 2564 โดยได้ทำการรวมรวบข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ได้แก่ จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ จำนวนชั่วโมงของการหยุดของเครื่องจักรและใบแจ้งซ่อม เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงาน ด้วยแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) และคัดเลือกปัญหาเพื่อนำไปแก้ไขปัญหาให้ตรงประเด็นด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto's Principle) [3] เมื่อพบสาเหตุของการหยุดของเครื่องจักร จึงทำการออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นแต่ละประเภทเครื่องจักรหยุดใช้งาน รวมทั้งนำข้อมูลที่รวบรวมได้ไปประเมินค่าระยะเวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหาย (Mean Time Between Failure, MTBF) ดังสมการที่ 1 และประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) สำหรับก่อนการทำการปรับปรุง ดังสมการที่ 2-5 จากนั้นจะนำแนวทางการแก้ไขไปใช้กับพื้นที่หน้างานจริง โดยวิธีการแนะนำและจัดอบรมให้กับพนักงานในระยะเวลาเดือนมิถุนายน - ธันวาคม 2564 และบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเช่นเดียวกันกับการก่อนการปรับปรุง เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณ MTBF และ OEE หลังการปรับปรุง รวมทั้งนำแนวทางวิธีการแก้ไขปรับปรุงที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ และกำหนดแนวทางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Total Productive Maintenance, TPM) [4]

สูตรการคำนวณ

ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหาย (MTBF)

$$\text{MTBF (ชั่วโมง)} = \frac{\text{เวลาที่เครื่องเดินทำงานทั้งหมด}}{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักร}} \qquad \text{สมการที่ 1}$$

อัตราเดินเครื่องจักร (AR)

$$\text{AR (ชั่วโมง)} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องจักร}}{\text{เวลารับภาระงาน}} \qquad \text{สมการที่ 2}$$

ประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร (PE)

$$\text{PE (ชั่วโมง)} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องจักร}}{\text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด}} \qquad \text{สมการที่ 3}$$

อัตราคุณภาพ (QR)

$$\text{QR (ชั่วโมง)} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องจักร}}{\text{เวลาเดินเครื่องจักรสุทธิ}} \qquad \text{สมการที่ 4}$$

ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)

$$\text{OEE (ชั่วโมง)} = \text{AR} \times \text{PE} \times \text{QR} \qquad \text{สมการที่ 5}$$

3. ผลและอภิปรายผลการดำเนินงาน

3.1 ผลการรวบรวมข้อมูลที่ใช้การประเมินประสิทธิภาพการทำงานเครื่องจักร

ผลการรวบรวมข้อมูลจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดและระยะเวลาที่เครื่องจักรหยุดการทำงานทุกกระบวนการ แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีจำนวน 316 คัน โดยมีเครื่องจักรหยุดการทำงานทุกกระบวนการ จำนวน 94 คัน รวม MTBF 8,350 ชั่วโมง และมูลค่าความเสียหาย 5,067,475 บาท

ตารางที่ 1 ข้อมูลเครื่องจักรและระยะเวลาการหยุดทำงานก่อนปรับปรุง

ประเภท	จำนวนเครื่อง (คัน)	จำนวนเครื่องหยุด (คัน)	ระยะเวลาเครื่องหยุด (ชม.)	อัตราค่าเช่าเฉลี่ยต่อชั่วโมง (บาท)	มูลค่าความสูญเสีย (บาท)
Crane	117	20	2,604	1,075	2,799,300
Water Truck	17	10	1,209	225	272,025
Backhoe	55	23	2,021	400	808,400
Bulldozer	23	15	574	625	358,750
Hiab	72	20	1,699	400	679,600
Vibration	18	1	80	450	36,000
Grader	14	5	162	700	113,400

3.2 ผลการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงาน

จากรวมรวมข้อมูลก่อนการปรับปรุง เพื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เก็บข้อมูลใบแจ้งซ่อมที่เกิดจากสาเหตุเครื่องยนต์ขัดข้อง 18 ใบ ใบแจ้งซ่อมที่เกิดจากอุบัติเหตุ 9 ใบ ใบแจ้งซ่อมที่เกิดจากสาเหตุอะไหล่ชำรุด 49 ใบ รายงานการตรวจสภาพเครื่องจักร (ปจ.2) 8 ใบ และข้อมูลรายงาน GPS 10 ใบ

จากนั้นจัดกลุ่มสาเหตุและแสดงใส่แผนผังก้างปลา ดังรูปที่ 1 พบว่ามีสาเหตุหลัก 4 ประเด็นคือ ระบบเครื่องยนต์ขัดข้อง อุบัติเหตุ อะไหล่ชำรุด เครื่องจักรหยุดตามแผน และจอด Standby และนำมาข้อมูล

มาจัดทำแผนภูมิพาราโต แสดงดังรูปที่ 2 พบว่าสาเหตุหลักของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรมากที่สุด อะไหล่ชำรุด จำนวน39 ครั้ง เครื่องจักรหยุดตามแผน 18 ครั้ง เครื่องจักรจอด Standby 17 ระบบเครื่องยนต์ขัดข้อง 14 ครั้ง และการเกิดอุบัติเหตุ 7 ครั้ง

รูปที่ 1 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุการทำให้เครื่องจักรหยุดทำงาน

รูปที่ 2 แผนภูมิพาเรโตแสดงสาเหตุเครื่องจักรสูญเสียการทำงาน

3.3 ผลการคำนวณ MTBF และ OEE ก่อนการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ข้อมูล Breakdown พบว่าเวลาที่สูญเสียก่อนการปรับปรุง มีเวลาที่สูญเสียในการทำงานสะสม 8,350 ชั่วโมง ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนเกิดการเสียหาย คิดเป็น 728 ชั่วโมง ดังตารางที่ 2 และผลการคำนวณค่า OEE โดยวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการปรับปรุง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ MTBF ก่อนการปรับปรุง

ประเภทเครื่องจักร	เวลาเดินเครื่องจักร (ชั่วโมง)	จำนวนครั้งที่หยุดซ่อม	MTBF
Backhoe	14,659	22	2,021.25
Crane	11,348	29	2,603.80
Bulldozer	10,465	3	574.77
Hiab	12,796	28	1,699.52
Grader	3,518	2	162.26
Vibration	656	1	79.71
Water Truck	6,151	10	1,208.69

ตารางที่ 3 ค่า AR, PE, QR และ OEE หลังการปรับปรุง

AR	PE	QR	OEE
88.66 %	88.85 %	84.71 %	67.59 %

3.4 ผลการกำหนดแนวทางแก้ไขสาเหตุของปัญหาและนำไปปฏิบัติจริง

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแนวทางการแก้ไขสาเหตุของปัญหา แสดงดังตารางที่ 4 โดยได้นำแนวทางการแก้ไขได้ลงพื้นที่ทดลองใช้แนวทางแก้ไขปัญหานั้นด้วยการตรวจเช็คเครื่องจักร และพูดคุยกับพนักงานเกี่ยวขั้นตอนการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนเริ่มงาน หากพบอะไหล่ชำรุดให้หยุดเครื่องจักรทันทีและแจ้งหัวหน้างานเพื่อ ออกใบแจ้งเพื่อป้องกันการเสียหายเพิ่มเติมของตัวเครื่องจักร และให้คำปรึกษาแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน และพูดคุยในตอนเช้าให้กับพนักงานก่อนเริ่มงานด้วยเรื่อง ความปลอดภัยในด้านการใช้งานเครื่องจักรให้แก่พนักงานและพูดคุยเตรียมความพร้อมเครื่องจักรและกำลังพล เพื่อเป็นการเน้นย้ำความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในขณะปฏิบัติงาน จากนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลเครื่องจักรหยุดทำงานอีกครั้ง แสดงดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 ภายหลังการปรับปรุง พบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 316 คัน มีเครื่องจักรหยุดการทำงานทุกกระบวนการ จำนวน 40 คัน และ MTBF 827 ชั่วโมง มูลค่าความเสียหาย 363,250 บาท

ตารางที่ 4 สาเหตุเครื่องจักรหยุดการทำงาน

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
1. อะไหล่ชำรุด	- สำรองอะไหล่ที่เบิกใช้เป็นประจำให้เพียงพอต่อการใช้งาน - ลดขั้นตอนการจัดซื้อจัดหาอะไหล่จากร้านค้าภายนอก
2. ระบบเครื่องยนต์ขัดข้อง	- กำหนดแผนตรวจเช็คระบบเครื่องยนต์และซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใกล้ครบอายุการใช้งาน - กำหนดให้จัดทำแบบรายงานการตรวจสภาพเครื่องจักรก่อน-หลังการใช้งาน และมีการติดตามผล
3. การบำรุงรักษาเครื่องจักร ไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนด	- จัดทำแผน PM ให้สอดคล้องและไม่กระทบกับแผนการใช้เครื่องจักรของโครงการ
4. เครื่องจักรจอดแบบไม่ใช้งาน	- จัดทำแผนการใช้เครื่องจักรให้สอดคล้องกับปริมาณงาน - รายงานผลการใช้เครื่องจักรที่เฉลี่ยไม่ถึง 4 ชม. ต่อเนื่อง 1 สัปดาห์
5. การเกิดอุบัติเหตุในสถานที่ปฏิบัติงาน	- ตรวจเช็คพื้นที่ก่อนเริ่มปฏิบัติงานเพื่อประเมินความเสี่ยงใน การเกิดอุบัติเหตุ - จัดอบรมความปลอดภัยและเตรียมความพร้อมในการใช้เครื่องจักรแก่พนักงาน - ตรวจเช็คความพร้อมของร่างกายของพนักงานขับเครื่องจักรก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

ตารางที่ 5 ข้อมูลเครื่องจักรและระยะเวลาหยุดทำงานหลังปรับปรุง

ประเภท	จำนวนเครื่อง (คัน)	จำนวนเครื่องหยุด (คัน)	ระยะเวลาเครื่องหยุด (ชม.)	อัตราค่าเช่าเฉลี่ยต่อชั่วโมง (บาท)	มูลค่าความสูญเสีย (บาท)
Crane	117	10	84	1,075	90,300
Water Truck	17	6	190	225	42,750
Backhoe	55	8	328	400	131,200
Bulldozer	23	4	24	625	15,000
Hiab	72	8	141	400	56,400
Vibration	18	1	24	450	10,800
Grader	14	3	24	700	16,800

3.5 ผลการคำนวณ MTBF และ OEE หลังการปรับปรุง

ผลการคำนวณ MTBF หลังการปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 6 พบว่าเวลาที่สูญเสียหลังการปรับปรุง มีเวลาที่สูญเสียในการทำงานสะสม 827 ชั่วโมง MTBF คิดเป็น 718 ชั่วโมง และผล OEE ดังตารางที่ 7

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ MTBF พบว่า MTBF ก่อนการปรับปรุง คิดเป็น 728 ชั่วโมงหรือ ร้อยละ 1.05 และ MTBF หลังการปรับปรุง คิดเป็น 718 ชั่วโมง หรือร้อยละ 2.44 จะเห็นได้ว่า MTBF มีค่าลดลงร้อยละ 1.39 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรมีอัตราการหยุดการทำงานลดลง และ PE ก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 88.85% และหลังปรับปรุงเท่ากับ 97.32 % QR ก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 84.71% และหลังปรับปรุงเท่ากับ 97.11% ใน AR เท่ากับ 88.66% และหลังปรับปรุงเท่ากับ 97.29% และ OEE ก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 67.59% และหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 92.04% ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น เท่ากับ 24.45%

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ MTBF หลังการปรับปรุง

ประเภทเครื่องจักร	เวลาเดินเครื่องจักร (ชั่วโมง)	จำนวนครั้งที่หยุดซ่อม	MTBF
Backhoe	14,659	10	588.80
Crane	11,348	9	817.78
Bulldozer	10,465	3	981.33
Hiab	12,796	10	588.80
Grader	3,518	3	736.00
Vibration	656	2	368.00
Water Truck	6,151	4	1,104.00

ตารางที่ 7 ค่า AR, PE, QR และ OEE หลังการปรับปรุง

AR	PE	QR	OEE
97.29 %	97.32 %	97.11 %	92.04 %

4. สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้วางแผนในการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน โดยได้ศึกษาการจากการวางแผนแนวทางแก้ไขปัญหาของบริษัทรับเหมาก่อสร้างไทย ซึ่งได้นำลงไปปฏิบัติจริงเป็นเวลา 3 เดือน ส่งผลให้ค่า OEE เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 24.45 และ MTBE เฉลี่ยลดลง 10 ชั่วโมง เป็นการยืนยันว่าสามารถลดการสูญเสียชั่วโมงทำงานของเครื่องจักรกล และลดมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากการหยุดทำงานของเครื่องจักร สะท้อนให้เป็นว่าแนวทางที่ได้ออกแบบมาเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องจักรของบริษัทรับเหมาก่อสร้าง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณบริษัทรับเหมาก่อสร้างไทย และสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อิงควัต คงคุณาวัฒน์, *การออกแบบระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง กรณีศึกษาศูนย์เครื่องจักรและระบบจราจร เทศบาลเมืองกาฬสินธุ์*, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรม มหาวิทยาลัยราชภัฏมหามหาสารคาม, 2560.

[2] ภาษิต ทินนาม, การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยเทคนิคการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องจักรกลเกษตร, วารสารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 หน้า 11-15.

[3] https://www.si.mahidol.ac.th/th/division/um/admin/download_files/57_48_1vqdBqf.pdf: เข้าถึงเมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2565

[4] https://www.goodmaterial.co/fishbone-diagram/

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การพัฒนาระบบการแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายผ่านโทรศัพท์มือถือในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

Development of a pH notification system via smartphone in hydroponics vegetable cultivation

ชลสิทธิ์ นิลสดใส[1] , พัฒนพงษ์ เนื่องสุนัย[1] , สะคราญ สิชฌรังษี[1]*, สุวิทย์ แพงกันยา[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 *sakraan.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารอาหาร ในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ เพราะปัจจุบันนี้มีเทคนิคการปลูกพืชแบบไร้ดินหลายแบบด้วยกัน การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์โดยใช้น้ำจะต้องมีการใช้สาร AB เพื่อเป็นแร่ธาตุให้กับผัก แต่เนื่องจากมีการไหลเวียนของน้ำตลอดเวลาและผักไฮโดรโปนิกส์จะมีการดูดสารอาหารอยู่เรื่อย ๆ จึงทำให้สารอาหารเจือจางได้เมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมวัดค่า pH อยู่ตลอดเพื่อควบคุมให้มีค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ จึงมีแนวคิดที่จะนำไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นเซ็นเซอร์ต่างๆมาช่วยในการตรวจวัดค่า pH และมีระบบการแจ้งเตือนผ่าน Line เพื่อที่จะสร้างเครื่องระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อที่จะให้เกษตรไปใช้งานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว และผลการทดสอบพบว่าระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ผ่านสมาร์ทโฟนได้อย่างแม่นยำ 100%

คำสำคัญ : ระบบแจ้งเตือนค่า pH, Line, ผักไฮโดรโปนิกส์

Abstract

This project aims to design and build a pH notification system in a hydroponics vegetable growing system. Nowadays, growing hydroponics vegetables requires water and AB substance. Due to the continuous flow of water and nutrients absorbtion of hydroponics vegetables, the nutrients are diluted over time. Therefore, it is necessary to constantly monitor the pH in order to control it to be suitable for the growth of hydroponics vegetables. Therefore, there is an idea to use Micro Controller and various electronic sensors to measurine pH and notifiy results via Line Notification. The pH notification system in a hydroponics vegetable growing system through smartphones allows farmers to use easy and quick pH notification system. The results showed that the pH notification system via a smartphone for the hydroponics vegetable can work properly with 100% accuracy.

Keywords: pH notiification system, Line notification, hydroponics vegetable

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการในการทำเกษตรกรรมแบบสมัยใหม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมักจะ พบกับปัญหาพื้นที่ในการทำเกษตรกรรมไม่เพียงพอ หรือพื้นที่ที่มีอยู่ไม่เหมาะแก่การทำเกษตรกรรม เช่น ดินเค็ม ดินเปรี้ยวจัด ดินทรายจัด ดินอินทรีย์ ดินปนกรวด เป็นต้น [1] จึงเป็นสาเหตุที่มีการ พัฒนาการปลูกพืชแบบใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น

รูปแบบของการปลูกพืชชนิดใหม่คือการปลูกพืชไร้ดินแบบไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) มีประโยชน์หลักๆ 2 ประการด้วยกัน ประการแรกคือช่วยให้มีสิ่งแวดล้อมที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตของ พืชได้มากขึ้น แทนที่จะเป็นการใช้ดินอย่างเดิม ทำให้กำจัดตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ออกไปจากการปลูกพืช ประการที่สองก็คือ พืชหลายชนิดจะให้ผลผลิตได้มากในเวลาที่น้อยกว่าเดิม และมีคุณภาพที่ดีกว่าเดิม ขณะที่ใช้พื้นที่จำกัด นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำน้อยลง เพราะมีการใช้ภาชนะหรือระบบวนน้ำแบบปิดเพื่อ หมุนเวียนน้ำ [2] แต่ข้อเสียของการปลูกพืชวิธีนี้ในปัจจุบันคือต้นทุนค่อนข้างสูง พืชที่ปลูกได้มีความ หลากหลายน้อย และผู้ที่ปลูกจะต้องมีความรู้อย่างแท้จริงเพราะต้องควบคุมปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ให้ถูกต้อง ปัจจุบันสามารถใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ได้ ซึ่งผลผลิตที่ได้ไม่ แตกต่างกันมาก และยังสามารถปลูกได้ทั้งผักไทย ผักจีนและผักต่างประเทศ [3]

จากข้อมูลที่น่าสนใจข้างต้นจะเห็นได้ว่าการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์มีข้อได้เปรียบกว่าและน่าสนใจ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่จะระบบแจ้งเตือนค่า pH เพื่อความสะดวกสบายของเกษตรกรที่จะควบคุมpH ของสารละลายให้ได้ค่าที่คงที่เหมาะสมกับผักไฮโดรโปนิกส์

2. วิธีการวิจัย

2.1 ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ศึกษาเรื่องการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์,การให้สารอาหาร (สารละลาย AB) ,ศึกษาเรื่องบอร์ด Arduino

2.2 ออกแบบส่วนประกอบและรายละเอียดของเครื่องระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ออกแบบระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

แปลงปลูกผักมีขนาด 38 x 164 x 37 ซม. ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะกับพื้นที่การเพาะปลูกที่ใช้ในการทดลอง ใช้ท่อ PVC ขนาดว้าง 2 นิ้วและขนาด 1 นิ้วครึ่ง โดยบริเวณท่อ PVC มีการเจาะรูเป็นวงกลมขนาด 4 ซม. มีระยะห่างต่อรู 20 ซม. ภายในรูนั้นจะเป็นที่ใส่อุปกรณ์ที่ปลูกผักสลัด

โดยมีแบบระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แบบระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

2. ออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

การออกแบบระบบแจ้งเตือนค่า pH มีการใช้ปั๊มน้ำ 12 V ทำหน้าที่ปล่อยน้ำเข้าสู่ท่อลำเลียงในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์และมีตู้เหล็กคอนโทรลขนาด 35 x 17 x 52 เซนติเมตร ภายในตู้จะติดตั้งส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์และเดินไฟในส่วนของระบบควบคุมการทำงานดัง รูปที่ 2

รูปที่ 2 แบบวงจรระบบควบคุมการทำงานของเครื่อง

อุปกรณ์ในระบบประกอบด้วย

1. Arduino NodeMCU รุ่น Esp32 ทำงานที่ความเร็ว 160Mhz SRAM 512Kหน่วยความจำ Flash สำหรับโปรแกรมขนาด 4M Byte ขาใช้งาน GPIO 36 ขา ความละเอียดในการอ่านค่า ADC 12Bit สามารถเขียนโปรแกรม ผ่าน Arduino IDE ได้ เชื่อมต่อกับพอร์ต USB ผ่านชิป UART รุ่น CP2102 โดยมีหน้าที่ รับค่า ต่างๆมาจากเซนเซนต์ และควบคุมการสั่งงานรีเลย

2. เซ็นเซอร์วัดค่า pH สำหรับวัดความเป็น กรด-เบส ของสารละลาย โดยค่าที่วัดได้จะอยู่ในช่วง 0 – 14 pH

3. หลอดไฟ LED สีเขียวและแดงทำหน้าที่เป็นไฟสัญญาณแจ้งเตือนระบบ

4. โมดูลบอร์ดรีเลย์ใช้จำนวน 2 ตัว เพื่อความคุมไฟ LED และปั๊มน้ำ โดยมีทำหน้าที่เดียวกับสวิตช์ คือควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า

5. Wi-Fi ESP-WROOM -32 มีหน้าที่ทำให้ตัวระบบสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

2.3 จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทำระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

2.4 สร้างและประกอบโครงสร้างของระบบ

2.5 ทดสอบประสิทธิภาพระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับค่า pH ของสารละลาย โดยเปรียบเทียบค่าที่แจ้งเตือนจากระบบที่สร้างขึ้นกับค่ามาตรฐานที่วัดโดยเครื่องวัดค่า pH จำนวน 30 ครั้ง

2.6 ทดสอบระบบเซนเซอร์จำนวน 20 ครั้ง เพื่อทดสอบว่าเมื่อค่าสารละลายAB ต่ำหรือสูงเกินกว่ากำหนด (pH 6.8) ระบบจะแจ้งเตือนไปยัง Line แบบเรียลไทม์หรือไม่

2.7 ทดสอบระบบเซนเซอร์จำนวน 30 ครั้ง เพื่อทดสอบว่าเมื่อค่าสารละลายAB ต่ำหรือสูงเกินกว่ากำหนด (pH 6.5- 6.8) ระบบจะแจ้งเตือนไปยัง Line แบบเรียลไทม์หรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 3

2.8 วิเคราะห์ผลการทดลองของระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

2.9 ประเมินต้นทุนของเครื่อง

รูปที่ 3 แผนผังแสดงเงื่อนไขของการแจ้งเตือน ค่า pH ของเครื่อง

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

แปลงปลูกผักขนาด 38 x164 x 37 เซนติเมตรได้เชื่อมต่อกับระบบควบคุมการแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ผู้ทดลองได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนค่า pH อยู่ 2 เรื่อง 1.ผลการทดสอบ ประสิทธิภาพระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับค่า pH ของสารละลาย และ 2.ระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ผ่าน Line

การทดสอบประสิทธิภาพในการวัดค่า pH ของสารละลายของระบบแจ้งเตือนค่า pH โดยมีการทดสอบที่1 ทั้งหมด 30 ครั้ง แต่ละครั้งจะผสมสาร A,B ลงไปในน้ำไม่เท่ากัน (ความเข้มข้นสารA 30- 100 กรัม/ลิตร และสาร B 30- 100 กรัม/ลิตร)โดยเปรียบเทียบค่า pH ที่วัดด้วยระบบที่สร้างขึ้นกับค่ามาตรฐานของเครื่องวัดค่า pH เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของระบบที่สร้างขึ้น พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.0025%

การทดสอบระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ผ่าน Line ผู้ทำการทดลองได้ทดสอบระบบแจ้งเตือนไปยัง Line เมื่อค่า pH ของสารละลาย A,B ต่ำหรือสูงกว่า 6.8 จำนวนทั้งหมด30ครั้ง จากผลการทดลองพบว่าระบบแจ้งเตือนค่า pH สามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการ 100% นอกจากนี้ผู้ทำการทดลองได้ทดสอบระบบแจ้งเตือนไปยัง Line เมื่อค่า pH ของสารละลาย A,B ต่ำหรือสูงกว่าที่กำหนด (6.5-6.8) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์จำนวนทั้งหมด 30 ครั้ง จากผลกการทดลอง พบว่าถ้าค่า pH อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบแจ้งเตือนค่า pH สามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการ 100% กล่าวคือระบบจะไม่มีการแจ้งเตือนเข้าไปใน Line เมื่อค่า pH ของสารละลาย A,B ต่ำหรือสูงกว่าที่กำหนด ระบบจะแจ้งเตือนไปยัง Line

นอกจากนี้ผู้ดำเนินการทดลองสามารถประเมินต้นทุนระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ผ่านสมาร์ทโฟน ได้ดังต่อไปนี้ จำนวนเงินต้นทุนระบบไฮโดรโปนิกส์ 2,430 บาท มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 ค่าวัสดุส่วนของระบบควบคุมการทำงาน 3,788 บาทมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ต้นทุนระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา(บาท)
1	สาร A B ปุ๋ยผักไฮโดรโปนิกส์ 1000 m.	3	ลิตร	250
2	แปลงปลูก 38*164*37	38*164*37	เมตร	1,500
3	ท่อ pvc ขนาด 2 นิ้ว	4	ชิ้น	540
4	เมล็ดผักกรีนโอ๊คโอ๊ก	100	เม็ด	43
5	ฟองน้ำขนาดเล็ก	100	แผ่น	97
รวม				2,430

ตารางที่ 2 ต้นทุนระบบควบคุมการทำงาน

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา (บาท)
1	บอร์ด NodeMCU ESP32	1	ชิ้น	260
2	ปั๊มน้ำ WP-1650	1	ชิ้น	239
3	เซ็นเซอร์ตรวจจับค่า pH ของสารละลาย สำหรับ Arduino	1	ชิ้น	1,480
4	Switching Power supply 5v 6A	1	ชิ้น	280
5	Relay 5V 2 ช่อง Relay module 10module 10A 250V	1	ชิ้น	48
6	Relay 5V 30A relay 2 channel	1	ชิ้น	220
7	หลอดไฟให้สัญญาณ LED 22 มม. สีแดง	1	หลอด	25
8	หลอดไฟให้สัญญาณ LED 22 มม. สีเขียว	1	หลอด	25
9	Relay 5V 2 ช่อง Relay module 10A 250V	1	ชิ้น	48
10	Pin Header Single Row Pin Male Header	2	ชิ้น	10
11	Green Single Row 1x40 Copper Pin Header Strip	2	ชิ้น	10
12	Red Single Row 1x40 Copper Pin Header Strip	1	ชิ้น	5
13	Yellow Single Row 1x40 Copper Pin Header Strip	1	ชิ้น	10
14	โซลินนอยด์วาล์ 4 หุน 22v ขนาด ½ นิ้ว	1	ชิ้น	125
15	เซฟตี้เบรกเกอร์ 20A	1	ชิ้น	85
16	ตู้เหล็กคอนโทรล 350x520x170	1	ชิ้น	350

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา (บาท)
17	สาย AWG 24 สีน้ำตาล	10	เมตร	85
18	สาย AWG 24 สีขาว	10	เมตร	85
19	เทอร์มินอล บล็อก Terminal Block 15A 600V ขนาด 8P	1	ชิ้น	8
20	เทอร์มินอล บล็อก Terminal Block 15A 600V ขนาด 6P	1	ชิ้น	20
21	Nano รางเก็บสายไฟแบบโปร่ง ขาว 4x4	1	เมตร	85
22	Nano รางเก็บสายไฟแบบโปร่ง ขาว 3x3	1	เมตร	85
รวม				3,788

4.สรุปผล

จากการออกแบบระบบควบคุมค่า pH ของสารละลายในการปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์ตามวิธีการวิจัยพบว่า

1. การทดสอบประสิทธิภาพในการวัดค่า pH ของสารละลายของระบบแจ้งเตือนค่า pH โดยมีการทดสอบที่1 ทั้งหมด 30 ครั้ง แต่ละครั้งจะผสมสาร A,B ลงไปในน้ำไม่เท่ากัน โดยเปรียบเทียบค่า pH ที่วัดด้วยระบบที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดทั่วไป เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของระบบที่สร้างขึ้น พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.0025%

2. การทดสอบการแจ้งเตือนค่า pH ไปยัง Line โดยกำหนดค่ามาตรฐาน ที่ 6.8 จำนวน 20 ครั้ง พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการ 100% กล่าวคือระบบจะแจ้งเตือนไปยัง Line เมื่อค่า pH ของสารละลาย A,B ต่ำหรือสูงกว่า 6.8

3. สำหรับการทดสอบที่3 ได้ทดสอบระบบแจ้งเตือนไปยัง Line เมื่อค่า pH ของสารละลาย A,B ต่ำหรือสูงกว่าที่กำหนด(กำหนดค่า pH ที่กำหนดอยู่ที่ 6.5-6.8) จำนวนทั้งหมด 30 ครั้ง ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการ 100% โดยถ้าค่า pH อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบจะไม่มีการแจ้งเตือนเข้าไปใน Line เมื่อค่า pH ของสารละลาย A,B ต่ำหรือสูงกว่าที่กำหนด ระบบจะแจ้งเตือนไปยัง Line

ผู้จัดทำสามารถประเมินต้นทุนค่าระบบแจ้งเตือนค่า pH ของสารละลายในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ อยู่ที่ 6,218 บาท

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้คือในอนาคตทางผู้จัดทำควรพัฒนาระบบการให้สารอาหารอัตโนมัติโดยควบคุมให้ค่า pH เหมาะสมต่อการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ และควรมีการทดสอบระบบในช่วง ค่า pH ที่กว้างกว่านี้เพื่อทดสอบความแม่นยำของระบบ รวมถึงเพิ่มการหน่วงเวลาในการวัดและแจ้งเตือนเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้กับคณะผู้จัดทำคอยให้คำปรึกษาและชี้แนวทางในการสร้าง การพัฒนางานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักสำรวจและวิจัยทรพยากรดิ กรมพัฒนาที่ดิน, “ความรู้เรื่องดินสำหรับเยาวชน,” [ออนไลน์]. Available: http://oss 101.Idd.go.th/web_soils_for_youth/s_problem2.htm . [มกราคม 2565]

[2] “ไฮโดรโปนิกส์,” [ออนไลน์]. Available: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84% E0%B8%AE%E0%B9%82%E0%B8%94%E0%B8ToA3%E0%B 9%82%E0%B8%9B%E0 %B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%A A%E0%B9%8C. [มกราคม 2565]

[3] ภิญญาพร นิยมโซค, “ข้อดี-ข้อเสียของการปลูกพืชไร้ดิน” [ออนไลน์]. Available: https:/sites.google.com/site/karplukpHak7862/bth-this. [มกราคม 2565]

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายชลสิทธิ์ นิลสดใส
นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน

นายพัฒนพงษ์ เนื่องสุนัย
นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน

นางสาว สะคราญ สิชฌรังษี
อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

นาย สุวิทย์ แพงกันยา
อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรม

อุตสาหการ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การพัฒนาศักยภาพของวิศวกรระดับหัวหน้างานด้วยระบบบริหารคุณภาพ

Enhancing Engineer Supervisor Competency by applying Quality Management System

กฤชกร อรุณสวัสดิ์* เฉิศเลขา ศรีรัตนะ นันท์นภัสร อินยิ้ม และบุญธรรม หาญพานิชย์

สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 10240

อีเมล 6314770007@rumail.ru.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพของวิศวกรระดับหัวหน้างานในบริษัทก่อสร้างแห่งหนึ่งโดยใช้ระบบบริหารคุณภาพ จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่าสาเหตุหลักเกิดจากวิศวกรหัวหน้างานไม่เข้าใจระบบการบริหารจัดการต่าง ๆ จึงทำให้ปฏิบัติงานผิดพลาดไม่เป็นไปตามระบบบริหารงานคุณภาพขององค์กร จึงได้พัฒนาหลักสูตรเพื่อเพิ่มพูนความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกำหนด ISO9001:2015 ซึ่งจัดอบรมให้กับวิศวกรระดับหัวหน้างานที่ไม่ผ่านการประเมินศักยภาพขั้นต้น โดยมีระยะเวลาดำเนินการ 8 สัปดาห์และทำการประเมินผลโดยทำแบบทดสอบ การประเมินความพึงพอใจ การสัมภาษณ์ผู้บริหารและสัมภาษณ์ลูกค้า ภายหลังการฝึกอบรมพบว่าคะแนนการทดสอบโดยรวมของวิศวกรระดับหัวหน้างานเพิ่มขึ้นจากคะแนนก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารพบว่าวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมมีความรู้เพิ่มมากขึ้น สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง และจากการสัมภาษณ์ลูกค้าพบว่ามีความพึงพอใจต่อการปฏิบัติงานของวิศวกรหัวหน้างานเพิ่มขึ้นด้วย

คำสำคัญ : ระบบบริหารคุณภาพ; ศักยภาพ; วิศวกรหัวหน้างาน

Abstract

This study aimed to enhance the competency of engineer supervisors of a construction company by applying quality management system. From analysis, it was found that the main problem was that the engineer supervisors did not understand the quality management systems applied in the company, thus made the mistake of operating inconsistent with the organization's quality management system. Therefore, a training course was developed to enhance knowledge and understanding of ISO9001:2015 requirements for supervisors who did not pass the initial potential assessment with a period of 8 weeks. Then, an assessment of training course developed was performed by using a test satisfaction assessment as well as executive and customer interviews. After the training, it was found that the overall test scores of the selected supervisors statistically and significantly increased from the scores before training at the 99% confidence level. Moreover, the executives were observed that trained supervisors had increased knowledge and been able to work properly as well. From the customer interviews, it was found that the satisfaction of those supervisors also increased.

Keywords: Quality Management System; Competency; Engineer Supervisor

1. บทนำ

ปัจจุบันการแข่งขันในธุรกิจก่อสร้างมีอัตราที่สูงขึ้น ซึ่งแต่ละองค์กรต้องมีการปรับองค์กรให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบันที่เป็นอยู่ และเริ่มปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพ สามารถตอบสนองต่อความต้องการ เพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า รวมถึงการเพิ่มโอกาสทางธุรกิจทั้งในและต่างประเทศ เมื่อเกิดการแข่งขันที่สูงขึ้นองค์กรต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาโดยใช้มาตรฐานระบบบริหารคุณภาพ ISO9001 (Quality Management System) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทั่วโลกยอมรับ ในธุรกิจก่อสร้างหน่วยงานหลักคือฝ่ายวิศวกรรม ซึ่งมีหน้าที่ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง ทั้งงานอาคารและงานโครงสร้าง ระบบการปฏิบัติงานในบริษัทก่อสร้างแห่งหนึ่งซึ่งเป็นองค์กรกรณีศึกษาได้นำระบบบริหารคุณภาพมาใช้ในการปฏิบัติงาน แต่ยังพบว่ามีข้อร้องเรียนจากลูกค้า การบริหารโครงการไม่เป็นตามเป้าหมายที่กำหนด และยังเกิดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงานของวิศวกรหัวหน้างานด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาศักยภาพของวิศวกรหัวหน้างานซึ่งเป็นผู้ควบคุมงาน เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้บรรลุเป้าหมายขององค์กร โดยสร้างกระบวนการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามมาตรฐานระบบบริหารคุณภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของลูกค้าอีกด้วย

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ปัญหาการทำงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบคุณภาพของวิศวกรระดับหัวหน้างาน
2. เพื่อนำระบบบริหารคุณภาพมาพัฒนาศักยภาพของวิศวกรระดับหัวหน้างาน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักของระบบบริหารคุณภาพ

ในระบบคุณภาพ ISO9001 มีหลักการบริหารคุณภาพสำหรับใช้เป็นแนวทางและใช้ปฏิบัติงานขององค์กรโดยเฉพาะผู้บริหารองค์กรซึ่งจำเป็นต้องทราบและเข้าใจเป็นอย่างดี เพื่อนำมาตรฐานไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเข้าใจและส่งผลดีต่อการดำเนินธุรกิจ โดยหลักการบริหารคุณภาพที่ได้กำหนดอยู่ใน ISO9001 ประกอบด้วยหลักการต่างๆ จำนวน 8 ประการ ดังนี้ [1]

1) องค์กรที่มุ่งเน้นลูกค้า
2) ภาวะผู้นำ
3) การมีส่วนร่วมของพนักงาน
4) วิธีเชิงกระบวนการ
5) วิธีเชิงกระบวนการในการจัดการ

6) การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง
7) การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง
8) ความสัมพันธ์กับผู้ส่งมอบโดยการได้รับผลประโยชน์ร่วมกัน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฏฐพัชร สุระดม (2556) ได้ทำการออกแบบระบบบริหารคุณภาพโดยการประยุกต์ใช้มาตรฐานระบบบริหารคุณภาพ ISO9001 : 2008 สำหรับธุรกิจขนาดกลางในธุรกิจฉีดชิ้นส่วนพลาสติก จากการออกแบบระบบบริหารคุณภาพและปฏิบัติให้สอดคล้องกับข้อกำหนด ISO9001: 2008 โดยทำการดำเนินงานปรับปรุงเฉพาะส่วนที่จำเป็น พบว่าปัญหาด้านคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณของเสียและจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้าลดลง ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในใช้ระบบบริหารคุณภาพได้แก่ ความมุ่งมั่นของผู้บริหาร การให้ความสำคัญต่อการใช้ระบบบริหารคุณภาพ การมีส่วนร่วมของบุคลากรภายในองค์กร การได้รับการอบรมระบบและให้ความรู้เกี่ยวกับระบบบริหารคุณภาพแก่พนักงานอย่างต่อเนื่อง การสร้างแรงจูงให้กับพนักงานจากผู้บริหารระดับสูง และแรงจูงใจจากการตอบสนองความต้องการของลูกค้า [2]

ณัฐชัย หอมาลัยกุล (2554) ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาศักยภาพการทำงานของบุคลากรแผนกพิธีการขนส่งและบรรจุหีบห่อเพื่อการส่งออกฝ่ายช่าง บมจ.การบินไทย จำกัด (มหาชน) จากการวิเคราะห์ศักยภาพการทำงานของบุคลากร 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจในการทำงาน ด้านคุณภาพของงานที่ได้รับมอบหมาย ด้านปริมาณงานที่ทำสำเร็จ ด้านการทำงานเป็นทีม และด้านการพัฒนาความรู้ อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นบุคลากรที่มีศักยภาพในการทำงานระดับหนึ่ง แต่ควรจะมีการปรับปรุงฝึกฝนทักษะและกระบวนการทำงานบางส่วนด้วยระบบบริหารงานคุณภาพ เพื่อให้เกิดการพัฒนาไปสู่ระดับการปฏิบัติงานที่ดีขึ้นเป็นระดับมากหรือมากที่สุด เพื่อความมีประสิทธิภาพในการทำงานและเพื่อความเจริญก้าวหน้าขององค์กร [3]

3.วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method research) เพื่อศึกษาปัญหาการทำงานและพัฒนาแนวทางปฏิบัติเพื่อเพิ่มศักยภาพของวิศวกรระดับหัวหน้างานด้วยระบบบริหารคุณภาพ โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัยดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 รายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลผลการตรวจติดตามคุณภาพภายในเพื่อวิเคราะห์ความไม่สอดคล้องต่อข้อกำหนดในระบบบริหารคุณภาพ ISO9001:2015 และหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้เครื่องมือทางด้านคุณภาพหลัก 5M 1E สามารถสรุปปัญหาและสาเหตุหลักพร้อมแนวทางแก้ไขได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัญหาและสาเหตุหลักพร้อมแนวทางแก้ไข

ลำดับ	ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1.	ด้านบุคลากร	- ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงานเพราะเข้าใจว่าบางขั้นตอนสามารถละเว้นได้ - มีภาระงานมากเกินเกินไป - ไม่เข้าใจการตีความข้อกำหนด ISO ทำให้นำไปประยุกต์ใช้ไม่ถูกต้อง	1. จัดอบรมให้แก่วิศวกรระดับหัวหน้างานเพื่อให้ทราบถึงข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพที่เกี่ยวข้อง 2. กำหนดโครงสร้างหน้าที่ในแต่ละโครงการก่อสร้างให้ชัดเจน
2.	ด้านเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์	เครื่องมือไม่ได้รับการดูแลรักษาอย่างถูกต้อง	อบรมการดูแลรักษาเครื่องมืออย่างถูกต้องและมีการตรวจติดตามอย่างสม่ำเสมอ
3.	ด้านวิธีการ	- ไม่มีคู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงาน - ไม่มีการวางแผนการปฏิบัติงาน	1. ควบคุมเอกสารทั้งเอกสารภายนอกจากลูกค้าและเอกสารภายในให้เป็นทิศทางเดียวกัน 2. อบรมให้ความรู้เรื่องมาตรฐานการปฏิบัติงานแก่ผู้เกี่ยวข้อง
4.	ด้านการจัดการ	- ขาดการสนับสนุนจากฝ่ายบริหารในการจัดสรรงบประมาณ, แรงงาน, เวลา - ระบบการตรวจติดตามภายในยังไม่สามารถดำเนินการได้ทุกโครงการทำให้กระบวนการสอบกลับในการปฏิบัติเกิด	1. แจ้งฝ่ายบริหารเพื่อกำหนดนโยบายและให้การสนับสนุนด้านทรัพยากรต่าง ๆ อย่างเหมาะสม 2. จัดทำแบบฟอร์มเพื่อทำแผนงานในการดำเนินการต่าง ๆ ให้ชัดเจน

จากปัญหาที่พบจึงได้หารือร่วมกับฝ่ายบริหาร เพื่อนำแนวทางการแก้ไขปัญหาไปปรับปรุงระบบและกระบวนการทำงาน โดยต้องมีระบบเอกสาร จัดทำคู่มือต่าง ๆ และมีการติดตามผลการดำเนินงานอย่างสม่ำเสมอ มีการกำหนดนโยบายด้านการบริหารงานคุณภาพที่ชัดเจน เพื่อให้ทุกฝ่ายสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ซึ่งฝ่ายบริหารเห็นด้วยกับแนวทางการแก้ไขที่นำเสนอ แต่ปัญหาเกี่ยวกับการขาดความรู้ความเข้าใจของวิศวกรหัวหน้างานนั้นจำเป็นต้องมีการจัดฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบบริหารงานคุณภาพให้แก่ผู้ปฏิบัติงานที่ไม่ผ่านการประเมินความรู้เบื้องต้นด้วย จึงได้มีการจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อพัฒนาศักยภาพวิศวกรหัวหน้างานโดยมีรายละเอียดดังแสดงในหัวข้อที่ 3.2

3.2 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมระบบบริหารงานคุณภาพ

กำหนดการฝึกอบรมมีระยะเวลา 8 สัปดาห์ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม 2565 โดยผู้ที่ต้องเข้ารับการอบรมคือวิศวกรหัวหน้างานที่ทำแบบทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์ประเมินเบื้องต้น คือมีคะแนนต่ำกว่า 25% ของคะแนนรวมทั้งหมด โดยหัวข้อการฝึกอบรมที่สอดคล้องกับข้อกำหนดระบบ ISO9001 ดังตารางที่ 2 และภาพการฝึกอบรมวิศวกรหัวหน้างานดังภาพที่ 2

ตารางที่ 2 หลักสูตรการพัฒนาศักยภาพวิศวกรระดับหัวหน้างาน

กิจกรรม	ข้อกำหนดระบบ ISO9001
กิจกรรมที่ 1 “เปิดใจ”	-
กิจกรรมที่ 2 “Context”	ข้อกำหนดที่ 1 - 4 บริบท
กิจกรรมที่ 3 “Leader Ship”	ข้อกำหนดที่ 5 ภาวะผู้นำ
กิจกรรมที่ 4 “Risk”	ข้อกำหนดที่ 6 การวางแผน
กิจกรรมที่ 5 “Support”	ข้อกำหนดที่ 7 ส่วน
กิจกรรมที่ 6 “Operation”	ข้อกำหนดที่ 8 การ
กิจกรรมที่ 7 “Performance evaluation”	ข้อกำหนดที่ 9 การประเมินสมรรถนะ
กิจกรรมที่ 8 “Internal Audit” กิจกรรมที่ 8.1 “Management Review”	
กิจกรรมที่ 9 “Improvement”	ข้อกำหนดที่ 10 การปรับปรุง
กิจกรรมที่ 10 “ปัจฉิมนิเทศ”	-

รูปที่ 2 การฝึกอบรมวิศวกรหัวหน้างาน

3.3 การประเมินผล

1.) แบบทดสอบ แบ่งเป็นแบบทดสอบก่อนเรียนซึ่งจะใช้ทดสอบวิศวกรทั้งหมด 350 คนเพื่อคัดเลือกผู้มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์เข้ารับการฝึกอบรม และแบบทดสอบหลังเรียนใช้เพื่อประเมินความรู้ภายหลังการฝึกอบรม ซึ่งแบบทดสอบมี 5 หัวข้อคือ 1) ข้อกำหนดระบบมาตรฐาน ISO 9001:2015 2) เอกสารการปฏิบัติงานและการประเมินความเสี่ยง 3) Internal Audit 4) Management Review และ 5) การแก้ไขและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยแบบทดสอบนี้ได้ผ่านการประเมินความเที่ยงตรง (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว

2.) แบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจต่อหลักสูตร โดยทำการประเมินหลังจากที่ทำการอบรมเสร็จสิ้น โดยมีการประเมินผลจำนวน 4 ด้าน คือ 1) ด้านวิทยากร 2) ด้านสถานที่ 3) ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ 4) ด้านความรู้ความเข้าใจ

3.) การสัมภาษณ์ผู้บริหารและลูกค้า เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานและสอบถามความพึงพอใจต่อการปฏิบัติงานของวิศวกรหัวหน้างานภายหลังการฝึกอบรม

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบก่อนเรียนทำการทดสอบเบื้องต้นกับวิศวกรหัวหน้างานทั้งหมดเพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ผ่านการประเมินความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบริหารคุณภาพขององค์กรเพื่อคัดเลือกผู้เข้าร่วมพัฒนาศักยภาพของวิศวกร จากการทำแบบทดสอบพบว่ามีผู้ผ่านการประเมินจำนวน 340 คน และไม่ผ่านการประเมิน 15 คน จากวิศวกรหัวหน้างานของบริษัทก่อสร้างกรณีศึกษาจำนวนทั้งหมด 355 คน โดยผู้ไม่ผ่านการประเมินเบื้องต้นได้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 3.2 เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์และได้ทำการทดสอบอีกครั้งด้วยข้อสอบชุดเดิม ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของวิศวกรทั้ง 15 คนนี้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลคะแนนเฉลี่ย	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ผลคะแนนเฉลี่ยเรื่อง ข้อกำหนดระบบมาตรฐาน ISO 9001:2015	4.73	7.87
ผลคะแนนเฉลี่ยเรื่อง เอกสารการปฏิบัติงานและการประเมินความเสี่ยง	5.00	7.73
ผลคะแนนเฉลี่ยเรื่อง Internal Audit	3.60	7.53
ผลคะแนนเฉลี่ยเรื่อง Management Review	3.80	9.87
ผลคะแนนเฉลี่ยเรื่อง การแก้ไขและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	4.00	8.53
ผลคะแนนเฉลี่ยโดยรวม	21.13	41.53

จากการวิเคราะห์สาเหตุที่คะแนนก่อนอบรมต่ำเนื่องจากบุคลากรกลุ่มนี้ยังไม่มีความรู้เรื่องเกี่ยวกับข้อกำหนด ISO9001 ทำให้ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งภายหลังทำการฝึกอบรมพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังการอบรมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 21.13 คะแนนเป็น 41.53 คะแนน

หรือมีคะแนนเพิ่มขึ้นประมาณ 49% โดยหัวข้อ Management Review มีสัดส่วนคะแนนที่เพิ่มขึ้นสูงสุด จากการทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบ T ของข้อมูล 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired t- Test) สรุปได้ว่าผลการทดสอบประเมินผลก่อนและหลังการฝึกอบรมของวิศวกรหัวหน้างานมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แสดงให้เห็นว่าวิศวกรระดับหัวหน้างานมีความรู้เพิ่มมากขึ้นหลังจากที่ได้รับการอบรมการพัฒนาศักยภาพหัวหน้างานด้วยระบบบริหารคุณภาพ และจากการประเมินความพึงพอใจต่อหลักสูตรฝึกอบรมพบว่าผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เนื่องจากเป็นหลักสูตรที่ทางองค์กรไม่เคยดำเนินการมาก่อน และทำให้ผู้เข้าอบรมมีความเข้าใจในระบบบริหารงานคุณภาพขององค์กรเพิ่มมากขึ้น และสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารซึ่งได้ให้ความเห็นว่าพบการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงานไปในทิศทางที่ดี โดยรวมถือว่าหลักสูตรสามารถนำมาพัฒนาศักยภาพของวิศวกรระดับหัวหน้างานได้จริง เนื่องจากหลักสูตรมีการฝึกปฏิบัติและนำเทคนิคการฝึกอบรมต่าง ๆ มาใช้อย่างเหมาะสม และจากการสัมภาษณ์ลูกค้าพบว่าส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการพัฒนาบุคลากรภายในองค์กร โดยมีลูกค้า 1 ท่านมีความพึงพอใจต่อระบบเอกสารที่มีการควบคุมอย่างชัดเจนอย่างมาก และมีลูกค้า 1 ท่านมีความพึงพอใจในเรื่องการแก้ไขปัญหาการทำงานของวิศวกรหัวหน้างานที่มีการปรับปรุงโดยการวิเคราะห์ถึงปัญหาและนำมาปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

5. สรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาการทำงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบคุณภาพและนำระบบบริหารคุณภาพมาพัฒนาศักยภาพของวิศวกรระดับหัวหน้างานในบริษัทก่อสร้างแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากพบปัญหาการปฏิบัติงานผิดพลาดไม่เป็นไปตามระบบบริหารงานคุณภาพขององค์กร จากการศึกษาปัญหาของความไม่สอดคล้องต่อข้อกำหนดในระบบบริหารคุณภาพ ISO9001:2015โดยใช้ 5M 1E เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาพบว่าปัญหาด้านบุคลากรเป็นปัญหาหลักของการนำระบบคุณภาพ ISO9001 ไปปฏิบัติในองค์กร ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากบุคลากรขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบบริหารคุณภาพ จึงได้พัฒนาพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกำหนด ISO9001:2015 และมาตรฐานการปฏิบัติงานในระบบบริหารคุณภาพขององค์กร

จากการทำแบบทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบริหารคุณภาพขององค์กรพบว่ามีผู้ไม่ผ่านการประเมิน 15 คน จากวิศวกรหัวหน้างานทั้งหมด 355 คน โดยกลุ่มผู้ไม่ผ่านการประเมินเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ย 21.13 คะแนน จึงต้องเข้ารับการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาศักยภาพการปฏิบัติงาน โดยหลังการฝึกอบรมพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้าอบรมทั้ง 15 คนเพิ่มขึ้นโดยมีคะแนนเฉลี่ย 41.67 คะแนน และผู้เข้าร่วมฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรการฝึกอบรมอย่างมาก

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารให้ความเห็นว่าหลักสูตรฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาพัฒนาศักยภาพวิศวกรหัวหน้างานได้จริง และจากการสัมภาษณ์ลูกค้าให้ความเห็นว่ามีความพึงพอใจในระบบเอกสารที่มีการควบคุมอย่างชัดเจน และมีความพึงพอใจต่อการแก้ไขปัญหา การทำงานของวิศวกรหัวหน้างานที่มีการปรับปรุงโดยการวิเคราะห์ถึงปัญหาและนำมาปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศเลขา ศรีรัตนะ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในทุกขั้นตอน ตลอดระยะเวลาการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2561. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม ระบบการบริหารงานคุณภาพ* : ข้อกำหนด ISO 9001:2015. กรุงเทพฯ.

[2] ณัฏฐพัชร สุระดม (2556). *การออกแบบระบบการบริหารงานคุณภาพด้วยการประยุกต์ใช้มาตรฐานระบบคุณภาพ ISO 9001:2008 สำหรับธุรกิจขนาดกลาง: กรณีศึกษาธุรกิจฉีดชิ้นส่วนพลาสติก*. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] ณัฐชัย หอมาลัยกุล. (2554). *การพัฒนาศักยภาพการทำงานของบุคลากร แผนกพิธีการขนส่งและบรรจุหีบห่อเพื่อการส่งออกฝ่ายช่าง บมจ.การบินไทย จำกัด (มหาชน)*. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนครพนม.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวกฤชกร อรุณสวัสดิ์

จบการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2561

งานวิจัยที่สนใจ สาขา วิศวกรรมศาสตร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อของเสียในกระบวนการผลิตขวดน้ำดื่ม กรณีศึกษา : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฮาซานีย์

A Study of factors relating to waste in drinking water bottle manufacturing. Case study : Hasani Limited Partnership.

อาร์ฟีฟะห์ มะลิดง, นูรีดา สุหลง, นัตพงศ์ โชติพันธ์* และอาเฟนดี ท่าสอน684

หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยานราธิวาสราชนครินทร์

96000 nattapong.c@pnu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) จากการศึกษาในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตขวดน้ำดื่มพบ 3 ปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียได้แก่ คุณภาพของวัตถุดิบ การเปิด-ปิดฝาครอบ และพนักงาน และได้ออกแบบการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ พบว่าคุณภาพของวัตถุดิบ การเปิด-ปิดฝาครอบ และพนักงานโดยมีค่า Significant level มากกว่า 0.05 จึงสรุปว่าไม่มีผลต่อของเสีย แต่ปัจจัยร่วมระหว่างการเปิด-ปิด ฝาครอบ กับพนักงาน จะมีค่า P-Value ที่น้อยกว่า 0.05 จึงมีผลต่อของเสียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และได้ทำการวิเคราะห์ Crossing Interaction พบว่าเมื่อพนักงานคนที่ 1 ทำการปิดฝาครอบจะพบของเสียน้อยกว่าการเปิดฝาครอบ และเมื่อพนักงานคนที่ 2 ทำการเปิดฝาครอบจะพบของเสียน้อยกว่าการปิดฝาครอบ แต่กระนั้นทางบริษัทควรที่จะฝึกพนักงานคนที่ 2 ให้มีความถนัดกับการทำงานโดยปิดฝาครอบเพื่อให้ได้เป็นไปตามมาตราฐานของการผลิต

คำสำคัญ : ขวดพลาสติก; ปัจจัยที่มีผลต่อของเสีย; การออกแบบการทดลอง

Abstract

The objective of this research is to study the factors affecting the loss in the production process. By using the Design of Experiment (DOE) method, the study in the production process of the drinking water bottle plant found 3 factors that cause waste as follows. quality of raw materials opening-closing the cover and production staff

This research designed an experiment to collect data. The researcher analyzed the data using a statistical program. found that the quality of raw materials Opening and closing the cover and Production staff are results Significant level greater than 0.05, it was concluded that there was no significant effect on waste. However, the co-factor between opening-closing the cover and employees has a P-Value of less than 0.05, thus having a significant effect on the waste. And crossing interaction analysis found that when the first employee closed the cover, there was less waste than who opened the cover. And when the second employee opens the cover, there is less waste than when the cover is closed. But still, the company should train the second employee to be apt at working with the cover closed for the production standards.

Keywords: plastic bottles; waste factors ; design of experiment.

1. บทนำ

บรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ประเภทของเหลวหรือน้ำ ได้แก่ กระป๋อง ขวดแก้ว ถุงกระดาษ และขวดพลาสติก โดยบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทจะมีจุดเด่นที่แตกต่างกันออกไป แต่ในปัจจุบันการผลิตสินค้าในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้วัสดุสังเคราะห์มากกว่าวัสดุธรรมชาติ เนื่องจากมีต้นทุนที่ถูกกว่า พลาสติกจึงเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ ทั้งอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องประดับ รวมถึงภาชนะและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เห็นได้จากปริมาณการผลิตพลาสติกรวมทุกประเทศมีแนวโน้มที่สูงขึ้น

ปัจจุบันคนส่วนใหญ่ไม่นิยมดื่มน้ำจากแหล่งธรรมชาติที่ไม่ผ่านกระบวนการ ส่งผลให้บรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติกเป็นที่ต้องการในตลาดน้ำดื่ม และจากการสำรวจในปัจจุบันมีผู้ประกอบการผลิตขวดน้ำดื่มจำนวนมาก มีการแข่งขันอย่างสูงด้านคุณภาพ และราคา ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฮาซานีย์ เป็นส่วนหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตขวดน้ำดื่มจากพลาสติกรายใหญ่ในจังหวัดยะลา มีผลิตภัณฑ์ดังนี้ ขวดน้ำขนาด 350 มิลลิลิตร ขวดน้ำขนาด 500 มิลลิลิตร ขวดน้ำขนาด 600 มิลลิลิตร และขวดน้ำขนาด 850 มิลลิลิตร

จากปริมาณของเสียต่อจำนวนการผลิตทั้งหมดคิดเป็นอัตราร้อยละ 0.23 ซึ่งขวดขนาด 850 มิลลิลิตร เป็นที่ต้องการของท้องตลาดเป็นจำนวนมาก จึงส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิต งานวิจัยจึงได้เห็นความสำคัญในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อของเสียในกระบวนการผลิตเพื่อสามารถนำเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสูญเสียในกระบวนการผลิต

1.1.2 เพื่อนำเสนอแนวทางในการลดปริมาณการสูญเสียในกระบวนการผลิต

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาวิจัยกระบวนการผลิตขวดบรรจุภัณฑ์ ขนาด 850 มิลลิลิตร ในกระบวนการผลิตของ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฮาซานีย์

1.2.2 นำเสนอแนวทางการปรับปรุงสายการผลิตขวดน้ำดื่มจากผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อของเสียในกระบวนการผลิต

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments : DOE)

หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) ในการออกแบบการทดลอง จะต้องทำการการวางแผน และมีการควบคุมการดำเนินการ อย่างเป็นระบบ ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ต่อด้วยวิธีการสถิติ โดยมีจุดประสงค์ในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ ที่เรียกว่า"ปัจจัย" (factors) ของในกระบวนการ จากนั้นจะดูผลลัพธ์ที่ได้ซึ่งเป็นตัวแปรตอบสนอง (Response) ในกระบวนการนั้นๆ โดยพิจารณาจากปัจจัยที่ ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิต (Input: Xs) หรือมีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ได้จากกระบวน (Output: Ys) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุญชัย แซ่สิ้ว และ ณัฐธยาน์ โสกุล (2559) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการลดของเสียจากกระบวนการบรรจุอาการซองรั่วเป็นการศึกษาระดับปัจจัยในการปรับตั้งค่าของเครื่องจักรให้เหมาะสมโดยจะใช้หลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ซึ่งจากการวิเคราะห์พบได้ 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ความเร็วรอบ อุณหภูมิ แรงกด และเวลาในการซีล ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ ซึ่งจะพบปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสม คือความเร็วรอบ อุณหภูมิ แรงกด และเวลาในการซีล เมื่อนำผลจากการวิจัยในกระบวนการทำงานพบว่ามูลค่าของเสียลดลงจากเดิม 855,571.72 บาทเหลือ 596,482.21 บาท คิดเป็นอัตราร้อยละ 30.29

กิตติมา เถื่อนวรรณา (2561) การศึกษาเพื่อออกแบบค่าปรับตั้งของพารามิเตอร์ในการเคลือบแบบหนา พิเศษของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเริ่มจากการใช้เครื่องมือทางคุณภาพวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความหนา และคุณภาพของการเคลือบ พบว่ามี 4 ปัจจัย คือ จำนวนชั้นของการเคลือบ ความหนืดของน้ำยา อัตราการไหล และความเร็ว จากนั้นทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วนสำหรับ 4 ปัจจัย ซึ่งผลจากกการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองพบว่าค่าการปรับตั้งพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ จำนวนชั้นการเคลือบ ความหนืดของน้ำยา และอัตราการไหล จากการปรับตั้งพารามิเตอร์ที่ได้ไปใช้ผลิตจริงพบว่า ชิ้นงานที่ผลิตได้ผ่านข้อกำหนดทางคุณภาพของลูกค้าได้อย่างเป็นที่น่าพอใจ การทดลองแฟคทอเรียลบางส่วนสำหรับ 4 กล่าวคือได้ค่าความหนาเฉลี่ยของการเคลือบ คือ 702.33 ไมโครเมตร และมีของเสียต่ำกว่าร้อยละ 5

3.วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียด้วยแผนภูมิก้างปลา โดยผู้จัดการและผู้เชียวชาญในสายการผลิตได้คัดเลือกปัจจัยจากสาเหตุแต่ล่ะด้านดังนี้ ด้านพนักงาน โดยส่วนใหญ่เกิดจากสาเหตุพนักงานขาดทักษะนการทำงาน ด้านวัตถุดิบ โดยส่วนใหญ่เกิดจากหลอดพรีฟอร์มไม่ได้คุณภาพ ด้านวิธิการ โดยส่วนใหญ่เกิดจากไม่ปฏิบัติตามวิธีการใช้เครื่องมือที่ถูกต้อง

3.1 กำหนดระดับปัจจัย

ในการออกแบบเต็มรูปแบบ 2 ระดับ (2^k Full Factorial Design) DOE สามารถแบ่งระดับปัจจัยเป็น 2 ระดับ คือระดับ “สูง” และระดับ “ต่ำ”

จากการวิเคราะห์พบปัจจัยที่มีอิทธิพลและส่งผลกระทบกับปัญหาของเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์และปัจจัยในการออกแบบการทดลองซึ่งมี 3 ปัจจัย ได้แก่ คุณภาพวัตถุดิบ (หลอดพรีฟอร์ม) การเปิด-ปิด ฝาครอบ และพนักงาน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งระดับปัจจัย

Factor	สัญลักษณ์	Number of Factor	
		ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
1. คุณภาพวัตถุดิบ	A	ธรรมดา	ยี่ห้อ Kl
2. การเปิด-ปิด ฝาครอบ	B	เปิด	ปิด
3. พนักงาน	C	คนที่ 1	คนที่ 2

3.2 การออกแบบการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบ 2 ระดับ

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่นำมาทำการทดลองจากปัญหาของเสียในกระบวนการผลิต ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบ 2 ระดับ (2^k Full Factorial Experiment) เพื่อกรองเอาปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลออก โดยระดับปัจจัย มี 2 ระดับ คือ “ต่ำ” และ “สูง” โดยทำการทดลองแบบสุ่ม ตามข้อบังคับของการทดลอง จากนั้นทำการทดลองผลการ

ตอบสนอง โดยให้ผลตอบสนองของการทดลองเป็นสัดส่วนของเสียต่อปริมาณการผลิต ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α=0.05) ซึ่งมีรูปแบบการทดลอง 2^k ทั้งหมด 3 ปัจจัย ซึ่งก็มีค่า 2^3 และกำหนดการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้ง ดังนั้นจะต้องทำการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 24 การทดลอง

4. การวิจัยและอภิปรายผล

การกรองปัจจัยเบื้องต้นด้วยวิธี 2^k Full Factorial Design จะต้องทำการทดลองให้ครบทุกเงื่อนไข ในที่นี้จะประกอบด้วย 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบไปด้วย 2 ระดับ ซึ่งทำการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสมบูรณ์จะต้องทำการทดลองเท่ากับ $2^3 = 8$ การทดลอง และทำการทดลอง 3 ครั้ง รวม 24 การทดลอง โดยการทดลองจะจัดลำดับการทดลองแบบเรียงลำดับตามความสะดวกของทางสถานประกอบการณ์ การวิเคราะห์ผลในการทดลองจะต้องวิเคราะห์ผลกระทบตัวแปรตอบสนองให้ครบทุกการทดลองและจะให้ความสนใจกับตัวที่มีอิทธิพลเป็นหลัก

4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

จากผลที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง สรุปได้ว่าไม่มีความผิดปกติจากการทดลองที่เกิดขึ้น และข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ คณะผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อศึกษาอิทธิพลที่มีปัจจัยร่วมของปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลกระทบให้ เกิดของเสียของปัญหาชิ้นงานฉีดไม่เต็ม โดยได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (α=0.05) การวิเคราะห์ผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ Variance for Response

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	1.01956	0.145652	2.05	0.111
Linear	3	0.21865	0.072882	1.03	0.407
คุณภาพของวัตถุดิบ	1	0.12184	0.121838	1.72	0.208
การเปิด-ปิด ฝาครอบ	1	0.08760	0.087604	1.24	0.283
พนักงาน	1	0.00920	0.009204	0.13	0.723
2-Way Interactions	3	0.74191	0.247304	3.49	0.041
คุณภาพของวัตถุดิบ* การเปิด-ปิด ฝาครอบ	1	0.01870	0.018704	0.26	0.615
คุณภาพของวัตถุดิบ* พนักงาน	1	0.12470	0.124704	1.76	0.203
การเปิด-ปิด ฝาครอบ*พนักงาน	1	0.59850	0.598504	8.44	0.010
3-Way Interactions	1	0.05900	0.059004	0.83	0.375

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ Variance for Response (ต่อ)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
คุณภาพของวัตถุดิบ* การเปิด-ปิด ฝาครอบ* พนักงาน	1	0.05900	0.059004	0.83	0.375
Error	16	1.13493	0.070933		
Total	23	2.15450			

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักได้แก่ คุณภาพของวัตถุดิบ การเปิด -ปิด ฝาครอบ และพนักงาน ผลการทดสอบสมมติฐานการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ดังนี้

ผลการทดสอบสมมติฐานการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างการเปิด-ปิดฝาครอบกับพนักงานโดยใช้ค่า P-Value พบว่าในภาพรวมมีค่า Significant level น้อยกว่า 0.05 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.010 จึงยอมรับสมมติฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำให้มีผลต่อของเสียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกราฟแสดงค่า Standardized Effect ของแต่ละปัจจัยที่งผลต่อของเสียดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 กราฟ Pareto Chart the Standardized Effects

จากรูปที่ 1 กรณีที่ 1 พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างการเปิด-ปิดฝาครอบกับพนักงาน โดยมีค่าเชื่อมั่นที่ 95% หรือ α=0.05 ปัจจัยร่วมในกรณีนี้มีค่า Standardized Effect ที่สูงกว่า 2.120 จึงมีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการ

4.2 แนวทางการปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุงสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลกระทบร่วม โดยจะเส้นกราฟที่ตัดกันเรียกว่า Crossing Interaction ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 รูปภาพ Interaction Plot ของอัตราของเสีย

จากรูปที่ 2 พบว่ากรณีที่ 1 เทียบระหว่างพนักงานกับการเปิด-ปิดฝาครอบ เมื่อพนักงานคนที่ 1 ทำการปิดฝาครอบจะพบของเสียน้อยกว่าการเปิดฝาครอบ และเมื่อพนักงานคนที่ 2 ทำการเปิดฝาครอบจะพบของเสียน้อยกว่าการปิดฝาครอบ

5. สรุปผลวิจัย

การวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุของของเสียในกระบวนการผลิตพบปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย คือ คุณภาพของวัตถุดิบ การเปิด-ปิดฝาครอบ และพนักงาน โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าปัจจัยหลักทุกปัจจัยมีค่า Significant level มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าไม่มีผลต่อของเสียอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบผลกระทบร่วม 1 กรณี คือ การเปิดปิดฝาครอบกับพนักงาน พบว่าค่า Significant level น้อยกว่า 0.05 จึงมีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการ โดยสามารถสรุปผลวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละคนซึ่งพบว่ากรณีที่ 1 เทียบระหว่างพนักงานกับการเปิด-ปิดฝาครอบ เมื่อพนักงานคนที่ 1 ทำการปิดฝาครอบจะได้ของเสียน้อยกว่าการเปิดฝาครอบ และเมื่อพนักงานคนที่ 2 ทำการเปิดฝาครอบจะได้ของเสียน้อยกว่าการปิดฝาครอบ

ซึ่งในทางปฏิบัติควรจะเป็นไปตามมาตราฐานของผู้ผลิตและออกแบบเครื่องจักร โดยผู้ผลิตและออกแบบเครื่องจักรได้กำหนดไว้ว่าควรปิดฝาครอบในขณะทำการใช้เครื่อง ดังนั้นทางบริษัทควรที่จะฝึกพนักงานคนที่ 2 ให้มีความถนัดกับการทำงานโดยปิดฝาครอบเพื่อให้ได้เป็นไปตามมาตราฐานของการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ลุล่วงได้ดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอพระคุณคณาจารย์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นอย่างสูงที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ให้กำลังใจที่ดีเสมอมา รวมทั้งขอขอบพระคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด ฮาซานีย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และสถานที่ในการทำงานวิจัยฉบับนี้

สุดท้ายนี้ กราบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้อง ๆ ที่ศึกษามาด้วยกันสำหรับความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ จนงานวิจัยฉบับนี้สามารถลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] วชิระ ยมาภัย ความหมายและความสำคัญของพลาสติก ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก https://enchemcom1po.wordpress.com สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2563

[2] สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2564 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก https://piu.ftpi.or.th/productivity-tools/doe

[3] บุญชัย แซ่สิ้ว และณัฐธยาน์ โสกุล (2559) การลดของเสียในขั้นตอนกระบวนการบรรจุ โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา:บริษัทผลิตของขบเคี้ยว วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559

[4] กิตติมา เถื่อนวรรณา (2561) การออกแบบปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบแบบหนาพิเศษบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2561

ชื่อ อาร์ฟีฟะห์ มะลิดง
นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยานราธิวาสราชนครินทร์

ชื่อ นูรีดา สุหลง
นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยานราธิวาสราชนครินทร์

ชื่อ นัตพงศ์ โชติพันธ์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยานราธิวาสราชนครินทร์

ชื่อ อาเฟนดี ท่าสอน
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยานราธิวาสราชนครินทร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาของเสียจากกากคอนกรีตเพื่อมาผลิตแผ่นพื้น ในกรณีศึกษา บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC)

A STUDY OF WASTE FROM CONCRETE RESIDUE TO PRODUCE SLABS IN A CASE STUDY OF CONSTRUCTION PRODUCTS AND MATERIALS CO.LTD.(CPAC)

วัลลภ ภูผา[1]และรัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ[2] และเบญจมาศ แก้วยงกฎ[3] และอรัญญา พันธ์วิชัย[4]

[1]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำกากคอนกรีตจากกระบวนการผลิตคอนกรีตจากบริษัท ผลิตภัณฑ์ และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) มาเพิ่มมูลค่า ปัจจุบันอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตคอนกรีตมีจำนวนมาก การผลิตปูนซีเมนต์สำเร็จดังกล่าวได้มีการกำหนดปริมาณปูนสำเร็จมากกว่าปริมาณที่ออกแบบไว้เพื่อเป็น การรองรับปัญหาที่เกิดขึ้นกรณีเมื่อปูนไม่พอกับแบบในการก่อสร้าง ส่วนที่เหลือจากการผลิตปูนดังกล่าว ผู้ประกอบการได้นำเศษปูนไปถมที่ หรือนำเอากากคอนกรีตที่ต้องนำไปทิ้งหรือทำลายซึ่งเป็นของเสียที่ เป็นภาระของบริษัท โดยผู้วิจัยจะนำกลับมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ คือนำกากคอนกรีตมาผสม ปูนซีเมนต์เป็นแผ่นพื้นที่มีคุณภาพเทียบเท่ากับแผ่นพื้นที่มีขายในท้องตลาด โดยการศึกษาแผ่นพื้นที่มีขาย ในท้องตลาดในปัจจุบันมีรูปแบบใดบ้างและเลือกรูปแบบมา 1 อย่าง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกแบบแผ่นพื้น สี่เหลี่ยมเพราะเป็นที่นิยม เพื่อมาทดลองกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ เลือกสูตรที่ 1 ที่ใช้ในการทำแผ่นพื้น คือใส่ ปูนซีเมนต์ 8.750 กิโลกรัม, หิน 25.000 กิโลกรัม, ทราย 20.000 กิโลกรัม, น้ำ 4.375 ลิตร, น้ำยาผสมคอนกรีต SIKA Plastocrete-901 ประมาณ 17.500-35.000 ซีซี, กากคอนกรีตแห้ง 5% , 7.5% และ 10% ตามน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ได้แก่ 1.310 กิโลกรัม, 1.968 กิโลกรัม และ 2.626 กิโลกรัม ซึ่งเป็นสูตร ที่มีความเหมาะสม โดยกำหนดขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ความยาว 25 เซนติเมตร และความหนา 4 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 4.255 กิโลกรัม ผล การทดลองความกว้าง 24.700 เซนติเมตร ความยาว 24.700 เซนติเมตร ความหนา 3.700 เซนติเมตร เป็นขนาดบล็อกแม่พิมพ์ของทางบริษัท และสามารถรับ แรงได้ 1,280.845 kN เทียบเท่าความสามารถในการรับแรงของแผ่นพื้นที่บริษัททำขาย ดังนั้นสูตรที่ 1 สามารถนำไป ผลิตขายได้

คำสำคัญ : กากคอนกรีต; แผ่นพื้น

Abstract

The purpose of this research is to use concrete residue from concrete production process from the Construction Products and Materials Company Limited (CPAC) to add value Currently, there are a lot of concrete production industries. The finished cement production was determined by the amount of finished cement that was designed to be Problems that arise when the mortar is insufficient with the construction design. The remainder from the production of the said mortar The operator has filled the cement scraps. Or take the concrete waste that must be disposed or destroyed, which is a waste that is a burden to the company. Which the researcher will bring back to create a new product Is to mix concrete residue Cement is a slab of the quality comparable to that of a commercial slab. By studying the area sheets available for sale In the market today, what patterns are there and choose one pattern to experiment with? Case studies The researcher has chosen Formula 1 used to make slabs. Is add cement 350 kg, stone 1,000 kg, sand 800 kg, water 175 liters, concrete admixture SIKA Plastocrete-901 approx 700 - 1,400 CC, dry concrete residue 5%, 7.5% and 10% by weight of cement, including 1.310 kg, 1.968 kg and 2.626 kg, which is the formula Is suitable The size of the width 25 cm. Length 25 cm. And thickness 4 cm. The average weight is 4.255 kg. The results of the experiment: width 24.700 cm. Length 24.700 cm. Thickness 3.700 cm. Therefore, Formula 1 can be used to produce and sell.

Keywords: Concrete residue; Walkway floor slabs

1. บทนำ

การเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมทำให้เกิดสิ่งก่อสร้างจำพวกอาคาร ถนน และโครงสร้าง พื้นฐาน อย่างรวดเร็ว คอนกรีตเป็นวัสดุโครงสร้างที่นิยมใช้กันอย่างมากในประเทศไทยเมื่อ เปรียบเทียบกับวัสดุ ก่อสร้างอื่น เช่น อิฐ ไม้และเหล็กเมื่อถึงเวลาที่สิ่งก่อสร้างชำรุด หรือสิ้นสุดอายุการใช้งาน หรือต้องการ เปลี่ยนลักษณะการใช้งาน ก็จะมีการรื้อถอนเพื่อสร้างสิ่งก่อสร้างใหม่ทดแทน เศษวัสดุก่อสร้างจากการทำลายสิ่งก่อสร้างไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจและถูกขนย้ายไปกำจัด ปัจจุบันอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตคอนกรีตมีจำนวนมาก กระจายตัวตามพื้นที่ต่างๆทั่วประเทศซึ่ง ต้องใช้วัตถุดิบในการผลิตคอนกรีตสำเร็จเป็นจำนวนมาก เช่น หินกรวด ทราย ปูนซีเมนต์ การผลิต ปูนซีเมนต์สำเร็จดังกล่าวได้มีการกำหนดปริมาณปูนสำเร็จมากกว่าปริมาณที่ออกแบบไว้เพื่อเป็นการ รองรับปัญหาที่เกิดขึ้นกรณีเมื่อปูนไม่พอกับแบบในการก่อสร้าง ส่วนที่เหลือจากการผลิตปูนดังกล่าว ผู้ประกอบการได้นำเศษปูนไปถมที่ ซึ่งนอกจากจะทำให้ไม่มีมูลค่าแล้วยังไม่เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย ดังนั้น การหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าจากเศษปูนที่เหลือจากการผลิต

จึงน่าเป็นทางออกที่ดีในการทำให้ ของเหลือเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในด้านการลดปริมาณของเสียและการลดปัญหาการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง ซึ่งระบบการผลิตของโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จคล้ายกับระบบโรงงานทั่วไปที่มีวัตถุดิบ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หิน ทราย สารผสมเพิ่มและน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตคือคอนกรีตที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด เพื่อจัดส่งให้กับลูกค้า ของเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงงานประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนแรกได้แก่วัตถุดิบที่ตกหล่น และถูกคัดทิ้ง ส่วนที่สองได้แก่เศษคอนกรีตที่ค้างอยู่ในเครื่องผสม เศษที่เหลือภายในรถขนส่ง รวมถึงคอนกรีตที่มีคุณสมบัติไม่ได้ตามที่กำหนด การจัดการกับคอนกรีตที่เหลือหรือตกค้างเหล่านี้ ถ้ามีปริมาณที่ มากพอมักจะใช้วิธีจำหน่ายในรูปแบบคอนกรีตเกรดต่ำให้กับลูกค้ารายอื่น หรือนำมาหล่อเป็นชิ้นงานใน แบบหล่อที่จัดเตรียมไว้ ในกรณีที่มีปริมาณน้อยเช่นเศษที่ติดค้างในรถขนส่งหรืออุปกรณ์ผสม มักจะใช้น้ำ ล้างทำความสะอาด เพื่อป้องกันคอนกรีตแข็งตัวเกาะติดภายในโม่ของรถขนส่งหรือเครื่องผสม เมื่อกาก คอนกรีตแห้งก็จะเป็นภาระของบริษัทที่ต้องหาพื้นที่ไปทิ้ง ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำของเสียจากกากคอนกรีตมาพัฒนาเพิ่มมูลค่าเป็นแผ่นพื้นและ สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อนำไปใช้ตกแต่งสวนประดับและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ และอีกทั้งยัง ช่วยลดค่าใช้จ่ายของผู้ซื้อได้ลดลงจากเดิม

1.1 วัตถุประสงค์งานวิจัย

ศึกษาคุณสมบัติของกากคอนกรีตในโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ เพื่อนำกลับมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นใหม่ และทดสอบเปรียบเทียบค่าแรงกดให้ได้ค่า มาตรฐานทดสอบของบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC)

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

1.2.1 นำกากคอนกรีตแห้งไปบดให้มีขนาดที่มีขนาดเหมาะสมในการไปทำแผ่นพื้น โดยทำการศึกษาวิจัยมีส่วนผสมของคอนกรีตประกอบด้วย 1. ปูนซีเมนต์ 350 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 2. หิน 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 3. ทราย 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 4. น้ำ 175 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร 5. น้ำยาผสมคอนกรีต SIKA Plastocrete-901 ใช้ประมาณ 700 – 1,400 ซีซี เพื่อมาผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่

1.2.2 ในการทดลองจะใช้ขนาดแผ่นแม่พิมพ์คอนกรีต 25 เซนติเมตร x 25 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตร เท่ากับ 0.075 ลูกบาศก์ เมตร จะทำการทดลองจำนวน 10 แผ่น (ต่อสูตร) ที่มีส่วนผสม คอนกรีต 5% 7.5% 10% ตามน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ได้แก่ 1.310 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, 1.968 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, 2.625 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สูตรจากบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) เป็นผู้กำหนด)

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้นำมาดังนี้ 1. กระบวนการผลิตคอนกรีต 2. กากคอนกรีต 3. การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ 4. การผลิตแผ่นพื้นทางเดิน 5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. วิธีทำการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาของเสียจากกากคอนกรีตเพื่อมาผลิต แผ่นพื้นในกรณีศึกษา บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) มีหัวข้อเรื่องที่เกี่ยวข้องดังนี้ 1.การนำกากคอนกรีตที่เหลือจากการใช้ไปเพิ่มมูลค่าซึ่งคอนกรีตที่ใช้ในส่วนผสมการผลิต แผ่นพื้นเป็นของเสียที่ไม่ได้ใช้งานจากการกระบวนการผลิตคอนกรีต ผู้วิจัยจึงได้นำมาใช้ ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่า 2.การเลือกรูปแบบของชนิดของแผ่นพื้นรับแรงที่เหมาะสม 3.การเลือกสูตรหรือส่วนผสมของแผ่นพื้นรับแรงที่มีคุณภาพ 4.การกำหนดขอบเขตการทดลองของงานวิจัย การสร้างมูลค่าของเสียในกระบวนการผลิต คอนกรีต 5. กระบวนการผลิตแผ่นพื้น

3.2 ศึกษาส่วนผสมของสูตร

ผู้วิจัยได้ที่มาของสูตรผลิตจาก บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอตแลนด์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยา ผสมคอนกรีต ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการใช้กากคอนกรีตแทนปูนซีเมนต์ (โดยลดขนาดของ ปูนซีเมนต์)

- สูตรที่ 1.นำมาใช้คือ ปูนซีเมนต์ 350 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, หิน 1,000 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร, ทราย 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, น้ำ 175 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร, น้ำยาผสม คอนกรีต SIKA Plastocrete-901 ประมาณ 700 – 1,400 ซีซีจึงจะได้แผ่นพื้นที่เหมือนในท้องตลาด
- สูตรที่ 2. ใช้เป็นส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์350 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, หิน เกล็ด 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, ทรายหยาบถมบรรจุถุง 800 กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร, น้ำ 175 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร, น้ำยาผสมคอนกรีต SIKA Plastocrete 901 ประมาณ 700 – 1,400 ซีซี จึงจะได้แผ่นพื้นที่ขายตามท้องตลาด
- สูตรที่ 3.ใช้ในการทำแผ่นพื้นผสมกากคอนกรีต คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 8.750 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร, หิน 25.000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, ทราย 20.000 กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร, น้ำ 4.375 ลิตร, น้ำยาผสมคอนกรีต SIKA Plastocrete-901 ประมาณ 17.500-35.000 ซีซี โดยผู้วิจัยจะใช้กากคอนกรีตแห้ง 5% , 7.5% และ 10% ตาม น้ำหนักของปูนซีเมนต์ ได้แก่ 17.750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, 26.250 กิโลกรัมต่อ 54 ลูกบาศก์เมตร และ 35.000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ผู้วิจัยจะทำการผสมทั้งหมด 3 สูตร โดยสูตรที่ 1 ใช้กากคอนกรีตแห้ง 1.310 กิโลกรัม สูตรที่ 2 ใช้กากคอนกรีต 1.968 กิโลกรัม สูตรที่ 3 ใช้กากคอนกรีต 2.625 กิโลกรัม โดยใช้แม่พิมพ์ที่ใช้ทดลองเป็นแม่พิมพ์บล็อกสี่เหลี่ยม พลาสติกที่มีขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร และหนา 4 เซนติเมตร และนำไปอบที่ที่อุณหภูมิ40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม.และการแช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชม. นำไปทดสอบการรับแรงกด (kN) และเปรียบเทียบสรุปผล

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยขนาดและน้ำหนักของแผ่นพื้นที่ผลิตขึ้นมาใหม่ (สูตรที่ 1) (ซม.) (KG)

ลำดับ	กว้าง	ยาว	หนา 1	หนา 2	หนา 3	หนา 4	น้ำหนัก
สูตร ที่ 1	24.700	24.700	3.700	3.700	3.700	3.700	4.255
สูตรที่ 2	24.780	24.780	3.760	3.760	3.760	3.760	4.442
สูตรที่ 3	24.920	24.900	3.800	3.840	3.780	3.840	4.650

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขนาดและน้ำหนักของแผ่นพื้นที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. (ซม.) (KG)

ลำดับ	กว้าง	ยาว	หนา 1	หนา 2	หนา 3	หนา 4	น้ำหนัก
สูตรที่ 1	24.740	24.740	3.700	3.700	3.700	3.700	4.255
สูตรที่ 2	24.800	24.780	3.760	3.760	3.760	3.760	4.442
สูตรที่ 3	24.920	24.900	3.800	3.840	3.780	3.840	4.650

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยขนาดและน้ำหนักของแผ่นพื้นที่ผ่านการแช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชม. (ซม.) (KG)

ลำดับ	กว้าง	ยาว	หนา 1	หนา 2	หนา 3	หนา 4	น้ำหนัก
สูตรที่ 1	24.740	24.740	3.700	3.700	3.700	3.700	4.615
สูตรที่ 2	24.800	24.780	3.760	3.760	3.760	3.760	4.741
สูตรที่ 3	24.920	24.900	3.800	3.840	3.780	3.840	4.937

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการรับแรงกด (kN)

ลำดับ	ค่าเฉลี่ยความสามารถในการรับแรงกด (kN)
สูตร ที่ 1	1,280.845
สูตรที่ 2	909.091
สูตรที่ 3	626.138

ผลการทดสอบรับแรงกดแผ่นพื้นตามตารางที่ 4-6 ได้พบว่า สูตรที่ 1สามารถรับแรงกดได้ดีที่สุดคือ1,280.845KN ได้ตามมาตรฐานแผ่นพื้นของบริษัทที่ผลิตขายสามารถในการรับแรงกดประมาณ 1,275 ถึง 1,300 Kn

5. สรุปผลการวิจัย

จากการที่ได้ทำการทดลองทำแผ่นพื้นทางเดินด้วยส่วนผสมทั้ง 3 สูตรและได้ทำการนำไปจำลอง สภาพอากาศการการตากแดดโดยการเผาและตากฝนโดยการแช่น้ำและหลังจากนั้นได้นำไปทดสอบการรับแรงกดเปรียบเทียบกับความสามารถในการรับแรงกดของแผ่นพื้นที่บริษัทผลิตขายตามท้องตลาดจาก ผลการทดลองผู้วิจัยสรุปได้ว่าสามารถนำกากคอนกรีตที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตคอนกรีตสดมาสร้างภัณฑ์แผ่นพื้นทางเดินได้ โดยมีส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 8.750 กิโลกรัม หิน 25.000 กิโลกรัม ทราย 20.000 กิโลกรัม น้ำ 4.376 ลิตร และน้ำยาผสมคอนกรีต 17.500 – 35.000 ซีซีซึ่งมีความสารถในการรับแรงเฉลี่ย 1,280.845 กิโล นิวตัน ซึ่งเทียบเท่ากับมาตรฐานของบริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้างจำกัด (CPAC)ที่ผลิตขายสามารถในการรับแรงกดประมาณ 1,275 ถึง 1,300 kN

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณบริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จากัด (CPAC)ให้สนับสนุนข้อมูลและเข้าไปศึกษาปัญหาและทำการทดลองในบริษัทของท่าน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อธิษฐ์ พีระวงศ์เมธา, 2556, เอสซีจี 100 ปีแห่งนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน, พิมพ์ครั้งที่ 1, ฉะเชิงเทรา : สำนักพิมพ์Editions Didier Millet

[2] สำนักวิจัยและพัฒนา, 2556, มาตรฐานการทดสอบ ASTMC39, [ออนไลน์] สืบค้นจาก : http://research.rid.go.th/vijai_rid/rte/files/AT%20Compressive%20Strength.pdf

บทความวิจัย

[3] วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 2561, กากคอนกรีต, [ออนไลน์] ค้นหาจาก : http://j.cit.kmutnb.ac.th/storage/attachments/034/2_20181402_08_2-005-60_p88- 99.pdf

[4] กรมส่งเสริมสุขภาพสิ่งแวดล้อม, 2559, การรีไซเคิล, [ออนไลน์] สืบค้นจาก : https://sites.google.com/site/karrisikheilrecycle/risikheil-khux

[5] ศรายุทธ ศรีทิพย์อาสน์, 2560, ชนิดของแผ่นพื้นทางเดิน, [ออนไลน์] สืบคืนจาก : https://warehousebyhappycons.com

[6] บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด, 2556, รถผสมคอนกรีต, [ออนไลน์] สืบค้นจาก : https://web.cpac.co.th/th/article/201

[7] สุรวัฒน์, 2557, รูปแบบของแผ่นพื้น, [ออนไลน์] สืบค้นจาก : https://www.thaihardscape.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538781038& Ntype=26

[8] บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด, 2562, ประวัติความเป็นมาเครือซีเมนต์ไทย (SCG), [ออนไลน์] สืบค้นจาก : http://www.acaser.eng.psu.ac.th › 50-ENT

ประวัติผู้วิจัย

- ผศ.ดร.วัลลภ ภูผา อาจารย์ประจำวิชา สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช มงคลพระนคร

- นายรัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ อาจารย์ประจำวิชา สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช มงคลพระนคร

- นางสาวอรัญญา พันธ์วิชัย ที่อยู่ 56 หมู่ที่ 5 ต.ทัพราช อ.ตาพระยา จ.สระแก้ว 27180

- นางสาวเบญจมาศ แก้วยงกฎ ที่อยู่ 362 หมู่ที่ 7 ต.ผ่านศึก อ.อรัญประเทศ จ.สระแก้ว 27120

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางการเกษตร

AN EFFICACY INCREASE IN A PRODUCTION PROCESS A CASE STUDY OF AGRICULTURAL PARTS FACTORY

กมลทิพย์ น้อยโฮม[1] สุภาพร สมุทรจินดา[2] พรพิศ ศิริมา[3] และ พิษณุ ทองขาว[4*]

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางการเกษตรโดยทำการศึกษาโมเดลทั้ง 3 รุ่น คือ Shaft Reel รุ่น DC-70G,DC-93 และDC-105X โดยอาศัยหลักการและทฤษฎีการผลิตแบบลีน 5ส. 8 ความสูญเปล่า ผลจากการปรับปรุงสรุปได้ว่า ค่ารอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ของโมเดล Shaft Reel รุ่น DC-70G จากก่อนการปรับปรุง 797 วินาที เป็นหลังการปรับปรุง 345 วินาที และเปอร์เซ็นต์ในการผลิตจาก 37% เพิ่มขึ้นเป็น 86% โมเดลรุ่น DC-93 ค่ารอบเวลาการผลิต (Cycle Time) จากก่อนการปรับปรุง 393 วินาที เป็นหลังการปรับปรุง 321 วินาที และเปอร์เซ็นต์ในการผลิตจาก 69% เพิ่มขึ้นเป็น 84% และโมลเดล DC-105X ค่ารอบเวลาการผลิต(Cycle Time) จากก่อนการปรับปรุง 1218 วินาที เป็นหลังการปรับปรุง 544 วินาที และเปอร์เซ็นต์ในการผลิตจาก 24% เป็นเพิ่มขึ้น 55% ส่งผลให้บรรลุไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ : การเพิ่มประสิทธิภาพ ความสูญเปล่า 5ส. การผลิตแบบลีน

Abstract

The objective of this research is to optimize the production process: a case study of an agricultural parts factory by studying three models of shaft reel, DC-70G, DC-93 and DC-105X. Based on the principles and theories of lean manufacturing, 5S, 8 Wast. The results of the improvements can be concluded that the cycle time of the DC-70G shaft reel model from before improvement, after the improvement were 797 seconds to 345 seconds, and the production percentage has increased from 37% to 86%. The DC-93 model achieved a cycle time from 393 seconds before the improvement, after the improvement were 321 seconds, and the production percentage increased from 69% to 84%. And the DC- 105X The production,cycle time value of before adjustment were 1218 seconds, after adjustment to 544 seconds and the percentage of production from 24% increased to 55%, the resulting in the achievement of the set objectives.

Keywords: Optimization, 8Waste, 5S, Lean Manufacturing

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเกษตรไทยมีลักษณะการแข่งขันสูงและมีความหลากหลายในการผลิต ซึ่งผลผลิตหลักที่ส่งออกของไทย ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด และ อ้อย เป็นต้น ด้วยการส่งออกที่เพิ่มขึ้น เกษตรกรไทยหันมาเริ่มใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยในการทดแทนแรงงานและการเพาะปลูกมากขึ้น ในขณะเดียวกันส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น หลายองค์กรทั่วโลกต้องลดต้นทุนและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้ามากขึ้น อุตสาหกรรมการผลิตแบบลีน (LM) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นคำตอบสำหรับข้อกำหนดเหล่านี้ เนื่องจาก LM ช่วยลดของเสียโดยไม่ต้องใช้ทรัพยากรเพิ่มเติม [1] จากกรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรทางการเกษตร เป็นบริษัทหนึ่งที่รับผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทางการเกษตรที่ต้องปฏิบัติตามนโยบายคุณภาพ คือ “ผลิตสินค้าคุณภาพ ตรงตามแผนงาน บริการให้ลูกค้าพึ่งพอใจ” เพื่อตอบสนองและสร้างความพึ่งพอใจให้กับลูกค้าและสามารถแข่งขันในท้องตลาดได้ ในการทำธุรกิจเกี่ยวกับเครื่องจักรทางการเกษตรนั้นผู้ผลิตได้ให้ความสำคัญกับเรื่องคุณภาพของสินค้า การบริการ การตรงต่อเวลา และการขนส่ง เป็นกระบวนการที่สำคัญมากในการดำเนินธุรกิจ เนื่องจากสามารถตอบโจทย์ในเรื่องของการแข่งขันได้ครบทุกด้าน โดยเฉพาะเรื่องการลดต้นทุน การลดความสูญเสียและความสูญเปล่าในการทำงาน ผู้วิจัยเห็นถึงควาสำคัญเรื่องการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพและส่งสินค้าให้ตรงต่อเวลาเพื่อให้ลูกค้าพึ่งพอใจ ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นปัญหาเพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนผลิตเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายคุณภาพที่ทางโรงงานได้ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้สืบค้นข้อมูล จึงค้นพบปัญหาในเรื่องค่ารอบเวลาการผลิต (Cycle time) ที่ค่อนข้างสูงเกินค่าความเร็วในการผลิต(Takt time) จึงทำให้ต้องทำการเปิดโอทีและทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นในช่วงปริมาณความต้องการมาก (Hight Volume) จะแสดงภาพรวมของโมเดลทั้ง3 รุ่น ช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม สำหรับ

ในช่วงเดือน กรกฎาคม พบว่า ค่ารอบเวลาการผลิตสูงสุดอยู่ที่ 2410 วินาที เวลาในการทำงานหนึ่งวัน 1524.5 วินาที/ชิ้น ในช่วงในช่วงเดือน กันยายน พบว่า ค่ารอบเวลาการผลิตสูงสุดอยู่ที่ 2410 วินาที เวลาในการทำงานหนึ่งวัน 2520.52 วินาที/ชิ้น ในช่วงเดือน ตุลาคม พบว่า ค่ารอบเวลาการผลิตสูงสุดอยู่ที่ 2410วินาที เวลาในการทำงานหนึ่งวัน 6205.15 วินาที/ชิ้น นอกจากที่ค่า Cycle time ที่ค่อนข้างสูงเกินค่า Takt Time ทำให้ Process 2 เกิดงานค้างในช่วง Process 1 เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้พนักงานใน Process 1 และ Process 3 เกิดการรอคอยงาน สาเหตุที่ทำให้พนักงาน Process 2 ใช้เวลาในการผลิตสูงขึ้น เนื่องจากมีรอยเม็ดเชื่อม (Spatter) ติดตามงานเป็นจำนวนมากและการเชื่อมงานไม่เต็มรู (Underfill) สาเหตุของการเกิดเม็ดเชื่อมเกิดจากที่ พนักงานใน Process 1 ไม่ค่อยทำความสะอาดหัวเชื่อมจึงทำให้เกิดเม็ดเชื่อม (Spatter) ติดตามงานเป็นจำนวนมาก และการเชื่อมงานไม่เต็มรู

2. วิธีการศึกษา

2.1 ศึกษากระบวนการ

จากการศึกษาปัญหาในกระบวนการปฏิบัติงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางการเกษตร ในสายการผลิตพบว่าปัญหา มีเวลาในการทำงานค่อนข้างสูง (Cycle time) ทำให้ผลิตชิ้นงานออกมาได้น้อยและยังเกินค่า Takt Time ทำให้ต้องเปิดโอที ซึ่งทางผู้ประกอบการต้องเสียต้นทุนเพิ่มในการจ้างพนักงาน ทำให้ทางผู้วิจัยต้องทำการศึกษากระบวนการผลิต 2 ขั้นตอนกระบวนการผลิตปัจจุบันทำให้ทราบว่า เมื่อรับยอดการผลิต (คัมบัง) จากหัวหน้างาน พนักงานจะทำการขึ้นงานประกอบและนำชิ้นงานขึ้นงานเชื่อมด้วยโรบอทหลังจากทำการเชื่อมงานเสร็จ นำชิ้นงานไปวางที่พักชิ้นงาน เพื่อให้พนักงานอีกคนนำไปตอกวันที่เคาะเม็ดเชื่อมและเชื่อมรูที่เชื่อมไม่เต็ม(Underfill) ซึ่งกระบวนการผลิตนี้เกิดปัญหาจากการทำงานที่ใช้เวลานานจึงทำให้กระบวนการผลิตแรกและกระบวนการต่อไปต้องรองานในแต่ละครั้งเนื่องการที่พนักงานคนแรกไม่ค่อยทำการเช็ดหัวเชื่อมจึงทำให้เกิดเม็ดเชื่อมที่ชิ้นงานเยอะ ทำให้พนักงานต้องเคาะเม็ดเชื่อม และต้องเชื่อมพอกรูให้เต็มรูเชื่อม ที่โรบอทเชื่อมไม่เต็มนานขึ้น หลังจากนั้นส่งชิ้นงานไปทำงาน C/F (confirm) ตรวจสอบชิ้นงานตามที่รอยเชื่อมที่ลูกค้ากำหนดแล้วนำชิ้นงานไปลงแร็คและใส่คัมบังเพื่อส่งไปยังคลังสินค้าเพื่อส่งให้ถึงมือลูกค้า

2.2 การคำนวณ กราฟ Yamazumi และ การหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2,4] นำข้อมูลจาก Standardized Work Chart และ Standardized Work Combination Table ที่ได้เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น กระบวนการคอขวด, ค่าส่วนแกว่ง (Fluctuation) เป็นต้น โดยใส่ค่ารอบเวลาผลิต(C.T.) ความเร็วในการผลิต(T.T) และ ความเร็วในการผลิตจริง(Actual Takt Time) (A.T.T) หรือเวลามากที่สุดที่พนักงานสามารถใช้ในการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการให้ทันตามจำนวนที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งหาได้จากการคำนวนดังนี้

เดือน สิงหาคม พบว่า ค่ารอบเวลาการผลิตสูงสุดอยู่ที่ 2410 วินาที เวลาในการทำงานหนึ่งวัน1613 วินาที/ชิ้น

$$\text{Actual Takt Time} = \frac{\text{เวลาในการทำงานสุทธิ 1 วัน} + \text{O.T}}{\text{จำนวนชิ้นที่ต้องการต่อวัน}}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{เวลาการทำงานสุทธิ 1 วัน}}{\text{จำนวนชิ้นที่ต้องการต่อวัน}}$$

โดยที่ O.T คือ เวลาการทำงานล่วงเวลา (Over Time)

ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรการหาค่าร้อยละ

$$P = \frac{F \times 100}{n}$$

เมื่อ

P แทน ร้อยละ

F แทน ความถี่ต้องการแปลงค่าให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมทั้งหมดของความถี่ คูณ คะแนน

N แทน ผลรวมทั้งหมดของความถี่ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

แผนผังก้างปลา (Fish-Bone Diagram) หรือเรียกอีกอย่างว่า ผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) เป็นเครื่องมอที่ช่วยกลุ่มกิจกรรมคุณภาพในโรงงาน เพื่อรับมือกับสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการผลิตแผนผังกางปลาเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ โดยพิจารณาหาสาเหตุที่มีผลโดยตรงกับลักษณะคุณภาพความสูญเปล่า 8 ประการ (8 Waste) ความสูญเปล่าที่เกิดจากการมีของเสีย (Defect) การที่ผลิตสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพทำให้มีการแก้ไข เป็นการเสียทรัพยากร ทั้งวัสดุ แรงงาน ทำใหม่ต้องมีการผลิตขึ้นมาใหม่ ก็เป็นการเสียค่าใช้จ่ายที่สูงสำหรับผู้ผลิตความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอย (Waiting) เป็นการรอคอยเมื่อวัตถุดิบไม่ถูกใช้ในกระบวนการผลิต และถูกเก็บไว้นานก่อนจะนำมาถูกใช้ต่อไป เนื่องจากกระบวนการก่อนหน้าทำงานไม่สอดคล้องกัน ความสูญเสียที่เกิดจากการรอคอยนั้นอาจเกิดจากการไหลของกระบวนการผลิตที่ไม่สมดุลหรือเกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิต ความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวมากเกินไป (Motion) เป็นการเคลื่อนที่ไม่จำเป็นในการทำงาน ส่งผลให้ความสามารถในการทำงานต่ำกว่าที่ควรจะเป็น โดยการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น 5ส ถือเป็นพื้นฐานของระบบลีนและระบบอื่นๆ โรงงานที่จำเป็นต้องทำและต้องมี เปรียบเสมือนรากฐานของระบบการผลิต รากฐานของระบบการผลิตที่จำเป็นต้องมีโดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ สภาพแวดล้อมที่สะอาด และมีความปลอดภัยองค์ประกอบ 5 ส. มีรายละเอียดที่แตกต่างกันไป จึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจแต่ละตัวอย่างลึกซึ้งเพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด [2-6]

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 การวิเคราะห์ปัญหา

ก่อนที่ทำการปรับปรุงได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักทฤษฎีในการวิเคราะห์จากแผนผังก้างปลาซึ่งเกิดปัญหาจากคน คือ เนื่องจากพนักงานมีต้องทำงานทั้งวัน ซึ่งเกิดจากยอดการผลิตที่สูงจึงให้พนักงานต้องทำงาน OT และต้องผลิตให้ทันยอดการผลิต ทำให้พนักงานต้องเร่งมือในการทำงาน ทำให้พนักงานนั้นขาดในการใส่ใจงานจากการไม่ค่อยทำการเช็ดหัวเชื่อม จึงทำให้เกิดเม็ดเชื่อม(Spatter) ในชิ้นงานและต้องเชื่อมให้เต็มรู ทำให้พนักงานเกิดความเหนื่อยล้าและทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ปัญหาจากกระบวนการ คือ จากรอบเวลาในการผลิตที่ค่อนข้างสูงทำให้การผลิตได้จำนวนที่น้อย เนื่องจากการที่พนักงานต้องทำงานเพิ่มจึงทำให้เกิดการรอคอยงานในกระบวนการผลิตจึงทำให้ผลิตได้ไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า ปัญหาจากวัสดุ คือ จากการที่ยอดการผลิตที่ลูกค้าต้องการค่อนข้างสูง ทำให้พนักงานต้องเร่งมือในการผลิตจึงทำให้เวลาชิ้นงานประกอบพนักงานอาจมีการสวมชิ้นงานไม่ตรงล็อกชิ้นงานหรืออาจจะเกิดทางผู้ผลิต(Maker) ที่ทำการผลิตชิ้นส่วนไม่ตรงตั้งแต่แรก ปัญหาจากต้นทุน คือ จากการที่ Cycle time ค่อนข้างสูงทำให้ผลิตสินค้าได้น้อยทำให้พนักงานต้องทำ OT เพิ่ม จึงทำต้นทุนในการผลิตจากการผลิตและจ้างพนักงานค่อนข้างสูงปัญหาจากเครื่องจักร คือ นอกจากการที่ต้องทำให้ทันตามที่ลูกค้าสั่งแล้ว เครื่องจักรถ้าใช้งานทุกวันโดยไม่มีการดูแลรักษา สำหรับการวิเคราะห์ 8 ความสูญเปล่าได้นำวิธีทฤษฎี Lean Management มาวิเคราะห์ในเรื่องของ 8 ความสูญเปล่า ซึ่งนำเป็นแนวทางในการช่วยในการแก้ปัญหาในเรื่องของการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต โดยจะนำข้อมูลที่ได้ทำการเก็บมาวิเคราะห์1.ความขาดตกบกพร่อง (Defects) จากการศึกษาการทำงานของพนักงานนั้นทำให้สวมชิ้นงานประกอบไม่ตรง ทำให้เมื่อทำการขึ้นชิ้นงานจึงเกิดเชื่อมไม่เต็มรู และการที่พนักงานไม่ค่อยเช็ดหัวเชื่อมอาจะเกิดจากการที่พนักงานต้องเร่งมือเพื่อผลิตให้ทันยอดการผลิตในแต่ละวันจึงทำให้เกิด เม็ดเชื่อม เป็นจำนวนมาก สำหรับปัญหาเรื่องการเคลื่อนไหว (Motion)ของการทำงาน จากศึกษาข้อมูลการที่พนักงานไม่ค่อยทำการเช็ดหัวเชื่อม อาจเกิดจากการที่ อุปกรณ์ที่ทำการเช็ดหัวเชื่อมนั้นไม่มีที่จัดเก็บจึงทำให้ต้องวางตาม เครื่องจักร จึงทำให้เวลาพนักงานจะทำการเช็ดหัวเชื่อมจะต้องเดินย้อนไปมาและต้องก้มลงไปหยิบอุปกรณ์หรือต้องหาอุปกรณ์ในการเช็ดในการเปลี่ยนหัวเชื่อม ปัญหาเรื่องการรอคอย (Waiting) จากศึกษาข้อมูลการที่พนักงานใน Process 2 ต้องทำงานเพิ่มจึงทำให้ Process 1 และ Process 3 ต้องทำการให้ Process 2 เสร็จก่อนจึงจะทำต่อได้ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจทำให้พนักงานในส่วนอื่นเกิดการว่างงาน และอาจส่งผลให้ทำการผลิตไม่ได้ตามยอดที่ทำการผลิตต่อวัน

ตารางที่ 1 เวลาการทำงานของ Process 2 ของ รุ่น Shaft Reel DC-70G ,DC-93,DC-105

Model	เวลาในผลิต Process 2 (sec)
DC-70G	797
DC-93	394
DC-105	1219

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลและได้ทำการแบ่งผลการทดลอง เป็น 2 ประเภทคือ การทดลองการแก้ปัญหาจากการเกิดเม็ดเชื่อม และการทดลองการแก้ปัญหาจากการเกิดการเชื่อมไม่เต็มรู โดยการแก้ปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยได้มีการนำ 5 ส. มาวิเคราะห์ มาทำการแก้ปัญหาเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่พบ ดังต่อไปนี้

1.การทดลองการแก้ปัญหาจากการเกิดเม็ดเชื่อม จากการนำข้อมูล 8 ความสูญเปล่าด้านบนนำศึกษาพบว่ามีปัญหาหลัก คือ ความขาดตกบกพร่อง (Defects) การเคลื่อนไหว (Motion) และการรอคอย (Waiting) จึงได้นำมาวิเคราะห์โดยนำหลักการ 5 ส. มาใช้ในเรื่องของความสะดวกโดยการจัดทำที่สำหรับการวางให้เป็นที่จากการที่พนักงาน Process 2 มีการทำงานที่ค่อนข้างสูงเกิดจากที่พนักงานไม่ค่อยเช็ดหัวเชื่อมและรวมถึงการที่กระป๋องน้ำยาเช็ดหัวเชื่อมมีการวางไม่เป็นที่ การที่ไม่ได้กำหนดการเช็ดหัวเชื่อมใน WI (Work Instruction) ที่ชัดเจน ทำให้พนักงานไม่ทราบว่าต้องทำการเช็ดหัวเชื่อมกี่ครั้งจึงจะเหมาะสมสำหรับที่จะไม่เพิ่มงานกับพนักงาน Process 1 มากเกินไป จนเกินความจำเป็น นอกจากนี้ผู้วิจัยจึงสุ่มตัวอย่างก่อนการปรับปรุง ผลิตภัณฑ์ละ 5 ตัวอย่าง เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบการเกิดเม็ดเชื่อม โดยนำ 5 ส.มาใช้สร้างมาตรฐาน = เวลาในการเคาะชิ้นงานจากจับเวลาเคาะเม็ดเชื่อมใน Process 2 เพื่อหาเวลาและวิธีที่เหมาะ

ตารางที่2 สรุปเวลาในการเคาะชิ้นงาน

Model	เวลาในการเคาะชิ้นงาน(sec)				
	1	2	3	4	5
DC-70G	143.5	148.5	171.4	225.13	259.63
DC-93	155.56	164.36	202.7	253.96	273.8
DC-105X	191.4	202.26	250.63	262.33	380.63

เหตุผลที่เลือกเวลาที่ 2 ใช้ในการปฏิบัติงานเพราะลักษณะของชิ้นงานที่ 1 ในแต่ละรุ่นมีลักษณะการเกิดเม็ดเชื่อมไม่แตกต่างกันมากจาก ชิ้นงานที่ 1 ในส่วนของเวลาชิ้นงานที่ 2 มีเวลาที่ห่างจากชิ้นงานที่ 1 ไม่มากและในส่วนของการขึ้นงาน

2.การทดลองการแก้ปัญหาจากการเกิดการเชื่อมไม่เต็มรู (Underfill) จากการนำข้อมูล 8 ความสูญเปล่าด้านบนนำศึกษาพบว่ามีปัญหาหลัก คือ ความขาดตกบกพร่อง (Defects) การเคลื่อนไหว (Motion) และการรอคอย (Waiting) จึงได้นำมาวิเคราะห์โดยการนำอุปกรณ์จับชิ้นงาน(jig) ที่โรงงานร่วมกันทำไว้ โดยสรุปข้อดีข้อเสียในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการไม่นำ Jig ใช้ในการประกอบงาน

ข้อดี	ข้อเสีย
1.เวลาขึ้นชิ้นงานจะเกิดรูเชื่อมน้อยลง	1.เสียเวลาในการประกอบทีละชิ้น
2.ไม่ต้องทำการแก้งาน	2.ใช้เวลาในการประกอบนาน
3.มีความแม่นยำในชิ้นงาน	3.ชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อน
4.ช่วยในการคัดแยกของที่ไม่มีมาตราฐานของผู้ผลิต	4.ไม่สามารถแยกของที่ไม่มีมารตฐานของผู้ผลิตได้

3.2 ผลของการแก้ปัญหา

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของกระบวนการผลิตนี้ พบว่าเกิดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตที่ไม่เกิดเป็นมูลค่าแก่กระบวนการผลิตนี้ ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักการผลิตแบบลีน 8 ความสูญเปล่า กราฟ Yamazimi Chat, STD Work Combination Table ซึ่งหลังจากการปรับแล้ว พบว่า เวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิตลดลง มีการลดจำนวนพนักงาน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตโดยรวมสูงขึ้นโดยผลลัพธ์ก่อนและหลังปรับปรุงสามารถสรุปได้หลังจากการทำการปรับปรุงนั้นพบว่า แต่ละรุ่น คือ Shaft reel DC-70 ค่ารอบเวลาการผลิต ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 797 วินาที หลังปรับปรุงอยู่ที่ 345 วินาที ปริมาณที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 5 ตัว หลังปรับปรุงอยู่ที่ 10 ตัว ปริมาณที่ผลิตได้ต่อวัน ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 34 ตัว หลังการปรับรุงอยู่ที่ 78 ตัว เปอร์เซ็นต์ผลผลิตก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 37 เปอร์เซ็นต์ หลังการปรับปรุงอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ ค่าจ้างพนักงานต่อวันก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุงอยู่ที่ 1350 บาท และค่าใช้จ่ายในการผลิตก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 40 บาท/ชิ้น หลังปรับปรุงอยู่ที่ 17 บาท/ชิ้น โมเดลรุ่น Shaft reel DC-93 ค่ารอบเวลาการผลิต ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 393 วินาที หลังปรับปรุงอยู่ที่ 321 วินาที ปริมาณที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 9 ตัว หลังปรับปรุงอยู่ที่ 11 ตัว ปริมาณที่ผลิตได้ต่อวันก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 69 ตัว หลังการปรับรุงอยู่ที่ 84 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 76 เปอร์เซ็นต์ หลังการปรับปรุงอยู่ที่ 93 เปอร์เซ็นต์ ค่าจ้างพนักงานต่อวันก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุงอยู่ที่ 1350 บาท และค่าใช้จ่ายในการผลิตก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 20บาท/ชิ้น หลังปรับปรุงอยู่ที่ 16บาท/ชิ้นโมเดลรุ่นShaft reel DC-105x ค่ารอบเวลาการผลิต ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 1,218 วินาที หลังปรับปรุงอยู่ที่ 544 วินาที ปริมาณที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 3 ตัว หลังปรับปรุงอยู่ที่ 7 ตัว ปริมาณที่ผลิตได้ต่อวัน ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 22 ตัว หลังการปรับรุงอยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 24 เปอร์เซ็นต์ หลังการปรับปรุงอยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ค่าจ้างพนักงานต่อวันก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุงอยู่ที่ 1350 บาท และค่าใช้จ่ายในการผลิต ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 61บาท/ชิ้น หลังปรับปรุงอยู่ที่ 27บาท/ชิ้น

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและทำการดำเนินการวิจัยสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางการเกษตรได้ทำการศึกษาโมเดล 3 ตัว คือ Shaft reel DC-70, Shaft reel DC-93และ Shaft reel DC-105x โดยอาศัยหลักการและทฤษฎีการผลิตแบบลีนสำหรับการไหลของงานที่ไม่ทำให้เกิดปัญหาคอขวดโดยทำการขจัดความสูญเปล่าต่างๆและจัดการปัญหาในเรื่องรอบเวลาในการผลิตค่อนข้างสูง ทำให้ผลิตชิ้นงานออกมาได้น้อยและปัจจัยของค่าความเร็วในการผลิตที่ส่งผลให้ทราบถึงผลผลิตที่ลูกค้าต้องการ เพื่อวางแผนให้ทันต่อความต้องการของลูกค้าในแต่ละเดือน ซึ่งหลังจากได้ทำการปรับปรุงแล้วจะเห็นได้ว่าโมเดลทั้ง 3รุ่นนั้น มีค่า รอบเวลาในการผลิตลดลง และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ทั้ง 3 รุ่น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนครที่ช่วยสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งในลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] B.Jaiprakash hamu,S.S.Kuldip.Lean manufacturing: Literature review and research issues, International Journal of Operations & Production Management 34(7):876-940,2014.

[2] นิพนธ์ บัวแก้ว. ระบบการผลิตแบบลีน, พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2550.

[3] เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. Lean ความสูญเสีย 8 ประการ, [ออนไลน์], แหล่งที่: https://www.iok2u.com/index.php/article/industry/243-8-8-wastes downtime?fbclid=IwAR3CdaiOdU7yFPmrRqLPe2rKrepdj7nE,2561.

[4] ครูเชียงราย.หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.kruchiangrai.net/2019/06/27/,2565.

[5] Sahatorn Petvirojchai. (2564). 5ส, [ออนไลน์],แหล่งที่มา: https://th.hrnote.asia/orgdevelopment/5s-methodology-210614/

[6] Best Life. 7 QC Tool เครื่องมือคุณภาพเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้กลวิธีทางสถิติ, [ออนไลน์], แหล่งที่: https://besterlife.com/7-qc-tool/,2561.

นางสาวกมลทิพย์ น้อยโฮม
สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

นางสาวสุภาพร สมุทรจินดา
สาขาวิชาวิศวกรรมศาตร์อุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

นางสาวพรพิศ ศิริมา
สาขาวิชาวิศวกรรมศาตร์อุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

ผศ.ดร.พิษณุ ทองขาว
สาขาวิชาวิศวกรรมศาตร์อุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยการประยุกต์แนวคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า กรณีศึกษา : โรงงานผลิตอุปกรณ์ระบบอัตโนมัติ

Production Process Efficiency Improvement with the Toyota Production System The Case Study: Automation Equipment Manufacturer

กชกร วิรัชกุล* วัชรพันธ์ สุขเกิด และ สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: kotchakorn.w@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทำความร้อนด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบโตโยต้าเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา โดยมุ่งเน้นเพิ่มความสามารถในการทำงานของพนักงาน สร้างมาตรฐานในการทำงานและยังคงคุณภาพในการผลิต เริ่มจากการปรับปรุงสภาพการทำงานให้ดีขึ้นเพื่อควบคุมการปฏิบัติงานได้ด้วยการมองเห็น จากนั้นทำการปรับกระบวนการผลิตให้ไหลลื่นอย่างต่อเนื่องและกำหนดตารางงานมาตรฐานในแต่ละงานเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ส่งผลให้เวลาในการทำงานของพนักงานทั้ง 7 คน ลดต่ำกว่าค่าแท็คไทม์ที่กำหนด ดังนั้นประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทำความร้อนจึงเพิ่มขึ้นจากเดิม 7.65 ชิ้นต่อชั่วโมง (1,469 ชิ้นต่อเดือน) เป็น 11.18 ชิ้นต่อชั่วโมง (2,146 ชิ้นต่อเดือน) คิดเป็น 46.08 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีกำลังการผลิตได้ครบตามความต้องการของลูกค้า (2,000 ชิ้นต่อเดือน) ในระยะเวลาที่กำหนด สุดท้ายสร้างระบบการผลิตแบบดึงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการผลิตที่เกินความต้องการของลูกค้าและปริมาณสินค้าคงคลังที่มากเกินไป

คำสำคัญ : การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต; ระบบการผลิตแบบโตโยต้า; อุปกรณ์ทำความร้อน

Abstract

This research's objective is efficiency improvement of the heater process with Toyota Production System (TPS) that increased capability of each worker to deal demands of customer on time. Firstly, the work site control concepts were applied for a better work condition with visual control. Then, the processes were changed to continuous flow line and defined the standardized work for each work to reduced wastes in the process. As the results, the each loading times of 7 workers were lower than Takt Time. Therefore, capability of this process increased from 7.65 pieces per hour (1,469 pieces per month) to 11.44 pieces per hour (2,197 pieces per month). Finally, the pull system was applied to prevent over-processing and excessive inventory

Keywords : Process Efficiency; Toyota Production System; Heater.

1. บทนำ

การพัฒนาเข้าสู่ยุคดิจิทัล 4.0 ทำให้เทคโนโลยีถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงกลายเป็นสิ่งสำคัญที่ขาดไม่ได้ ส่งผลให้อุตสาหกรรมในด้านนี้มีการเติบโตอย่างกว้างขวาง โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาโรงงานผลิตอุปกรณ์ระบบอัตโนมัติ ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 ประเภท ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple) อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transducer) และอุปกรณ์ทำความร้อน (Heater) หลังจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นภายในโรงงานกรณีศึกษาพบปัญหาหลัก คือ การผลิตอุปกรณ์ทำความร้อนไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความต้องการของลูกค้ามากที่สุดและมีอัตราการผลิตไม่เพียงพอสูงที่สุด ซึ่งปริมาณความต้องการของลูกค้าเท่ากับ 2,000 ชิ้นต่อเดือน แต่สามารถผลิตได้เพียง 1,469 ชิ้นต่อเดือน ทำให้ไม่สามารถส่งผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าได้ทันเวลาคิดเป็น 26.55 เปอร์เซ็นต์ ดังข้อมูลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณความต้องการของลูกค้ากับความสามารถในการผลิต

ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท	อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	อุปกรณ์ทำความร้อน	อุปกรณ์ตรวจจับ	อุปกรณ์วัดความดัน
ปริมาณความต้องการของลูกค้า (ชิ้น)	1,260	2,000	875	965
ความสามารถในการผลิต (ชิ้น)	1,020	1,469	782	954
อัตราการผลิตไม่ทันตามความต้องการ	19.05%	26.55%	10.63%	1.14%

จากการศึกษาสภาพพื้นที่การทำงานในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทำความร้อนพบว่า สถานที่ทำงานไม่เป็นระเบียบ ไม่มีเครื่องหมายหรือสัญญาณในการเตือนความปลอดภัยภายในโรงงาน ขาดค่ามาตรฐานในการผลิต การทำงานพนักงานใช้ประสบการณ์ในการตัดสินใจเอง และมีงานระหว่างทำ (Work in Process; WIP) อยู่ในกระบวนการผลิต เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการผลิตอุปกรณ์ทำความร้อนพบว่า ใช้เวลาในกระบวนการผลิตทั้งหมดเท่ากับ 2,137.00 วินาที โดยใช้พนักงานทั้งหมด 7 คน แต่ละคนมีเวลาในการทำงาน (Loading Time) ต่อ 1 ชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเวลาการทำงานของคนที่ 3, 5 และ 7 มีเวลาเกินค่าแท็คไทม์ (Takt Time; TT) ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งส่งผลให้กำลังการผลิตไม่เพียงพอตามความต้องการของลูกค้า จากปัญหาที่ได้กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การผลิตอุปกรณ์ทำความร้อนพบปัญหาในกระบวนหลายอย่าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต

อุปกรณ์ทำความร้อนด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานและส่งมอบให้ลูกค้าได้ครบและทันเวลา โดยการประยุกต์แนวคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System; TPS) เนื่องจากหลักการนี้มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยรวมของทั้งกระบวนการผลิต (หรือทั้งโรงงาน และอาจรวมไปถึงความร่วมมือของทุกโรงงานที่เกี่ยวข้อง) ดังพบในงานวิจัยจำนวนมากที่นำไปประยุกต์ใช้ในหลายกระบวนการผลิต [1, 2] และในสายงานอื่น ๆ [3-5]

รูปที่ 1 การเปรียบเทียบเวลาการทำงานของพนักงานกับค่าแท็กไทม์

2. ระบบการผลิตแบบโตโยต้า

Ohno [6] ผู้คิดค้นระบบการผลิตแบบโตโยต้าได้กล่าวไว้ว่าต้องทำการพิจารณาลดช่วงเวลาตั้งแต่ลูกค้าได้ทำการสั่งซื้อจนกระทั่งได้รับเงินจากลูกค้า โดยการกำจัดความสูญเปล่าที่ไม่ได้ช่วยให้เพิ่มคุณค่า หลักการสำคัญของระบบการผลิตแบบโตโยต้าประกอบไปด้วย การผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time; JIT) โดยที่พนักงานและเครื่องจักรสามารถที่จะหยุดการทำงานได้เองเมื่อสายการผลิตเกิดปัญหาขึ้น ทำให้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าเป็นหลักการซึ่งนำมาสู่การลดต้นทุนการผลิตด้วยการกำจัดของเหลือหรือส่วนเกินต่าง ๆ จากกระบวนการผลิต โดยมีเป้าหมายที่คุณภาพสินค้าสูงสุด ต้นทุนต่ำสุด และเวลาตั้งแต่การผลิตจนส่งมอบสินค้าสั้นที่สุด และทำให้เกิดสินค้าคงคลังน้อยที่สุดหรือไม่เกิดขึ้นเลย (Zero Inventory) ถึงแม้ว่าระบบการผลิตแบบโตโยต้าจะเป็นการผลิตที่ดี แต่หลายบริษัทก็ไม่สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการที่จะได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้นจำเป็นต้องใช้หลักการวิถีแห่งโตโยต้า (Toyota Way) ซึ่งเป็นพื้นฐานทางวัฒนธรรมของโตโยต้า ดังนั้นควรใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าเป็นเพียงแนวทาง (Roadmap) ในการนำไปใช้ให้เหมาะสมในแต่ละปัญหาหรือกระบวนการผลิต ไม่ใช่การทำตามขั้นตอนและข้อกำหนดทั้งหมด โดยในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าก็มีแนวทางที่แตกต่างกันออกไป แต่มีแนวทางหนึ่งที่นิยมนำมาใช้นั่นก็คือ การปรับปรุงหรือดำเนินกิจกรรมทั้งหมด 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของการผลิตแบบโตโยต้าดังต่อไปนี้

2.1 การควบคุมสถานที่ทำงาน (Work Site Control)

ผลลัพธ์จากการปรับปรุงสถานที่ทำงานด้วยระบบการผลิตแบบโตโยต้า ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

2.1.1 สถานที่ปฏิบัติงานมีสิ่งของและมีอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานวางอยู่เต็มไปหมด ทำให้พื้นที่ในส่วนดังกล่าวไม่เป็นระเบียบและไม่มีพื้นที่ใช้งาน ซึ่งในการปรับปรุงจะนำหลักการ 2 ส. มาช่วยในเรื่องการปรับปรุง คือ สะสาง และสะดวก เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการใช้สอยและนำเครื่องจักรที่มีความจำเป็นต่อการทำงานเข้ามาวางแทนที่ ทำให้การทำงานมีความสะดวกมากขึ้น

2.1.2 ทางเข้าแผนกมีพื้นที่ต่างระดับแต่ไม่มีการทำเครื่องหมายเตือน นอกจากนี้ยังมีสิ่งของวางขีดขวางอีกด้วย และบริเวณทางเดินกับบริเวณที่ตั้งเครื่องจักรไม่มีการแบ่งพื้นที่อย่างชัดเจน ซึ่งก่อให้เกิดอุบัติเหตุแก่พนักงานได้ ดังนั้นทำการปรับปรุงด้วยการกำหนดขอบเขตพื้นที่ของทางเดินและการติดตั้งเครื่องจักรให้ชัดเจน เพื่อเน้นการสร้างความปลอดภัยในการทำงานและลดการเกิดอุบัติเหตุขณะการทำงาน

2.1.3 การสร้างคุณภาพเข้าไปในกระบวนการด้วยการให้พนักงานผลิตเป็นผู้ตรวจสอบชิ้นงานตามมาตรฐานตามที่ได้กำหนดไว้อย่างถูกต้องด้วยตนเอง ส่วนพนักงานตรวจสอบคุณภาพให้มีหน้าที่เพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น จากนั้นกำหนดแนวทางที่ใช้จัดการกับความผิดปกติที่เกิดขึ้น เช่น หยุดการปฏิบัติงานทันทีที่เกิดขึ้นผิดพลาด จากนั้นเรียกผู้รับผิดชอบและรับคำสั่ง เป็นต้น และรักษากฎอย่างเคร่งครัด สุดท้ายสร้างความรู้เรื่องของเสียในกระบวนและของเสียในกระบวนการถัดไป จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุสำคัญและทำการแก้ไข

2.1.4 การควบคุมเงื่อนไขการใช้อุปกรณ์เครื่องจักรเพื่อให้สามารถมองเห็นสภาพการทำงานที่ผิดปกติจากการทำงาน เดิมพนักงานใช้ประสบการณ์ในการคาดคะเนในการเปลี่ยนอุปกรณ์ในการผลิต ซึ่งทำให้การทำงานของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควรและส่งผลเสียต่อคุณภาพชิ้นงานอีกด้วย ในการปรับปรุงจะทำการกำหนดเงื่อนไขในการใช้เครื่องจักรภายในแผนกไว้อย่างชัดเจน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรและคุณภาพชิ้นงาน

2.1.5 การควบคุมการผลิตด้วยบอร์ดบันทึกการทำงาน จากเดิมมีรายละเอียดไม่ครบถ้วน (ระบุแค่จำนวนชิ้นงานที่ต้องการ และยอดรวมเท่านั้น) ทำให้ไม่ทราบถึงปัญหาที่เกิดในการผลิต เช่น การแก้ไขปัญหา เวลาในการทำงาน ยอดการผลิตที่ได้ในแต่ละชั่วโมง ยอดรวมสะสม และประสิทธิภาพการทำงานรายชั่วโมง ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงบอร์ดบันทึกการทำงานให้มีข้อมูลครบถ้วนตามที่ต้องการ

2.1.6 การควบคุมการจัดส่ง ก่อนการปรับปรุงบอร์ดบันทึกการจัดส่งผลิตภัณฑ์ไม่มีการแสดงความถี่ในการส่งสินค้าให้ลูกค้าแต่ละราย ทำให้ไม่สามารถทราบข้อมูลปริมาณการจัดส่งผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าในแต่ละวัน ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงบอร์ดบันทึกการส่งผลิตภัณฑ์ โดยเพิ่มจำนวนความถี่ในการจัดส่งสินค้าเข้าไปในบอร์ดบันทึกการจัดส่งผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้า

2.1.7 การควบคุมกำลังคน ซึ่งก่อนการแก้ไขไม่มีป้ายควบคุมกำลังคน ทำให้ไม่สามารถจัดกำลังคนที่มีความเหมาะสมเข้ามาทดแทนพนักงานที่ขาด-ลา ส่งผลต่อการหยุดของสายการผลิต และคุณภาพของชิ้นงาน โดยการทำป้ายควบคุมกำลังคนทำให้สามารถจัดการกำลังคนได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในกรณีที่พนักงานประจำไม่มาด้วยพนักงานที่มีความสามารถปฏิบัติงานทดแทนได้ และทราบถึงสถานะของพนักงานที่มาปฏิบัติงานในแต่ละวัน อีกทั้งยังสามารถระบุความสามารถในแต่ละตำแหน่งงานอย่างเหมาะสม

ตารางที่ 2 สรุปการปรับปรุงด้วยการควบคุมสถานที่ทำงานตามหลักการผลิตแบบโตโยต้า

หลักการ	วิธีการ	หลังปรับปรุง	หลักการ	วิธีการ	หลังปรับปรุง
2 ส.	กำจัดสิ่งของที่ไม่จำเป็นและจัดวางอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการใช้งาน	เพิ่มพื้นที่ในการใช้สอยและความสะดวกในการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น	**ความปลอดภัย**	ทำเครื่องหมายพื้นที่ต่างระดับ	
				กำหนดพื้นที่ทางเดินและการวางสิ่งของ	
การควบคุมการผลิต	จัดทำบอร์ดบันทึกการทำงานรายชั่วโมง		**การควบคุมการจัดส่ง**	จัดทำบอร์ดบันทึกการจัดส่งผลิตภัณฑ์	
การควบคุมเงื่อนไขการใช้อุปกรณ์เครื่องจักร	กำหนดเกณฑ์การใช้งานเครื่องลับใบมีด	ลับมีดถึงทุก ๆ การผลิตครบ 500 ชิ้น หรือจำนวนการใช้งานครบ 1,000 ครั้ง	**การควบคุมกำลังคน**	จัดทำบอร์ดควบคุมกำลังคนในการผลิต	
	กำหนดค่ามาตรฐานการใช้เครื่องเชื่อมแบบสปอต	ลวด (มิลลิเมตร) / กำลังไฟ (โวลต์) / เวลาที่ใช้ในการเชื่อม (วินาที) 0.10 - 0.20 / 3.50 – 4.00 / 0.70 – 1.00 0.21 - 0.25 / 4.50 – 5.00 / 0.80 – 1.00 0.30 - 0.35 / 5.00 - 5.50 / 10.00 – 14.00 0.40 - 0.45 / 6.00 - 6.50 / 11.00 – 12.00 0.50 - 0.55 / 6.50 – 7.00 / 12.00 – 14.00 0.60 - 0.65 / 6.50 – 7.00 / 13.00 – 15.00 0.70 - 0.75 / 8.00 - 8.50 / 13.00 – 16.00	**สร้างคุณภาพเข้ากระบวนการ**	กำหนดกฎเกณฑ์การควบคุมคุณภาพตั้งแต่เริ่มต้น	- พนักงานผลิตตรวจสอบชิ้นงานด้วยตนเอง - กำหนดกฎเมื่อพบสิ่งที่ผิดพลาด - สร้างความรู้ของเสียในกระบวนการและในกระบวนการถัดไป

2.2 กระบวนการผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow)

จากผังการผลิตในแผนกแบบเดิมพบว่าระยะทางการเดินในการทำงานของพนักงานระหว่างสถานีงานมีระยะทางรวมทั้งหมด 276.50 เมตร อีกทั้งยังเป็นการเคลื่อนที่วนไป-มา จึงได้ทำการแก้ไขการวางผังการผลิตในแผนกใหม่เพื่อเป็นการลดการเคลื่อนไหวของพนักงานให้สั้นลง ลดการหยุดชะงักในการทำงาน ลดการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น และลดการเกิดอุบัติเหตุจากการเดินให้กับพนักงาน โดยการปรับเปลี่ยนการวางเครื่องจักรใหม่ได้ทำการประชุมร่วมกับพนักงานที่เกี่ยวข้องและผู้ที่มีความรับผิดชอบในส่วนดังกล่าว เพื่อเป็นการกำหนดจุดวางเครื่องจักรใหม่ โดยทำการย้ายเครื่องจักรที่มีขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องกันให้อยู่ใกล้กันจากการพิจารณาด้วยแผนภาพการไหลของวัตถุดิบ เพื่อที่จะทำให้กระบวนการผลิตเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง โดยย้ายตำแหน่งของเครื่องขัด 3 เครื่อง เครื่องอินดักชั่น เครื่องดัด โต๊ะประกอบ และเครื่องทดสอบแรงดันน้ำ อย่างละ 1 เครื่อง หลังจากปรับปรุงทำให้ระยะการเดินของพนักงานเหลือ 191 เมตร นอกจากนี้ยังทำการจัดระเบียบคลังผลิตภัณฑ์ เนื่องจากภายในแผนกมีการเข้า-ออกของผลิตภัณฑ์อยู่ตลอดเวลา แต่ไม่มีการจัดการเกี่ยวกับการเข้า-ออกของผลิตภัณฑ์อย่างถูกต้อง โดยพนักงานไม่รู้ว่าชิ้นงานชิ้นไหนเข้ามาในคลังผลิตภัณฑ์ก่อน-หลัง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาก่อนอยู่ในคลังผลิตภัณฑ์นานเกินไป ซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมสภาพ ดังนั้นจึงปรับปรุงโดยการทำลูกศรชี้ระบุทิศทางการเข้า-ออกของผลิตภัณฑ์ตามหลักการเข้าก่อนออกก่อน (First in First out; FIFO) เพื่อทำให้ไม่มีผลิตภัณฑ์บางชิ้นค้างอยู่ในสต็อกเป็นเวลานาน

2.3 ระบบงานมาตรฐาน (Standardized Work)

จากการศึกษาแผนผังการไหลของกระบวนการการประกอบในสายการผลิตอุปกรณ์ทำความร้อน ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้เป็นมาตรฐานแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2 และการปรับเรียบภาระงานของพนักงานแต่ละคนให้น้อยลง โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานให้เป็นมาตรฐาน

2.3.1 ลดภาระงานของพนักงานคนที่ 3 ไปให้กับพนักงานคนที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการทดสอบ การรีด และการวัดความยาวของชิ้นงาน และทำการปรับปรุงพื้นที่การทำงานให้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยการย้ายเครื่องวัดที่ไม่จำเป็นออกไป จากนั้นจัดตำแหน่งเครื่องมือใหม่ให้สอดคล้องกับการเคลื่อนไหวในการทำงาน

2.3.2 ก่อนการปรับปรุงพนักงานคนที่ 5 ใช้เวลาในการปฏิบัติงาน 285 วินาที ใช้เวลาเดินไป-กลับเพื่อรับและส่งผลิตภัณฑ์ระหว่างแผนก รวมใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด 369 วินาที (ต่อการทำงาน 1 ชิ้น) ซึ่งปรับปรุงโดยกำหนดเวลาให้พนักงานเดินไป-กลับ เพื่อส่งของและรับของในทุก ๆ 2.50 ชั่วโมง (ต่อเวลาการทำงาน 1 กะ)

2.3.3 พนักงานคนที่ 6 รับงานต่อขั้วและทดสอบการใช้งานจากพนักงานคนที่ 7 และปรับขนาดความยาวโต๊ะวัดชิ้นงานพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำการวัดความยาวของชิ้นงานไว้บนโต๊ะทำงาน เพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำงานมากยิ่งขึ้นโดยที่ไม่ต้องหมุนตัวกลับไปมา

หลังจากการปรับขั้นตอนทำงานให้เป็นมาตรฐานและการปรับเรียบภาระงาน พบว่ารอบเวลารวมในการผลิตผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเนื่องจากเวลาการทำงานต่อ 1 ชิ้น ของพนักงานทั้ง 7 คน มีค่าต่ำกว่าค่าแท็คไทม์ ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 เวลาในการทำงานของพนักงานแต่ละคนหลังการปรับภาระงาน

2.4 ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System)

ระบบดึงเป็นการดำเนินการที่ทำการผลิตตามความต้องการของลูกค้า โดยเป็นการผลิตตามที่มีการเบิก-ถอนวัสดุออกไปเท่านั้น ซึ่งจะใช้แผ่นป้ายหรือบัตรคัมบังเป็นตัวกำหนดปริมาณการผลิตให้มีความเหมาะสมตามคำสั่งซื้อ จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่ากำลังการผลิต (2,146 ชิ้นต่อเดือน) มีมากกว่าความต้องการของลูกค้า (2,000 ชิ้นต่อเดือน) ทำให้เกิดสินค้าคงคลัง 146 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต ดังนั้นเราจึงนำระบบคัมบังมาใช้เพื่อให้ผลิตสินค้าเท่ากับจำนวนที่ลูกค้าสั่งซื้อในช่วงเวลานั้น ๆ เท่านั้น โดยมีการจัดทำคัมบังในกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้ คือบัตรคัมบังสั่งผลิต จะเป็นตัวที่แสดงให้สายการผลิตทราบถึงความต้องการของลูกค้า เมื่อมีบัตรคัมบังสั่งผลิตเข้ามาที่สายการผลิตนั้นก็จะทำการผลิตชิ้นงานตามคัมบังสั่งผลิตเท่านั้น แต่ถ้าหากไม่มีคัมบังสั่งผลิตเข้ามาก็จะไม่มีการผลิตใด ๆ เกิดขึ้น เนื่องจากไม่มีความต้องการมาจากลูกค้า และบัตรคัมบังเบิกถอน เป็นตัวแสดงความต้องการวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตชิ้นงานนั้น ๆ โดยที่ทางสายการผลิตจะเบิกวัตถุดิบโดยที่มีพนักงานคลังผลิตภัณฑ์เข้ามาส่งชิ้นงานให้กับสายการผลิต

3. สรุป

จากการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้าในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทำความร้อน พบว่าการควบคุมสถานที่ทำงานจะช่วยเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการทำงานเบื้องต้น และการปรับกระบวนการผลิตให้ไหลอย่างต่อเนื่องทำให้ระยะทางในการเคลื่อนที่ลดจาก 276.5 เมตร เหลือ 191 เมตร คิดเป็น 30.92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้เป็นมาตรฐานพร้อมทั้งปรับเรียบภาระงานทำให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดลดจาก 2,137.00 วินาที เหลือ 1,945.50 วินาที คิดเป็น 8.96 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพในกระบวนการจึงเพิ่มขึ้นจากเดิม 7.65 ชิ้นต่อชั่วโมง (1,469 ชิ้นต่อเดือน) เป็น 11.18 ชิ้นต่อชั่วโมง (2,146 ชิ้นต่อเดือน) คิดเป็น 46.08 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นโรงงานจึงมีกำลังการผลิตสินค้าได้ครบตามความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลาสุดท้ายเพื่อป้องกันการผลิตที่เกินความจำเป็นจากการที่กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าความต้องการควรใช้ระบบการผลิตแบบดึงเข้ามาช่วย

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความรู้และคำแนะนำ ในด้านการกระบวนการผลิต รวมไปถึงให้ความอนุเคราะห์สำหรับการเก็บข้อมูลในการทำงานวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการอนุเคราะห์และอำนวยความในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] S. Ram Kumar, V. Nimesh Nathan, S.I. Mohammed Ashique, V. Rajkumar and P. Arun Karthick. “Productivity enhancement and cycle time reduction in toyota production system through jishuken activity – Case study,” in *Materials Today: Proceedings*, vol. 37 (2), 2021, pp. 964-966.

[2] J. Jayarama, A. Dasb and M. Nicolaea. “Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system,” in *International Journal of Production Economics*, vol. 128 (1), 2010, pp. 280-291.

[3] B.S.K. Paladugu and D. Grau. “Toyota Production System – Monitoring Construction Work Progress With Lean Principles,” in *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, vol. 5, 2020, pp. 560-565.

[4] T.S. Leming-Lee, S. Polancich and B. Pilon. “The Application of the Toyota Production System LEAN 5S Methodology in the Operating Room Setting,” in *Nursing Clinics of North America*, vol. 54 (1), 2019, pp. 53-79.

[5] D.E. Liston, M.J. Richards and H.W. Karl. 2017 “Adapting the Toyota production model to teach systems-based practice to anesthesiology fellows,” in *Journal of Clinical Anesthesia*, vol. 38, 2017, pp. 87-88

[6] Taiichi Ohno. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, 1st Edition, Productivity Press, 1988.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การจำลองสถานการณ์สำหรับปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกองในจังหวัดนราธิวาส

The simulation of longkong purchasing location problem in Narathiwat

นูรียะ หะยีเจ๊ะมะ,อิมราม อิบราเฮง,ต่วนอัรฟาน รอยา,ชาญยุทธ ตระกูลสรณคมน์ และ นัตพงศ์ โชติพันธ์*

หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

96000 nattapong@pnu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกองในจังหวัดนราธิวาส และเพื่อสร้างระบบจำลองสถาณการณ์สำหรับการเปรียบเทียบตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกอง เพื่อแสดงตัวชี้วัดโดยการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกองให้สามารถรับซื้อได้ตามความสามารถของจุดรับซื้อ และใช้เวลาในการขนส่งน้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไข และข้อจำกัดของผลผลิตลองกอง จากการเก็บข้อมูลจุดรับซื้อลองกองของแต่ละอำเภอในจังหวัดนราธิวาส พบว่าความสามารถในการรับซื้อเยอะกว่าผลผลิต ทำให้ผลผลิตเกิดผลเสีย เนื่องจากต้องรอให้เต็มรถถึงจะออกไปส่งที่ตลาดปลายทางได้ งานวิจัยได้มีแนวคิดที่จะศึกษาความจำเป็นของจุดรับซื้อที่มีอยู่ โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ว่าจุดใดที่จำเป็นหรือไม่จำเป็นหลังจากนั้นได้ทำการจำลองสถานการตามผลของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ผลปรากฏว่าสามารถลดเวลาการรอคอยของลองกอง ณ จุดรับซื้อเฉลี่ยทุกอำเภอ 35.99 ชั่วโมง

คำสำคัญ : จุดรับซื้อลองกอง; การจำลองสถานการณ์; ตัวแบบทางคณิตศาสตร์;

Abstract

The objective of this research was to develop a mathematical model for longkong purchasing location problem in Narathiwat. and to create a simulation system for comparing the purchasing location to show the indicators by choosing the purchasing location to be able to buy according to the ability of the point of purchase and takes the least time to transport under the conditions of longkong products. from collecting data from the purchasing location of each district in Narathiwat Province found that the ability to buy more than the production cause the production to be detrimental due to having to wait until the truck is full before going out to deliver to the destination market. The research has an idea to study the necessity of the purchasing location. The math model is used to analyze which points are necessary or not, after which simulations are made based on the results of the math model. The results showed that the waiting time of purchasing location in every district was reduced by 35.99 hours

Keywords: longkong purchasing location; simulation; math model;

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตและส่งออกผลไม้ที่สำคัญเนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี 2563 พบว่าผลไม้ไทยมีมูลค่าการส่งออกกว่าสองพันกว่าล้านเหรียญสหรัฐต่อปี เนื่องจากเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ ในประเทศไทยมีการเพาะปลูกผลไม้หลากหลายชนิด เช่น ทุเรียน ลำไย เงาะ มังคุด ลองกอง เป็นต้น ซึ่งมีความแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศ ในภาคใต้และภาคตะวันออกลองกองได้รับความนิยมเพาะปลูกอย่างมาก ซึ่งสามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นอย่างดี

ปัจจุบันลองกองประสบปัญหาคือ เน่าเสียก่อนถึงมือผู้บริโภค เช่น การหลุดร่วง และการเกิดสีน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยวหลายวัน ซึ่งปัญหาเล่านี้ เกิดจากการขนส่งที่ล่าช้า จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการรับซื้อลองกองได้ข้อมูลว่า เพื่อความคุ้มทุน การรวบรวมผลผลิตต้องรอให้เต็มคันรถ ถึงจะออกรถเพื่อส่งขาย ณ ตลาดกลาง กรุงเทพฯและปริมณฑลได้ บางครั้งอาจต้องรอถึง 2 วันจึงจะออกรถได้ในแต่ละรอบ เนื่องจากจุดรับซื้อตั้งอยู่ในที่ตั้งไม่เหมาะสม อยู่ห่างไกลจากวัตถุดิบ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization)

การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์เพื่อการหาวิธีการหรือหนทางที่ดีที่สุดที่จะใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากที่สุด ตัวอย่างการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเช่น การหาระยะทางสั้นที่สุดในการเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่ง การหากำไรสูงสุดในการผลิตสินค้าภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่

2.2 การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) คือ การรวบรวมวิธีการต่างๆที่ใช้จำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมของระบบ ต่างๆมาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วยเพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ โดยมีการเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยน กระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ อาทิเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น ทำให้กระบวนการผลิตช้าลง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จักรพรรดิ์ เชื้อนิลและ บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์ (2557) ได้นำเสนอตัวแบบการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนเลือกตำแหน่งที่ตั้งและการกระจายสินค้าซึ่งรวมอยู่ในรูปของการเลือกแผนการลงทุนที่เหมาะสมในระยะยาวโดยมีจุดประสงค์เพื่อหารูปแบบการลงทุนที่มีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมต่ำที่สุดที่จะทำให้ได้ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมด้วยและ มีค่าระดับการบริการลูกค้าสูงที่สุด ด้วยวิธีการแปลงปัญหาหลายวัตถุประสงค์ปัญหาวัตถุประสงค์เดียว ด้วยวิธีวัตถุประสงค์เดียว (Single Objective Approach) โดยการกำหนดเป้าหมายที่มีความสำคัญน้อยกว่า

3. สภาพปัจจุบันและการดำเนินงาน

ในการศึกษางานวิจัยเรื่องระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกองของแต่ละอำเภอในจังหวัดนราธิวาส โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาตำแหน่งจุดรับซื้อที่เหมาะสม พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อโดยใช้ตัวแปรด้านระยะทาง เพื่อเป้าหมายในการใช้เวลาขนส่งน้อยที่สุด

ในกระบวนการโลจิสติกส์ของลองกองในจังหวัดนราธิวาสเริ่มต้นจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตลองกองจากสวนในแต่ละอำเภอ ซึ่งจะเก็บเกี่ยวโดยชาวสวนหรือพ่อค้า เข้ามาตัดลองกองในพื้นที่ปลูกของในแต่ละอำเภอ เมื่อตัดแล้วจะใส่ผลผลิตในตะกร้าหูเหล็ก เพื่อที่จะนำไปส่งไปยังพ่อค้าที่จุดรับซื้อ โดยจะใช้รถจักรยานยนต์ รถพ่วงข้าง หรืออาจจะเป็นรถยนต์ในการขนส่ง

4. การประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับปัญหาการเลือกตำแหน่ง

จากการเก็บข้อมูลจุดรับซื้อลองกองของแต่ละอำเภอในจังหวัดนราธิวาส พบว่าความสามารถในการรับซื้อเยอะกว่าผลผลิต ทำให้การขายผลผลิตของเกษตรกรให้จุดรับซื้อ เกิดการกระจายไปตามจุดรับซื้อในหลายจุด ซึ่งจุดรับซื้อในแต่ละจุดต้องรอให้ผลผลิตเต็มรถ เกิดการรอคอย ณ จุดรับซื้อ ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตเกิดการช้ำ หลุดร่วง เน่าเสียเนื่องจากเวลาในระหว่างการขนส่งนานเกินไป คณะผู้จัดทำได้มีแนวคิดที่จะศึกษาความจำเป็นของจุดรับซื้อที่มีอยู่ โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์โดยว่าจุดไหนที่จำเป็นหรือไม่จำเป็น ซึ่งได้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์มีบางพื้นที่ต้องปิดจุดรับซื้อ ซึ่งผู้จัดทำไม่ได้ให้ปิด แต่มีข้อเสนอแนะสำหรับฤดูกาลหน้า

4.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหา

รายละเอียดและข้อจำกัดของการวางแผนการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกอง สามารถวิเคราะห์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการหาตำแหน่งที่ตั้ง ที่ทำให้สามารถส่งผลผลิตโดยใช้เวลาในการขนส่งน้อยที่สุด และเหมาะสมกับความสามารถของจุดรับซื้อนั้นๆ

4.1.1 ดัชนี

ดัชนีเป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรตัดสินใจของแทนรายการจุดรับซื้อแต่ละจุด และจุดรับซื้อในแต่ละอำเภอ ได้แก่

i แทนจุดรับซื้อแต่ละจุด โดยมีค่า i = 1,2,3,…,I

j แทนอำเภอ โดยมีค่า j = 1,2,3,…,11

4.1.2 ตัวแปรตัดสินใจ

ตัวแปรตัดสินใจในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของจุดรับซื้อกำหนดดังนี้

X_{ij} แทนตัวแปรตัดสินใจว่ามีหรือไม่มีจุดรับซื้อในจุดที่ i ในอำเภอ j

โดยที่ $X_{ij} = 1$ คือ มีจุดรับซื้อในจุดที่ i ในอำเภอ j

$X_{ij} = 0$ คือ ไม่มีจุดรับซื้อในจุดที่ i ในอำเภอ j

4.1.3 พารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณตัวแบบทางคณิตศาสตร์

พารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้แก่

S_j แทนปริมาณผลผลิตในอำเภอ j (ตัน)

R_j แทนอัตราความสามารถของจุดรับซื้อต่อผลผลิตในอำเภอ j

D_j แทนการรับซื้อของอำเภอ j (ตัน)

D_{ij} แทนการรับซื้อของจุดรับซื้อ i ในอำเภอ j (ตัน)

C_{ij} แทนความของสามารถของจุดรับซื้อที่จุด i ในอำเภอ j (ตัน)

X_{ij} แทนตัวแปรตัดสินใจว่ามีหรือไม่มีจุดรับซื้อ โดยจุดที่ i ในอำเภอ j

4.1.4 สมการเป้าหมาย

การเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกองของแต่ละอำเภอในจังหวัดนราธิวาส ที่ทำให้อัตราความสามารถในการรับซื้อต่อผลผลิตในแต่ละอำเภอน้อยที่สุด สมการเป้าหมาย คือ

$$Min(z) = \sum_{j=1}^{11} R_j \qquad (4.1)$$

โดยที่ $R_j = D_j / S_j \quad ; \forall j \qquad (4.2)$

และ $D_j = \sum D_{ij} = \sum C_{ij} X_{ij} \quad ; \forall i \qquad (4.3)$

4.1.5 ข้อจำกัด

ข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกองของแต่ละอำเภอในจังหวัดนราธิวาส เพื่อสามารถส่งผลผลิตที่ค้างจากจุดรับซื้อเพื่อรอให้เต็มปริมาณ การรอส่งผลต่อความสด และเหมาะสมกับความสามารถของจุดรับซื้อนั้นๆ ซึ่งสามารถสรุปเงื่อนไขและข้อจำกัดของจุดรับซื้อดังนี้

1. ตัวแปรตัดสินใจว่ามีหรือไม่มีจุดรับซื้อ ในทุกจุด i ของทุกอำเภอ j จะต้องมีค่าเป็นเลขฐานสอง (Binary) เท่านั้น

$$X_{ij} \text{ is Binary} \quad ; \forall i, j \qquad (4.4)$$

2. ปริมาณการรับซื้อลองกองของทุกอำเภอ j จะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณผลผลิตในทุกอำเภอ j ซึ่งหมายความว่า อัตราความสามารถของจุดรับซื้อต่อผลผลิต จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1

$$R_j >= 1 \quad ; \forall j \qquad (4.5)$$

จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกอง ผลของการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับ

ซื้อลองกองของแต่ละอำเภอในจังหวัดนราธิวาส (ตารางที่ 4.7) เทียบกับความของสามารถของจุดรับซื้อเดิม (ตารางที่ 4.4) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกองตามผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ที่ตั้งของจุดรับซื้อ	จุดรับซื้อเดิม	จุดรับซื้อตามผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
อำเภอเมือง	2 จุด	คงเดิม
อำเภอบาเจาะ	2 จุด	1 จุด
อำเภอระแงะ	14 จุด	5 จุด
อำเภอรือเสาะและอำเภอยี่งอ	7 จุด	คงเดิม
อำเภอสุไหงโกลก	4 จุด	3 จุด
อำเภอแว้งและสุไหงปาดี	13 จุด	คงเดิม
อำเภอตากใบ	3 จุด	1 จุด
อำเภอศรีสาคร	5 จุด	3 จุด
อำเภอสุคิริน	7 จุด	4 จุด
อำเภอจะแนะ	11 จุด	4 จุด
อำเภอเจาะไอร้อง	2 จุด	1 จุด

4.2 การจำลองสถานการณ์ตามสภาพปัจจุบัน เทียบกับจุดรับซื้อตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ผู้จัดทำได้จำลองสถานการณ์หลังจากได้เลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดรับซื้อลองกอง เพื่อเปรียบเทียบเวลารอคอยการขนส่งของจุดรับซื้อในแต่ละอำเภอเฉพาะอำเภอที่มีการปรับเปลี่ยนได้แก่ อำเภอบาเจาะ อำเภอระแงะ อำเภอสุไหงโกลก อำเภอตากใบ อำเภอศรีสาคร อำเภอสุคิริน อำเภอจะแนะ และอำเภอเจาะไอร้อง ซึ่งขอยกตัวอย่างการจำลองสถานการณ์ของอำเภอจะแนะได้ดังนี้

4.2.1 การจำลองสถานการณ์จุดรับซื้อลองกองตามสภาพปัจจุบันของอำเภอจะแนะเทียบกับจุดรับซื้อตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์

จากการจำลองสถานการณ์จุดรับซื้อลองกองตามสภาพปัจจุบันของอำเภอจะแนะ พบว่ามี 11 จุดรับซื้อ ซึ่งในอำเภอนี้สามารถเฉลี่ยเวลารอคอยได้ 57.76 ชั่วโมง ดังรูปที่ 1

จากการจำลองสถานการณ์จุดรับซื้อลองกองตามสภาพปัจจุบันของอำเภอจะแนะ ผู้จัดทำได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณ โดยจากการจำลองสถานการณ์จุดรับซื้อลองกองของจะแนะตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าในอำเภอจะแนะควรมีจุดรับซื้อลองกองแค่ 4 จุด ซึ่งใช้เวลารอคอยเฉลี่ยอยู่ที่ 72734.78 วินาที หรือ 7.35 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2

รูปที่ 1 จุดรับซื้อลองกองตามสภาพปัจจุบันของอำเภอจะแนะ

รูปที่ 2 จุดรับซื้อลองกองของอำเภอจะแนะตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์จุดรับซื้อลองกองตามสภาพปัจจุบันกับจุดรับซื้อตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์จากเดิมจุดรับซื้อในอำเภอจะแนะมี 11 จุด มีเวลารอคอยเฉลี่ย 57.76 ชั่วโมง หลังจากใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาคำนวณ พบว่าในอำเภอจะแนะควรมีจุดรับซื้อลองกองแค่ 4 จุด โดยบางจุดควรปิดรับซื้อ เนื่องจากอำเภอนี้มีผลผลิตลองกองน้อยกว่าความสามารถของจุดรับซื้อ ซึ่งอาจจะทำให้ต้องใช้เวลาในการรอคอยนานส่งผลทำให้ลองกองเน่าเสียได้ โดยจากการจำลองสถานการณ์จุดรับซื้อลองกองของอำเภอจะแนะตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จุดรับซื้อในอำเภอนี้ใช้เวลารอคอยเฉลี่ย 7.35 ชั่วโมง ซึ่งแสดงว่าเวลารอคอยเฉลี่ยลดลงจากเดิม 50.41 ชั่วโมง

โดยในทุกอำเภอของจังหวัดนราธิวาส เมื่อเปรียบเทียบเวลารอคอยเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ตามสภาพปัจจุบันกับการจำลองสถานการณ์ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่า เวลารอคอยเฉลี่ยหลังการปรับปรุงลดลง โดยเฉพาะอำเภอตากใบเวลาเฉลี่ยลดลงจากเดิมมากถึง 118.80 ชั่วโมง ซึ่งแสดงว่าใช้เวลารอคอยไม่นานในการรอผลผลิตของลองกอง ทำให้ลดปัญหาผลลองกองเน่าเสียและสามารถขนส่งได้เร็วขึ้นได้อีกด้วย ซึ่งสามารถสรุปผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ยในแต่ละอำเภอและคิดเป็นร้อยละ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบเวลารอคอยเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ตามสภาพปัจจุบันกับการจำลองสถานการณ์ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ลำดับ	อำเภอ	เวลารอคอยเฉลี่ย (ชั่วโมง)		ผลต่าง	คิดเป็นร้อยละ
		ปัจจุบัน	หลังการปรับปรุง		
1	เมือง	29.44	29.44	0.00	0.00
2	บาเจาะ	107.38	96.75	10.63	9.90
3	ระแงะ	35.77	25.59	10.18	28.46
4	รือเสาะ,ยี่งอ	30.38	30.38	0.00	0.00
5	สุไหงโกลก	85.96	41.13	44.83	52.15
6	แว้ง,สุไหงปาดี	15.77	15.77	0.00	0.00
7	ตากใบ	174.8	56	118.80	67.96
8	ศรีสาคร	53.66	15.54	38.12	71.04
9	สุคิริน	135.52	20.76	114.76	84.68
10	จะแนะ	57.76	7.35	50.41	87.27
11	เจาะไอร้อง	36.54	28.41	8.13	22.25

5. สรุปผลงานวิจัย

1. การประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกจุดรับซื้อลองกองในจังหวัดนราธิวาส เมื่อนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรม ซึ่งเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการเลือกจุดรับซื้อลองกองในจังหวัดนราธิวาส จะสามารถประมวลผลตามวิธีดังกล่าวได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่าการคำนวณทางคณิตศาสตร์ทั่วไป

2. จากการจำลองสถานการณ์จุดรับซื้อลองกองของแต่ละอำเภอในจังหวัดนราธิวาส ซึ่งทำให้เห็นสถานการณ์ต่างๆ และแสดงเวลาในการรอคอยที่จุดรับซื้อ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้เพื่อคำนวณหาเวลารอคอยที่น้อยลงจากเดิม

3. จากรูปแบบคำตอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการเลือกจุดรับซื้อลองกองในจังหวัดนราธิวาส ทำให้โปรแกรมสามารถแสดงค่าที่เหมาะสมที่สุด นั่นหมายถึงจำนวนจุดรับซื้อในแต่ละอำเภอเพียงพอต่อปริมาณผลผลิต และแสดงผลรวมของอัตราความสามารถของจุดรับซื้อต่อผลผลิตมีค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งแสดงถึงการรอคอยที่จุดรับซื้อน้อยที่สุด โดยผลเฉลี่ยปรากฏว่าสามารถลดเวลาการรอคอยของลองกอง ณ จุดรับซื้อเฉลี่ยทุกอำเภอได้ 35.99 ชั่วโมง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สามารถสำเร็จบรรลุล่วงด้วยดีนั้น เนื่องมาจากได้รับความร่วมมือจากการให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการปฏิบัติต่างๆ ด้วยความดูแลเอาใจใส่ และอำนวยความสะดวกอย่างยิ่ง จากอาจารย์ปรึกษา จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้ความร่วมมือคอยสนับสนุนมาโดยตลอด จนงานวิจัยเล่มนี้ประสบความสำเร็จ และลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] จักรพรรดิ เชื้อนิล (2557) การกระจายสินค้าและการลงทุนในศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่,วรสารวิชาการพระจอมเกล้าสพระนครเหนือปีที่ 23 สืบค้นเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2563

[2] สุทธิมา ชานาญเวช (2552) การวิจัยการดำเนินงาน (Operations Research), วิทยาพัฒน์, กรุงเทพฯ สืบค้นเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2563

[3] Mirinda ความหมาย และความสำคัญของการจำลองสถานการณ์ http://mirinda2512.blogspot.com/2011/02/simulation.html สืบค้นเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2564

[4] กัลป์ชิญา เพชรล้ำ (2563) สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ https://www.ditp.go.th/contents_attach/597461/597461.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2563

ชื่อ นูรียะ หะยีเจ๊ะมะ
นักศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ชื่อ อิมราม อิบราเฮง
นักศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ชื่อ ต่วนอัรฟาน รอยา
นักศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ชื่อ นัตพงศ์ โชติพันธ์
อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ชื่อ ชาญยุทธ ตระกูลสรณคมน์
อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมระบบสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท เอเจ ฟรุ๊ต อินเตอร์เทรด จำกัด

Improving Inventory Management Program

A Case Study: AJ Fruit Intertrade Co., Ltd

ธรรมวิชช์ ประเสริฐ[1*] วันชัย ลีลากวีวงศ์ และ รัตนา ยียง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

prasert_t@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

บริษัทกรณีศึกษามีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดการระบบสินค้าคงคลัง แต่เมื่อมีการประยุกต์ใช้โปรแกรมดังกล่าวกับการปฏิบัติงานจริง พบว่าขั้นตอนการทำงานในกระบวนการฝากสินค้ามีความซ้ำซ้อน ผู้วิจัยจึงได้ใช้เครื่องมือ Why-Why Analysis หาสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางการแก้ไข โดยลดการลดความสูญเปล่าจากปฏิบัติงานด้วยหลักการ ECRS จากผลการศึกษาสามารถรวมขั้นตอนการเพิ่มช่องรายการ และขั้นตอนรอช่องรายการเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนในการทำงานโดยรวมลดลงได้ 474 ขั้นตอน/เดือน หรือคิดเป็นการลดระยะเวลาการทำงานได้ 109 นาที/เดือน จากการที่พนักงานสามรถทำงานได้รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำขึ้นทำให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความพึงพอใจในการใช้บริการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ECRS; ระบบสินค้าคงคลัง; แผนภูมิกระบวนการไหล

Abstract

A case study company has developed a program to manage business inventory system. However, when the program is implemented in practical terms. It was found that the deposit process is inefficient. Whence, the researchers applied the Why-Why Analysis technique to identify the root cause of the problem and seek out solutions by reducing wastes with the ECRS principle. The study found that could combine the process of channel addition. and the synchronized process. This resulted in a monthly process reduction of 474 steps. It accounted for a 109-minute reduction in monthly labor time. When workers could work more efficiently and precisely, increased productivity leads to higher customer satisfaction.

Keywords: ECRS; inventory management; flow process chart

1. บทนำ

บริษัทกรณีศึกษา มีธุรกิจหลัก 3 ธุรกิจ ได้แก่ ส่งออกผลไม้ ร้านค้าปลีก และห้องเย็นรับฝากผลไม้ โดยส่วนสำคัญของธุรกิจประเภทนี้ คือ ระบบสินค้าคงคลัง ดังนั้นทางบริษัทจึงได้ว่าจ้างนักโปรแกรมให้พัฒนาระบบสินค้าคงคลังมาทดแทนการทำงานแบบเดิมที่ใช้การจดบันทึก จากการศึกษาการทำงานของพนักงานร่วมกับโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาพบว่า ข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำเพิ่มขึ้นแต่ในขั้นตอนการบันทึกรายการรับฝากสินค้าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีการทำงานที่ซ้ำซ้อน ทำให้เกิดการทำงานที่สูญเปล่า ทางผู้วิจัยจึงได้นำเอาหลัก ECRS เข้ามาใช้ในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการ ECRS

แนวคิดในการลดความสูญเปล่าในการดำเนินงาน (Waste) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยไม่สร้างประโยชน์ใด ๆ ให้กับองค์กร และยังทำให้การดำเนินงานช้าลง

หลักการ ECRS คือหลักการที่ประกอบด้วย การตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate) การรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน (Combine) เพื่อประหยัดเวลาหรือแรงงานในการทำงาน การจัดลำดับงานใหม่ (Rearrange) และปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) จากงานวิจัยของ สุรสิทธิ์ มูลทองชุน และ นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร [1] ได้ปรับปรุงขั้นตอนการผลิตเครื่องจ่ายเครื่องดื่มในรุ่นที่ผลิตมากที่สุด เพื่อลดความซับซ้อนในกระบวนการขจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกจากกระบวนการหลัก และทำการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้น โดยอาศัยหลักการ ECRS เมื่อทำการเปรียบเทียบผลหลังจากได้รับการปรับปรุงแล้วเหลือการทำงาน 35 ขั้นตอนจาก 45 ขั้นตอน และลดระยะทางเหลือ 14 เมตรจาก 28 เมตร ขณะที่งานศึกษาของ วุฒิพร ศรีไพโรจน์ [2] ได้ปรับปรุงกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้า โดยนำหลักการศึกษาเวลาในการทำงานมาวิเคราะห์การทำงานของคนและเครื่องจักร ก่อนที่จะประยุกต์หลักการ ECRS ในการปรับปรุงการทำงาน โดยสามารถลดจำนวนพนักงานจาก 23 คน/สายการผลิต เหลือ 13 คน/สายการผลิต ส่งผลให้สามารถ ลดต้นทุนแรงงานลงได้

2.2 Why-Why Analysis

คือการวิเคราะห์ที่จะเริ่มตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปจนกว่าจะสามารถหาสาเหตุที่แท้จริงได้ โดยหากสามารถค้นพบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและดำเนินการแก้ไขได้แล้ว ปัญหาเดิมจะไม่เกิดซ้ำ หากปัญหาเดิมเกิดซ้ำ แสดงถึงการวิเคราะห์บางสาเหตุที่ยังไม่เหมาะสม [3]

2.3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)

แผนภูมิที่ใช้วิเคราะห์ขั้นตอนการไหลของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน หรือข้อมูลที่เคลื่อนไปในกระบวนการผลิตพร้อมกับกิจกรรมต่าง ๆ โดยแนวทางการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล ต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์การวิเคราะห์และกระบวนการที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน โดยเริ่มวิเคราะห์จากจุดเริ่มต้นของการไหล บันทึกงานตามที่เกิดขึ้นจริง แล้วใช้สัญลักษณ์กำกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นและโยงเส้นระหว่างสัญลักษณ์จากบนลงล่าง แล้วจึงสามารถสรุปขั้นตอนการปฏิบัติงาน ซึ่งในแผนภูมิการไหลของกระบวนการมีการกำหนดสัญลักษณ์มาตรฐาน [4] ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ในแผนภูมิกระบวนการไหล

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	คำจำกัดความ
○	Operation	การปฏิบัติงาน
⇨	Transportation	การเคลื่อนย้าย
□	Inspection	การตรวจสอบคุณภาพ
D	Delay	ความล่าช้าของงาน
▽	Storage	การจัดเก็บ

3. วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการศึกษาเพื่อลดความสูญเปล่าในการปฏิบัติงานของโปรแกรมจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทกรณีศึกษามีแสดงในรูปที่ 1 ดังนี้

รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษาเพื่อปรับปรุงการทำงานของโปรแกรม

เบื้องต้นดำเนินการศึกษาและเก็บข้อมูลของระบบฐานข้อมูล (database system) ของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งพบว่ามีจำนวนผู้ใช้งานเป็นแบบ muti user มีการรวบรวมระบบงาน ทำให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ทั้งองค์กร สถานที่ตั้งของฐานข้อมูลเป็นแบบแบบรวมศูนย์ (centralize database)โดยมีที่ตั้งอยู่ส่วนกลางของระบบ ข้อมูลของศูนย์ย่อย ศูนย์ใหญ่จัดเก็บข้อมูลไว้ที่เดียวกัน และให้แต่ละศูนย์เข้ามาเชื่อมต่อผ่านช่องทางในรูปแบบต่างๆ และชนิดของการใช้งานของระบบฐานข้อมูลเป็นแบบ Operational database คือ มีการปฏิบัติการจัดเก็บข้อมูลไว้ในระบบ Database เพื่อง่ายต่อการจัดเก็บเรียกใช้ และเก็บข้อมูลได้เป็นปริมาณมาก โดยที่ไม่ทำให้ข้อมูลซับซ้อนเสียหาย

เก็บข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยการรับฝากสินค้าในหน่วยธุรกิจตลาดไท ในแต่ละขั้นตอน พบว่าขั้นตอนในการกรอกข้อมูลสินค้าเป็นขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลาามากที่สุด แต่เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสนใจในขั้นตอนของการเพิ่มช่องรายการและรอช่องรายการเนื่องจากเกิดการทำงานซ้ำซ้อน และเกิดการทำงานที่สูญเปล่า โดยผลจากการศึกษแสดงดังต่อไปนี้

4. ผลการวิจัย

หลังจากการใช้ Why-Why Analysis ในการหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาการดำเนินงานที่ซ้ำซ้อนของโปรแกรมจัดการคลังสินค้า พบว่าโปรแกรมรับฝากสินค้าไม่มีฟังก์ชันการเพิ่มช่องรายการสินค้าให้ได้ในครั้งเดียวทำให้พนักงานต้องกดเพิ่มช่องรายการทุกครั้งที่มีการฝากสินค้า ทำให้มีขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน เมื่อนำหลักการลดความสูญเปล่า ECRS มาประยุกต์ใช้ในโปรแกรมระบบสินค้าคง ในส่วนของการรับฝากสินค้า สามารถแก้ไขปัญหาโปรแกรมรับฝากสินค้าทำงานซ้ำซ้อน รวมถึงลดเวลาและขั้นตอนที่ไม่จำเป็นของพนักงานลง

4.1 การปรับปรุงหน้าต่างของการรับฝากสินค้า

ก่อนการปรับปรุง หน้าต่างของโปรแกรมรับฝากสินค้าไม่มีช่องใส่จำนวนรายการ หลังจากผู้วิจัยได้ศึกษาการทำงานของพนักงานจึงได้ประสานงานกับทางโปรแกรมเมอร์ ให้เพิ่มช่องใส่จำนวนรายการเพื่อให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้นและลดขั้นตอนการทำงานที่สูญเปล่า ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 หน้าต่างโปรแกรมรับฝากสินค้า

4.2 การปรับลดขั้นตอนการรับฝากสินค้า

ก่อนการปรับปรุงกระบวนการรับฝากสินค้า สามารถแสดงเป็นแผนภูมิกระบวนการไหล จากกรณีตัวอย่าง 1 ใบฝาก 3 รายการ พบว่ามี 10 ขั้นตอน ใช้ระยะเวลารวม 53.87 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการรับฝากสินค้าก่อนปรังปรุง

จากแนวทาง ECRS สามารถรวมขั้นตอนการเพิ่มช่องรายการสินค้าในลำดับที่ 3, 5 และ 7 เข้าด้วยกัน เป็นขั้นตอนการเพิ่มช่องรายการเพียงครั้งเดียว ในลำดับที่ 4, 6 และ 8 รวมเป็นการรอช่องรายการช่องเดียว

หลังจากการปรับปรุงด้วยวิธี ECRS พบว่า ขั้นตอนการทำงานลดลงจาก 10 ขั้นตอน เหลือ 7 ขั้นตอน และเวลาการทำงานลดลงจาก 53.87 วินาที เหลือ 52.50 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 แผนภูมิการไหลของกระบวนการรับฝากสินค้าหลังปรังปรุง

จากการเก็บข้อมูลการรับฝากสินค้าในหน่วยธุรกิจ ตลาดไท พบว่าเฉลี่ยรายการรับฝากต่อเดือน 282 รายการ หรือ 10 รายการต่อวัน จึงนำจำนวนดังกล่าวคำนวณเพื่อหาผลของการปรับปรุงกระบวนการทำงานของโปรแกรม โดยได้ผลลัพธ์ ดังแสดงในตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระยะเวลาการทำงาน 10 รายการ/วัน

ขั้นตอน	ก่อนปรับปรุง (วินาที)	ปรับปรุง (วินาที)	ลดลง
สร้างใบรับฝาก	1.24	1.24	0
กรอกข้อมูลหัวใบฝาก	2.39	2.39	0
ใส่จำนวนรายการ	-	1.56	-1.56
เพิ่มช่องรายการสินค้า	5.2	0.52	4.68
รอช่องรายการสินค้า	18.2	2.56	15.64
กรอกข้อมูลสินค้า	206.9	206.9	0
บันทึกใบฝาก	1.25	1.25	0
	วินาที		18.76

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบจำนวนของขั้นตอนการทำงาน 10 รายการ/วัน

ขั้นตอน	ก่อนปรับปรุง	ปรับปรุง	ลดลง
สร้างใบรับฝาก	1	1	0
กรอกข้อมูลหัวใบฝาก	1	1	0
ใส่จำนวนรายการ	0	1	-1
เพิ่มช่องรายการสินค้า	10	1	9
รอช่องรายการสินค้า	10	1	9
กรอกข้อมูลสินค้า	10	10	0
บันทึกใบฝาก	1	1	0
รวม	**33**	**16**	**17**

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาการทำงาน 282 รายการ/เดือน

ขั้นตอน	ก่อนปรับปรุง (วินาที)	ปรับปรุง(วินาที)	ลดลง
สร้างใบรับฝาก	37.2	37.2	0
กรอกข้อมูลหัวใบฝาก	71.7	71.7	0
ใส่จำนวนรายการ	0	46.8	-46.8
เพิ่มช่องรายการสินค้า	1466.4	15.6	1450.8
รอช่องรายการสินค้า	5132.4	76.8	5055.6
กรอกข้อมูลสินค้า	58345.8	58345.8	0
บันทึกใบฝาก	37.5	37.5	0
รวม	**65,091**	**58,631.4**	**6,459.6**

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบขั้นตอนการทำงาน 282 รายการ/เดือน

ขั้นตอน	ก่อนปรับปรุง (ขั้นตอน)	ปรับปรุง (ขั้นตอน)	ลดลง
สร้างใบรับฝาก	30	30	0
กรอกข้อมูลหัวใบฝาก	30	30	0
ใส่จำนวนรายการ	0	30	-30
เพิ่มช่องรายการสินค้า	282	30	252
รอช่องรายการสินค้า	282	30	252
กรอกข้อมูลสินค้า	282	282	0
บันทึกใบฝาก	30	30	0
รวม	**936**	**462**	**474**

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า โปรแกรมระบบสินค้าคงคลังในกระบวนการรับฝากสินค้ามีความซ้ำซ้อนในขั้นตอนการเพิ่มรายการสินค้าในแต่ละใบงาน จึงดำเนินการลดความสูญเปล่าดังกล่าวด้วยหลักการ ECRS โดยหลังการปรับปรุงลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนพบว่าสามารถลดขั้นตอนการทำงานต่อเดือนได้ถึง 474 ขั้นตอน หรือคิดเป็นร้อยละ 50.64 ของจำนวนขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุง ขณะที่ระยะเวลาการทำงานต่อเดือนลดลง 107 นาที คิดเป็นร้อยละ 9.96 ของระยะเวลาการทำงานต่อเดือนก่อนการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อน ปรับปรุง	หลัง ปรับปรุง	ลดลง	%
ขั้นตอน	936	462	474	50.64
เวลา(นาที)	1084	977	108	9.96

ผลจากการลดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจัดการคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา รวมถึงระยะเวลาการทำงานที่ลดลง ทำให้พนักงานทำงานได้ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น ซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวสะท้อนถึงประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมระบบสินค้าคงคลังที่เพิ่มขึ้น อันจะนำไปสู่ความพึงพอใจ และความเชื่อมั่นในการรับบริการของลูกค้า และช่วยให้ผลประกอบการของบริษัทยังคงอยู่ในสถานการณ์ที่สามรถแข่งขันหรือดำเนินต่อไปได้ แม้ในระยะเวลาของภาวะวิฤตการณ์โควิด-19

5.1 ข้อสนอแนะ

สามารถนำวิธีการแก้ไข ไปปรับใช้ในส่วนของหน่วยธุรกิจอื่นและของลูกค้าได้ ซึ่งในปัจจุบันทางโปรแกรมเมอร์ได้ขยายผลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เนื่องจากเวลามีจำกัด ทำให้ยังมีรายการหลักส่วนอื่นที่ยังไม่ได้ศึกษา ในครั้งต่อไปหรือคนที่จะมาศึกษาต่อ สามารถต่อยอดได้และในส่วนของขั้นตอนการกรอกข้อมูลที่ใช้เวลามากที่สุด อาจจะต้องมีการลงทุนหรือใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพื่อให้การทำงานในส่วนนี้ดีขึ้น

4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

เอกสารอ้างอิง

[1] สุรสิทธิ์ มูลทองชุน และ นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร. (2558). การเพิ่มผลิตภาพการผลิตเครื่องจ่าย เครื่องดื่ม. 6-7 สิงหาคม 2558. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ กรุงเทพฯ. 404-409.

[2] วุฒิพร ศรีไพโรจน์. (2558). การปรับปรุงกระบวนการผลิตและกำลังคนต่อสายการผลิตเพื่อลดต้นทุน แรงงาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[3] ฮิโตชิ โอกุระ. (2545). Why-Why Analysis เทคนิคการวิเคราะห์อย่างถึงแก่น เพื่อปรับปรุงสถานประกอบการ โดยเริ่มจากคำว่าทำไม?. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).

[4] จันทร์ สิงห์เถื่อน. (2564). การวิเคราะห์กระบวนการ Process Analysis. เข้าถึงเมื่อ 3 พฤษภาคม. เข้าถึงได้จาก https://pirun.ku.ac.th/~fengcsr/courses/2008_01/206341/ch8.pdf

ธรรมวิชช์ ประเสริฐ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
สาขาที่สนใจ กระบวนการผลิต และโลจิสติกส์

วันชัย ลีลากวีวงศ์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
สาขาที่สนใจ กระบวนการผลิต และโลจิสติกส์

รัตนา ยียง
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
สาขาที่สนใจ กระบวนการผลิต และโลจิสติกส์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

Comparison of Forecasting Techniques for New Registrations Number of Electric Vehicles in Thailand

อรวิกา ศรีทอง[1*]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

1 หมู่ 20 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า ในประเทศไทยโดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในครั้งนี้คือ ข้อมูลผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า จากกรมการขนส่งทางบก ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนธันวาคม 2564 เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า และวิธีแบบแนวโน้มเชิงเส้น ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ต่ำที่สุด มีค่า MAPE เท่ากับ 18 และค่า MAD เท่ากับ 495 ซึ่งนับเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ : เทคนิคการพยากรณ์; รถยนต์ไฟฟ้า; ประเทศไทย

Abstract

This research aims to compare the forecasting methods for new registrations number of electric vehicles in Thailand. The sample of this research is the number of new registrations of electric vehicles from the database of the Department of Land Transport, Thailand from January 2018 until December 2021 in order to examine the most appropriate forecasting method. Then, the forecasting methods in this research are Moving average, Single Exponential smoothing method, Double exponential smoothing method, and Linear trend analysis. As a result, it shows that the Double exponential smoothing method provides the lowest forecasting error, MAPE equals 18, and MAD equals 495. Then, this technique is the most appropriate forecasting method.

Keywords: forecasting technique; electric vehicle; Thailand

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศนับเป็นปัญหาหลักของโลก ที่หลายประเทศกำลังเผชิญ ซึ่งเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น การเพิ่มขึ้นของประชากร ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี การเผาไหม้เชื้อเพลิง การขนส่ง และการก่อสร้าง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชากรบนโลกอย่างมาก จากรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO) พบว่า 99 เปอร์เซ็นต์ของประชากรบนโลกหายใจโดยมีมลพิษทางอากาศเกินกว่ามาตรฐาน [1] ในส่วนของประเทศไทยสาเหตุที่เพิ่มขึ้นของมลพิษทางอากาศ จนกระทั่งเกิดเป็นผลกระทบของ PM 2.5 มีจากหลายสาเหตุ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม การเพิ่มจำนวนของสิ่งก่อสร้างในเมือง การเผาไหม้จากภาคเกษตรกรรม จำนวนยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และจากรายงานของธนาคารโลกในปี 2559 พบว่า คนไทย 50,000 คนเสียชีวิตจากโรคที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ ในขณะที่ผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่องบประมาณสุขภาพแห่งชาติกิน 6% ของ GDP ประจำปีของประเทศไทย [2] ดังที่กล่าวมาหลายประเทศได้เล็งเห็นถึงผลกระทบดังกล่าวและได้มีการวางแผนนโยบายและมาตรการเพื่อลดการเกิดมลภาวะทางอากาศ ซึ่งสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (IEA)ได้คาดการณ์ว่า หากทุกประเทศร่วมกันใช้พลังงานสะอาด จะสามารถลดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรทั่วโลกจากมลพิษทางอากาศจะลดลงจาก 2.8 เป็น 1.3 ล้านคนภายในปี 2040 [2] และในส่วนของประเทศไทย ทางรัฐบาลไทยได้กำหนดแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (2566-2570) โดยให้ความสำคัญกับการลดมลพิษที่เกิดจากการใช้ยานพาหนะ โดยตั้งเป้าหมายผลักดันอุตสาหกรรมอีวีให้เป็นอุตสาหกรรมใหม่เพื่อให้ไทยเป็นฐานการผลิตอีวี และได้มีการสนับสนุนจูงใจให้คนไทยใช้รถยนต์ไฟฟ้า เพื่อลดมลพิษที่เกิดขึ้นในเมืองใหญ่และทั่วประเทศ และการสร้างอุปสงค์รถยนต์ไฟฟ้า โดยกำหนดสัดส่วนการใช้อีวีเพิ่มเป็น 26% ภายในปี 2570 [3]

ดังที่กล่าวมา การในวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการจัดหารถยนต์ไฟฟ้าและการวางระบบสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตการวิจัย

ประชากร: ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลผู้จดทะเบียนรถยนต์จากกรมการขนส่งทางบก

กลุ่มตัวอย่าง: จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลผู้จดทะเบียนรถยนต์จากกรมการขนส่งทางบก ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 โดยข้อมูลที่ใช้ คือ รถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ (รย.1-รย.17) และเป็นรถยนต์ประเภทใช้เชื้อเพลิงด้วยไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบ ซึ่งระหว่างปี พ.ศ.2561 ถึง พ.ศ.2564 มีการจดทะเบียนรถยนต์ใช้เชื้อเพลิงไฟฟ้าอยู่ 5 ประเภท ดังนี้ ไฟฟ้า, เบนซินไฟฟ้า, ดีเซลไฟฟ้า, เบนซิน-ไฟฟ้าแบบเสียบปลั๊ก, และดีเซล-ไฟฟ้าแบบเสียบปลั๊ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์: เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คือ โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า ของกรมการขนส่งทางบก ตั้งแต่เดือน มกราคมพ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 และทำการตรวจสอบข้อมูลด้วยวิธีบ็อกพล็อต (Box Plot) เพื่อหาค่าผิดปกติของข้อมูล และ

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการพยากรณ์ต่าง ๆ

1) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา 4 วิธี คือ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า และ 4) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์

2) ทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยทำการพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAD) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) ซึ่งในกระบวนการพิจารณาจะทำการเปรียบเทียบค่า MAPE ก่อน หากมีค่าเท่ากัน จึงจะทำการพิจารณาค่า MAD เป็นลำดับถัดไป วิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAD และ MAPE ที่ต่ำที่สุด แสดงว่า เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำที่สุด

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลการตรวจสอบชุดข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 ทำการตรวจสอบข้อมูล เพื่อหาค่าผิดปกติ ด้วยวิธีบ็อกพล็อต (Box Plot) ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 กราฟบ็อกพล็อตของชุดข้อมูล

จากรูปที่ 1 พบว่า ชุดข้อมูลนี้ไม่พบค่าผิดปกติ ดังนั้นข้อมูลชุดนี้จึงเหมาะสำหรับการนำมาพยากรณ์ในครั้งนี้ได้ หลังจากนั้น ทำการทดสอบรูปแบบแนวโน้มของชุดข้อมูล ด้วยการใช้อนุกรมเวลาของข้อมูล (Time Series Plot) เพื่อศึกษาการกระจายตัวของข้อมูล และแนวโน้มของชุดข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 รูปแบบแนวโน้มของชุดข้อมูล

จากรูปที่ 2 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีลักษณะเป็นแนวโน้มและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้น จึงเหมาะสมกับการพยากรณ์ด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย วิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า และวิธีแนวโน้มเชิงเส้น

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการพยากรณ์

ผลการวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

4.2.1 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีหาเฉลี่ยเคลื่อนที่

การวิจัยครั้งนี้ใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3 เดือน ระยะเวลาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2564 รวม 48 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3 เดือน ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ MAD = 580 และค่า MAPE = 21

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย

การวิจัยครั้งนี้ใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ MAD = 500 และค่า MAPE = 18

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า

การวิจัยครั้งนี้ใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์เนนโพเนนเชียลสองเท่า โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ MAD = 495 และค่า MAPE = 18

4.2.4ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบแนวโน้มเชิงเส้น

การวิจัยครั้งนี้ใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบแนวโน้มเชิงเส้น โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบแนวโน้มเชิงเส้น

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบแนวโน้มเชิงเส้น ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ MAD = 500 และค่า MAPE = 19

หลังจากได้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในแต่ละเทคนิคแล้ว จึงทำการเปรียบเทียบค่า MAPE และ MAD ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

รูปแบบการพยากรณ์	MAPE	MAD
วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	21	580
วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย	18	500
วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า	18	495
วิธีการพยากรณ์แบบแนวโน้มเชิงเส้น	19	500

จากตารางที่ 1 พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย และวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า ให้ค่า MAPE ที่เท่ากัน คือ 18 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาค่า MAD ในลำดับถัดไป ดังนั้น จะพบว่า การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า ให้ค่า MAD ที่ต่ำกว่า เท่ากับ 495

ดังนั้น การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า จึงนับว่าเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของชุดข้อมูลนี้

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า โดยทำการเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์ 4 รูปแบบ คือ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า และ 4) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ต่ำที่สุด คือ ค่า MAPE เท่ากับ 18 และค่า MAD เท่ากับ 495 จึงนับว่าเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของชุดข้อมูลนี้

ดังนั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการพยากรณ์จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้า ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า เป็นระยะเวลา

12 เดือน หลังจากเดือนธันวาคม พ.ศ.254 พบว่า จำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองเท่า

จากผลการวิจัย พบว่าจำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับหลายประเทศที่มีการสนับสนุนให้ใช้รถยนต์ประเภทไฟฟ้าเพื่อลดมลพิษ เช่น ในประเทศอังกฤษ ปี 2564 พบว่ามีจำนวนผู้จดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าทั้งแบบไฮบริดและแบตเตอรี่มากกว่า 740,000 คัน ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นมากกว่า 70% จากปี พ.ศ.2563 [4] ในประเทศสิงคโปร์ พบว่า ในปี 2564 มีผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้าจำนวน 2,942 คันซึ่งเพิ่มมากขึ้นเป็นมากกว่าสองเท่าจากปี 2563 [5]

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยในครั้งนี้ จำนวนผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้จากหลาย ๆ ปัจจัย เช่น มาตรการกระตุ้นและสนับสนุนจากรัฐบาล การวางโครงสร้างพื้นฐานสำหรับผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้า เช่น จุดชาร์จไฟฟ้าที่ครอบคลุมทั่วประเทศ และการแข่งขันที่เพิ่มขึ้นของตลาดรถยนต์ไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

[1] "Data for action to address air pollution | United Nations Development Programme," *UNDP*. https://www.undp.org/blog/data-action-address-air-pollution (accessed May 05, 2022).

[2] tdri, "Air pollution continues to kill: does Thailand's National Energy Plan offer hope?," *TDRI: Thailand Development Research Institute*, Sep. 08, 2021. https://tdri.or.th/en/2021/09/fixing-thailands-killer-air-pollution/ (accessed May 05, 2022).

[3] "เปิดแผนพัฒนาฉบับ 13 หมุดหมายดันไทยผู้นำ 'อีวี,'" *bangkokbiznews*, Sep. 25, 2021. https://www.bangkokbiznews.com/business/961831 (accessed May 06, 2022).

[4] M. S, "How many electric cars are there in the UK 2022," *Zap-Map*. https://www.zap-map.com/ev-market-statistics/ (accessed May 06, 2022).

[5] "IN FOCUS: What is the road ahead for Singapore's relationship with cars?," *CNA*. https://www.channelnewsasia.com/singapore/electric-cars-ev-luxury-cars-tax-arf-omv-budget-2022-2519051 (accessed May 06, 2022).

อรวิกา ศรีทอง

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

งานวิจัยที่สนใจ การวางแผนและควบคุมการผลิต การเพิ่มผลผลิต และการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตประกับราง : กรณีศึกษา บริษัท ผลิตอุปกรณ์รางรถไฟ

Improving Production Processes of Fishplate for Operation : Case Study of Rail Equipment Production Plant

ณิชากานต์ นามเมือง[1] นิลาวรรณ พันธ์ประชา[1] กิตติชัย อธิกุลรัตน์[1] และ อิทธิพล เนคมานุรักษ์[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนน ประชาชาราษฎร์1 แขวง วงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนน พิบูลสงคราม แขวง บางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตประกับราง โดยได้ศึกษาขั้นตอนการผลิตประกับราง เครื่องจักรในการขึ้นรูปเหล็ก อุปกรณ์จับชิ้นงานในเครื่องจักร อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการเคลือบน้ำยา โดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหลเพื่อบันทึกข้อมูลโดยละเอียด หาทางแก้ไขปัญหาจากหลักการ 5W1H และหลักการ ECRS ใช้แผนภูมิแกนต์ในการจำลองเวลาในการผลิต เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการทำงานของลำดับขั้นตอนการทำงานที่ปรับปรุงแล้ว และลดขนาดล็อตเหลือล็อตละ 10 ชิ้น 4 รอบ กับการใช้ขั้นตอนการทำงานเดิมที่ขนาดล็อตละ 40 ชิ้น พบว่าสามารถลดเวลาการทำงานได้ 30 ชั่วโมง 4 นาที คิดเป็นร้อยละ 49.96 ในการปรับปรุงโต๊ะวางชิ้นงานทำให้ลดเวลาลงไป 8 วินาที คิดเป็นร้อยละ 40 ของเวลาก่อนปรับปรุง และการปรับพื้นที่ผสมนำยาประกับรางสามารถลดระยะทางลง 15 เมตร ทำให้เวลาในการเคลื่อนย้ายลดลง 8 วินาที คิดเป็นร้อยละ 61.54

คำสำคัญ : ประกับราง, แผนภูมิแกรนต์, หลักการ 5W1H, ปรับปรุงกระบวนการผลิต, แผนภูมิกระบวนการไหล

Abstract

This research aims to improve the rail fishplate manufacturing process, researching how steel rails are formed Coating the sealant for rail steel forming equipment is a process. Workpieces are held in place in machines with the help of this device. In the coating process, there are several different pieces of equipment and instruments that are used. It uses flow process charts to record detailed information. The 5W1H theory and the ECRS theory are used to find a solution. As a result, Gantt charts were utilized to model the change in production time. By comparing the time it takes to run a new workflow sequence to the time it takes to run the old one. as well as reducing the lot size to 10 pieces per lot, for a total of four rounds The working time was reduced by 30 hours 4 minutes, or 49.96 percent, when the same procedure of 40 parts per lot was used. The workpiece table was improved, and the time was reduced by 8 seconds, or 40%, compared to before the renovation. Adjusting the mixing area to mix the chemical with railways can reduce the distance by 15 meters, result in a 61.54 percent decrease in transport time.

Keywords: rail fishplate, Process Improvement, Grant Chart, 5W1H theory, Flow Process Chart

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

บทนำ

ประกับรางเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อรถไฟเข้าด้วยกัน โดยการเชื่อมต่อรางรถไฟโดยใช้ประกับราง ขั้นตอนการทำประกับรางของบริษัทกรณีศึกษานั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนการขึ้นรูปเหล็ก และส่วนประกอบน้ำยาคือการนำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้ว จากการที่ได้เข้าไปทำการศึกษากระบวนการทำประกับราง ทำให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ในขั้นตอนการกัดผิวเหล็กให้ได้ตามขนาดนั้น จะต้องทำแต่ละหน้าให้ครบ 40 ชิ้นแล้วจึงจะทำหน้าต่อไปได้ ทำให้ใช้เวลานานถึง 35 ชั่วโมงจึงจะได้เหล็กประกับรางหนึ่งชิ้น ที่จะต้องนำไปเข้าขั้นตอนการเคลือบน้ำยาต่อ ในส่วนของการประกอบน้ำยาปัญหาที่พบ คือ ผังของสถานีงานในการประกอบน้ำยานั้น ส่งผลให้การทำงานมีการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นมากเกินไป จึงทำการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว และแผนผังในปัจจุบัน เพื่อทำให้ทางบริษัทกรณีศึกษาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำประกับรางให้ดียิ่งขึ้น

วิธีการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน

รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตประกับราง โดยศึกษาขั้นตอนของกระบวนการขึ้นรูปประกับราง ขั้นตอนของกระบวนการเคลือบน้ำยาประกับราง และแผนผังของกระบวนการผลิตประกับราง
2. เมื่อผู้จัดทำได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตประกับรางตามด้านบนมาแล้ว จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ว่าสาเหตุใดบ้างที่ทำให้กระบวนการผลิตประกับรางเกิดปัญหา โดยได้ใช้ทฤษฎี 5W1H ซึ่งจากการวิเคราะห์ทำให้ทราบ ดังนี้
   - 2.1 ปัญหาการรอคอยจากการกัดผิวเหล็ก 4 ด้านทำให้สายการผลิตไม่ต่อเนื่อง
   - 2.2 ปัญหาการกัดเหล็กด้วยมุม45องศาทำได้ครั้งละ1ชิ้น
   - 2.3 ปัญหาการกัดเหล็กด้วยมุม31องศาทำได้ครั้งละ1ชิ้น
   - 2.4 ปัญหาความเมื่อยล้าของพนักงานในกระบวนการยิงทราย
   - 2.5 ปัญหาการเคลื่อนย้ายไกลในขั้นตอนการเดินไปผสมน้ำยาเคลือบประกับราง
3. หลังจากผู้จัดทำวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตประกับราง จึงได้นำหลัก ECRS เข้ามาช่วยในการปรังปรุงแก้ไข โดยมีวิธีการ ดังนี้
   - 3.1 ในขั้นตอนการปาดผิวเหล็กทั้ง 4 ด้าน เกิดปัญหาความล่าช้าเนื่องจากโรงงานกรณี ศึกษาได้ใช้เครื่อง CNC 1 เพียงเครื่องเดียว และปล่อยเครื่อง CNC 2 CNC3 CNC4 และ CNC5 รองานจากเครื่อง CNC1 ผู้จัดทำจึงให้มีการนำเครื่อง CNC 2 และ CNC3 เข้ามาช่วยในขั้นตอนนี้
   - 3.2 ในขั้นตอนการกัดมุม 21 องศา 31 องศา และ 45 องศา เกิดความล่าช้าจากเดิมจะต้องรอให้เครื่อง CNC3 กัดมุม 21 องศาเสร็จครบ 40 ชิ้นก่อน จึงจะเริ่มกัดมุม 31 องศาและมุม 45 องศาตามลำดับ จึงสลับขั้นตอน ให้มาเริ่มทำขั้นตอนกัดมุม 45 องศาจากขั้นตอนการกัดมุม 21 องศา แล้วทำการกัดมุม31 องศานอกจากนี้ยังได้ทำการปรับจิ๊กจับชิ้นงานของการกัดมุม 31 และ 45 องศา จากที่จับได้ 1 ชิ้น ให้

สามารถจับชิ้นงานได้ครั้งละ 2 ชิ้น

3.3 ในกระบวนการขึ้นรูปประกับรางจะขึ้นรูปโดยการทำครั้งละ 40 ชิ้น ซึ่งต้องใช้เวลานานในการทำ จึงทดลองปรับจำนวนชิ้นในการทำ เป็น 20 และ 10 ชิ้น เพื่อลดเวลาในการขึ้นรูปประกับราง

3.4 ขั้นตอนยิงทรายโต๊ะวางชิ้นงานก่อน-หลังออกจากเครื่องยิงทรายมีความสูงไม่พอดีกับที่ใส่ชิ้นงาน เครื่องยิงทรายพนักงานจึงเกิดความเมื่อยล้า จึงปรับโต๊ะวางชิ้นงานให้เท่ากับช่องใส่ชิ้นงานของเครื่องยิงทราย และได้ปรับจากโต๊ะเป็นลูกกลิ้ง ช่วยผ่อนแรงของผู้ปฏิบัติงาน และลดเวลานำชิ้นงานเข้าเครื่อง

3.5 เนื่องจากสถานที่ผสมน้ำยาเคลือบประกับรางอยู่ห่างจากสถานที่ประกอบน้ำยาเคลือบประกับราง 20 เมตร ผู้จัดทำจึงจัดให้มีการย้ายสถานที่ผสมน้ำยาเคลือบประกับราง ซึ่งลดระยะทางลง 15 เมตรทำให้ใช้เวลาในการเดินไปผสมน้ำยาน้อยลง

4. สรุปผล จากการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตประกับราง

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาได้ทำการปรับปรุงแก้ไข ได้ผลลัพธ์ ดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบเวลาสิ้นสุดแต่ละขั้นตอนของกระบวนการขึ้นรูปประกับราง

ขั้นตอน	เวลาสิ้นสุดกระบวนการ	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
กัดผิวเหล็กด้านที่ 1	7:56:56	7:56:56
กัดผิวเหล็กด้านที่ 2	16:33:56	8:08:51
กัดผิวเหล็กด้านที่ 3	23:08:32	8:20:39
กัดผิวเหล็กด้านที่ 4	29:03:36	13:52:00
เจาะรู	38:20:13	23:12:47
กัดมุม 21 องศา	39:03:10	23:24:35
กัดมุม 45 องศา	54:07:06	30:51:35
กัดมุม 31 องศา	54:42:48	24:16:59
กัดโค้ง	63:37:04	47:36:59

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผลิตประกับราง 40 ชิ้น ด้วยการใช้ขนาดล็อต 10 20 และ 40 ชิ้น

ขนาดล็อต	เวลาที่ใช้ในการผลิตประกับราง 40 ชิ้น	
	วิธีก่อนปรับปรุง	วิธีหลังปรับปรุง
10	46:01:54	36:28:39
20	50:26:05	37:59:22
40	63:37:04	47:36:37

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการนำชิ้นงานเข้าเครื่องยิงทรายก่อนและหลังปรับปรุง

กระบวนการนำชิ้นงานเข้าเครื่อง	เวลา (วินาที)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
ก่อนปรับปรุง	00:17	00:16	00:29	00:21	00:16	00:20
หลังกปรับปรุง	00:10	00:12	00:13	00:12	00:12	00:12

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบเวลาขั้นตอนการเดินไปผสมน้ำยาก่อนและหลังปรับปรุง

การเดินไปผสมน้ำยา	เวลา (วินาที)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
ก่อนปรับปรุง	00:14	00:13	00:14	00:15	00:09	00:13
หลังปรับปรุง	00:05	00:05	00:06	00:05	00:06	00:05

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตประกับราง จึงพบปัญหาซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรก คือ ปัญหาความล่าช้าจากการรอคอยที่เกิดขึ้นใน

กระบวนการขึ้นรูปประกับราง เมื่อเปรียบเทียบเวลาทการทำงานของลำดับขั้นตอนการทำงานแบบที่ปรับปรุงแล้วและลดขนาดล็อตให้เหลือล็อตละ 10 ชิ้น 4 รอบ กับการใช้ขั้นตอนเดิมขนาดล็อตละ 40 ชิ้น สามารถลดเวลาการทำงานได้ 30 ชั่วโมง 4 นาที คิดเป็นร้อยละ 49.96 ส่วนที่สอง คือ ปัญหาความสูญเสียที่เกิดจากการเคลื่อนที่ในกระบวนการเคลือบน้ำยาประกับราง เมื่อปรับปรุงโต๊ะวางชิ้นงานทำให้ลดเวลาในการนำชิ้นงานเข้า-ออกเครื่องยิงทรายลดลงไป 8 วินาที คิดเป็นร้อยละ 40 ของเวลาก่อนปรับปรุง และการปรับพื้นที่ผสมน้ำยาประกับรางสามารถลดระยะทางลง 15 เมตร ทำให้เวลาในการเคลื่อนย้ายลดลง 8 วินาที คิดเป็นร้อยละ 61.54

เอกสารอ้างอิง

[1] อดิเหรก ชัยนวกุล, อลงกรณ์ เมืองไหว และ ธณิดา โขนงนุช. การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของวัสดุด้วยการปรับปรุงผังโรงงาน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 1, 2(2562): 12-19.

[2] มานพดอนหมื่น และ ณัฐวรรพล รัชสิริวัชรบุล. การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยวิธีการจัดสมดุลสายการผลิต.วารสารวิชาการและการวิจัย มทร. พระนคร 13, 2(2562): 176-185.

[3] เสขสัน นาคพ่วง, ศักดิ์ชาย รักการ และ จีรวัฒน์ ปล้องใหม่. การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเครื่องดื่มสมุนไพร. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต 10, 2(2563): 131-147.

[4] จิรกาล กัลยาโพธิ์ และ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์. การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตยางล้อรถยนต์. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 28, 1(2564): 78-92.

[5] ธนิดา สุนารักษ์. ปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตกรณีศึกษาสายการบรรจุผลิตภัณฑ์แป้ง.วารสารข่ายงาน วิศวกรรมอุตสาหการไทย 2, 3(2559): 51-60.

[6] วรินทร์ เกียรตินุกูล. การจัดสมดุลสายการผลิตกระบวนการประกอบโครงอลูมิเนียม กรณีศึกษาบริษัทตัวอย่าง. วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย 4, 1(2561): 49-57.

[7] เดโชชัย สาพิมพ์. การปรับปรุงกระบวนการผลิตอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 1, 1(2564):9-18.

[8] แผนภูมิกระบวนการไหล “Flow Process Chart” . (2563). [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่18 ตุลาคม 2564]. จาก https://goterrestrial.com/2020/11/12/flow-process-chart/

นางสาวณิชากานต์ นามเมือง
ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นางสาวนิลาวรรณ พันธ์ประชา
ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผศ.ดร. กิตติชัย อธิกุลรัตน์
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ และโลจิสติกส์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

อิทธิพล เนคมานุรักษ์
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบสำหรับปัญหาสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่นกรณีสินค้าหนึ่งชนิด โดยใช้กำหนดการเชิงเส้น

Supplier Selection of Inventory Lot-Sizing Problem with Single Item using Linear Programming

สถาพร สุริยันต์ * อิทธิพล เนคมานุรักษ์ และ ดาราวรรณ วีรานันต์

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: sathaporn.su@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของวิจัยครั้งนี้คือ เพื่อกำหนดขนาดการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลากับปัญหาการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบสำหรับสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่น กรณีสินค้าหนึ่งชนิด โดยการประยุกต์การใช้กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming; LP) เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อ ที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาที่ทำให้ต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังโดยรวมต่ำที่สุด โดยผู้วิจัยได้ศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์เดิมของ Wagner Whitin พบว่าตัวแบบทางคณิตศาสตร์นั้นคำนึงเพียง แต่การสั่งซื้อสินค้าแต่ละช่วงเวลานั้นให้มีต้นทุนโดยรวมต่ำที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์เพิ่มปัญหา คือการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบและปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละช่วงเวลาเพื่อให้เกิดต้นทุนโดยรวมต่ำที่สุด จากการประมวลผลปัญหาขนาดเล็กและปัญหาขนาดใหญ่ได้ผลลัพธ์ดังนี้ ขนาดปัญหาที่ผู้จัดหาวัตถุดิบ 3 ราย ผ่าน 5 ช่วงเวลามีผลลัพธ์ 2,310 บาท และขนาดปัญหาที่ผู้จัดหาวัตถุดิบ 5 ราย ผ่าน 15 ช่วงเวลา มีผลลัพธ์ 6,726 บาท

คำสำคัญ :กำหนดการเชิงเส้น, สินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่น, การคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ

Abstract

The purpose of this study was aimed to determine the economic order quaintly (EOQ) for the different periods of time and the selection of suppliers for lot sizing order problem, a case study of a product. The EOQ was determined using linear programming (LP) at each period of time for the lowest overall inventory management cost. In this study, Wagner Whitin's original model was adopted. The finding showed that the mathematical model simply presented the ordering at different period of times for the lowest total cost. In this study, the additional issues were designated; supplier selection and the EOQ at the different periods of time for the lowest overall cost. The processing output in both small and large problems found that the results was 2,310 baht for the size of the problem of 3 suppliers and 5 period and the results was 6,726 baht for the size of the problem of 5 supplier and 15 period in this study.

Keywords: Linear Programming, Inventory Lot-Sizing, Supplier Selection

1. บทนำ

ในปัจจุบันสภาพของความต้องการใช้สินค้าของผู้บริโภคมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วรวมถึงการที่ตลาดมีการแข่งขันกันสูง จึงจำเป็นต้องมีการผลิตสินค้าขึ้นมาเพื่อเก็บรักษาไว้ในคลัง โดยประโยชน์ของสินค้าคงคลังที่องค์กรได้จัดเก็บรักษาไว้นั้นมีมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการช่วยป้องกันการขาดแคลนวัตถุดิบหรือชิ้นส่วน และยังช่วยให้กระบวนการผลิตขององค์กรสามารถดำเนินการไปได้อย่างราบรื่น และนอกจากนั้นยังสามารถช่วยป้องกันความผิดพลาดจากการพยากรณ์ยอดขาย เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างเพียงพอและทันเวลาเพราะหากไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการสินค้าของลูกค้าได้อย่างเพียงพอและทันเวลาแล้วอาจทำให้สูญเสียลูกค้าที่ดีไปและทำให้องค์กรเสียผลประโยชน์ได้

จากการศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่นเป็นกำหนดขนาดของการสั่งซื้อเหมาะสม เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมตลอดระยะเวลาในการสั่งซื้อมีมูลค่าต่ำที่สุด ก็จะสามารถช่วยแก้ไขจุดอ่อนที่เกิดขึ้นของตัวแบบเดิมได้และจึงจำเป็นต้องหาวิธีในการแก้ปัญหาไว้ด้วย ซึ่งในปัจจุบันมีการคิดค้นวิธีการต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาที่มีความหลากหลายมากขึ้นและแตกต่างกันออกไปเพื่อให้มีวิธีการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ให้เหมาะสมกับปัญหาที่เกิดขึ้น จึงมีการขยายปัญหาสินค้าคงคลังโดยใช้กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นการวางแผนที่จะใช้ในการตัดสินใจในการสั่งซื้อสินค้าเพียงชนิดเดียว จากผู้จัดหาวัตถุดิบหลายรายผ่านหลายช่วงเวลา โดยออกแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาคำนวณหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดให้เหมาะสม เมื่อพัฒนามาใช้กำหนดการเชิงเส้นแล้วผลลัพธ์ที่ประมวลผลออกมานั้นจะเลือกค่าที่มีความเหมาะสมและต้นทุนรวมต่ำที่สุด

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่น โดยมีการนำตัวแบบของ Wagner [1] มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) สำหรับการคำนวณหาคำตอบที่สามารถหาช่วงเวลาในการสั่งซื้อ ปริมาณการสั่งซื้อ และซื้อกับผู้จัดหาวัตถุดิบหลายใด เพื่อดูความเหมาะสมให้ต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังมีค่าต่ำสุด ซึ่งกรณีศึกษาเป็นแนวการศึกษาแนวทางในการพัฒนากระบวนการการสั่งซื้อสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่น

ศึกษาลักษณะของปัญหาการสั่งสินค้าแบบสั่งเป็นล็อตและการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบหลายราย สรุปได้ว่าถ้าต้องการวางแผนที่จะสั่งซื้อสินค้าชนิดเดียวเพื่อให้ตอบสนองกับความต้องการของลูกค้ากับการคัดผู้จัดหาวัตถุดิบหลายรายผ่านหลายช่วงเวลา เพื่อทำให้ต้นทุนในการดำเนินงานโดยรวมต่ำที่สุด ดังนั้นการวางแผนซึ่งมีเกณฑ์พิจารณาดังนี้

- ด้านปริมาณสินค้า
- ด้านราคาของสินค้า

3. การออกแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Wagner, 1958) [1] พบว่าตัวแบบมีจุดประสงค์ ที่จะสั่งซื้อสินค้าอย่างไรที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุดและสามารถตอบสนองความต้องการในแต่ละช่วงเวลาแต่ตัวแบบนี้ไม่ได้คำนึงถึงการคัดเลือกผู้จัดหาที่เหมาะสมในการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละช่วงเวลาว่าจะซื้อสินค้ากับใครในปริมาณเท่าไร ดังนั้นเราจึงได้นำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ (Wagner, 1958) มาพัฒนาเพิ่มเงื่อนไขในตัวแบบทางคณิตศาสตร์คือ สั่งซื้อสินค้าแบบเป็นล็อตและการคัดเลือก ผู้จัดหาวัตถุดิบผ่านหลายช่วงเวลา

โดยเริ่มจากการการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เป็นกำหนดการเชิงเส้นสำหรับกรณีสั่งซื้อสินค้าหนึ่งชนิดและคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบหลายราย ผ่านหลายช่วงเวลา ซึ่งมีเงื่อนไขไม่ให้ มีการสินค้าขาดแคลน เพื่อทำให้ต้นทุนโดยรวมต่ำที่สุด ประกอบด้วยต้นทุนราคาสินค้าในการสั่งซื้อสินค้าและต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง โดยรูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ ของงานวิจัยเป็นการสั่งซื้อสินค้าหนึ่งชนิดจากผู้จัดหาวัตถุดิบหลายรายผ่านหลายช่วงเวลา

ในส่วนนี้จะอธิบายตัวแบบการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบสำหรับปัญหาสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นล็อต โดยมีเงื่อนไขไม่อนุญาตให้มีการมีสินค้าขาดแคลนหรือสินค้าขาดมือตัวอย่างปัญหาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 และได้มีการสมมติฐานของต่อไปนี้

- ไม่อนุญาตให้เกิดการขาดแคลน การสั่งซื้อย้อนหลัง
- อนุญาตให้สินค้าคงคลังเริ่มต้นในช่วงที่หนึ่งมีค่าเป็นศูนย์
- การสั่งซื้อสินค้าต้องเป็นสินค้าชนิดเดียวเท่านั้น
- ความต้องการในแต่ละช่วงเวลาต้องทราบและมีความต้องการที่แน่นอน
- เวลานำเท่ากับศูนย์

3.1 สมการวัตถุประสงค์

เป็นสมการเป้าหมายที่ต้องการให้ผลรวมของต้นทุนในระบบคงคลังทั้งหมดมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนราคาสินค้า ต้นทุนการสั่งซื้อสินค้าและต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังซึ่งมีพิจารณา จากผู้จัดหาวัตถุดิบทั้งหมด (J) และพิจารณาตลอดเวลาวางแผนทั้งหมด (T) ช่วงเวลา

$$MinTC = \sum_{j=1}^{J} \sum_{t=1}^{T} \left(C_j X_{jt} + hI_t + A_j Y_{jt} \right) \qquad (1)$$

สมการข้อจำกัด

สมการข้อจำกัดข้อที่ 1 คือ ปริมาณสินค้าคงคลังปลายช่วงเวลา t จะขึ้นอยู่กับสินค้าคงคลังที่มีอยู่ในช่วงเวลา (t-1) ดังสมการ (2)

$$I_t = I_{t-1} + X_{jt} - D_t \qquad \forall_j, \forall_t \qquad (2)$$

เมื่อ D_t แทน ปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลา t (หน่วยวัตถุดิบ)

สมการข้อจำกัดข้อที่ 2 ข้อจำกัดปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละช่วงเวลาให้ M แทน จำนวนที่มีค่ามากที่ใช้ตัดสินใจในการสั่งซื้อ

$$X_{jt} - (MY_{jt}) \le 0 \qquad \forall_j, \forall_t \qquad (3)$$

สมการข้อจำกัดข้อที่ 3 คือ เป็นการกำหนดค่าตัวแปร Y_{jt} ให้มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าในช่วงเวลาที่ t และมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าในช่วงเวลาที่ t สามารถแสดงค่า Y_{jt} ในรูปสมการได้ดังสมการที่ (4)

$$Y_{jt} = [0,1] \qquad \forall_j, \forall_t \qquad (4)$$

โดย

ดัชนี (Indices)

j แทน ผู้จัดหาวัตถุดิบ (j =1,2,…,J)

t แทน ช่วงเวลา (t =1,2,…,T)

พารามิเตอร์ (Parameters)

D_t แทน ความต้องการในช่วงเวลา t

I_t แทน ปริมาณสินค้าคงคลังในช่วงเวลา t

A_j แทน ต้นทุนในการสั่งซื้อจากผู้จัดหาวัตถุดิบ j

C แทน ราคาสินค้าต่อหน่วย

h แทน ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าต่อหน่วย

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

X_{jt} แทน สั่งซื้อจากผู้จัดหาวัตถุดิบ j ในช่วงเวลา t

Y_{jt} แทน 1 ถ้ามีการสั่งซื้อจากผู้จัดหาวัตถุดิบ j ในช่วงเวลา t

และ 0 ในกรณีอื่นๆ

M แทน จำนวนที่มีตัวเลขขนาดใหญ่ในการตัดสินใจในการสั่งซื้อ

3.2 การทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ใช้วิธีการเขียนกำหนดการเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด หลักการใช้งานโปรแกรมนี้เริ่มจากการกำหนดตัวแปรโดยสร้างสมการเป้าหมาย (Objective Function) ในงานวิจัยจะใช้ต้นทุนต่ำโดยรวมต่ำที่สุด (Minimize Total Cost) ในการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวอย่างปัญหาจากงานวิจัยของ Basnet and Leung, 2005 [2] และ Woarawichai, et al.[3]

3.3 การขยายขนาดปัญหาสินค้าคงคลังแบบคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบหลายราย

การขยายขนาดปัญหาการสั่งซื้อสินค้าจากผู้จัดหาวัตถุดิบ (j) ผ่านหลายช่วงเวลานั้น (t) โดยจะขยายปัญหาเพิ่มทั้งหมด 12 ปัญหา ซึ่งจะใช้ตัวเลขนั้นสุ่มแบบการกระจายเป็นตัวเลขจำนวนเต็มแบบเอกรูป (Uniform Integer Distribution) จากงานวิจัยปัญหาสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่น [2] และใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อกำหนดตัวสุ่มโดยใช้คำสั่ง "= RANDBETWEEN (A, B)" แสดงดังตารางที่ 1 รายการที่ทำการสุ่มค่าโดยที่ค่า A คือ ตัวเลขที่ต่ำที่สุด และ B คือ ค่าตัวเลขสูงสุดของค่าที่สุ่ม จากนั้นทำการทดสอบหาคำตอบด้วยวิธีกำหนดการเชิงเส้น

ตารางที่ 1 รายการที่ทำการสุ่มค่า [2]

รายการ	ค่าที่ทำการสุ่ม (Random) [A : B]
ราคาสินค้า (Prices)	[20 : 50]
ต้นทุนการสั่งซื้อ (Transaction Costs)	[50 : 200]
ต้นทุนการจัดเก็บ (Holding Costs)	[1 : 5]
ความต้องการสินค้า (Demand)	[10 : 200]

ตารางที่ 2 ปริมาณความต้องการสินค้า 1 ชนิด 5 ช่วงเวลา

ชนิดสินค้า	ช่วงเวลา				
	1	2	3	4	5
A	12	15	17	20	13

ตารางที่ 3 ราคา (Price) ของสินค้า 1 ชนิด จากผู้จัดหาวัตถุดิบ 5 ราย

	ผู้จัดหาวัตถุดิบ				
ชนิดของสินค้า A	Q	W	X	Y	Z
ราคาสินค้า (บาท/ชิ้น)	30	33	32	31	30
ต้นทุนการสั่งซื้อ (บาท/ครั้ง)	112	80	105	96	100

ตารางที่ 4 ต้นทุนการจัดเก็บ (Holding Cost) ของสินค้า 1 ชนิด

ชนิดของสินค้า A	
ต้นทุนการจัดเก็บ (บาท/ชิ้น)	1.8

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากวิธีดำเนินงานที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3 สามารถทดสอบโดยใช้วิธีการออกแบบทางคณิตศาสตร์โดยใช้กำหนดการเชิงเส้น ในการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบหลายรายสำหรับปัญหาสินค้าคงคลังสั่งเป็นรุ่น กรณีสินค้าหนึ่งชนิด ในส่วนนี้จะทำการทดลองประสิทธิภาพของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การขยายปัญหา การคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลาและวิเคราะห์ผลการทดลองกับตัวอย่างของปัญหารวมทั้งทำการทดลองที่เหมาะสมด้วยวิธีการกำหนดการเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel โดยคำสั่ง Solver สำหรับการใช้งานคำนวณ ซึ่งพิจารณาหาค่าต้นทุนและระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

4.1 การทดสอบตัวอย่างปัญหาที่ 1 สำหรับสินค้า 1 ชนิด จากผู้จัดหาวัตถุดิบ 3 ราย

ผลลัพธ์จากการทดสอบจากวิธีด้วยกำหนดการเชิงเส้นในการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบสำหรับปัญหาสินค้าคงคลังสั่งเป็นรุ่น กรณีสินค้าหนึ่งชนิด โดยตารางที่ 5 เป็นผลของการทดสอบตัวแบบสำหรับสินค้าหนึ่งชนิด สำหรับปัญหาที่ 1 3×5 คือในช่วงวางแผน 5 ช่วงเวลา และผู้จัดหา 3 ราย (J=3) และ (T=5) โดยการคำนวณสามารถทำการสั่งซื้อสินค้าในช่วงเวลาที่ 1 จำนวน 44 ชิ้น (X_{11}) และช่วงเวลาที่ 4 จำนวน 33 ชิ้น (X_{14}) โดยได้ต้นทุนรวมเท่ากับ 2645.6 บาท และใช้เวลาในการคำนวณ 1.07 นาที

ตารางที่ 5 การสั่งซื้อสินค้าหนึ่งชนิด ผ่าน 5 ช่วงเวลา (3×5)

สินค้า	ช่วงเวลา				
	1	2	3	4	5
A	X_{11}=44			X_{14}=33	

4.2 การทดสอบการขยายขนาดปัญหา

ในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบตัวแบบการสั่งซื้อสินค้าแบบสั่งเป็นรุ่น โดยการขยายขนาดปัญหาในมีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อทดสอบประสิทธิภาพตัวแบบ โดยผู้วิจัยได้มีการขยายปัญหาทั้งหมด 12 ปัญหา โดยใช้คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดซีพียู Core i5 2.50 GHz หน่วยความจำ 4 GB ในการทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งจะมีขยายปัญหาของผู้จัดหาตั้งแต่ 3 ราย ถึง 5 ราย และช่วงเวลาวางแผน 5 ช่วงเวลา ถึง 20 ช่วงเวลา ซึ่งในการคำนวณเพื่อผลหาคำตอบจะมีกำหนดเวลาในการคำนวณ 120 นาที [3]

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์ของการขยายขนาดปัญหา

ขนาดปัญหา (J×T)	ต้นทุนรวม (บาท)	เวลาการคำนวณ (นาที)
3×5	2,645.6	1:07
3×10	5,540.2	111.43
3×15	8,874	120.00
3×20	14,018.2	120.00
4×5	2,645.6	2:46
4×10	5,706.6	120.00
4×15	8,433.4	120.00
4×20	13,821.4	120.00
5×5	2,621.6	2:02
5×10	5,486.8	9:28
5×15	8,602.6	120.00
5×20	ไม่สามารถหาคำตอบได้	-

จากตารางที่ 6 เป็นการแสดงผลลัพธ์จากการคำนวณการแก้ปัญหาสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่น กรณีสินค้าหนึ่งชนิด ซึ่งมีการทดสอบตัวแบบประสิทธิภาพตัวแบบ โดยมีการขยายขนาดปัญหาทั้งหมด 12 ปัญหาและทำการคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Office

Excel โดยคำสั่ง Solver ซึ่งพบว่าค่าผลลัพธ์ที่แสดงด้วยต้นทุนรวม และขนาดรุ่นการสั่งซื้อแค่ละช่วงเวลา สามารถทำการคำนวณได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมในระยะเวลาสำหรับการคำนวณที่กำหนด 120 นาที ในขนาดปัญหาที่มีขนาดเล็ก คือ 3×5, 3×10, 4×5, 5×5 และ 5×10 และในส่วนของปัญหาที่ขนาดใหญ่ที่มีจำนวนผู้จัดหามากขึ้น และช่วงเวลาในการวางแผนมากขึ้น ไม่สามารถคำนวณได้ผลลัพธ์ต้นทุนรวมที่เหมาะสมในระยะเวลากำหนด 120 นาที ซึ่งมีขนาดปัญหา 3×15, 3×20, 4×10, 4×15, 4×20 และ 5×15 โดยมีขนาดปัญหา 5×20 ที่โปรแกรมไม่สามารถคำนวณหาคำตอบได้ โดยโปรแกรมแสดงผลคือหน่วยความจำไม่เพียงพอต่อการคำนวณหาคำตอบ

5. สรุปผลงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะเป็นการพิจารณาปัญหาของสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่น โดยที่จะนำประยุกต์ใช้กับการปัญหาการคัดเลือกผู้จัดหา โดยมีวัตถุประสงค์ให้ต้นทุนรวมการจัดการสินค้าคงคลังต่ำสุด โดยการปรยุกต์จากตัวแบบของ Wegner ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่าตัวแบบในงานวิจัยนี้ ให้ผลลัพธ์คือต้นทุนรวมที่เหมาะสมได้ดี และเหมาะสมกับการนำไปใช้สำหรับขนาดปัญหาที่มีจำนวนของผู้จัดหาและช่วงระยะเวลาการวางแผนที่ช่วงเวลาไม่สูงเกินไป โดยแก้ปัญหาได้ดีในขนาดปัญหาที่จำนวนผู้จัดหา 5 ราย และช่วงเวลาในการวางแผนคำสั่งซื้อวัตถุดิบไม่เกิน 10 ช่วงเวลา ซึ่งในส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่และเงื่อนไขที่มากขึ้นควรมีการแก้ไขสำหรับวิธีการแก้ปัญหาเพื่อให้ประสิทธิภาพในการคำนวณหาคำตอบได้ดีมากยิ่งขึ้น เช่น การนำวิธีการฮิวริสติกมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

[1] Wagner, H. M. and Whitin, T. M.,“ Dynamic version of the economic lot size model,” Management Science, (1958).

[2] Basnet, C. and Leung, J. M. Y., “Inventory lot-sizing with supplier selection,” Computers and Operations Research, (2005), 1-14.

[3] Woarawichai, C. Kullpattaraniran, T. and Rungreunganun, V, “ Inventory Lot-Sizing Problem with Supplier Selection under Storage Space and Budget Constraints,” IJCSI, Vol. 8, (2011), 250-255.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานเพื่อลดต้นทุน กรณีศึกษา:บริษัทผลิตชิ้นส่วนประกอบของท่อไอเสียรถยนต์

A Study of Calibration of Component Inspection Equipment to Reduce Costs A Case Study of An Automobile Exhaust Component Manufacturing Company

จุฑาธิป มีความสุข[1] สุรีวัลย์ สามารถ[2] พิษณุ ทองขาว[3] และ สมพงษ์ เชื้อพระคา[4*]

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานเพื่อลดต้นทุน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนประกอบท่อไอเสียรถยนต์ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบริษัทกรณีศึกษาพบว่ามีเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 50 ชนิด มีค่าใช้จ่ายในการส่งเครื่องมือไป Calibration ประจำปี 199,600 บาทต่อปี จากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังเป็นเวลา 2 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2563-2564 พบว่ามีเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานที่มีการใช้งานน้อยทั้งหมด 16 ชนิด เนื่องจากมียอดการสั่งซื้อสินค้าลดลง จากปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้เครื่องมือ 7QC Tool กราฟแท่ง และ Check Sheet เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาเพื่อขยายระยะเวลาในการส่งเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานไป Calibration ประจำปี จากเดิม 1ปีต่อครั้งเป็น 2ปีต่อครั้ง เพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยการจัดทำ Check Sheet เพื่อตรวจสอบเครื่องมือเป็นประจำทุกสัปดาห์เพื่อดูว่าเครื่องมือมีการชำรุดเสียหายหรือไม่และเมื่อครบ 1 ปี จะมีการคิดหาค่าความเชื่อมั่นเพื่อดูว่าค่าความเชื่อมั่นสูงหรือต่ำกว่าที่บริษัทยอมรับได้ ค่าความเชื่อมั่นที่บริษัทยอมรับได้คือ 95% ผลจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาพบว่า ค่าใช้จ่ายในการส่งเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานไป Calibration ประจำปีจากเดิม 199,600 เมื่อขยายระยะเวลาการส่งเครื่องมือไป Calibration ทั้ง 16 ชนิด เป็น 2ปีต่อครั้ง สามารถลดลง 47,000 บาทต่อปี คิดเป็น 23.5% ต่อปี

คำสำคัญ : การลดต้นทุน เครื่องมือตรวจสอบชิ้นงาน การสอบเทียบ

Abstract

The objective of this research is to study the calibration of parts inspection equipment to reduce costs. Case study: Automobile exhaust parts manufacturing company. From the collection of company data, case studies, it was found that there were 50 types of inspection tools in total. The cost of sending the tools to Calibration annually was 199,600 baht per year from the past 2 years of data retrospect . BE 2020-2021 It was found that there were 16 types of low-use inspection tools in total due to the decrease in order quantity. From the aforementioned problems, the researcher has analyzed the problem by using the 7QC Tool, bar graph and Check Sheet to help analyze and solve problems in order to extend the period of sending the inspection tool to the annual Calibration from 1 year. /time for 2 years/time to reduce costs by preparing a Check Sheet to check the tools on a weekly basis to see if the tools are damaged or not, and at the end of 1 year, a confidence value will be calculated. to see if the confidence value is higher or lower than the company's acceptable The confidence that the company can accept is 95%. The cost of sending tools to inspect workpieces to Calibration annually from 199,600 when extending the period of sending tools to Calibration for all 16 types to 2 years / time, can be reduced by 47,000 baht / year or 23.5% per year.

Keywords: Cost reduction, workpiece inspection tool, Calibration

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์และการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์เป็นส่วนหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ โดยมีเป้าหมายในการพัฒนาอย่างชัดเจนและต่อเนื่องเพื่อทำให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตและส่งออกอุตสาหกรรมยานยนต์ ศูนย์วิจัยอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ สถาบันยานยนต์ มีการสรุปสภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย ปี พ.ศ.2563 พบว่าประเทศไทยมีปริมาณการผลิตรถยนต์ 142,727 คัน ลดลงร้อยละ 29% เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า เนื่องจากสภาวะเศรษฐกิจที่ชะลอตัวจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ดังนั้นด้วยปัจจัยต่างๆ ทำให้สถาบันยานยนต์คาดการณ์ปริมาณการผลิตรถยนต์ในปี พ.ศ.2564 จำนวน 1,500,000 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 6%ประกอบด้วยการส่งออก 750,000 คัน เพิ่มขึ้น 2% จากสภาพเศรษฐกิจประเทศคู่ค้าที่กำลังฟื้นตัวจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 และจำหน่ายในประเทศ 750,000 คัน ลดลง 3% ถึงอย่างไรก็ตามการผลิตรถยนต์ของไทยในระยะ 3 ปีข้างหน้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3%-4% แต่ในขณะเดียวกันชิ้นส่วนรถยนต์บางชนิดความต้องการของลูกค้าลดลงเนื่องจากสถาณการณ์โควิด19 ดังนั้นโรงงานผลิต

ชิ้นส่วนรถยนต์จึงต้องมีการปรับตัวเพื่อลดต้นทุนภายในโรงงาน ทางผู้วิจัยทำได้ศึกษากระบวนการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานเพื่อการศึกษาและสังเกตุเบื้องต้นพบว่า ทางบริษัทได้ส่งเครื่องมือไป Calibration ที่บริษัทแห่งหนึ่งซึ่งเป็นบริษัทที่ได้รับการยอมรับในเรื่องของมาตรฐาน ISO 9000 ซึ่ง มีค่าใช้จ่ายรายปีอยู่ที่ประมาณปีละ 199,600 บาทต่อปีและเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานบางชนิดมีการใช้งานน้อยเนื่องจากความต้องการสั่งซื้อของลูกค้าลดลง เครื่องมือที่ไม่ได้ส่งไปสอบเทียบ(Calibration)ว่าจะมีประสิทธิภาพหรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์และแก้ปัญหาในขั้นตอนนี้ โดยการใช้หลักการของ 7 Qc Toos วิธีการวิเคราะห์ด้วย ฮีสโตแกรม (Histogram) ซึ่งจะส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาการการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานเพื่อลดต้นทุนและเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้ลูกค้า ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้มีความประสงค์ที่จะใช้ 7 Qc Toos วิธีการวิเคราะห์ด้วย ฮีสโตแกรม เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานให้ได้ตามวัตถุประสงค์ อีกทั้งยังสามารถสร้างความเชื่อมั่นให้ลูกค้าโดยการนำเครื่องมือที่ไม่ได้ส่งไปตรวจสอบที่บริษัทรับตรวจสอบ โดยทำการให้พนักงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบเครื่องมือที่บริษัทเองโดยการทำใบตรวจสอบ (Check Sheets) เครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานใน1อาทิตย์

2. วิธีการศึกษา

2.1 การศึกษาข้อมูลของการสอบเทียบเครื่องมือ [2,6]

โรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดสำหรับการผลิต ดังนั้นในระหว่างการใช้งานเครื่องมือนั้นอาจเกิดการเสื่อมคุณภาพได้ ความเที่ยงตรงของเครื่องมือจะเสื่อมลงไปตามจำนวนครั้งและระยะเวลาที่ใช้งาน หรือการติดตั้งเครื่องมือโดยการขาดความระมัดระวังก็อาจทำให้เกิดความเสื่อมในคุณภาพของเครื่องมือวัดได้เช่นกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อความแม่นยำและเชื่อถือได้ของข้อมูล อีกทั้งยังมีผลต่อการจัดทำระบบคุณภาพของโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วยดังนั้นเพื่อให้มีมาตรฐานในการวัดตรงกันและสามารถยืนยันความถูกต้องของผลการวัดได้จึงจำเป็นต้องมีการสอบเทียบเครื่องมือในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อรับรองถึงความแม่นยำและเชื่อถือได้ของเครื่องมือสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานต่าง ๆ เช่น กิจกรรมสอบเทียบเป็นกิจกรรมที่ต้องเสียค่าใช้ง่าย แต่การสอบเทียบก็มีความจำเป็นเพราะหากพิจารณาให้ดีจะเห็นว่ามูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับข้อมูลที่ผิดพลาดหรือผลิตสินค้าที่ไม่มีคุณภาพเมื่อใช้เครื่องมือวัดที่ไม่เป็นมาตรฐาน มีผลต่อคุณภาพและต้นทุนการผลิตสินค้า อาจส่งผลให้เสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบเครื่องมือแต่การสอบเทียบที่ทำมากเกินความจำเป็นก็อาจก่อให้เกิดความสูญเสียงบประมาณของหน่วยงานเกินความจำเป็นเช่นเดียวกัน

ขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัด ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้ในหัวข้อนี้ขอกล่าวเฉพาะการสอบเทียบกับมาตรฐานอ้างอิงภายในองค์กรเอง และมาตรฐานอ้างอิง (มาตรฐานอ้างอิง หรือ Reference standard หมายถึง วัตถุมาตรฐานซึ่งโดยทั่วไปจะต้องเป็นสิ่งที่มีคุณภาพด้านมาตรวิทยาสูง และมีให้ใช้ ณ สถานที่ที่กำหนดให้) การวัดต่าง ๆ จะกระทำการสอบเทียบได้จากสถานที่ที่วัตถุมาตรฐานนั้นติดตั้งอยู่ ต้องได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานของห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองและต้องคำนึงถึงความสามารถของผู้ปฏิบัติการ วิธีในการวัด เครื่องมือวัด มาตรฐานการวัด สภาวะแวดล้อม และแบบบันทึกภายในองค์กร

2.2 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด (QC 7 Tools)

เครื่องมือ 7 ชนิด (QC 7 Tools) ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพ ในกระบวนการ ทำงานต่าง ๆ โดยเครื่องมือดังกล่าวนี้จะมีส่วนช่วยในการค้นหาปัญหา สำรวจสภาพปัจจุบันของปัญหา ค้นหาสาเหตุที่แท้จริง เพื่อที่จะหาวิธีแก้ไขต่อไป และกำหนดเป็นมาตรฐาน โดยเครื่องมือ 7 ชนิด ประกอบด้วย แผ่นตรวจสอบ, ใบตรวจสอบ หรือเช็คชีท) เป็นตารางที่แสดงรายการรายละเอียดต่างๆ ของข้อมูล (Check Sheets) แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เป็นแผนภูมิกราฟที่ใช้เพื่อการควบคุมกระบวนการผลิต โดยมีการแสดงให้เห็นถึงขอบเขตในการควบคุมทั้งขอบเขตควบคุมบน (UCL) และขอบเขตล่าง (LCL) แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagrams) เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับแสดงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น โดยเรียงลำดับปัญหาเหล่านั้นตามความถี่ที่พบจากมากไปหาน้อยและแสดงขนาดความถี่มากน้อยด้วยกราฟแท่ง ผังก้างปลา หรือ ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) แผนผังแสดงเหตุ หรือ ผังอิชิกาวา เป็นแผนภูมิที่ใช้ต่อจากแผนภูมิพาเรโต ซึ่งเมื่อเลือกแก้ปัญหาใดจากแผนภูมิพาเรโตแล้วก็นำปัญหานั้นมาแจกแจงสาเหตุของปัญหาเป็น 4 ประการ คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วิธีการ (Method) วัตถุดิบ (Material) กราฟและรูปแผนผังต่างๆ(Graphs and Charts)เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงนำเสนอข้อมูลให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลต่างๆ ได้ง่าย และชัดเจนขึ้น ฮีสโตแกรม หรือ กราฟแท่ง(Histograms) เป็นกราฟแท่งที่ใช้แสดงความถี่ของข้อมูลที่จัดเป็นหมวดหมู่ ผังการกระจาย(Scatter Diagrams) เป็นแผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวว่าสัมพันธ์กันในลักษณะใดซึ่งจะสามารถหาสหพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทั้งสองตัวที่แสดงด้วย แกน x และแกน y ของกราฟ ว่าสหพันธ์เป็นบวกคือ ตัวแปรมีความสัมพันธ์แปรตามกัน หรือมีสหพันธ์ เป็นลบคือตัวแปร มีความสัมพันธ์แปรผกผันต่อกัน [3,5]

2.3 กระบวนการการลดต้นทุนคุณภาพ [1,5]

การบำรุงรักษาเพื่อป้องกันเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบชิ้นงาน ในสายการผลิตต่างแทนการนำงบประมาณมาซ่อมแซมเมื่อมันทำงานได้ไม่เต็มที่จนผลิตสินค้าที่มีคุณภาพต่ำออกมา ทำให้เสียโอกาสการสร้างรายได้ไปในพริบตา การประมาณการณ์ระยะเวลาของความเสียหายหรือการด้อยประสิทธิภาพลงของเครื่องมือวัดเป็นแนวทางที่ดีทางหนึ่งในการลดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของคุณภาพไม่ดี (Cost of Poor Quality) .ทำความสะอาดทุกครั้งเมื่อใช้งานเสร็จ จะช่วยยืดอายุการใช้งานเครื่องมือวัดได้ดี ก่อนถึงแผนการสอบเทียบประจำปีการใช้งานอย่างเหมาะสมและถูกวิธี ใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับงาน ระมัดระวัง เพื่อป้องกันการกระทบกระแทกแรงๆซึ่งอาจจะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนหรือสึกหรอของเครื่องมือวัดสถานที่จัดเก็บมีความเหมาะสม มีการ

จัดเก็บในสถานที่ปิดป้องกันฝุ่นเกาะ หรือไม่อับชื้นจนเกินไปอาจจะก่อให้เกิดสนิม การสร้างกระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายในองค์กร กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายในองค์กรเป็นกระบวนการสำคัญที่คอยสอดส่องว่าสินค้าและกระบวนการทุกกระบวนการในองค์กรนั้นยังสอดคล้องตรงกันหรือไม่ ยิ่งเป็นสินค้าที่มีความซับซ้อนมากเท่าไรการตรวจสอบคุณภาพภายในองค์กรยิ่งสำคัญมากขึ้นเท่านั้น เพราะมันทำให้เราพบความเหลื่อมล้ำกันระหว่างมาตรฐานคุณภาพขององค์กรและคุณภาพปัจจุบันของสินค้าได้ตั้งแต่เนิ่น ๆ ซึ่งนั่นก็ดีกว่าไปเจอด้วยตาของลูกค้าเองเป็นแน่ การตรวจสอบคุณภาพภายในองค์กรจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการลดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของคุณภาพไม่ดี (Cost of Poor Quality) ได้ สำหรับค่าสถิติ มีการหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มหนึ่ง (เลือกมาจากทั้งหมด) โดยใช้วิธีการคำนวณหาค่า $\bar{x}$ คือ การหาค่าเฉลี่ย ตามปกติ

สูตรการหาค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

เมื่อ μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

x_i = ค่าสังเกตของหน่วยสังเกตแต่ละหน่วยสังเกต(ข้อมูลแต่ละคน)

$\sum x_i$ = ผลรวมของค่าข้อมูลทั้งหมด

N = จำนวนประชากรทั้งหมด

n = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; S.D. หรือ S.)

เป็นค่าเฉลี่ย ของความแตกต่างของข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ย (Mean) หรือ หมายถึง โดยเฉลี่ยๆ แล้ว ข้อมูลแต่ละตัวมี ความแตกต่าง (ห่าง)จากค่าเฉลี่ย มากน้อยเพียงใด ถ้าห่างมากแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมาก ถ้าห่าง น้อยแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายน้อยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร แทนด้วย สัญลักษณ์คือ σ (ซิกม่า) ส่วนสัญลักษณ์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง S.D. หรือ s.

สูตรส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i-\mu)^2}{N}}$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง S.D. = $\sqrt{\frac{\sum(x_i-\bar{x})}{(n-1)}}$

เมื่อ μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

x_i = ค่าสังเกตของหน่วยสังเกตแต่ละหน่วย(ข้อมูลแต่ละคน)

N = จำนวนประชากรทั้งหมด

n = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

2.6.6 ค่าความเชื่อมั่น

ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) เป็นความแน่นอนของผลการวัดค่า ไม่ว่าจะวัดกี่ครั้งก็ตาม ค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ของบริษัท กรณีศึกษาคือ ไม่ต่ำกว่า 95% หรือ(0.95) จึงจะยอมรับได้ว่ามีความเชื่อมั่น

ตารางที่1 ระดับความเชื่อมั่น

ความเชื่อมั่น	การแปลค่า
0.90 ขึ้นไป	ดีมาก
0.80-0.89	ดี
0.70-0.79	ยอมรับได้
0.60-0.69	ยังน่าสงสัย
0.50-0.59	ค่อนข้างรับไม่ได้
น้อยกว่า 0.50	รับไม่ได้

สูตร $\alpha = \frac{n}{n-1}[1\ \frac{\sum S_i^2}{S_x^2}]$

เมื่อ α = ความเชื่อมั่น n = จำนวนข้อ

S_i^2 = ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_x^2 = ความแปรปรวนของคะแนนรวม

2.4 การทดสอบทางด้านวิศวกรรม

ในการสอบเทียบนั้นจะต้องมี เครื่องมือมาตรฐาน (Standard: STD) และเครื่องมือภายใต้การสอบเทียบ (Unit Under Calibrate: UUC) ซึ่งจะอ่านค่าของเครื่องมือทั้งสอง แล้วนำมาหาค่า ความคลาดเคลื่อน Error และประเมินค่า ความไม่แน่นอนจากการวัด และการสอบเทียบ จะมีกระบวนการหลักๆ อยู่ 3 กระบวนการ ดังนี้

1) เครื่องมือมาตรฐาน (STD) สามารถตั้งค่า และ เครื่องมือภายใต้การสอบเทียบ (UUC) เป็นตัวอ่านค่า เช่น การสอบเทียบ Multimeter โดยใช้ Multi-calibrator (STD) เป็นตัวจ่ายค่ามาตรฐาน และอ่านค่าที่ Multimeter (UUC)

2) เครื่องมือมาตรฐาน (STD) เป็นตัวอ่านค่า และ เครื่องมือภายใต้การสอบเทียบ (UUC) เป็นตัวจ่ายค่า เช่น การสอบเทียบ Multi-calibrator โดยจะใช้ Multi-calibrator เป็นตัวจ่ายค่า ใช้Meter ที่มีค่า Accuracy ดีกว่า (เช่น Meter-10 หลัก เป็นต้น)

3) เครื่องมือมาตรฐาน (STD) และ เครื่องมือภายใต้การสอบเทียบ (UUC) เป็นตัวอ่านค่า แล้วใช้ แหล่งจ่ายค่าอื่นเป็นตัวจ่ายค่า และอ่านค่าการวัด ณ เวลาเดียวกัน เช่น การสอบเทียบ High Voltage Capacitive divider [4]

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 การจัดระบบงานด้านการสอบเทียบ

จากตารางที่ 2 สรุปผลการดำเนินงานด้านการสอบเทียบ ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ 100% จากที่วางแผนไว้มีเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด จำนวน 50 ชนิด ที่จะต้องส่งทำการ สอบเทียบประจำปี

ตารางที่ 2 KPI เรื่อง Calibration on time ประจำปี 2020 (Target = 100%)

ตารางที่ 3 KPI of customer complain & claim ตั้งแต่ มกราคม – กันยายน ปี 2021

จากตารางที่3 เป็นการสรุปผลถึงการใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบ Dimension ชิ้นงานตั้งแต่ มกราคม – กันยายน ที่ไม่ได้รับการร้องเรียนจากลูกค้าด้านปัญหาคุณภาพการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงานด้วยสายตาพบการร้องเรียนจากลูกค้าตั้งแต่มกราคม – กันยายน เกิดขึ้น จำนวน 1 Case (=1 ppm)

ตาราง 4 KPI of Customer Complain & Claim ตั้งแต่ มกราคม –ธันวาคม ปี 2021 (Target KPI $\leq$ 6 ppm/Year)

จากตาราง4สรุปผลความพึงพอใจของลูกค้าด้านคุณภาพ ประจำปี 2021 ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยพบว่ามีการร้องเรียนจากลูกค้าในปัญหาด้านคุณภาพเพียงแค่ 1 case จากเป้าหมายต่อปี $\leq$ 6 Case หรือ 6 ppm ซึ่งเป็นตัววัดผลว่าเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานยังมีความเสถียรและน่าเชื่อถือ เมื่อครบ 1 ปี จะมีการนำเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานทั้ง 16 ชนิดมาทำการสอบเทียบภายใน ด้วยเครื่อง CMM เพื่อเป็นการยืนยันผลในเรื่องของคุณภาพเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงาน จะเป็นการสอบเทียบเองภายใน ก่อนที่จะถึงแผนการสอบเทียบ ประจำปี โดยวิธีการเลือกเฉพาะจุดที่สำคัญในการใช้งานจริง ประมาณ 70% จากจุดตรวจสอบทั้งหมดของเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานแต่ละชนิด

ภาพที่ 1 เครื่องมือวัด CMM ที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานภายใน

3.2 การดำเนินการจัดการด้านคุณภาพเชิงป้องกัน

การใช้เครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานในการตรวจสอบงานในขั้นตอนการผลิต เป็นการตรวจสอบเชิงป้องกันการเกิดของเสียขึ้นในขั้นตอนการผลิต ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานด้วยเครื่องมือวัด ก่อนการผลิตแบบต่อเนื่อง เพื่อให้แน่ใจว่าก่อนเริ่มการผลิตจริงค่าของชิ้นงานได้ตามมาตรฐานทุกจุดที่มีการควบคุม กิจกรรมด้านคุณภาพนี้เป็นการดำเนินการด้านคุณภาพเชิงป้องกัน ในการลดต้นทุนด้านคุณภาพต่างๆ ไม่ให้เกิดขึ้นหรือน้อยที่สุด ซึ่งจากการดำเนินกิจกรรมด้านคุณภาพเชิงป้องกันจะช่วยลดต้นทุนสิ้นเปลืองที่จะตามมาดังนี้

3.3 ผลการทดสอบ

เปรียบเทียบต้นทุนการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงาน โดยมีเป้าหมายการลดค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบต่อปี ลดลงให้ได้อย่างน้อย = 10% ดังตารางที่ 5 ตารางที่ 6 แสดงสรุปผลการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งเป้าหมายไว้ที่ต้องการลดค่าใช้จ่ายลดลงให้ได้อย่างน้อย 10% ต่อปี จากต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดรวม 199,600 บาท/ปี ในการลดต้นทุนที่ทำได้ตามเป้าหมาย สามารถลดต้นทุนลงได้ 47,000 บาท/ปี (คิดเป็น 23.5%) ผลจากการใช้ใบตรวจสอบในรูปที่ 2 ป้าย Tag Calibration ไม่ชำรุดเสียหาย ป้ายชื่อ เครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานไม่ชำรุดเสียหาย สภาพน็อตที่ยึดกับฐานเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานปกติ สภาพของ

เครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานไม่แตกหักเสียรูป จากการทำงาน ทั้งหมด 95 วัน และเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานใช้ได้ทั้ง 95 วัน คำนวนค่าความเชื่อมั่นคือ = 95/95 × 100 = 100 % ∴ ค่าความเชื่อมั่นคือ 100 %

ค่าเฉลี่ยของเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงาน 16 ชนิด (100% + 100% + 100% + ... จนครบ 16 ครั้ง) = 1,600/16 = 100

∴ ค่าเฉลี่ยของเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานทั้ง16ชนิดคือ100 %

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบต้นทุนของการสอบเทียบ ภายในระยะเวลา 1 ปี

ชนิดของเครื่องมือวัด	จำนวน	Cost/Unit (Baht)	Total Cost (Baht)	STD. Cal Frequency
JIG GO,NOGO	22	600	17,600	1 Year/1Time
CHECKING FIXURE	28	6,500	182,000	1 Year/1Time
TOTAL		Cost Calibration Per Year	199,600 Baht	

ตารางที่ 6 การสรุปผลการดำเนินงาน

ชนิดเครื่องมือวัด	จำนวน	Cost/Unit (Baht)	Total Cost (Baht)	New STD. Cal.Frequency
JIG GO,NOGO	10	800	8,000	2 Year/1 Time
CHECKING FIXURE	6	6500	39,000	2 Year/1 Time
TOTAL		Target Save Cost Per Year	47,000 (คิดเป็น 23.5%)	

รูปที่2 ใบตรวจสอบรายละเอียดการตรวจเช็ค

4. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาภายในโรงงานกรณีศึกษา :บริษัทผลิตชิ้นส่วนประกอบของท่อไอเสียรถยนต์ ทางผู้วิจัยได้นำปัญหาที่พบภายในโรงงานมาทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ 7QC Tool ใช้กราฟแท่ง และ Check Sheet เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาต่างๆภายในโรงงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการส่ง Calibration เครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานจากเดิมมีต้นทุนค่าใช้จ่ายอยู่ประมาณปีละ 199,600บาทต่อปี และเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานบางชนิดมีการใช้งานน้อยเนื่องจากมียอดการสั่งซื้อสินค้าลดลง ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพื่อขยายระยะเวลาในการส่ง Calibration ประจำปี จากเดิม 1 ปี เป็น 2 ปี ของเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด50 ชนิด จากการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 2 ปี คือปี พ.ศ.2563 ถึง พ.ศ.2564 พบว่ามีเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานที่มีการใช้งานน้อยทั้งหมด 16 ชนิด ทางผู้วิจัยจึงทำการขยายระยะเวลาในการส่งเครื่องมือไป Calibration ประจำปี ของเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงาน 16 ชนิด เป็น 2 ปี/ครั้ง เมื่อครบ 1 ปี จะมีการนำเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานทั้ง 16 ชนิดมาทำการสอบเทียบภายใน ด้วยเครื่อง CMM เพื่อเป็นการยืนยันผลในเรื่องของคุณภาพเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงาน จะเป็นการสอบเทียบเองภายในก่อนที่จะถึง แผนการสอบเทียบประจำปี โดยวิธีการเลือกเฉพาะจุดที่สำคัญในการใช้งานจริง ประมาณ 70% จากจุดตรวจสอบทั้งหมดของเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานแต่ละชนิด และมีการใช้ Check Sheet เข้ามาช่วยในการตรวจสอบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานเป็นประจำทุกสัปดาห์เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยและเมื่อครบ 1 ปี จะมีการคิดค่าความเชื่อมั่น ค่าความเชื่อมั่นที่บริษัทยอมรับได้คือไม่ต่ำกว่า 95% ผลจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาพบว่า ค่าใช้จ่ายในการส่งเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานไป Calibration ประจำปีจากเดิม 199,600 เมื่อขยายระยะเวลาการส่งเครื่องมือไป Calibration ทั้ง 16 ชนิด เป็น 2ปี/ครั้ง สามารถลดลง 47,000 บาท/ปี คิดเป็น 23.5% ต่อปี มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาการสอบเทียบเครื่องมือตรวจสอบชิ้นงานเพื่อลดต้นทุน กรณีศึกษา : บริษัทผลิตชิ้นส่วนประกอบของท่อไอเสียรถยนต์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนครและโรงงานตัวอย่างที่ช่วยสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งในลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] C.DeSanto,and M. Totoro,Introduction to Statistics, 9th Edition. Pearson Learning Solutions. MA.,2010.

[2] บริษัท SUMIPOL สำนักงานใหญ่และศูนย์โลจิสติกส์,การศึกษาข้อมูลของการสอบเทียบเครื่องมือ, [ออนไลน์],แหล่งที่มา: https://www.sumipol.com knowledge/standard-calibration/ [03/04/2562],2562.

[3] วันเฉลิม วรรณสถิตย์ แผนกที่ปรึกษา,เครื่องมือคุณภาพ 7 QC Tool,[ออนไลน์],แหล่งที่มา : http://www.tpif.or.th/WebDev/index.php (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)[29/07/2559],2559.

[4] สุวัฒน์ โสภิตพันธ์,ทีมระบบไซเบอร์-กายภาพ (CPS) หน่วยทรัพยากรด้านการคำนวณและไซเบอร์-กายภาพ (NCCPI),ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ,2565.

[5] Best Life. 7 QC Tool เครื่องมือคุณภาพเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้กลวิธีทางสถิติ, [ออนไลน์], แหล่งที่: https://besterlife.com/7-qc-tool/,2561.

[6] Equal Assurance (Thailand) Ltd., การทดสอบทางด้านวิศวกรรม (การสอบเทียบเครื่องมือวัด),[ออนไลน์],แหล่งที่มา : https://eqathaitraining.com/archives/1101,2562.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาการทำถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง

The Study Making Charcoal Briquettse From Cassava

ปรียา แสงเจริญ[1], นวรัตน์ งามวงษ์[2] และสมพงษ์ เชื้อพระคา[3*]

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: toeypreeya2014@gmail.com[1] ,sompong.c@rmutp.ac.th[3*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติถ่านอัดแท่งที่ได้จากลำต้นมันสำปะหลัง และใช้แป้งมันสำปะหลัง,โซเดียมซิลิเกต และน้ำ เป็นตัวประสาน โดยทำการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำถ่านอัดแท่ง การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยตัวประสาน 2 ชนิด คือ ส่วนที่ 1 ถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ คือ 1000 : 120 : 2000 (หน่วย g : g : ml) และส่วนที่ 2 ถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยใช้โซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ ผงถ่าน : โซเดียมซิลิเกต : น้ำ คือ 1000 : 400 : 1500 (หน่วย g : ml : ml) นำส่วนผสมทั้งสองไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง สรุปได้ว่า ตัวประสานระหว่างแป้งมันสำปะหลัง กับโซเดียมซิลิเกต พบว่า ตัวประสานที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าเนื่องจากให้ค่าความร้อนสูงอยู่ที่ 5258.34 cal/g ค่าความชื้นต่ำอยู่ที่ร้อยละ 6.71 ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งติดไฟง่าย เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง, แป้งมันสำปะหลัง, โซเดียมซิลิเกต,ลำต้นมันสำปะหลัง

Abstract

In this research, the properties of charcoal briquettes from cassava stems were studied. and using tapioca starch, sodium silicate and water as a binder By doing an experiment to find the right ratio for making charcoal briquettes. The test was divided into 2 parts by 2 types of binders: Part 1 Charcoal from cassava stems using cassava starch as a binder. It was found that the optimum ratio was charcoal : cassava starch : water which was 1000 : 120 : 2000 (g unit : g : ml) and part 2 charcoal briquette from cassava stem using sodium silicate as binder. It was found that the optimum ratio was activated charcoal : sodium silicate : water, which was 1000 : 400 : 1500 (unit g : ml : ml). Tapioca Starch Compared with sodium silicate, it was found that the cassava starch binder has better properties due to its high calorific value of 5258.34 cal/g and low moisture content of 6.71%, which makes the briquettes combustible. Comply with community charcoal briquette product standards (MorPhor.Chor. 238/2547)

Keywords: Charcoal, Tapioca Starch, Sodium Silicate, Tapioca Stem cassava

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตร ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรนั้นมีหลากหลายต่อการบริโภคและส่งออกในแต่ละปี เช่น อ้อย ข้าว พืชผักผลไม้ มันสำปะหลัง ฯลฯ ซึ่งการทำการเกษตรนั้น หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต จะเหลือส่วนที่ไม่สามารถนำไปแปรรูปหรือนำไปใช้ประโยชน์

การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์ ยังเป็นการแก้ปัญหาการกำจัดของเสีย จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกรูปแบบหนึ่ง สอดคล้องกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ที่สนับสนุนในการใช้พลังงานจากชีวมวลเพิ่มขึ้น พลังงานจากชีวมวลเป็นพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงใช้สำหรับประกอบอาหารได้โดยตรง ด้วยเหตุนี้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจึงถูกนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ได้เป็นอย่างดี

พืชชีวมวลอีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ “มันสำปะหลัง” ซึ่งหลังจากการเก็บเกี่ยวและแปรรูปส่วนที่เป็นประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจแล้ว จะเหลือส่วนของลำต้น หลังจากชาวเกษตรกรเก็บเกี่ยวหัวมันสด เกษตรกรจะเก็บลำต้นที่มีความสมบูรณ์ไว้เพื่อปลูกในปีหรือฤดูกาลถัดไป แต่ความต้องการต้นมันสำปะหลัง มันน้อยกว่าต้นมันสำปะหลังที่มีอยู่ ทำให้เหลือต้นมันสำปะหลังที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จำนวนมาก ซึ่งชาวเกษตรกรก็จะกำจัดโดยวิธีการเผาต้นมันสำปะหลังที่เหลือทิ้ง เพื่อให้ทันการปลูกในปีหรือฤดูกาลถัดไป ทำให้เกิดการสูญเปล่าและเกิดมลพิษ ไม่เกิดประโยชน์

ดังนั้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ศึกษาการใช้ ลำตันมันสำปะหลังนำมาทำเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อใช้ในครัวเรือน และเพื่อลดการใช้พลังงานจากถ่านไม้ธรรมชาติ

2. วิธีการศึกษา

ศึกษาการทำถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง ได้มีวิธีดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอน โดยศึกษาเนื้อหาจากเอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำมาวิเคราะห์และกำหนดกรอบแนวคิดในการผลิตถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง โดยมีขั้นตอนดังภาพ 2.1

ภาพที่ 2.1 ผังการดำเนินงาน

2.1 การออกแบบการทดลองอัตราส่วนผสม

การศึกษาการทำถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง ได้ทำการออกแบบการทดลองอัตราส่วนผสม จำนวน 2 ชุดการทดลอง โดยตัวประสานที่แตกต่างกัน เพื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง ได้แก่ 1) แป้งมันเป็นตัวประสาน และ 2) โซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน อัตราส่วนที่กำหนด ดังนี้

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนผสมถ่านอัดแท่งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและโซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน

การทดลอง	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2
	ผงถ่าน (g) : แป้งมันสำปะหลัง (g) : น้ำ (ml)	ผงถ่าน (g) : โซเดียมซิลิเกต (ml) : น้ำ (ml)
1	1000 : 100 : 1400	1000 : 300 : 1200
2	1000 : 100 : 1600	1000 : 300 : 1300
3	1000 : 100 : 1800	1000 : 300 :1400
4	1000 : 120 : 1800	1000 : 400 : 1400
5	1000 : 120 : 2000	1000 : 400 : 1500
6	-	1000 : 500 : 1500

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ความสามารถในการขึ้นรูปของถ่านอัดแท่ง

3.1.1 ความสามารถในการขึ้นรูปของถ่านอัดแท่งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำไปตากแดดไล่ความชื้น เพื่อวิเคราะห์หาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง คือ 1000 : 120 : 2000 โดยมีลักษณะขึ้นรูปได้ง่ายและเกาะตัวกันได้ดีมาก ในขณะที่อัตราส่วนอื่น ๆ พบปัญหาจากการขึ้นรูป

3.1.2 ความสามารถในการขึ้นรูปของถ่านอัดแท่งโดยโซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำไปตากแดดเพื่อวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง คือ 1000 : 400 : 1500 โดยมีลักษณะขึ้นรูปได้ง่ายและเกาะตัวกันได้ดีมาก ในขณะที่อัตราส่วนอื่น ๆ พบปัญหาจากการขึ้นรูป

เมื่อได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม นำไปทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ การหาคุณสมบัติเชิงกล และการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีโดยทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน (ASTM) โดยการหาคุณสมบัติทางเคมีของถ่านอัดแท่ง

3.2 การหาคุณสมบัติเชิงกล

1) การทดสอบค่าความหนาแน่น (Density) อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหน่วยปริมาณของถ่านอัดแท่งหาได้จากสมการ

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad (3.1)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (g/cm^3)

m คือ มวลรวมของวัตถุ (g)

v คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ cm^3)

2) การทดสอบดัชนีการแตกร่วน (Drop Shatter Test

$$R = W/w_f \qquad (3.2)$$

เมื่อ R = ดัชนีการแตกร่วน

W = น้ำหนักของถ่านอัดแท่งที่เหลือหลังทดสอบ

w_f = น้ำหนักของถ่านอัดแท่งก่อนทดสอบ

3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของถ่านอัดแท่ง

คุณสมบัติทางเคมีของถ่านอัดแท่ง	การวิเคราะห์
ค่าความร้อน (Heating Value)	ASTM D5865
ความชื้น (Moisture Content)	ASTM D7582
ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)	ASTM D7582
ปริมาณเถ้า (Ash Content)	ASTM D7582
คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)	ASTM D7582

3.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยตัวประสาน 2 ชุดการทดลอง แป้งมันสำปะหลัง และโซเดียมซิลิเกต

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยตัวประสานที่ต่างชนิดกัน มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ภาพที่ 2.2 ความหนาแน่น ถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง

จากภาพที่ 2.2 ผลความหนาแน่นทั้ง 2 ตัวประสาน พบว่า ถ่านอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานจากแป้งมันสำปะหลัง มีความหนาแน่นมากกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานจากโซเดียมซิลิเกตเพียงเล็กน้อย ซึ่งตัวประสานทั้ง 2 ชนิด มีค่าความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ความหนาแน่นแสดงให้เห็นถึงการประสานกันได้ดี ซึ่งความหนาแน่นสูงมีผลต่อค่าดัชนีการแตกร่วน

ภาพที่ 2.3 ดัชนีการแตกร่วน ถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง

จากภาพที่ 2.3 ค่ามาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.5 – 1 ผลการทดสอบดัชนีการแตกร่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยตัวประสานทั้ง 2 ชนิด มีค่าดัชนีการแตกร่วนที่สูง เนื่องจากเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีการจับตัวกันอย่างดี แสดงถึงความสามารถในการทนต่อแรงกระแทก มีความแข็งแรง

ภาพที่ 2.4 ค่าความร้อน ถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง

จากภาพที่ 2.4 ค่าความร้อนทั้ง 2 ตัวประสาน พบว่า ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน มีค่าความร้อนเฉลี่ย 5,258.34 cal/g สูงกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้โซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน โดยถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยใช้โซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน มีค่าความร้อนเฉลี่ย 4,510.96 cal/g และค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานยังเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ที่ได้กำหนดไว้ว่าค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5000 cal/g

ภาพที่ 2.5 Proximate Analysis ถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง

จากภาพที่ 2.5 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังทั้ง 2 ตัวประสาน มีค่าความชื้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ที่ได้กำหนดความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก , ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยใช้โซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน มีปริมาณเถ้ามากกว่า หลังการเผาไหม้ควรเกิดเถ้าในปริมาณที่น้อย เนื่องจากเชื้อเพลิงควรเผาไหม้เป็นพลังงานความร้อนให้ได้มากที่สุด

ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังทั้ง 2 ตัวประสาน มีปริมาณสารระเหยที่ค่อนข้างสูง ปริมาณสารระเหยค่อนข้างสูงแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการติดไฟได้ง่าย สำหรับถ่านอัดแท่งปริมาณสารระเหยไม่มีกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547)

ปริมาณคาร์บอนคงตัว สามารถบ่งบอกได้ถึงระยะเวลาในการมอดดับของเชื้อเพลิงอัดแท่ง หากมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะทำให้มีระยะเวลาในการใช้งานนานขึ้น เชื้อเพลิงที่ดีจะต้องมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบสูง โดยทั้ง 2 ตัวประสาน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง โดยทั้ง 2 ตัวประสาน มีคาร์บอนคงตัวอยู่ในปริมาณที่สูง สำหรับถ่านอัดแท่งปริมาณคาร์บอนคงตัวไม่มีกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547)

4. สรุป

ในการศึกษาการทำถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลัง โดยการทดลองอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ในการอัดขึ้นรูปด้วยอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ได้ผลสรุปดังนี้

1) อัตราส่วนผสมที่เหมาะโดยใช้ แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน คือ ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ (1000 : 120 : 2000) (หน่วย g : g : ml)

2) อัตราส่วนผสมที่เหมาะโดยใช้ โซเดียมซิลิเกต เป็นตัวประสาน คือ ผงถ่าน : โซเดียมซิลิเกต: น้ำ (1000 : 400 : 1500) (หน่วย g : g : ml)

3) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน พบว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1.45 g/cm^3 ดัชนีการแตกร่วนเฉลี่ย 0.99 ค่าความร้อนเฉลี่ย 5,258.34 cal/g ปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 6.71 ปริมาณเถ้าเฉลี่ยร้อยละ 9.99 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 36.47 และคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยร้อยละ 46.85

4) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านอัดแท่งจากลำต้นมันสำปะหลังโดยใช้โซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสานพบว่าค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1.43 g/cm^3 ดัชนีการแตกร่วนเฉลี่ย 0.97 ค่าความร้อนเฉลี่ย 4,510.96 cal/g ปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 6.79 ปริมาณเถ้าเฉลี่ยร้อยละ 23.08 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 26.53 และคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยร้อยละ 43.62

5) เปรียบเทียบตัวประสานระหว่าง แป้งมันสำปะหลัง กับโซเดียมซิลิเกต พบว่า ตัวประสานที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าโซเดียมซิลิเกต เนื่องจากให้ค่าความร้อนสูงอยู่ที่ 5,258.34 cal/g ค่าความชื้นต่ำอยู่ที่ร้อยละ 6.71 ซึ่งทำให้เชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งติดไฟง่ายและเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)

5. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาที่ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2559,

[2] เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/Lddweb_ord/Technical/pdf. [27/11/2564]

[3] สมศักดิ์ เสนาภักดี, 2559, ปริมาณแสงแดดในช่วงเวลากลางวัน [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.gepowers.com/solar-cell. [27/11/2564]

[4] ฐิติมา รุ่งรัตนาอุบล, 2555, “พลังงานเขียวจากเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Green energy of fuel briquette)”, วิศวกรรมสาร, ปีที่ 65, ฉบับที่ 1, หน้า 43-46.

[5]โซเดียมซิลิเกต [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http:/ /www. Tarikothai. com. [29/11/2564]

[6] Jordan, How to Make Charcoal Briquettes Components and Process [Online], Available: http://www.ftmmachinery.com/blog/composition-and-processing-of-charcoal-briquette.html.[2021, November 29

[7] Babanin, V. I., Eremin, A. Y. and Bezdezhskii, G. N., 2007, “Development and introduction of a new technology for briquet ting finely divided materials with sodium silicate”, Metallurgist, Vol. 51, No. 1 pp. 66-71.

[8] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม มผช.657/2547 [ออนไลน์], แหล่งที่มา : http://www.tcps.tisi.go.th. [29/11/2564]

[9] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547, มาตรฐานผลิตชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช.238/2547 [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.tcps.tisi.go.th. [29/11/2564]

[10] EUROLEB, การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www. laboratuar.com. [2/12/2564]

[11] ASTM International, 1996-2022, Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis [Online], Available: http://www.astm.org. [2022, March 10]

[12] LECO EMPOWERING RESULTS, 2021, Thermogravimetric Analyzer [Online], Available: https://leco.co.th : https://leco.co.th/product/tga801-thermogravimetric-analyzer [2022,March 10]

บทความวิจัย
สาขาวิศวกรรมเครื่องมือ
และแม่พิมพ์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาค่าความเครียดจากกระบวนการม้วนขอบบานพับประตู

Study of Stain from Curling Process of Butt Door Hinge

อัครเวช ศุภาคม[1*] เกียรติภูมิ ช่วยงาน ธีรัช สงพันธ์ และ ประภาภรณ์ ลอยนอก

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-mail : Akrawech.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาค่าความเครียดจากกระบวนการม้วนขอบบานพับประตู แม่พิมพ์ม้วนขอบทำจากวัสดุ SKD 11 ทดสอบโดยใช้แม่พิมพ์ติดตั้งบนเครื่องเพลสเชิงกลขนาด 4 ตัน แผ่นสตริปเหล็กแผ่นรีดร้อนและเหล็กแผ่นรีดเย็น ผลจากการทดลอง พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเครียดสูงสุดของเหล็กแผ่นรีดร้อนม้วนขอบบานพับประตูมีค่า-1.36 เปอร์เซ็นต์ความเครียดสูงสุดของเหล็กแผ่นรีดเย็นม้วนขอบบานพับประตูมีค่า 2.33

คำสำคัญ : ความเครียด; การม้วนขอบ; บานพับประตู

Abstract

This objective of this project is to study strain from curling process of butt door hinge. In the experiment. The curling die was made of SKD 11 tool steel and set up on the press machine with 4 tons force. The strip material in the curling process was hot rolled steel sheet and cold rolled steel sheet. This finding presented that percent strain max of hot rolled steel sheet butt door hinge was -1.36 and percent strain max of cold rolled steel sheet butt door hinge was 2.33.

Keywords: strain; curling; butt door hinge

1. บทนำ

ความต้องการที่หลากหลายของผู้บริโภค ส่งผลให้อุตสาหกรรมต้องพัฒนาให้อยู่รอดในการแข่งขันด้านต้นทุนสินค้า การผลิตสินค้าตรงตามความต้องการผู้บริโภค ด้วยกระบวนการผลิตที่เหมาะสม กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Forming) เป็นการทำให้โลหะแผ่นมีรูปทรงสามมิติ ความหนาสม่ำเสมอ มีความแข็งแรงขนาดและรูปร่างตรงตามแบบ ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อความหนาโลหะแผ่นในกระบวนการดัด [1] การประยุกต์ใช้วิธีเชิงตัวเลข (Finite Element Method) จำลองการขึ้นรูปโลหะแผ่น [2] วิเคราะห์โครงสร้างแม่พิมพ์ [3] และลดขนาดแผ่นโลหะที่ใช้ขึ้นรูป [4] เป็นต้น จากที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาค่าความเครียดจากกระบวนการม้วนขอบบานพับประตูที่ส่งผลต่อขนาดช่องว่าง C และความยาวขอบบานพับประตู B เพื่อหาสาเหตุเมื่อเปลี่ยนวัสดุจากเหล็กแผ่นรีดร้อนมาใช้เหล็กแผ่นรีดเย็นแล้วไม่สามารถประกอบบานพับประตูได้ แล้วทำการแก้ไขแม่พิมพ์ต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเครียด

ความเครียดทางวิศวกรรม (Engineering Strain) อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงความยาวของวัสดุกับความยาวเดิม สามารถบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเครียด (Percent Strain หรือ Percent Elongation) ความเครียดจากการม้วนขอบเมื่อพิจารณาตามแนวการม้วน ส่วนในโค้งเกิดความเครียดจากแรงอัดตัว ส่วนนอกโค้งเกิดความเครียดจากแรงดึง

2.2 การม้วนขอบ

การม้วนตรงปลายขอบชิ้นงานให้เป็นขอบโค้งหรือทรงกระบอกกลวง [5] ทำให้ขอบชิ้นงานแข็งแรงมากขึ้น ม้วนรอยตัดเข้าไปด้านในไม่เกิดอันตรายเมื่อหยิบใช้งาน สามารถม้วนอยู่บนขอบงาน (Off Centre)ในรูปที่ 1 หรือม้วนอยู่กึ่งกลางขอบงาน (On Centre) ในรูปที่ 2 ก็ได้ การม้วนเริ่มจากดัดให้ขอบชิ้นงานเริ่มโค้งไปตามทิศทางการม้วนและม้วนให้เป็นทรงกระบอกกลวงขั้นตอนสุดท้าย

รูปที่ 1 ม้วนอยู่บนขอบงาน

รูปที่ 2 ม้วนอยู่กึ่งกลางขอบงาน

2.3 บานพับประตู

บานพับหมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ยึดบานประตูหรือหน้าต่างให้พับเข้ามาหรือเปิดออกได้ มีหลายรูปแบบเช่น บานพับผีเสื้อ บานพับแบบถ้วย

3. วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานเขียนเป็นแผนผังการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แผนผังการดำเนินงาน

3.1 เตรียมแผ่นบานพับประตู

เตรียมแผ่นสตริปขนาดกว้าง 83 mm ยาว 1,219 mm หนา 1.5 mm จากเหล็กแผ่นรีดร้อนและเหล็กแผ่นรีดเย็น ปั๊มด้วยแม่พิมพ์ต่อเนื่อง แรงปั๊ม 26 t (จากการคำนวณ) ใช้เครื่องปั๊มข้อเหวี่ยงขนาด 80 t ชิ้นงานที่ได้ในรูปที่ 4

รูปที่ 4 แผ่นบานพับประตู

3.2 ทดลองม้วนขอบบานพับประตู

แรงที่ใช้ในการม้วน (F_b) ดังสมการที่ (1) ความหนาแผ่นสตริป (s) = 1.5 mm ความยาวการม้วนขอบ (w) = 40 mm ความแข็งแรงดึงแผ่นสตริป (R_m) = 455 N/mm^2 เส้นผ่านศูนย์กลางนอกขอบม้วนบานพับประตู (d_1) = 9 mm

$$F_b = \frac{0.7 \times s^2 \times w \times R_m}{d_1} \quad (1)$$

$$= 3{,}185\,\mathrm{N} \approx 0.33\,\mathrm{t}$$

ใช้เครื่องปั๊มข้อเหวี่ยงขนาด 4 tons ความยาวส่วนที่ยืดออกของขอบม้วนบานพับประตู (l) จากสมการที่ (2) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยขอบม้วนบานพับประตู (d_m) = 7.5 mm

$$l = \pi \times d_m \quad (2)$$

$$= 23.57\,\mathrm{mm}$$

ปรับตั้งให้ส่วนที่ยืดออกของขอบม้วนบานพับประตูสูงพ้นแม่พิมพ์ 28 mm ก่อนม้วนดังรูปที่ 5 แล้วทำการทดลองม้วนขอบบานพับต่อไปได้ชิ้นงานดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7

รูปที่ 5 วางแผ่นบานพับประตูในแม่พิมพ์ก่อนม้วนขอบ

รูปที่ 6 บานพับประตูจากเหล็กแผ่นรีดร้อน

รูปที่ 7 บานพับประตูจากเหล็กแผ่นรีดเย็น

4. ผลการทดลอง

ทำการบันทึกข้อมูลของบานพับประตูในตารางที่ 1 – 4 ในตารางค่า A และค่า B ความกว้างจริงของแนวการม้วนขอบ ส่วนค่า C ความกว้างช่องว่างระหว่างขอบม้วน ความกว้างจริงก่อนม้วนของค่า A และค่า B เท่ากับ 20 mm ความกว้างจริงก่อนม้วนของค่า C เท่ากับ 20.8 mm

ตารางที่ 1 ข้อมูลบานพับประตูด้านซ้ายจากเหล็กแผ่นรีดร้อน

ชิ้นที่	A (mm)	%strain A	B (mm)	%strain B	C (mm)	%strain C
1	20.02	0.1	20.06	0.3	20.52	-1.35
2	20.04	0.2	20.08	0.4	20.54	-1.25
3	20.02	0.1	20.02	0.1	20.52	-1.35
4	20.08	0.4	20.02	0.1	20.52	-1.35
5	20.04	0.2	20.02	0.1	20.52	-1.35
6	20.06	0.3	20.08	0.4	20.5	-1.44
เฉลี่ย	20.04	0.22	20.05	0.23	20.52	-1.35

ตารางที่ 2 ข้อมูลบานพับประตูด้านขวาจากเหล็กแผ่นรีดร้อน

ชิ้นที่	A (mm)	%strain A	B (mm)	%strain B	C (mm)	%strain C
1	20.04	0.2	20.02	-0.3	20.52	-1.35
2	20.1	0.5	20.04	0.2	20.5	-1.44
3	20.08	0.4	20.02	0.1	20.54	-1.25
4	20.04	0.2	20.04	0.2	20.5	-1.44
5	20.06	0.3	20.04	0.2	20.52	-1.35
6	20.04	0.2	20.02	0.1	20.52	-1.35
เฉลี่ย	20.06	0.30	20.03	0.15	20.52	-1.36

ตารางที่ 3 ข้อมูลบานพับประตูด้านซ้ายจากเหล็กแผ่นรีดเย็น

ชิ้นที่	A (mm)	%strain A	B (mm)	%strain B	C (mm)	%strain C
1	20.52	2.6	20.5	2.5	20.38	-2.02
2	20.5	2.5	20.5	2.5	20.42	-1.83
3	20.52	2.6	20.42	2.1	20.44	-1.73
4	20.5	2.5	20.48	2.4	20.42	-1.83
5	20.38	1.9	20.26	1.3	20.24	-2.69
6	20.34	1.7	20.3	1.5	20.34	-2.21
7	20.32	1.6	20.26	1.3	20.42	-1.83
8	20.64	3.2	20.5	2.5	20.38	-2.02
เฉลี่ย	20.47	2.33	20.40	2.01	20.38	-2.02

ตารางที่ 4 ข้อมูลบานพับประตูด้านขวาเหล็กรีดเย็น

ชิ้นที่	A (mm)	%strain A	B (mm)	%strain B	C (mm)	%strain C
1	20.36	1.8	20.28	1.4	20.44	-1.73
2	20.44	2.2	20.40	2.0	20.44	-1.73
3	20.42	2.1	20.28	1.4	20.28	-2.50
4	20.42	2.1	20.38	1.9	20.34	-2.21
5	20.44	2.2	20.40	2.0	20.30	-2.40
6	20.48	2.4	20.34	1.7	20.42	-1.83
7	20.28	1.4	20.18	0.9	20.28	-2.50
8	20.58	2.9	20.48	2.4	20.34	-2.21
เฉลี่ย	20.43	2.14	20.34	1.71	20.36	-2.14

5. สรุปผลการทดลอง

หาเปอร์เซ็นต์ความเครียดเฉลี่ยจากตารางที่ 1-4 ได้ค่าในตารางที่ 5 พบว่า

5.1 เปอร์เซ็นต์ความเครียดเฉลี่ยแผ่นบานพับประตูจากวัสดุเหล็กแผ่นรีดเย็น มากกว่าเปอร์เซ็นต์ความเครียดเฉลี่ยแผ่นบานพับประตูจากวัสดุเหล็กแผ่นรีดร้อนทุกตำแหน่ง เท่ากับ 2.11%, 1.78%, 0.67%, 1.84%, 1.63% และ 0.78% ตามลำดับ

5.2 เปอร์เซ็นต์ความเครียดเฉลี่ยแผ่นบานพับประตูจากวัสดุทั้งสองชนิดทั้งด้านซ้ายและขวา ที่ตำแหน่ง A และ B มีค่าเป็นบวก จากความกว้างที่เพิ่มขึ้น ส่วนตำแหน่ง C มีค่าเป็นลบ จากความกว้างที่ลดลง

5.3 เปอร์เซ็นต์ความเครียดเฉลี่ยแผ่นบานพับประตูจากวัสดุเหล็กแผ่นรีดร้อน ด้านซ้ายตำแหน่ง B มีค่าน้อยกว่าด้านขวาตำแหน่ง C และด้านขวาตำแหน่ง B มีค่าน้อยกว่าด้านซ้ายตำแหน่ง C ตามลำดับ ทำให้ประกอบกันได้ดังรูปที่ 8

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ความเครียดเฉลี่ยจากการม้วนขอบบานพับประตู

วัสดุ	% strain เฉลี่ยแผ่นบานพับประตู					
	ด้านซ้าย			ด้านขวา		
	A	B	C	A	B	C
1.เหล็กแผ่นรีดร้อน	0.22	0.23	-1.35	0.30	0.08	-1.36
2. เหล็กแผ่นรีดเย็น	2.33	2.01	-2.02	2.14	1.71	-2.14

5.4 เปอร์เซ็นต์ความเครียดเฉลี่ยแผ่นบานพับประตูจากวัสดุเหล็กแผ่นรีดเย็น ด้านซ้ายตำแหน่ง B ยืดออกมีค่าใกล้เคียงด้านขวาตำแหน่ง C หดเข้า ทำให้ประกอบกันไม่ได้ดังรูปที่ 9

5.5 จากรูปที่ 8 ขนาดเฉลี่ย B ด้านขวา 20.03 มม.สวมกับร่อง C ด้านซ้าย 20.52 มม.ได้และ B ด้านซ้าย 20.05 มม.สวมกับร่อง C ด้านขวา 20.52 มม.ได้

5.6 จากรูปที่ 9 ขนาดเฉลี่ย B ด้านขวา 20.34 มม. สวมกับร่อง C ด้านซ้าย 20.38 มม.ได้และ B ด้านซ้าย 20.40 มม.สวมกับร่อง C ด้านขวา 20.36 มม.ไม่ได้ เนื่องจากขนาดร่อง C แคบกว่า B อยู่ 0.04 มม.

รูปที่ 8 บานพับประตูเหล็กแผ่นรีดร้อนประกอบได้

รูปที่ 9 บานพับประตูเหล็กแผ่นรีดเย็นประกอบไม่ได้

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางบริษัท เอ็มซี 39 จำกัด และพนักงานทุกๆ ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมการทดสอบ เพื่อนำข้อมูลมาเขียนบทความเพื่อเข้าร่วมในการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

เอกสารอ้างอิง

[1] G. Hussain and M. Alkahtani, “Analysis of wall curling in incremental forming of a sheet: role of residual stress, stretching force and process conditions.” Accessed: Apr. 26, 2022. [online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/

[2] N. Boudeau, L. Vitu, A. Abdelkefi, P. Malecot, and N. Guermazi, “Developments of methods for improving metal forming operations simulations: material hardening and friction characterization under process conditions.” Accessed: Apr. 25, 2022. [online]. Available: http://www.researchgate.net/publication

[3] G. Rathod, P. Akki, D. Mirashi, and G. kallihal, “Structural Analysis of Sheet Metal Curling Tool.” Accessed: Apr. 25, 2022. [online]. Available: http://ijcrt.org/papers/

[4] K. Hariharan, C. Balaji, “Material optimization: A case study using sheet metal-forming analysis.” Accessed: Apr. 25, 2022. [online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-นามสกุล นายอัครเวช ศุภาคม

ที่อยู่ 87/10 ม. 5 ถ.แจ้งวัฒนะ ต. ปากเกร็ด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

โทรศัพท์ 080-070-9921

E-mail address Akrawech.s@RMUTP.ac.th

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-นามสกุล นายเกียรติภูมิ ช่วยงาน

ที่อยู่ 79 ม.2 ต.บึงอ้อ อ.ขามทะเลสอ จ.นครราชสีมา 20820

โทรศัพท์ 095-621-8267

E-mail address KEATTIPOOM-C@emutp.ac.th

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-นามสกุล นายธีรัช สงพันธ์

ที่อยู่ 145/48 หมู่บ้านเมืองประชา ต. บางคูวัด อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

โทรศัพท์ 098-449-6452

E-mail address TEERAT-S@rmutp.ac.th

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวประภาภรณ์ ลอยนอก

ที่อยู่ 485/50 ราชปรารภ 4 มักกะสัน เขตราชเทวี จ.กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 061-516-0985

E=mail address PRAPAPORN-L@rmutp.ac.th

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์ด้วยเทคนิคการใช้โปรแกรมจำลอง

The Study plastic Injection Mold Using Unix graphic

ประเสริฐ ชุมปัญญา* นายนิติภูมิ ผลาผล[1] และนางสาวเพชรรัตน์ อ่วมเหล็ง[2]

[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: prasert.c.@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์จากพลาสติก เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองการฉีดพลาสติกชนิดโพลีโพรพีลิน ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะมีขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ออกแบบรูปทรงบล็อกให้เหมาะสมกับการใช้งาน รูปร่างเป็นทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร สูง 70 มิลลิเมตร หนา 2.5 มิลลิเมตร รวมถึงการหาค่าต่างๆ เช่น คำนวณหาค่าความดัน คำนวณหาระยะเวลาหล่อเย็น หาขนาดของสกรู คำนวณแรงปิดแม่พิมพ์ การเลือกใช้เครื่องฉีด เพื่อให้ได้แม่พิมพ์และชิ้นงานที่สมบูรณ์ จากการทดลองจากการจำลองบล็อกอเนกประสงค์ ระยะเวลาหล่อเย็นอยู่ที่ 2.283 วินาที และแรงปิดแม่พิมพ์อยู่ที่ 145.83 ตัน จากการจำลองพบปัญหาพลาสติกเย็นตัวช้า และทำการแก้ไขโดยการปรับรูหล่อเย็นของแผ่นแม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity plat) จึงทำให้ชิ้นงานในการจำลองได้จำลองออกมาแบบสวยงาม

คำสำคัญ : แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก, อุณหภูมิฉีด, ค่าความดันฉีด และระยะเวลาหล่อเย็น

Abstract

The study the design and simulation of multi-purpose plastic block injection molding of plastics in order to select the appropriate plastic for use by using plastic injection modeling. Therefore, a multi-purpose block made of polypropylene plastic was chosen. In the design of plastic injection molds, there is a data study process. Block shape design to suit usage, the shape is a cylinder with a diameter of 140 millimeter, a height of 70 millimeter, a thickness of 2.5 millimeter, including finding various values such as calculating pressure. Calculate the cooling time find the size of the screw Calculate mold closing force Selection of injection machines in order to obtain a complete mold and work piece. The experiment from the multi-purpose block simulation the cooling time was 2.283 seconds and the mold closing force was 145.83 tons, and can be corrected by adjusting the coolant holes of Female mold plate (Cavity plat) so that the work piece in the simulation can be simulated perfected.

Keywords: Injection molding, Injection temperature, Injection pressure and Cooling time.

1. บทนำ

เนื่องจากแม่พิมพ์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการผลิตชิ้นงานซ้ำ ๆ เหมือนเดิมทุกครั้ง ได้ในปริมาณครั้งละมาก ๆ สามารถผลิตได้ในระยะเวลาอันสั้นและชิ้นงานมีมาตรฐานที่อยู่ในระดับเดียวกันซึ่งแม่พิมพ์ที่ผลิตและใช้อยู่ทั่วไปสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามประเภทวัสดุที่ใช้ทำการขึ้นรูป เช่น แม่พิมพ์โลหะ แม่พิมพ์พลาสติก แม่พิมพ์ยาง แม่พิมพ์แก้ว แม่พิมพ์เซรามิกส์ และอื่น ๆ เป็นต้น การออกแบบเขียนแบบเพื่อที่จะให้งานออกมาสมบูรณ์ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะผลิตบล็อกเอกประสงค์จากพลาสติกชนิดโพลีโพรพีลีนโดยนำโปรแกรมยูนิกราฟฟิกส์เอ็นเอ็กซ์ (UNIGRAPHICS NX) มาช่วยในการออกแบบเขียนแบบแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแม่พิมพ์ที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นต้น

2. ทฤษฎี

2.1 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกเอกประสงค์ (Mold Design)

บล็อกเอกประสงค์ จากพลาสติกโพลีโพรพีลีจะช่วยลดปัญหาในการจัดเก็บสิ่งของที่เป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้เป็นที่เป็นทางและเป็นระเบียบมากขึ้นเพราะใช้พื้นที่น้อยและบล็อกสามารถวางซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ได้ แบบงานบล็อกเอกประสงค์ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แบบบล็อกเอนกประสงค์

รูปที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานบล็อกเอนกประสงค์

2.2 ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ฉีดบล็อกเอนกประสงค์

1. Top Clamping Plate
2. Cavity Plate
3. Slide L&R
4. Core Plate
5. Slide Stop Block
6. Core Back Plate
7. Spacer Block
8. Ejector Retainer Plate
9. Ejector Plate
10. Bottom Clamping Plate

2.3. ขั้นตอนการจำลองและการตั้งค่า

1. กำหนดตำแหน่ง Injection Location
2. สร้างและกำหนดขนาด Runner

รูปที่ 3 กำหนดตำแหน่ง Injection Location

การกำหนดตำแหน่งทางเข้าพลาสติกที่เหมาะสมมีส่วนสำคัญในการช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์การไหลภายในแม่พิมพ์ฉีด [1]

รูปที่ 4 ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดบล็อกเอนกประสงค์

3. Create Mesh กำหนดขนาด Mesh

รูปที่ 5 การสร้าง Mesh ของชิ้นงาน

4. เลือกวัสดุ (PP)

รูปที่ 6 การเลือกวัสดุ

2.4 ตัวแปรอ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลพลาสติก

2.4.1 เวลาที่ใช้ในการฉีด

ระยะเวลาในการฉีดที่เหมาะสมต่อรอบของการฉีด

2.4.2 อุณหภูมิพลาสติก

อุณหภูมิในการหลอมพลาสติกเพื่อให้พลาสติกไหลตัว

2.4.3 อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature) [2]

อุณหภูมิของพลาสติกที่เหมาะสมในการฉีดคำนวณได้ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$Qp = \frac{m\,(hI - hE)}{tZ} \qquad (1)$$

Qp = the input heat from the polymer melt

m = moulding weight

hI = specific enthalpy of plastic during injection

hE = specific enthalpy of component during demoulding

tZ = cycle time

ตารางที่ 1 ตัวแปรในการจำลอง

แบบจำลองการวิเคราะห์แบบที่ 1		แบบจำลองการวิเคราะห์แบบที่ 2	
เวลาที่ใช้ในการฉีด (sec)	4.99	เวลาที่ใช้ในการฉีด (sec)	4.99
อุณหภูมิพลาสติก (℃)	230	อุณหภูมิพลาสติก (℃)	230
อุณหภูมิแม่พิมพ์ (℃)	50	อุณหภูมิแม่พิมพ์ (℃)	45

2.5 ผลการจำลองชิ้นงานฉีดพลาสติก

2.5.1. Fill Time

พล็อตเวลาเติมจะแสดงการไหลของการหลอมพลาสติกขณะที่ไหลผ่านช่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ระหว่างขั้นตอนการเติมของกระบวนการฉีดขึ้นรูป แถบสีน้ำเงินแสดงถึงจุดเริ่มต้นของการไหล บริเวณสีแดงแสดงถึงจุดสิ้นสุด [1,3] ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 Full time

2.5.2. Average Temperature at End of Fill

อุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดสิ้นสุดของแผนภาพการเติมจะระบุอุณหภูมิหลอมเหลวเฉลี่ยระหว่างพื้นผิวทั้งสองของโครงตาข่าย หากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดรอยยุบและการบิดงอได้ [2,3] ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 Average Temperature at End of Fill

2.5.3. Cooling Time

การหล่อเย็นมีไว้เพื่อลดอุณหภูมิของวัสดุจนถึงอุณหภูมิการโก่งตัวภายใต้แรงดัดงอ ซึ่งเป็นอุณหภูมิการดีดออก โดยปกติเวลาในการทำความเย็นจะอยู่ที่ 70% ของรอบเวลาทั้งหมด [2,3] ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 9 Cooling Time

2.5.4. Pressure at End of Fill

ในระหว่างขั้นตอนการเติม จะควบคุมความเร็วการฉีดไปข้างหน้าของสกรูลูกสูบ ซึ่งส่งผลให้แรงดันที่จำเป็นในการเติมโพรงที่ความเร็วนั้น แรงดันในการฉีดจะแพร่กระจายผ่านพลาสติกหลอมเหลว และส่งผลให้แรงดันตกคร่อมกระจายไปตามความยาวของการไหล แรงกดที่ส่วนท้ายของการเติมเป็นเครื่องบ่งชี้ที่ดีว่าช่องว่างนั้นเต็มเท่ากันเพียงใด [3,4] ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 Pressure at End of Fill

3. การวิเคราะห์ผลการจำลองการฉีด

3.1. Fill Time

Flow Fill Time ทำให้ทราบถึงเวลาและทิศทางการไหลของพลาสติกของแต่ละช่วงเวลา ที่เข้าไปในชิ้นงานซึ่งดูจากสัดส่วนการไหล โดยจะแสดงเป็นสีที่ไหลเข้าไปในโพรงแบบตามสีของทางวิ่งของแต่ละเวลา ในแบบจำลองที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์ Flow Fill Time ผลที่ได้จากการฉีดพบว่าแบบจำลองที่ 1 จะใช้เวลาฉีดเร็วกว่าแบบจำลองที่ 2

3.2. Cooling Time

การวิเคราะห์เวลาการระบายความร้อนของเนื้อพลาสติกในกระบวนการฉีดขึ้นรูป ในแบบจำลองที่ 1และ 2 ผลการวิเคราะห์ Cooling Time จะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ 2 จะให้การระบายความร้อนได้ดีกว่าแบบจำลองที่ 1 เพราะถ้าการไหลตัวของน้ำพลาสติกดีการระบายความร้อนในระบบก็จะดีชิ้นงานก็จะสมบูรณ์มากขึ้น

3.3. การวิเคราะห์แบบ Sink Marks

Sink Marks คือ การวิเคราะห์รอยยุบตัวในกระบวนการฉีดขึ้นรูป ในแบบจำลองที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์ Sink Marks จะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ 1 จะเกิดลอยยุบตัวที่มากกว่าแบบจำลองที่ 2 เพราะการเคลื่อนที่น้ำพลาสติกวิ่งได้ไม่ทั่ว Cavity จึงส่งผลให้เกิดแรงและลอยยุบตัวที่มากกว่าแบบจำลองที่ 2

3.4. การวิเคราะห์แบบ Weld Line

Weld Line คือ การวิเคราะห์การเกิดลอยประสานของเนื้อพลาสติกในกระบวนการฉีดขึ้นรูป ในแบบจำลองที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์ Weld Line รอยประสานของแบบจำลองที่ 1 จะน้อยกว่าแบบจำลองที่ 2 เพราะการไหลเชื่อมต่อชิ้นงานแบบจำลองจำลองที่ 2 เคลื่อนที่ได้ไม่เต็ม Cavity [1,3,4]

3.5 การวิเคราะห์แบบ Shear Stress of Fill

คือการวิเคราะห์เค้นเฉือนที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการฉีดทำให้ทราบถึงทิศทางการไหลของเนื้อพลาสติกของแต่ละแบบจำลอง ที่เข้าไปในเนื้อชิ้นงานซึ่งสามารถแสดงผลในรูปของสัดส่วนการไหลและความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดจากแบบจำลองที่ 2 พบกว่าความเค้นเฉือนจะน้อยกว่าแบบจำลองที่ 1 เนื่องจากเนื่องจากอุณหภูมิของแม่พิมพ์นั้นมากกว่า [1,3,4]

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์การจำลองฉีดพลาสติกชนิด PP

รายการ	แบบที่ 1	แบบที่ 2
Flow Fill Time	4.12 sec	4.99 sec
Cooling Time	70.19 sec	65.18 sec
Sink Marks	0.0520 mm	0.0518 mm
Weld Line	146.33 deg.	149.14 deg.
Shear Stress of Fill	0.16 MPa	0.14 MPa

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ที่ให้ความร่วมมือในสร้างแบบงานและจำลองงานฉีดนี้จนสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] การวิเคราะห์ปัญหางานฉีดพลาสติกและวิธีการแก้ไข ตอนที่ 1 [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://www.laplastic.biz/injection-molding-defects.html

[2] Peerawat Somnuk, “Basic Injection Mould Design” เอกสารเย็บเล่ม, ภาควิชาเทคโนโลยีการขึ้นรูปวัสดุและนวัตกรรมการผลิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

[3] สมเจตน์ พัชรพันธ “ข้อบกพร่องในงานพลาสติกที่ผ่านขบวนการฉีดขึ้นรูป : สาเหตุและแนวทางการแก้ไข” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มก. ฉบับที่ 69 ปีที่ 22, หน้า 91-104, สิงหาคม - ตุลาคม 2552

[4] L.Werayoot “The Design of Plastic Injection Mold Using Finite Element Analysis” Naresuan University Engineering Journal, Vol.11. No.1. January - June 2016, pp.101 -109

ประวัติผู้เขียนบทความ

ประเสริฐ ชุมปัญญา

Email Address: prasert.c.@rmutp.ac.th

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์ด้วยเทคนิคการใช้โปรแกรมจำลองพลาสติกชนิดอะคริโลไนไตร บิวทาไดอิน สไตรลีน (ABS)

The Study plastic Injection Mold Using Unix graphic for ABS

ประเสริฐ ชุมปัญญา* นายอัครเวช ศุภาคม[1], นายนิติภูมิ ผลาผล[2] และนางสาวเพชรรัตน์ อ่วมเหล็ง[3]

[1,2,3]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: prasert.c.@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์จากพลาสติก เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองการฉีดพลาสติก ชนิดอะคริโลไนไตร บิวทาไดอิน สไตลีน ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะมีขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ออกแบบรูปทรงบล็อกให้เหมาะสมกับการใช้งาน รูปร่างเป็นทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร สูง 70 มิลลิเมตร หนา 2.5 มิลลิเมตร รวมถึงการหาค่าต่างๆ เช่น คำนวณหาค่าความดัน คำนวณหาระยะเวลาหล่อเย็น หาขนาดของสกรู คำนวณแรงปิดแม่พิมพ์ การเลือกใช้เครื่องฉีด เพื่อให้ได้แม่พิมพ์และชิ้นงานที่สมบูรณ์ จากการทดลองจากการจำลองบล็อกอเนกประสงค์ระยะเวลาหล่อเย็นอยู่ที่ 57.1 วินาที และแรงปิดแม่พิมพ์อยู่ที่ 145.83 ตัน จากการจำลองพบปัญหาเรื่องพลาสติกเย็นตัวช้า และสามารถทำการแก้ไขโดยการปรับรูหล่อเย็นของ แผ่นแม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity plat) จึงทำให้ชิ้นงานในการจำลองได้จำลองออกมาสมบูรณ์แบบ

คำสำคัญ : แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก, อุณหภูมิฉีด, ค่าความดันฉีด และระยะเวลาหล่อเย็น

Abstract

The study the design and simulation of multi-purpose plastic block injection molding of plastics in order to select the appropriate plastic for use by using plastic injection modeling. Therefore, a multi-purpose block made of Acrylonitrile Butadiene styrene plastic was chosen. In the design of plastic injection molds, there is a data study process. Block shape design to suit usage, the shape is a cylinder with a diameter of 140 millimeter, a height of 70 millimeter, a thickness of 2.5 millimeter, including finding various values such as calculating pressure. Calculate the cooling time find the size of the screw Calculate mold closing force Selection of injection machines in order to obtain a complete mold and work piece. The experiment from the multi-purpose block simulation the cooling time was 57.1 seconds and the mold closing force was 145.83 tons, and can be corrected by adjusting the coolant holes of Female mold plate (Cavity plat) so that the work piece in the simulation can be simulated perfected.

Keywords: Injection molding, temperature, and Cooling time.

1. บทนำ

เนื่องจากแม่พิมพ์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการผลิตชิ้นงานซ้ำ ๆ เหมือนเดิมทุกครั้ง ได้ในปริมาณครั้งละมาก ๆ สามารถผลิตได้ในระยะเวลาอันสั้นและชิ้นงานมีมาตรฐานที่อยู่ในระดับเดียวกันซึ่งแม่พิมพ์ที่ผลิตและใช้อยู่ทั่วไปสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามประเภทวัสดุที่ใช้ทำการขึ้น การออกแบบเขียนแบบเพื่อที่จะให้งานออกมาสมบูรณ์ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะผลิตบล็อกเอกประสงค์จากพลาสติกชนิด ABS โดยนำโปรแกรมยูนิกราฟฟิกส์เอ็นเอ็กซ์ (UNIGRAPHICS NX) มาช่วยในการออกแบบเขียนแบบแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ แม่พิมพ์ที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นต้น

2. ทฤษฎี

2.1 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกเอกประสงค์ (Mold Design)

บล็อกเอกประสงค์จากพลาสติกโพลีโพรพีลีจะช่วยลดปัญหาในการจัดเก็บสิ่งของทั่วไปที่เป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้เป็นระเบียบมากขึ้นเพราะใช้พื้นที่น้อยและบล็อกสามารถวางซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ได้

รูปที่ 1 แบบบล็อกเอนกประสงค์

รูปที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานบล็อกเอนกประสงค์

2.2 ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ฉีดบล็อกเอนกประสงค์

1. Top Clamping Plate
2. Cavity Plate
3. Slide L&R
4. Core Plate
5. Slide Stop Block
6. Core Back Plate
7. Spacer Block
8. Ejector Retainer Plate
9. Ejector Plate
10. Bottom Clamping Plate

2.3. ขั้นตอนการจำลองและการตั้งค่า

1. กำหนดตำแหน่ง Injection Location
2. สร้างและกำหนดขนาด Runner

รูปที่ 3 กำหนดตำแหน่ง Injection Location

3. Create Mesh กำหนดขนาด Mesh

คือการแบ่งชิ้นงานที่ถูกสร้างออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ ยิ่ง Element เล็กๆ ยิ่งได้ Solution ที่ดี [1]

รูปที่ 4 การสร้าง Mesh ของชิ้นงาน

4. เลือกวัสดุ ABS

รูปที่ 5 การเลือกวัสดุ

2.4 อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature) [2]

อุณหภูมิของพลาสติกที่เหมาะสมในการฉีดคำนวณได้ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$Qp = \frac{m\,(hI - hE)}{tZ} \qquad (1)$$

Qp = the input heat from the polymer melt

m = moulding weight

hI = specific enthalpy of plastic during injection

hE = specific enthalpy of component during demoulding

tZ = cycle time

ตารางที่ 1 ตัวแปรในการจำลอง

แบบจำลองการวิเคราะห์แบบที่ 1		แบบจำลองการวิเคราะห์แบบที่ 2	
เวลาที่ใช้ในการฉีด (sec)	4.11	เวลาที่ใช้ในการฉีด (sec)	4.11
อุณหภูมิพลาสติก (°C)	230	อุณหภูมิพลาสติก (°C)	230
อุณหภูมิแม่พิมพ์ (°C)	50	อุณหภูมิแม่พิมพ์ (°C)	45

2.5 ปัจจัยในการจำลองชิ้นงานฉีดพลาสติก

2.5.1. Fill Time

พล็อตเวลาเติมจะแสดงการไหลของการหลอมพลาสติก ขณะที่ไหลผ่านช่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ระหว่างขั้นตอนการเติมของกระบวนการฉีดขึ้นรูปแถบสีน้ำเงินแสดงถึงจุดเริ่มต้นของการไหล บริเวณสีแดงแสดงถึงจุดสิ้นสุด [3,4] ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 Full time

2.5.2. Average Temperature at End of Fill

อุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดสิ้นสุดของแผนภาพการเติมจะระบุอุณหภูมิหลอมเหลวเฉลี่ยระหว่างพื้นผิวทั้งสองของโครงตาข่าย หากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดรอยยุบและการบิดงอได้ [3,4] ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 Average Temperature at End of Fill

2.5.3. Cooling Time

ขั้นตอนการหล่อเย็นมีไว้เพื่อลดอุณหภูมิของวัสดุจนถึงอุณหภูมิการโก่งตัวภายใต้แรงดัดงอ ซึ่งเป็นการดึงความร้อนออก โดยปกติเวลาในการทำความเย็นจะอยู่ที่ 70% ของรอบเวลาทั้งหมด [3,4]

2.5.4. Pressure at End of Fill

ในระหว่างขั้นตอนการเติม จะควบคุมความเร็วการฉีดไปข้างหน้าของสกรูลูกสูบ ซึ่งส่งผลให้แรงดันที่จำเป็นในการเติมโพรงที่ความเร็วนั้น แรงดันในการฉีดจะแพร่กระจายผ่านพลาสติกหลอมเหลว และส่งผลให้แรงดันตกร่อมกระจายไปตามความยาวของการไหล แรงกดที่ส่วนท้ายของการเติมเป็นเครื่องบ่งชี้ที่ดีว่าช่องว่างนั้นเต็มเท่ากันเพียงใด [3,4]

3. การวิเคราะห์ผลการจำลองการฉีด

3.1. Fill Time

Flow Fill Time ทำให้ทราบถึงเวลาและทิศทางการไหลของพลาสติกของแต่ละช่วงเวลา ที่เข้าไปในชิ้นงานซึ่งดูจากสัดส่วนการไหล โดยจะแสดงเป็นสีที่ไหลเข้าไปในโพรงแบบตามสีของทางวิ่งของแต่ละเวลา ในแบบจำลองที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์ Flow Fill Time ผลที่ได้จากการฉีดพบว่าแบบจำลองที่ 1 จะใช้เวลาฉีดเร็วกว่าแบบจำลองที่ 2

3.2. Cooling Time

การวิเคราะห์เวลาการระบายความร้อนของเนื้อพลาสติกในกระบวนการฉีดขึ้นรูป ในแบบจำลองที่ 1และ 2 ผลการวิเคราะห์ Cooling Time จะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ 2 จะให้การระบายความร้อนได้ดีกว่าแบบจำลองที่ 1 เพราะถ้าการไหลตัวของน้ำพลาสติกดีการระบายความร้อนในระบบก็จะดีชิ้นงานก็จะสมบูรณ์มากขึ้น

3.3. การวิเคราะห์แบบ Sink Marks

Sink Marks จะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ 2 จะเกิดลอยยุบตัวที่มากกว่าแบบจำลองที่ 1 เพราะการเคลื่อนที่น้ำพลาสติกวิ่งได้ไม่ทั่ว Cavity จึงส่งผลให้เกิดแรงและลอยยุบตัวที่มากกว่าแบบจำลองที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 9 Sink Marks

3.4. การวิเคราะห์แบบ Weld Line

Weld Line คือ การวิเคราะห์การเกิดลอยประสานของเนื้อพลาสติกในกระบวนการฉีดขึ้นรูป ในแบบจำลองที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์ Weld Line รอยประสานของแบบจำลองที่ 1 จะน้อยกว่าแบบจำลองที่ 2 เพราะการไหลเชื่อมต่อชิ้นงานแบบจำลองจำลองที่ 2 เคลื่อนที่ได้ไม่เต็ม Cavity ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 9 Weld Line

3.5 การวิเคราะห์แบบ Shear Stress of Fill

การวิเคราะห์เค้นเฉือนที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการฉีดทำให้ทราบถึงทิศทางการไหลของเนื้อพลาสติกของแต่ละแบบจำลอง ที่เข้าไปในเนื้อชิ้นงานซึ่งสามารถแสดงผลในรูปของสัดส่วนการไหลและความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีด [1,3,4] จากผลการทดสอบจากแบบจำลองที่ 1 พบกว่าความเค้นเฉือนจะน้อยกว่าแบบจำลองที่ 2 เนื่องจากเนื่องจากอุณหภูมิของแม่พิมพ์นั้นน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 Shear Stress of Fill

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์การจำลองฉีดพลาสติกชนิด ABS

รายการ	แบบที่ 1	แบบที่ 2
Flow Fill Time	4.11 sec	4.11 sec
Cooling Time	57.10 sec	54.10 sec
Sink Marks	0.0219mm	0.0216 mm
Weld Line	149.22 deg.	147.62 deg.
Shear Stress of Fill	0.40 MPa	0.41 MPa

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ที่ให้ความร่วมมือในสร้างแบบงานและจำลองงานฉีดนี้จนสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] L.Werayoot “The Design of Plastic Injection Mold Using Finite Element Analysis” Naresuan University Engineering Journal, Vol.11. No.1. January - June 2016, pp.101 -109

[2] Peerawat Somnuk, “Basic Injection Mould Design” เอกสารเย็บเล่ม, ภาควิชาเทคโนโลยีการขึ้นรูปวัสดุและนวัตกรรมการผลิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

[3] สมเจตน์ พัชรพันธ “ข้อบกพร่องในงานพลาสติกที่ผ่านขบวนการฉีดขึ้นรูป : สาเหตุและแนวทางการแก้ไข” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มก.

[4] การวิเคราะห์ปัญหางานฉีดพลาสติกและวิธีการแก้ไข ตอนที่ 1 [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://www.laplastic.biz/injection-molding-defects.html

ประวัติผู้เขียนบทความ

ประเสริฐ ชุมปัญญา

Email Address: prasert.c.@rmutp.ac.th

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวเพชรรัตน์ อ่วมเหล็ง

Email Address: PHETCHARAT-O@rmutp.ac.th

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์ด้วยเทคนิคการใช้โปรแกรมจำลองพลาสติกชนิดโพลีสไตรลีน (PS)

The Study plastic Injection Mold Using Unix graphic for Polystyrene

ประเสริฐ ชุมปัญญา* นายนิติภูมิ ผลาผล[1] และนางสาวเพชรรัตน์ อ่วมเหล็ง[2]

[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: prasert.c.@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกอเนกประสงค์จากพลาสติก เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองการฉีดพลาสติกชนิดโพลีโพรพีลิน (PS)ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะมีขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ออกแบบรูปทรงบล็อกให้เหมาะสมกับการใช้งาน รูปร่างเป็นทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร สูง 70 มิลลิเมตร หนา 2.5 มิลลิเมตร รวมถึงการหาค่าต่างๆ เช่น คำนวณหาค่าความดัน คำนวณหาระยะเวลาหล่อเย็น หาขนาดของสกรู คำนวณแรงปิดแม่พิมพ์ การเลือกใช้เครื่องฉีด เพื่อให้ได้แม่พิมพ์และชิ้นงานที่สมบูรณ์จากการทดลองจากการจำลองบล็อกอเนกประสงค์ ระยะเวลาหล่อเย็นอยู่ที่ 2.283 วินาที และแรงปิดแม่พิมพ์อยู่ที่ 145.83 ตัน จากการจำลองแล้วพบปัญหาเรื่องพลาสติกเย็นตัวช้า และสามารถทำการแก้ไขโดยการปรับรูหล่อเย็นของ แผ่นแม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity plat) จึงทำให้ชิ้นงานในการจำลองได้จำลองออกมาสมบูรณ์และสวยงาม

คำสำคัญ : แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก, อุณหภูมิฉีด, ค่าความดันฉีด และระยะเวลาหล่อเย็น

Abstract

The study the design and simulation of multi-purpose plastic block injection molding of plastics in order to select the appropriate plastic for use by using plastic injection modeling. Therefore, a multi-purpose block made of polystyrene (PS) plastic was chosen. In the design of plastic injection molds, there is a data study process. Block shape design to suit usage, the shape is a cylinder with a diameter of 140 millimeter, a height of 70 millimeter, a thickness of 2.5 millimeter, including finding various values such as calculating pressure. Calculate the cooling time find the size of the screw Calculate mold closing force Selection of injection machines in order to obtain a complete mold and work piece. The experiment from the multi-purpose block simulation the cooling time was 34.56 seconds and the mold closing force was 145.83 tons, and can be corrected by adjusting the coolant holes of Female mold plate (Cavity plat) so that the work piece in the simulation can be simulated perfected.

Keywords: Injection molding, Injection temperature, Injection pressure and Cooling time.

1. บทนำ

เนื่องจากแม่พิมพ์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการผลิตชิ้นงานซ้ำ ๆ เหมือนเดิมทุกครั้ง ได้ในปริมาณครั้งละมาก ๆ สามารถผลิตได้ในระยะเวลาอันสั้นและชิ้นงานมีมาตรฐานที่อยู่ในระดับเดียวกันซึ่งแม่พิมพ์ที่ผลิตและใช้อยู่ทั่วไปสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามประเภทวัสดุที่ใช้ทำการขึ้น การออกแบบเขียนแบบเพื่อที่จะให้งานออกมาสมบูรณ์ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะผลิตบล็อกเอกประสงค์จากพลาสติกชนิดโพลีสไตรลีนโดยนำโปรแกรมยูนิกราฟฟิกส์เอ็นเอ็กซ์ (UNIGRAPHICS NX) มาช่วยในการออกแบบเขียนแบบแม่พิมพ์ ตัวอย่างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า,อิเล็กทรอนิกส์เป็นต้น

2. ทฤษฎี

2.1 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดบล็อกเอกประสงค์ (Mold Design)

บล็อกเอกประสงค์จากพลาสติกชนิดโพลีโพรพีลีจะช่วยลดปัญหาในการจัดเก็บสิ่งของชิ้นเล็ก ๆ ให้เป็นที่เป็นระเบียบมากขึ้นและใช้พื้นที่น้อยทั้งบล็อกยังสามารถวางซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ได้ แบบบล็อกเอนกประสงค์ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แบบบล็อกเอนกประสงค์

รูปที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานบล็อกเอนกประสงค์

2.2 ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ฉีดบล็อกเอนกประสงค์

1. Top Clamping Plate
2. Cavity Plate
3. Slide L&R
4. Core Plate
5. Slide Stop Block
6. Core Back Plate
7. Spacer Block
8. Ejector Retainer Plate
9. Ejector Plate
10. Bottom Clamping Plate

2.3. ขั้นตอนการจำลองและการตั้งค่า

1. กำหนดตำแหน่ง Injection Location
2. สร้างและกำหนดขนาด Runner

รูปที่ 3 กำหนดตำแหน่ง Injection Location

3. Create Mesh กำหนดขนาด Mesh

คือการแบ่งชิ้นงานที่ถูกสร้างออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ ยิ่ง Element เล็กๆ ยิ่งได้ Solution ที่ดี [1]

รูปที่ 4 การสร้างเมชเลิเมต์ของชิ้นงาน

4. เลือกวัสดุโพลีสไตรีน (PS)

รูปที่ 5 การเลือกวัสดุ PS

2.4 อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature) [2]

อุณหภูมิของพลาสติกที่เหมาะสมในการฉีดคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$Qp = \frac{m\,(hI - hE)}{tZ} \qquad (1)$$

Qp = the input heat from the polymer melt

m = moulding weight

hI = specific enthalpy of plastic during injection

hE = specific enthalpy of component during demoulding

tZ = cycle time

ตารางที่ 1 ตัวแปรในการจำลอง

แบบจำลองการวิเคราะห์แบบที่ 1		แบบจำลองการวิเคราะห์แบบที่ 2	
เวลาที่ใช้ในการฉีด (sec)	3.64	เวลาที่ใช้ในการฉีด (sec)	3.64
อุณหภูมิพลาสติก (°C)	230	อุณหภูมิพลาสติก (°C)	230
อุณหภูมิแม่พิมพ์ (°C)	50	อุณหภูมิแม่พิมพ์ (°C)	45

2.5 ปัจจัยในการจำลองชิ้นงานฉีดพลาสติก

2.5.1. Fill Time

พล็อตเวลาเติมจะแสดงการไหลของการหลอมพลาสติกขณะที่ไหลผ่านช่องของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ระหว่างขั้นตอนการเติมของกระบวนการฉีดขึ้นรูป แถบสีน้ำเงินแสดงถึงจุดเริ่มต้นของการไหล บริเวณสีแดงแสดงถึงจุดสิ้นสุด [3,4] ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 Full time

2.5.2. Average Temperature at End of Fill

อุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดสิ้นสุดของแผนภาพการเติมจะระบุอุณหภูมิหลอมเหลวเฉลี่ยระหว่างพื้นผิวทั้งสองของโครงตาข่าย หากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดรอยยุบและการบิดงอได้ [3,4] ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 Average Temperature at End of Fill

2.5.3. Cooling Time

ขั้นตอนการหล่อเย็นมีไว้เพื่อลดอุณหภูมิของวัสดุจนถึงอุณหภูมิการโก่งตัวภายใต้แรงดัดงอ ซึ่งเป็นการดึงความร้อนออก โดยปกติเวลาในการทำความเย็นจะอยู่ที่ 70% ของรอบเวลาทั้งหมด [3,4]

2.5.4. Pressure at End of Fill

ในระหว่างขั้นตอนการเติม จะควบคุมความเร็วการฉีดไปข้างหน้าของสกรูลูกสูบ ซึ่งส่งผลให้แรงดันที่จำเป็นในการเติมโพรงที่ความเร็วนั้น แรงดันในการฉีดจะแพร่กระจายผ่านพลาสติกหลอมเหลวและส่งผลให้แรงดันตกคร่อมกระจายไปตามความยาวของการไหล แรงกดที่ส่วนท้ายของการเติมเป็นเครื่องบ่งชี้ที่ดีว่าช่องว่างนั้นเต็มเท่ากันเพียงใด [3,4]

3. การวิเคราะห์ผลการจำลองการฉีด

3.1. Fill Time

Flow Fill Time ทำให้ทราบถึงเวลาและทิศทางการไหลของพลาสติกของแต่ละช่วงเวลาที่เข้าไปในชิ้นงาน ซึ่งดูจากสัดส่วนการไหลโดยจะแสดงเป็นสีที่ไหลเข้าไปในโพรงแบบตามสีของทางวิ่งของแต่ละเวลา ในแบบจำลองที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์ Flow Fill Time ผลที่ได้จากการฉีดพบว่าแบบจำลองที่ 1 จะใช้เวลาฉีดเร็วกว่าแบบจำลองที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 9 Pressure at End of Fill

3.2. Cooling Time

การวิเคราะห์เวลาการระบายความร้อนของเนื้อพลาสติกในกระบวนการฉีดขึ้นรูป ในแบบจำลองที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์ Cooling Time จะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ 2 จะให้การระบายความร้อนได้ดีกว่าแบบจำลองที่ 1 เพราะถ้าการไหลตัวของน้ำพลาสติกดีการระบายความร้อนในระบบก็จะดีชิ้นงานก็จะสมบูรณ์มากขึ้น

3.3. การวิเคราะห์แบบ Sink Marks

Sink Marks จะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ 2 จะเกิดลอยยุบตัวที่มากกว่าแบบจำลองที่ 1 เพราะการเคลื่อนที่น้ำพลาสติกวิ่งได้ไม่ทั่ว Cavity จึงส่งผลให้เกิดแรงและลอยยุบตัวที่มากกว่าแบบจำลองที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 Sink Marks

3.4. การวิเคราะห์แบบ Weld Line

Weld Line คือ การวิเคราะห์การเกิดลอยประสานของเนื้อพลาสติกในกระบวนการฉีดขึ้นรูป ในแบบจำลองที่ 1 และ 2ผลการวิเคราะห์ Weld Line รอยประสานของแบบจำลองที่ 1 จะน้อยกว่าแบบจำลองที่ 2 เพราะการไหลเชื่อมต่อชิ้นงานแบบจำลองจำลองที่ 2 เคลื่อนที่ได้ไม่เต็ม Cavity

3.5 การวิเคราะห์แบบ Shear Stress of Fill

การวิเคราะห์เค้นเฉือนที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการฉีดทำให้ทราบถึงทิศทางการไหลของเนื้อพลาสติกของแต่ละแบบจำลอง ที่เข้าไปในเนื้อชิ้นงานซึ่งสามารถแสดงผลในรูปของสัดส่วนการไหลและความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีด [1,3,4] จากผลการทดสอบจากแบบจำลองที่ 1 พบกว่าความเค้นเฉือนจะน้อยกว่าแบบจำลองที่ 2 เนื่องจากเนื่องจากอุณหภูมิของแม่พิมพ์นั้นน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 11

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์การจำลองฉีดพลาสติกชนิด PP

รายการ	แบบที่ 1	แบบที่ 2
Flow Fill Time	3.64 sec	4.99 sec
Cooling Time	34.56 sec	32.97 sec
Sink Marks	0.0224 mm	0.0225 mm
Weld Line	148.8 deg.	147.39 deg.
Shear Stress of Fill	0.19 MPa	9.329e-05 MPa

รูปที่ 11 Shear Stress of Fill

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ที่ให้ความร่วมมือในสร้างแบบงานและจำลองงานฉีดนี้จนสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] L.Werayoot “The Design of Plastic Injection Mold Using Finite Element Analysis” Naresuan University Engineering Journal, Vol.11. No.1. January - June 2016, pp.101 -109

[2] Peerawat Somnuk, “Basic Injection Mould Design” เอกสารเย็บเล่ม, ภาควิชาเทคโนโลยีการขึ้นรูปวัสดุและนวัตกรรมการผลิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

[3] สมเจตน์ พัชรพันธ “ข้อบกพร่องในงานพลาสติกที่ผ่านขบวนการฉีดขึ้นรูป : สาเหตุและแนวทางการแก้ไข” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มก.

[4] การวิเคราะห์ปัญหางานฉีดพลาสติกและวิธีการแก้ไข ตอนที่ 1 [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://www.laplastic.biz/injection-molding-defects.html

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึงและแรงกระแทกของพลาสติกโพลีโพรพีลีน

A SUTDY OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF INJECTION MOLDS FOR TENSILE AND IMPACT TESTS

ประสงค์ ก้านแก้ว[1] ธวัชชัย ชาติตานาญ[2] และ จักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง[1,2*]

Prasong Kankaew [1], Thawachchai Chattamnan [2] and Jakkrit Yimchang [1,2*]

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ศูนย์พระนครเหนือ 1381 ถนน พิบูลสงคราม แขวง วงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1,2] Department of Tool and Die Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Phra Nakhon North Bangkok Center

1381 Phibunsongkhram Road, Wongsawang Subdistrict, Bangsue Bangkok 10800

[*]Corresponding Author E-mail: prasong.k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

สมบัติทางกลของวัสดุพลาสติก PP (Polypropylene) จากกระบวนการฉีดพลาสติกที่ผสมเศษพลาสติก และนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อให้สามารถนำผลการทดลองในครั้งนี้ไปใช้ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและปลอดภัย ในการสร้างชิ้นงานทดสอบได้แก่ เนื้อวัสดุร้อยละ 100 วัสดุที่ผสมเศษวัสดุร้อยละ 25 ผลการทดลองทำให้ทราบค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด วัสดุที่ผสมเศษวัสดุร้อยละ 25 สามารถรับแรงดึงได้มากที่สุด ตามด้วยเนื้อวัสดุร้อยละ 100 ส่วนค่าความต้านทานแรงกระแทกสูงสุด วัสดุที่เป็นเนื้อวัสดุร้อยละ 100 สามารถรับแรงกระแทกได้มากที่สุด ตามด้วยวัสดุที่ผสมเศษวัสดุ ร้อยละ 25

คำสำคัญ : สมบัติทางกลพลาสติก PP; เศษพลาสติก; ทดสอบพลาสติก

Abstract

Mechanical properties of plastic material PP (Polypropylene) from the plastic injection process that mixes plastic scraps. and be compared in order to be able to use the results of this experiment in designing suitable and safe products in the creation of test specimens, including 100% of the material, the material mixed with 25% of the scrap materials, the results of the experiment showed the highest tensile strength. The material mixed with 25% scrap material can withstand the greatest tensile strength. followed by 100 percent of the material, the highest impact resistance The material that is 100% of the material is able to withstand the greatest impact. followed by materials mixed with 25% scrap materials

Keywords: Mechanical properties of PP; Plastic scraps; Test specimens

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ยังคงเป็นอุตสาหกรรมที่มีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการสร้างพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ เนื่องจากแม่พิมพ์เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างเหมือนกันได้จำนวนมากๆ ทำให้ผลิตสินค้าได้มาตรฐานระดับเดียวกันได้อย่างรวดเร็ว หรืออาจกล่าวได้ว่าแม่พิมพ์สามารถเป็นตัวกำหนดคุณภาพของสินค้าในอุตสาหกรรมต่างๆเช่นอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น โดยในด้านการออกแบบก็มีความสำคัญอย่างมากเช่นกัน เพื่อที่จะทำให้งานที่ผลิตนั้นออกมาสมบูรณ์จากเทคโนโลยีในปัจจุบันก้าวหน้าไปมากสมบัติทางกลของวัสดุพลาสติก PP (Polypropylene) จากกระบวนการฉีดพลาสติกที่ผสมเศษพลาสติกที่เป็นโพลีโพรพีลีนและนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อให้สามารถนำผลการทดลองในครั้งนี้ไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและปลอดภัย ในการสร้างชิ้นงานทดสอบจะสร้างขึ้นมาทั้งหมด 10ชิ้น แบ่งเป็นชิ้นงานทดสอบแรงดึงของพลาสติกอย่างละ 5 ชิ้น วัสดุเนื้อวัสดุ 100% วัสดุที่ผสมเศษวัสดุ 25% ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์สำหรับฉีดชิ้นงานทดสอบแรงดึงและแรงกระแทกของพลาสติกโดยการใช้โปรแกรม UNIGRAPHICS NX ช่วยในการออกแบบและนำความรู้ในด้านแม่พิมพ์มาเสริมในการออกแบบ โดยจะทำการศึกษาคุณ ภาพและสมบัติของพลาสติก จากแหล่งความรู้และอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญโดย เริ่มจากการออกแบบชิ้นงานทดสอบ การสร้างและประกอบแม่พิมพ์ การทดสอบแรงดึงและแรงกระแทกของพลาสติกทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 และ ASTM D256

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลของพลาสติกที่ใช้ในการคำนวณ

ชนิดเม็ดพลาสติก	PP (Polypropylene)
ความหนาแน่นขณะเป็นของแข็ง	0.91 g/cm^3
ความหนาแน่นขณะเป็นของเหลว	0.76 g/cm^3
ความดันที่ใช้ฉีด	250 kg/cm^2
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (a)	0.067 mm^2 /s
อุณหภูมิหลอมเหลว (T_{melt})	240 °C
อุณหภูมิแม่พิมพ์(T_{mould})	40°C
อุณหภูมิปลดชิ้นงาน (T_{eject})	60 °C
ความร้อนที่ระบายออก	670 J/g
อัตราส่วนการหดตัว	1.0 – 2.5

2.1 การคำนวณหาน้ำหนักของชิ้นงาน ดังสมการที่ (2.1)

Weight = Volume x Density of PP in solid state (2.1)

= [4929.266+2586.781(mm^3) x 0.91(g/cm^3)] x 10^{-3}(cm^3/mm^3)] =6.839 g

2.2 การคำนวณหาขนาดของแรงปิดแม่พิมพ์ ดังสมการที่ (2.2)

แรงของเครื่องฉีดที่ใช้ในการปิดแม่พิมพ์ = พื้นที่หน้าตัดรวมของชิ้นงานทั้งหมด x ความดันภายในเบ้าแม่พิมพ์ (450 kg/cm2 of PP) x 10^{-3} (2.2)

= 450 kg/cm^3 x 30.89 cm^2x10^{-3} = 13.914 ton ดังแสดงใน รูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 การหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน

2.3 การคำนวณขนาดเบ้าโดยเผื่อการหดตัวของพลาสติก

ขนาดเบ้า = ขนาดนอกชิ้นงาน + (ขนาดนอกชิ้นงาน x อัตราการหดตัว) (2.3)

2.4 การเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำหล่อเย็น ตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 การเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำหล่อเย็น

ความหนาของชิ้นงาน (mm)	ความหนาของชิ้นงาน (mm)
1	6-8
2	8-10
3	10-12

2.5 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง ASTM D638

วิธีการทดสอบนี้ออกแบบมาเพื่อผลิตข้อมูลสมบัติแรงดึงสาหรับการควบคุมและการกำหนด วัสดุพลาสติกมีประโยชน์สำหรับสมบัติเชิงคุณภาพ

2.6 ชิ้นงานทดสอบแรงกระแทก ASTM D256

เครื่องทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี ฝั่งตรงข้ามร่องบากหันไปในทางที่จะทำการกระแทกปล่อยลูกตุ้มเหวี่ยงลงมากระแทกกับชิ้นทดสอบ

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการออกแบบชิ้นงานทดสอบพลาสติก และทำงาน (CAD/CAM) มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการออกแบบชิ้นงานและการออกแบบแม่พิมพ์ทำได้ง่ายขึ้น การออกแบบชิ้นงานและการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบสองแผ่น หลักการในการออกแบบนั้นอ้างอิงมาจากมาตราฐานชิ้นงานทดสอบพลาสติก ASTM D638 ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ ASTM D256 ดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.1 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง ASTM D638

รูปที่ 3.2 ชิ้นงานทดสอบแรงกระแทก ASTM D256

แผนผังการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แผนผังการดำเนินงาน

4.ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองฉีดชิ้นงานทดสอบพลาสติกเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงนำชิ้นงานมาทำการตรวจสอบว่าได้ขนาดและรูปทรงตามมาตราฐานหรือไม่ จากนั้นจึงนำชิ้นงานที่ได้ไปทำการทดสอบ ซึ่งได้ผลการตรวจสอบและผลการทดสอบดังนี้

การตรวจสอบรูปทรงและขนาดของชิ้นงาน เมื่อทำการฉีดเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน คือ ตรวจสอบผิว รูปทรงว่าได้ออกมาตรงตามแบบหรือไม่ ไม่มีตำหนิต่างๆ เช่น รอยแตก ครีบหรือรูพรุน เมื่อตรวจสอบว่าไม่มีข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้ว จึงทำการ ตรวจสอบในขั้นตอนการวัดขนาดชิ้นงาน โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ในการวัดขนาดของชิ้นงานตามเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประเมินและสรุปผลในลำดับถัดไป ดังแสดงในตารางที่ 1.3-1.6

ตารางที่ 1.3 ชิ้นงานทดสอบแรงดึงของพลาสติก PP 100%

ลักษณะภายนอก		จำนวนชิ้นงาน									
ตรวจ	ลักษณะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชิ้นงาน	ผิวขุ่น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ครีบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ตำหนิผิว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ฉีดไม่เต็ม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผลลัพธ์		ผ่าน									
ขนาด (mm)											
กว้าง	19±0.4	18.82	18.82	18.84	18.82	18.80	18.94	18.82	18.80	18.82	18.84
ยาว	115±1.0	114.52	114.58	114.54	114.52	114.54	114.56	114.58	114.50	114.60	114.64
หนา	3.2±0.4	3.14	3.14	3.30	3.14	3.14	3.12	3.14	3.32	3.28	3.20
ส่วนคอ	6±0.5	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90
ผลลัพธ์		ผ่าน									

ตารางที่ 1.4 ชิ้นงานทดสอบแรงดึงของพลาสติก PP ที่ผสมเศษพลาสติกลงไป 25%

ลักษณะภายนอก		จำนวนชิ้นงาน									
ตรวจ	ลักษณะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชิ้นงาน	ผิวขุ่น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ครีบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ตำหนิผิว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ฉีดไม่เต็ม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผลลัพธ์		ผ่าน									
ขนาด (mm)											
กว้าง	19±0.4	18.80	18.90	18.86	18.80	18.80	18.74	18.76	18.84	18.80	18.76
ยาว	115±1.0	114.34	114.42	114.42	114.34	114.36	114.36	114.40	114.40	114.42	114.42
หนา	3.2±0.4	3.16	3.12	3.14	3.12	3.18	3.16	3.14	3.14	3.30	3.14
ส่วนคอ	6±0.5	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90	5.88
ผลลัพธ์		ผ่าน									

ตารางที่ 1.5 ชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกของพลาสติก PP 100%

ลักษณะภายนอก		จำนวนชิ้นงาน									
ตรวจ	ลักษณะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชิ้นงาน	ผิวขุ่น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ครีบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ตำหนิผิว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ฉีดไม่เต็ม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผลลัพธ์		ผ่าน									
ขนาด (mm)											
กว้าง	12.7±0.2	12.58	12.60	12.54	12.60	12.52	12.58	12.56	12.56	12.56	12.54
ยาว	64±2.0	63.66	63.70	63.74	63.68	63.74	63.76	63.74	63.68	63.80	63.74
หนา	3.2±0.4	3.14	3.12	3.18	3.14	3.14	3.10	3.12	3.14	3.14	3.14
ผลลัพธ์		ผ่าน									

ตารางที่ 1.6 ชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกของพลาสติก PP ที่ผสมเศษพลาสติกลงไป 25%

ลักษณะภายนอก		จำนวนชิ้นงาน									
ตรวจ	ลักษณะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชิ้นงาน	ผิวขุ่น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ครีบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ตำหนิผิว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ฉีดไม่เต็ม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผลลัพธ์		ผ่าน									
ขนาด (mm)											
กว้าง	12.7±0.2	12.66	12.56	12.52	12.54	12.56	12.54	12.60	12.54	12.54	12.54
ยาว	64±2.0	63.68	63.70	63.70	63.70	63.64	63.62	63.62	63.68	63.66	63.70
หนา	3.2±0.4	3.14	3.14	3.14	3.14	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.14
ผลลัพธ์		ผ่าน									

4.1 ผลการทดสอบแรงดึง

จากการทดสอบแรงดึงของวัสดุพลาสติก PP (Polypropylene) จากกระบวนการฉีดพลาสติก จากชิ้นงานทดสอบแรงดึงของพลาสติกทั้งหมด 15 ชิ้น 2 ส่วนผสม ส่วนผสมละ 5 ชิ้น ซึ่งมีส่วนผสมของเศษพลาสติกที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.7

ตารางที่ 1.7 ผลการทดสอบแรงดึง

ชิ้นงาน		1	2	3	4	5	สูงสุด	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
ค่าต้านทานแรงดึงสูงสุด (Mpa)	PP100%	28.02	24.26	24.13	27.17	25.97	28.02	24.13	25.91
	ใส่เศษ 25%	25.81	26.78	25.29	26.88	25.56	26.88	25.29	26.06

ค่าต้านทานแรงดึงสูงสุด จากกราฟจะเห็นได้ว่าชิ้นงานทดสอบพลาสติกที่ผสมเศษพลาสติกลงไป 25% ได้ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึงสูงสุด ดีที่สุดคือ 26.06 Mpa ถัดมา คือชิ้นงานทดสอบพลาสติกที่เป็นวัสดุโพลีโพรพีลีน 100% ได้ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 25.91 Mpa ดังแสดงในรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 กราฟแท่งเปรียบเทียบค่าต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength)

ชิ้นงานทดสอบแรงดึงของพลาสติกที่เป็นพลาสติกโพลีโพรพีลีน 100% ดังแสดงในรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 ชิ้นงานทดสอบ

4.7 ผลการทดสอบแรงกระแทก

จากการทดสอบแรงกระแทกของวัสดุพลาสติก PP (Polypropylene) จากกระบวนการฉีดพลาสติก จากชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกของพลาสติกทั้งหมด 15 ชิ้น 2 ส่วนผสม ส่วนผสมละ 5 ชิ้น ซึ่งมีส่วนผสมของเศษพลาสติกที่แตกต่างกันจะทราบค่าผลการทดลองคือ ค่าต้านทานแรงกระแทกสูงสุดค่าการทดลองนี้เป็นสมบัติที่สำคัญของวัสดุ เป็นประโยชน์มากในด้านวิศวกรรมจะได้ค่าการทดลองดัง ดังแสดงในตารางที่ 1.8

ตารางที่ 1.8 ผลการทดสอบแรงกระแทก

ชิ้นงาน		1	2	3	4	5	สูงสุด	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
กระแทก	PP100%	67.80	80.20	74.80	80.70	76.40	80.70	67.80	75.98
สูงสุด (J/m)	โส่เศษ25%	69.25	68.80	70.91	72.74	71.57	72.74	68.08	70.51

จากค่าที่ได้จากผลการทดลองคือ ค่าต้านทานแรงกระแทกสูงสุดจะนำไปวิเคราะห์โดยใช้กราฟแท่งในการวิเคราะห์

ค่าต้านทานแรงกระแทกสูงสุดจากกราฟจะเห็นได้ว่าชิ้นงานทดสอบพลาสติกที่เป็นวัสดุโพลีโพรพีลีน 100% ได้ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงกระแทกสูงสุด ดีที่สุด เท่ากับ 75.98 J/m และชิ้นงานทดสอบพลาสติกที่ผสมเศษพลาสติกลงไป 25% ได้ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงกระแทกสูงสุดเท่ากับ 70.51 J/m ดังแสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 กราฟแท่งเปรียบเทียบค่าต้านทานแรงกระแทก

ชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกของพลาสติกที่เป็นพลาสติกโพลีโพรพีลีน 100% ดังแสดงในรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 โพลีโพรพีลีน 100%

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบสมบัติทางกลจากการทดสอบแรงดึง และ แรงกระแทกของวัสดุพลาสติก PP (Polypropylene) จากกระบวนการฉีดพลาสติก แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน สรุปผลได้ดังนี้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง ทำให้ทราบค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดโดยชิ้นงานทดสอบพลาสติกที่ผสมเศษพลาสติก 25% ได้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด สูงที่สุด ตามด้วยชิ้นงานทดสอบพลาสติกที่เป็นวัสดุโพลีโพรพีลีน 100%

ส่วนของค่าต้านทานแรงกระแทกสูงสุดชิ้นงานทดสอบพลาสติกที่เป็นวัสดุโพลีโพรพีลีน 100% ได้ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงกระแทกสูงสุดและชิ้นงานทดสอบพลาสติกที่ผสมเศษพลาสติกลงไป 25% ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครให้ใช้เป็นสถานที่ทดลอง และ นายจิรายุ อุทกธารานนท์ นายปภาวิน จารุสารสุทธิกุล นายสรวิชญ์ ต้นแทน ที่ได้รวบร่วมข้อมูลการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ดารง ไชยธีรานุวัฒน์ศิริ, 2539, การออกแบบแม่พิมพ์พลาสติก, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: ซี เอ็ดยูเคชั่น.

[2] XP Mold, 2563, แม่พิมพ์พลาสติก, สืบค้น 3 กรกฎาคม 2564, จาก http://www-แม่พิมพ์พลาสติก.com. ค้นพบเมื่อ วันที่ 1 มกราคม 2564

[3] Santa Clara University, 2014, Gate Types, retrieved 1 August 2021, fromwww.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/design/gate/3200000 ค้นพบเมื่อ วันที่ 1 มกราคม 2564

[4] ASTM D638 การทดสอบคุณสมบัติแรงดึงของพลาสติก จาก https://www.laboratuar.com/th/testler/astm-testleri/astm-d638-plastik-cekme-ozellikleri-testi/ ค้นพบเมื่อ วันที่ 1 มกราคม 2564

[5] วิธีทดสอบมาตรฐาน ASTM D256 สำหรับกำหนดความต้านทานแรงกระแทกลูกตุ้มไอซอดของพลาสติก จาก https://www.laboratuar.com/th/testler/astm-testleri/astm-d256-plastiklerin-izod-sarkac-darbe-direncini-belirlemek-icin-standart-test-yontemleri/ ค้นพบเมื่อ วันที่ 1 มกราคม 2564

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรมการผลิต

เครื่องประดับ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาและพัฒนาชุดเครื่องประดับเพื่ออนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่น จังหวัดราชบุรี

ธีรวัฒน์ แม้นด้วง[1] ,ภูริญาณ โพธากุล[2] ,อรดา เดชกิจ[3] และกรีฑา สิงห์สมบูรณ์[4]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800 teerawat.m@rmutp.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800 greta.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยและการออกแบบเครื่องประดับชุด “ระกาเมืองราช” ผู้วิจัยได้เริ่มต้นศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ในการทำเครื่องประดับนี้ โดยเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นมาศิลปหัตถกรรมของจังหวัดราชบุรี เพื่อนำมาออกแบบให้ได้งานที่สมจริงพร้อมทั้งวิเคราะห์แบบควบคู่การศึกษารายละเอียดในเนื้อหาของกระบวนการผลิตและการแก้ปัญหาในระหว่างการผลิตเครื่องประดับได้ด้วยตนเอง จึงดำเนินการวางแผนในแต่ละขั้นตอนเพื่อทราบขั้นตอนตามกระบวนการผลิต ได้แก่ การออกแบบและวิเคราะห์รูปแบบ การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม Rhino การปริ้น 3D โดยใช้เครื่อง Rabbit Propototype (RP) การขึ้นตัวเรือนเครื่องประดับ การหล่อตัวเรือนเครื่องประดับ ประกอบชิ้นงานเครื่องประดับ ฝังอัญมณีเครื่องประดับ ขัดตัวเรือนเครื่องประดับ ชุบตัวเรือนเครื่องประดับ การลงยาสีชิ้นงานเครื่องประดับ จึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 100 จากนั้นสรุปจากความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าด้านความสวยงามมีค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 67.7% มีค่าน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0% ด้านความคิดสร้างสรรค์มีค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 71% มีค่าน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0% และด้านประโยชน์ใช้สอยมีค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63% มีค่าน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1% ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัยนี้

คำสำคัญ : เครื่องประดับ; การลงยา; การอนุรักษ์

Abstract

This Research and design of jewelry sets "Rak Muang Ratcha", the researcher began to study various information in making this ornament. It started with a study on the history of arts and crafts of Ratchaburi province. In order to be able to design a realistic work with a parallel analysis, a detailed study of the content of the production process and problem solving during jewelry production by yourself Therefore, the planning is carried out in each step to know the steps in the production process such as design and pattern analysis. Design by computer program Rhino, 3 D printing using Rabbit Propototype (RP) machine. jewelry casting Assemble a piece of jewelry inlaid jewelry polishing the jewelry plating jewelry Coloring of jewelry pieces Therefore, questionnaires were collected from 1 0 0 percent of the sample group and then summarized from the opinions of the respondents. found that the aspect of beauty was the most valuable accounted for 67.7% percent, the lowest 0% of creativity is the most valuable accounted for 71%, the lowest accounted for 0% percent and the usefulness was the most valuable representing 63% percent is the least accounted for 1 % , which is in line with the objectives of this research project.

Keywords: Jewelry; Tincture; Conservation

1. บทนำ

จังหวัดราชบุรีมีชื่ออันเป็นมงคลยิ่ง หมายถึง เมืองพระราชาราชบุรีเป็นเมืองเก่าแก่จังหวัดราชบุรีมีชื่ออันเป็นมงคลยิ่ง หมายถึง เมืองพระราชาราชบุรีเป็นเมืองเก่าแก่ เมืองหนึ่งของ ประเทศไทย จากการศึกษาและขุดพบของ นักประวัติศาสตร์ นักโบราณคดี พบว่าดินแดนแถบลุ่ม แม่น้ำแม่กลองแห่งนี้เป็น ถิ่นฐานที่อยู่อาศัยของคนหลายยุคหลายสมัย และมีความรุ่งเรืองมาตั้งแต่ อดีต จากหลักฐานทางโบราณสถานและโบราณวัตถุมาก ทำให้เชื่อได้ว่ามีผู้คนตั้งถิ่นฐานอยู่ ในบริเวณนี้ตั้งแต่ยุคหินกลาง ตลอดจนได้ค้นพบเมืองโบราณสมัยทราวดีที่ตำบลคูบัว อำเภอเมือง ราชบุรี เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคตะวันตก โดยเป็นศูนย์กลางในด้านอุตสาหกรรมแปรรูปสินค้า เกษตร เช่น มะพร้าว ชมพู่ ฝรั่ง มะม่วง และการปศุสัตว์ของประเทศ รวมทั้งเป็นศูนย์กลางในด้าน พลังงานของประเทศในปัจจุบัน โดยมีเมืองราชบุรีเป็นศูนย์กลางด้านการปกครอง เศรษฐกิจ และการ คมนาคมในภูมิภาค ทิศเหนือติดต่อจังหวัดกาญจนบุรี ทิศใต้ติดต่อจังหวัดเพชรบุรี ทิศตะวันออก ติดต่อจังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดนครปฐม และทิศตะวันตกติดต่อประเทศ พม่า โอ่งมังกรถือเป็นสินค้าประจำจังหวัดราชบุรีมากว่า 60 ปี ด้วยเอกลักษณ์ของดินสีแดงอันมีความ เฉพาะตัว และความใส่ใจในทุกขั้นตอนการผลิต นับเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นอันเลียนแบบได้ยาก “เรื่อง ของโอ่ง” สถานที่ท่องเที่ยวแนวใหม่ เชิงอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมประจ้าท้องถิ่น เพื่อสะท้อนวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของชาวราชบุรีอย่างแท้จริง นอกจากลวดลายมังกรแล้วยังมีอีกลวดลายศิลปะหนึ่งซึ่ง อาจจะถูกลืมนั่นก็คือลวดลายของไก่ ปัจจุบันลวดลายของไก่ชนมีจำนวนลดน้อยลง ผู้ศึกษาจึงอนุรักษ์ ลวดลายไก่ชนในการสื่อสารในรูปแบบของชุดเครื่องประดับเพื่อสะท้อนถึงความสำคัญของจังหวัดราชบุรีมิให้ถูกลืมเลือนไป จากแนวคิดข้างต้นผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะอนุรักษ์ลวดลายของไก่ชนโดยการออกแบบชุด เครื่องประดับให้มีรูปแบบชิ้นงานดังต่อไปนี้ ได้แก่ สร้อยคอ ต่างหู แหวน ซึ่งใช้วัสดุเงินในการทำ ชิ้นงานชุดเครื่องประดับ โดยใช้รูปร่างส่วนต่างๆของไก่ชนมาประยุกต์ในการนำเสนอ อาทิ ส่วนของ หาง ขน เป็นต้น โดยกระบวนการดำเนินงานออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรมRhinoceros (3D) การขึ้นรูปด้วย เครื่อง Rabbit Prototype (RP)) รวมทั้งกระบวนการผลิตต่าง ๆ คือ

การออกแบบ การหล่อ การชุบ การตกแต่ง การฝัง การ และการชุบเคลือบผิวโลหะ การลงยาสี เพื่อเป็นการเผยแพร่ศิลปะของจังหวัด ราชบุรี

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อการอนุรักษ์ลวดลายไก่ชนประจำจังหวัดราชบุรี
2. เพื่อสร้างชุดเครื่องประดับอนุรักษ์ศิลปหัตถกรรมราชบุรี ผ่านชุดเครื่องประดับ “ระกาเมืองราช”
3. เพื่อออกแบบชิ้นงานและสร้างต้นแบบด้วยโปรแกรม Rabbit Prototype (RP) โดยใช้ ลวดลายประจำจังหวัดราชบุรี

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะอนุรักษ์ลวดลาย ของไก่ชน โดยการออกแบบชุดเครื่องประดับให้มีรูปแบบชิ้นงานดังต่อไปนี้ ได้แก่ สร้อยคอ ต่างหู แหวน ซึ่งใช้วัสดุเงินในการทำชิ้นงานชุดเครื่องประดับ โดยใช้รูปร่างส่วนต่างๆ ของไก่ชนมาประยุกต์ ในการนำเสนอ อาทิ ส่วนของหาง ขน เป็นต้น โดยกระบวนการดำเนินงานออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ โปรแกรม Rhino (3D) การขึ้นรูปด้วยเครื่อง Rabbit Phototype (RP) รวมทั้งกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การออกแบบ การขึ้นรูปด้วยการหล่อ การตกแต่ง การฝัง การลงยาสี และการชุบเคลือบผิวโลหะ เพื่อเป็นการเผยแพร่ศิลปะของจังหวัด ราชบุรี

จังหวัดราชบุรีเป็นศูนย์กลางด้านการปกครอง เศรษฐกิจ และการคมนาคมในภูมิภาค ทิศเหนือ ติดต่อจังหวัดกาญจนบุรี โอ่งมังกรถือเป็นสินค้าประจำจังหวัดราชบุรีมากว่า 60 ปี นับเป็นภูมิปัญญา ท้องถิ่นอันเลียนแบบได้ยาก สถานที่ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม นอกจากลวดลายมังกรแล้วยัง มีลวดลายศิลปะหนึ่งซึ่งอาจจะถูกลืมนั่นคือ ลวดลายของไก่ ปัจจุบันลวดลายไก่ชนมีจำนวนลดน้อยลง ผู้ศึกษาจึงอนุรักษ์ลวดลายไก่ชนในการสื่อสารในรูปแบบของชุดเครื่องประดับเพื่อสะท้อนถึง ความสำคัญของจังหวัดราชบุรีมิให้ถูกลืมเลือนไป โอ่งมังกรแต่เดิมไม่มีการสร้างลวดลายจึงเรียกว่าโอ่งเลี่ยนแต่มีการเพิ่มลายเข้ามาในภายหลัง และลายที่มักจะได้รับความนิยมก็คือลายมังกรจึงเรียกว่าโอ่งมังกร และเนื่องจากถือว่ามังกรเป็นสัตว์มงคลตามคติความเชื่อของคนเชื้อสายจีน ทั้งนี้โอ่งมีลวดลายของไก่ชนเป็นเอกลักษณ์อีกลายที่เป็นจุดสนใจ จึงทำให้ผู้ศึกษาสนใจและเกิดแรงบันดาลใจในการสร้างชิ้นงาน ผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะอนุรักษ์ลวดลายของไก่ชนโดยการออกแบบชุดเครื่องประดับให้มี รูปแบบชิ้นงานดังต่อไปนี้ ได้แก่ สร้อยคอ ต่างหู แหวน การออกแบบตัวจี้เน้นความระยิบระยับเป็น ประกาย ต่างหูเน้นโชว์รูปแบบการนำเสนอโดยใส่ข้างซ้ายข้างเดียว แหวน ออกแบบให้เข้ากับต่างหูใช้ ความพลิ้วไหวสวยงามของขนไก่

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ มีแนวทางในการศึกษาโดยใช้กรอบแนวคิดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาลวดลายไก่ชน ผู้วิจัยได้ศึกษาตามแนวคิด ของ ถนิมพิมพาภรณ์ กรมศิลปากร (2535:49-67) โดยสรุปเป็นกรอบในการศึกษาดังนี้

1. ด้านปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างสรรค์เครื่องประดับ
2. ด้านการออกแบบ
3. ด้านลวดลาย
4. ด้านวัสดุและกระบวนการผลิต

3.2 ศึกษาหลักการออกแบบเครื่องประดับจากลายอักขระยันต์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแนวคิดเรื่อง หลักการออกแบบเครื่องประดับของ วัฒนะ จูฑะวิภาต (2545:73 -113) โดยสรุปเป็นกรอบในการศึกษา ดังนี้

1. หลักการออกแบบเครื่องประดับด้านความสวยงาม
   - ความสมดุล
   - ความสัมพันธ์ทางศิลปะ
   - หลักการออกแบบด้านความคิดสร้างสรรค์
   - ความเป็นเอกลักษณ์
   - การประยุกต์รูปแบบและลวดลาย
2. ด้านประโยชน์ใช้สอย
   - ความเหมาะสมตามสรีระของผู้ใช้
   - ความสะดวกง่ายต่อการใช้งาน
   - ความปลอดภัย
   - ง่ายต่อการบำรุงรักษา

3.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค สามารถนำกรอบแนวคิดและทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการหาค่าและประเมินความพึงพอใจ ดำเนินตามกรอบแนวคิด ดังนี้

1. ด้านการออกแบบ
2. ด้านความคิดสร้างสรรค์
3. ด้านประโยชน์ใช้สอย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการทำวิจัยของเรา เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 ศึกษาลวดลายของไก่ชน

4.2 ออกแบบเครื่องประดับจากลวดลายไก่ชน โดยใช้ทฤษฎีการออกแบบเครื่องประดับ วิศวกรรมย้อนรอย (วัฒนะ จูฑะวิภาค 2545:73-113) ในการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบชุดเครื่องประดับ และประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ จำนวน 3 ท่าน

4.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องประดับต่อลวดลายไก่ชน

4.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถาม เป็นการสุ่มแบบบังเอิญ

4.3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับลวดลายไก่ชน วัสดุและกรรมวิธีการผลิตเครื่องประดับ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องประดับลวดลายไก่ชน

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม มาวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยแบ่งเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มาก

2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินงานการวิจัย การอนุรักษ์ลวดลายไก่จากลายของโอ่งประจำจังหวัด ราชบุรีเพื่อนำมาออกแบบเครื่องประดับ อนุรักษ์ศิลปหัตถกรรมราชบุรีผ่านชุดเครื่องประดับ “ระกา เมืองราช” ตามทฤษฎีที่ได้ และดำเนินวิธีการปฏิบัติตามขั้นตอนจากตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

รูปภาพที่ 1 ภาพชิ้นงานสำเร็จของชุดเครื่องประดับ“ระกาเมืองราช”

5.1 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน การนำเสนอผลงานผ่านชุดเครื่องประดับ “ระกาเมืองราช” เพื่ออนุรักษ์ลวดลายของลายไก่ จากโอ่งประจำจังหวัดราชบุรี โดยออกแบบมาพึงพอใจต่อผู้ที่ได้รับชมผลงานชุดเครื่องประดับ จาก งานนิทรรศการอัญมณีในงาน Bangkok Gems & Jewelry Fair ครั้งที่ 65 ผู้จัดทำได้ให้ทำแบบสอบถามความพึงพอใจประกอบไปด้วย ด้านความสวยงาม ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น โดยนำผลมาวิเคราะห์ผลการดำเนินงานต่อไป

5.2 ผลการประเมินของผู้ทำแบบสอบถาม ผลการประเมินตอบแบบสอบถามในระบบ Google Form ด้วยปริมาณจำนวนการเก็บฐานข้อมูลจากประชากรที่ 100 คน ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ด้านความสวยงาม ด้านความคิดสร้างสรรค์ ด้านประโยชน์ใช้สอย และมีระดับความพึงพอใจ 5 ค่าระดับ

จากภาพกราฟที่ 1 ความเห็นโดยรวมของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นกับประเด็น วัดความคิดเห็นในแต่ละหัวข้อดังนี้

ด้านความสวยงาม

ความสวยงามเครื่องประดับ

ภาพที่ 2 กราฟแสดงความพึงพอใจ (ความสวยงามเครื่องประดับ)

- ความสวยงามเครื่องประดับ โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 5 ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 67.7% - ความสวยงามเครื่องประดับ โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 51 ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 0%

ขนาดความเหมาะสมเครื่องประดับ

ภาพที่ 3 กราฟความพึงพอใจ (ขนาดความเหมาะสมเครื่องประดับ)

- ขนาดความเหมาะสมเครื่องประดับ โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 5 ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60%
- ขนาดความเหมาะสมเครื่องประดับ โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 1 ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1%

ด้านความคิดสร้างสรรค์

มีความแปลกใหม่

ภาพที่ 4 กราฟความพึงพอใจ (มีความแปลกใหม่)

- มีความแปลกใหม่ โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 5 ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 71%
- มีความแปลกใหม่ โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 1 ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0%

มีเอกลักษณ์ชัดเจน

ภาพที่ 5.4 กราฟความพึงพอใจ (มีเอกลักษณ์ชัดเจน)

- มีเอกลักษณ์ชัดเจน โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 5 ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 71%
- มีเอกลักษณ์ชัดเจน โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 1 ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ %

มีสีสันเป็นประกาย

ภาพที่ 5 กราฟความพึงพอใจ (มีสีสันเป็นประกาย)

- มีสีสันเป็นประกาย โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 5 ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56%
- มีสีสันเป็นประกาย โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 1 ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1%

ด้านประโยชน์ใช้สอย

สวมใส่ได้จริง

ภาพที่ 6 กราฟความพึงพอใจ (สวมใส่ได้จริง)

- สวมใส่ได้จริง โดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 5 ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63%
- สวมใส่ได้จริงโดยให้ค่าความพึงพอใจในระดับ 1 ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1%

6. สรุป

การจัดทำงานวิจัยในหัวข้อเรื่อง การอนุรักษ์ศิลปหัตถกรรมราชบุรีผ่านชุดเครื่องประดับ “ระกาเมืองราช” ผลการประเมินตอบแบบสอบถามในระบบ Google Form ด้วยปริมาณจำนวนการเก็บฐานข้อมูลจาก ประชากรที่ 1 คน จากนั้นสรุปจากความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ในแต่ละด้าน แตกต่างกัน ประเมินในระดับร้อยละ 5 (มากที่สุด) ในแต่ละด้าน ทั้งนี้ผู้จัดทำโครงงานอนุรักษ์ศิลปหัตถกรรมราชบุรีผ่านชุดเครื่องประดับ “ระกาเมืองราช” มีผลตอบรับที่ดีจากการประเมิน จาก Google Form

7. กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยมาโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์เพื่อการพัฒนาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] ถนิมพิมพาภรณ์ กรมศิลปากร.(2535).เครื่องประดับตกแต่งร่างกาย.กรุงเทพฯ:อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊พ

[2] วรรณรัตน์ อินทร์อ่ำ.(2536). ศิลปเครื่องประดับ กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

[3] วัฒนะ จูฑะวิภาต.(2545).การออกแบบเครื่องประดับ.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายธีรวัฒน์ แม้นด้วง

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

งานวิจัยที่สนใจ : พลังงานทดแทน

ภูริญาณ โพธากุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

งานวิจัยที่สนใจ : โลหะมีค่าในงานเครื่องประดับ

อรดา เดชกิจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

งานวิจัยที่สนใจ : โลหะมีค่าในงานเครื่องประดับ

นายกรีฑา สิงห์สมบูรณ์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

งานวิจัยที่สนใจ: พลังงานทดแทน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้จังหวัดสุรินทร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย

The Study of Arts and Crafts Southern Northeastern Jewelry Surin Province for Application in Contemporary Jewelry Design

วรัญชลีย์ ทวีชัย[1*] อรปรียา วรศรัญยู[2] และศิริวรรณ แซ่หลี

[1,2,3]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800

warunchareee.t@rmutp.ac.th[1], ffernn2541@gmail.com[2], milk.siriwan2541@gmail.com[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้ จังหวัดสุรินทร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้จังหวัดสุรินทร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบชุดเครื่องประดับร่วมสมัย และเพื่อประเมินความพึงพอใจ จากผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภคเครื่องประดับสุรินทร์ มาออกแบบให้เป็นเอกลักษณ์โดดเด่น ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วัสดุที่ใช้ในการทำเครื่องประดับ การออกแบบเครื่องประดับ การขึ้นรูปต้นแบบเครื่องประดับ กระบวนการหล่อโลหะ การตกแต่งตัวเรือนเครื่องประดับ และการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า มาสร้างเป็นชุดเครื่องประดับ พร้อมวิเคราะห์แบบควบคู่ กับการศึกษารายละเอียดในเนื้อหากระบวนการผลิตและแก้ปัญหาในการระหว่างการผลิต จากนั้นประเมินความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบประเกือม จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 3 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบ 3 ด้าน ดังนี้ ด้านความคิดสร้างสรรค์ ด้านประโยชน์ใช้สอย และด้านความสวยงาม ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจในแบบที่ 1 มากที่สุด ซึ่งผู้จัดทำได้เลือก ชุดเครื่องประดับในแบบที่ 1 นำมาผลิตเป็นชุดเครื่องประดับ และผู้บริโภคเครื่องประดับสุรินทร์ ความคิดเห็นโดยรวมของผู้ตอบแบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาโดยการเลือกแบบสุ่ม ผู้บริโภคเครื่องประดับจำนวน 100 คน โดยผู้ตอบแบบสอบถาม คิดเป็นร้อยละ 100 จากนั้นสรุปความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83 ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1 ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับ ความพึงพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79 ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 3 ด้าน ความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 81 ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 3 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์

คำสำคัญ : เครื่องเงิน; ประเกือม; การออกแบบ

Abstract

Study of arts and crafts, South isan jewelry Surin province for application in contemporary jewelry design have a purpose to study the arts and crafts, accessories, Southern isan, Surin province for application in the design of contemporary jewelry sets and to assess satisfaction from experts and consumers of Surin jewelry designed to be unique and outstanding studying various theories related include materials used in making jewelry Jewelry design Jewelry prototype molding metal casting process jewelry case decoration and electroplating to create a set of jewelry along with analyzing the details in the content of the production process and solving problems during the production. Then assess the satisfaction of the design experts silver beads Surin province, 3 persons by experts assessing in 3 aspects as follows : creativity usefulness and beauty the experts were satisfied with type 1 the most, which the organizers chose to make the jewelry set in type 1 to produce the jewelry set. And consumers of jewelry Surin, overall opinion of the respondents online which is a sample that was obtained by random selection of 100 jewelry consumers of the respondents. 100% of respondents, then concluded opinions of the respondents showed that creativity had the highest level of satisfaction. Accounted for 83 percent, the lowest level of satisfaction Accounted for 1 percent of the usefulness and the highest level of satisfaction Accounted for 79 percent. The level of satisfaction is the least. Accounted for 3 percent. In terms of beauty, there was the highest level of satisfaction. Accounted for 81 percent of the lowest satisfaction level accounted for 3% which is in line with the objectives of the preparer

Keywords: Silver ware; Silver beads; Design

1. บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องประดับเป็นสิ่งของที่ใช้เสริมเติมแต่งร่างกายเพิ่มเติมจากเสื้อผ้าที่สวมใส่ โดยทำให้รูปแบบการแต่งตัวมีความเปลี่ยนไป ถึงแม้ว่าเสื้อผ้าที่สวมใส่จะเป็นชุดเดิม ก็สามารถสร้างความรู้สึกเปลี่ยนไปได้เมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องประดับหรืออัญมณี และในขณะเดียวกันเครื่องประดับบนร่างกายของมนุษย์เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงถึงฐานะในสังคมและความพึงพอใจของผู้ใช้ เป็นประติมากรรมซึ่งแฝงอยู่กับศิลปกรรมอื่นๆ เป็นเครื่องประดับตกแต่งศิลปะสถานและศิลปวัตถุ ทำให้เกิดคุณค่าความงามทั้งทางกายและจิตใจ ซึ่งยุคสมัยที่เปลี่ยนไปก็ทำให้เอกลักษณ์ทั้งทางด้านการออกแบบ รูปร่าง รูปทรง รวมถึงเทคนิคในด้านอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องประดับแตกต่างกัน

ออกไป เพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสังคมปัจจุบัน และเป็นการอนุรักษ์คุณค่าทางวัฒนธรรม

จากการศึกษาผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัยโดยการศึกษาลวดลายพระอาทิตย์และแมงดาลายช้าง มีรูปทรงกลมและทรงสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด มาใช้ในการออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตและคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย เพื่อสามารถตอบสนองบริบท การเปลี่ยนแปลงของสังคมในปัจจุบัน อีกทั้งทั้งยังเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์ศิลปหัตถกรรมพื้นบ้านของจังหวัดสุรินทร์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้จังหวัดสุรินทร์
2. เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภคชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้ จังหวัดสุรินทร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย มีแนวทางในการศึกษาโดยใช้กรอบแนวคิดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้จังหวัดสุรินทร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาตามแนวคิด ของ วัฒนะ จูฑะวิภาต (2535:3) โดยสรุปเป็นกรอบในการศึกษาดังนี้

1. ด้านปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างสรรค์เครื่องประดับ
2. ด้านลวดลาย
3. ด้านวัสดุและกระบวนการผลิต

3.2 ศึกษาหลักการออกแบบเครื่องประดับจากศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแนวคิดเรื่อง หลักการออกแบบเครื่องประดับของ วัฒนะ จูฑะวิภาต (2545:73 -113) โดยสรุปเป็นกรอบในการศึกษา ดังนี้

1. หลักการออกแบบเครื่องประดับด้านความสวยงาม
   - ความสมดุล
   - ความสัมพันธ์ทางศิลปะ
   - หลักการออกแบบด้านความคิดสร้างสรรค์
   - ความเป็นเอกลักษณ์
   - การประยุกต์รูปแบบและลวดลาย
2. ด้านประโยชน์ใช้สอย
   - ความเหมาะสมตามสรีระของผู้ใช้
   - ความสะดวกง่ายต่อการใช้งาน
   - ความปลอดภัย
   - ง่ายต่อการบำรุงรักษา

3.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค สามารถนำกรอบแนวคิดและทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการหาค่าและประเมินความพึงพอใจ ดำเนินตามกรอบแนวคิด ของ วัฒนะ จูฑะวิภาค (2545:73-113) ดังนี้

1. ด้านความคิดสร้างสรรค์
2. ด้านประโยชน์ใช้สอย
3. ด้านความสวยงาม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้ จังหวัดสุรินทร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 ศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้ ได้แก่ ข้อมูลด้านลายที่ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับ

4.2 ออกแบบเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์แบบร่วมสมัย โดยใช้ทฤษฎีการออกแบบเครื่องประดับ วิศวกรรมย้อนรอย (วัฒนะ จูฑะวิภาค 2545:73-113) ในการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบชุดเครื่องประดับ และประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ จำนวน 3 ท่าน

4.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์

4.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคเครื่องประดับ จำนวน 100 คน โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถาม เป็นการสุ่มแบบบังเอิญ

4.3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์ วัสดุและกรรมวิธีการผลิตเครื่องประดับ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม มาวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยแบ่งเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด
3.51 – 4.50 หมายถึง มาก
2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง
1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย
1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย ผู้วิจัยได้ดำเนินงานและวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนดไว้ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้ จังหวัดสุรินทร์ พบว่า ลวดลายที่นำมาสลักลายบนประเกือม คือ ลายถุงเงิน ลายหมอน ลายกรวย ลายแมงดา ลายมะเฟือง

ลายตะโพน ลายฟักทอง ลายตาราง ลายกลีบพิกุล ลายดอกจันทร์ ลายพระอาทิตย์ ลายตากบ ลายช้าง ส่วนใหญ่จำลองมาจากลวดลายธรรมชาติ

รูปที่ 1 ลักษณะรูปทรงและลวดลายประเกือม

5.2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์ในการออกแบบครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดในการออกแบบจากลวดลายตารางและลายช้าง มาใช้ในการออกแบบ โดยได้นำกรอบแนวคิดของ วัฒนะ จูฑะวิภาค (การออกแบบเครื่องประดับ 2545:73-113)

รูปที่ 2 การออกแบบชุดเครื่องประดับ 3 รูปแบบ

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์รูปแบบชุดเครื่องประดับ 3 แบบ โดยใช้ทฤษฎีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ วิศวกรรมย้อนรอย

การวิเคราะห์สรุปผลตัดทอนรูปแบบชุเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์ รูปแบบที่ 1-3 โดยใช้ทฤษฎีวิศวะกรรมย้อนรอย พบว่า รูปแบบที่มีค่าคะแนนสูงสุด ได้แก่ รูปแบบที่ 1 มีค่า 33 คะแนน รองลงมารูปแบบที่ 3 มีค่า 31 คะแนน และรูปแบบที่ 2 มีค่า 30 คะแนน

จากการประเมินรูปแบบชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่า ชุดเครื่องประดับรูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบที่ 3 รองลงมาคือ รูปแบบที่ 2 ตามลำดับ

สรุปผลวิเคราะห์ความพึงพอใจกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องประดับ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์ มีความพึงพอใจในชุดเครื่องประดับรูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุด

รูปที่ 3 ชุดเครื่องประดับประเกือม

5.3 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 100 คน พบว่า

ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ลวดลายสื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83

ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับ ความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบและขนาดมีความเหมาะสม แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79

ด้านความสวยงามมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 81

สรุปผลวิเคราะห์ความพึงพอใจกลุ่มกลุ่มผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์ มีความพึงพอใจในระดับมากสุด คือ ลวดลายสื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์ แสดงความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83

รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงข้อมูลโดยสรุปของแบบประเมินความพึงพอใจ

รูปที่ 5 แสดงการสวมใส่เครื่องประดับ

6. สรุป

การศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้ จังหวัดสุรินทร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องประดับร่วมสมัย โดยเริ่มต้นจากศิลปหัตถกรรมเครื่องประดับอีสานใต้ จังหวัดสุรินทร์ พร้อมทั้งวินิจฉัยแบบควบคู่กับการศึกษารายละเอียดในเนื้อหาที่ว่าด้วยทฤษฎีของกระบวนการผลิตจนถึงกระบวนการชุบเคลือบผิว และขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด และได้ทำการทดลองการสวมใส่เครื่องประดับในรูปแบบต่างๆ

การประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ ทั้งนี้ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและทำการคัดเลือกรูปแบบ โดยใช้ทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอย คัดเลือกตามเกณฑ์การออกแบบเครื่องประดับ (วัฒนะ จูฑะวิภาค การออกแบบเครื่องประดับ 2545:73-113) และประเมินรูปแบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการผลิตเครื่องประดับ พบว่า รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบที่ 3 รองลงมาคือ รูปแบบที่ 2 ที่มีความคิดเห็นเหมาะสมใกล้เคียงกันโดยมีข้อสอดคล้องในด้านการจัดวางลวดลายที่ลงตัว

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อชุดเครื่องประดับอีสานใต้ประเกือม จังหวัดสุรินทร์จำนวน 100 คน เป็นการสุ่มแบบบังเอิญ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความคิดสร้างสรรค์มีระดับความพึงพอใจมากโดยให้ระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ลวดลายสื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์ ด้านประโยชน์ใช้สอยมีระดับ ความพึงพอใจในระดับมากโดยให้ระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบและขนาดมีความเหมาะสม ด้านความสวยงาม มีระดับความพึงพอใจมากความพึงพอใจในระดับมากโดยให้ระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความสวยงามของตัวเรือนเครื่องประดับ

7. กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยมาโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

[1] บัณฑิตหญิง ปัญญาโน.(ออนไลน์).ศึกษาเรื่องการพัฒนาเครื่องประดับร่วมสมัย กรณีศึกษาลูกประเกือมที่จังหวัดสุรินทร์. (สืบค้นเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2563)

[2] วรรณรัตน์ อินทร์อ่ำ.(2536). ศิลปเครื่องประดับ กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

[3] วัฒนะ จูฑะวิภาค.(2545).การออกแบบเครื่องประดับ.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[4] สุริยา คลังฤทธิ์. (ออนไลน์).ศึกษาลวดลายและคำสอนในประเกือมเงินของจังหวัดสุรินทร์.(สืบค้นเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2563)

ประวัติผู้เขียน

นางสาววรัญชลีย์ ทวีชัย
อาจารย์ สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นางสาวอรปรียา วรศรัญยู
นักศึกษา สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นางสาวศิริวรรณ แซ่หลี
นักศึกษา สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

Crescent เครื่องประดับแห่งรัตติกาลเทคนิคงานถมร่วมสมัย

Crescent, Jewelry of the Night, Contemporary Niello Techniques

จินต์จิ สหรัตนพันธ์[1*] ผศ.ปริศนา บุญศักดิ์[2] วิเชียร มหาวัน[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรรมการผลิตเครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: jintji.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสรรค์ และหาความพึงพอใจต่อเครื่องประดับเทคนิคงานถมร่วมสมัยที่สามารถมองเห็นลวดลายในที่มืด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือผู้เชี่ยวชาญงานเครื่องถม งานเรซิ่น งานเครื่องประดับโลหะ และงานออกแบบเครื่องประดับ ที่มีประสบการณ์จริงในฐานะผู้ประกอบการ อาจารย์ ช่างอิสระ และดีไซเนอร์ จำนวน 5 ท่าน ผลการวิจัยพบว่า Crescent เครื่องประดับแห่งรัตติกาลเทคนิคงานถมร่วมสมัย สามารถมองเห็นรูปพระจันทร์เสี้ยวในที่มืดด้วยสารเรืองที่ผสมในเนื้อเรซิ่น และยังคงกลิ่นไอความเป็นงานถมดั้งเดิมด้วยเทคนิคการเพลาลาย และการถมด้วยเรซิ่นดำในร่องลาย ด้านการออกแบบความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยที่ 4.43 ด้านการสร้างสรรค์ชิ้นงานความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยที่ 4.36 เครื่องประดับชุดนี้เป็นตัวอย่างในการใช้แนวคิดเชิงบูรณาการองค์ความรู้ตั้งแต่ 2 ชุดความรู้ขึ้นไปเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ในที่นี้คือ ชุดความรู้เทคนิคงานถมดั้งเดิมกับชุดความรู้งานเรซิ่นและสารเรืองแสง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านการประกอบอาชีพ และการเรียนการสอน

คำสำคัญ: เรซิ่น, สารเรืองแสง, พระจันทร์เสี้ยว, การเพลาลาย, ถม

Abstract

This study was an experimental research. with creative purpose and find satisfaction in the decoration techniques of contemporary reclamation work that can see patterns in the dark The samples used were specialists in filler work, resin work, metal jewelry work. and jewelry design with real experience as entrepreneurs, teachers, independent technicians and designers, totaling 5 people. The crescent moon can be seen in the dark with the phosphor mixed in the resin. and still retains the smell of traditional filling work with the technique of striped shaft and filling with black resin in the groove In terms of design, satisfaction was at a high level, the mean was 4.43, and in glow-in-the-dark, the satisfaction was at the high level, the mean was 4.36. 2 or more knowledge packs to create something new, here is the traditional filling technique knowledge pack and the resin and phosphor knowledge kit. can be applied in the field of occupation and teachingKeywords: Rasin, fuorencen, twelve symbol, chasing,

Keywords: resin, phosphor, crescent moon, shaping, filling

1. บทนำ

องค์ประกอบเครื่องประดับสำหรับการออกแบบ และการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้แก่ ที่มาของแรงบันดาลใจ หรือ Inspiration แนวคิดที่มีต่องาน หรือ Concept เทคนิควิธีการในการสร้างงาน ไม่ว่าจะเป็นการสร้างตัวเรือน หรือการตกแต่งพื้นผิว วัสดุในการผลิต และการสวมใส่ องค์ประกอบเหล่านี่สามารถนำมาเป็นเครื่องมือสำหรับการสร้างจุดเด่น หรือแนวทางในการทำเครื่องประดับเชิงสร้างสรรค์ ด้วยการหยิบยกประเด็นใดประเด็นหนึ่ง หรือมากกว่ามาเป็นแกนหลักในศึกษาและออกแบบ ที่จะทำให้ชิ้นงานเครื่องประดับนั้นมีความน่าสนใจและโดดเด่น ในที่นี้ผู้วิจัยได้เลือกเทคนิคงานถมที่จัดว่าเป็นเทคนิควิธีการตกแต่งพื้นผิวเครื่องประดับและเครื่องโลหะภัณฑ์เชิงอนุรักษ์อัตลักษณ์เฉพาะด้วยการสลักเส้น การแรลาย การเพลาลาย รวมทั้งสีดำของลายอันโดดเด่นที่ตัดกับสีเงินหรือสีทองของพื้นผิวชิ้นงานสามารถมองเห็นชัดเจนในที่มีแสงหรือสว่างเท่านั้น ไม่เพียงแต่ยาถมเท่านั้นที่สามารถลงในร่องลายได้ยังมีวัสดุอีกหลายชนิดที่สามารถลงได้โดยต้องมีคุณสมบัติแข็งตัว และยึดเกาะติดกับร่องลาย เรซิ่นเป็นตัวหนึ่งที่มีคุณสมบัติดังกล่าว คือ จะแข็งตัวในอุณหภูมิเมื่อผสมกับตัวเร่งแข็งแล้ว นอกจากนี้ยังสามารถผสมสีต่างๆ เข้ากับเนื้อเรซิ่น รวมทั้งกลุ่มสารเรืองแสง หรือสะท้อนแสงด้วย

ผู้วิจัยได้สร้างสรรค์เครื่องประดับชุดนี้ซึ่งเป็นเครื่องประดับร่วมสมัยโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคบางส่วนของงานเครื่องถมดั้งเดิมร่วมกับวัสดุสมัยใหม่ที่สามารถทำให้ลวดลายเกิดการเปล่งแสงหรือเรืองแสงในที่มืดได้

2. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

เครื่องประดับเป็นสิ่งมนุษย์รู้จักและใช้สวมใส่กันมานาน

ตั้งแต่สมัยก่อนประวัติสาสตร์ไม่ว่ายุคสมัยหรือกาลเวลาจะผ่านไปเท่าใด เครื่องประดับจะยังคงอยู่คู่กับประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติต่อไป ยิ่งปัจจุบันเครื่องประดับมีบทบาท และเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกเพศ ทุกวัย ทุกชาติ ทุกภาษา ทุกฐานะ อีกทั้งเป็นสินค้าที่มีมูลค่าการส่งออก และสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมหาศาล

2.1 เรซิ่น

หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 เริ่มมีการนำเรซิ่นมาเป็นวัสดุสำหรับการผลิตเครื่องประดับในยุโรป แม้ความแข็งแรงจะไม่เท่าโลหะ แต่สามารถสร้างสรรค์รูปทรง ลวดลาย ได้หลากหลาย ทั้งยังทำได้ง่าย และมีราคาถูก จึงแพร่หลายมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งวัสดุชนิดนี้เหมาะสำหรับการทำเครื่องประดับสมัยนิยมที่มีอายุการใช้งานไม่นานนัก(วรชัย และคณะ .2562) เทคนิคการหล่อเรซิ่นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องประดับทั้งในลักษณะการหล่อเป็นตัวเรือน หรือเป็นลวดลายประดับบนพื้นผิวตัวเรือนเพื่อทำเป็นเครื่องประดับแนวสร้างสรรค์อีพอกซี เรซิ่น มีรูปแบบการใช้งาน 2 ชนิดคือ ชนิดส่วนผสม 2 อย่าง (Two Components) ซึ่งเป็นชนิดที่ได้รับความนิยมโดยเฉพาะในกลุ่มงานเครื่องประดับ และชนิดส่วนผสมเดี่ยว (One Components) แข็งตัวโดยการดูดซึมออกซิเจน (Cure by the Absorption of Oxygen) ปัจจุบันได้มีการนำ เรซิ่นมาใช้ในงานเครื่องประดับสมัยใหม่มีมาก โดยนิยมนำมาเคลือบผิว(Enamels) และหล่อเป็นตัวเรือนเครื่องประดับ ซึ่งสามารถยึดเกาะกับวัสดุที่หลากหลายชนิด และมีแรงยึดเกาะที่ดี ไม่เปราะแตกหักง่าย มีเนื้อสีใสโดยสามารถเติมสี หรือผงสารชนิดต่างๆ ทั้งในรูปแบบการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันกับเนื้อเรซิ่น และในรูปแบบเคลือบทับวัสดุเหล่านั้น โดยมีต้นทุนที่ถูก ใช้เวลาน้อย สามารถทำให้ผิวหน้าใสและเงาได้ (สยมภู, 2555)

2.2 งานถม

การลงยาถมเป็นวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ในการตกแต่งทำลวดลายเครื่องประดับซึ่งมีมานานนับพันปี นับตั้งแต่ยุคจักรวรรดิโรมัน ชาวกรีกถือว่าเครื่องถมเป็นของมีค่าสูง ซึ่งองค์ความรู้นี้ชาวกรีกได้รับมาจากชาวตะวันออก ซึ่งอาจจะเป็นชาวอาหรับ หรืออิหร่าน ก็เป็นได้เทคนิควิธีการนี้เป็นวิธีการที่พัฒนามาจากการฝังหินในร่องลวดลาย สำหรับประเทศไทยนั้นงานเครื่องถมจัดเป็นงานช่างชั้นสูง เจริญเฟื่องฟูที่สุดในสมัยอยุธยาใช้เป็นเครื่องราชูปโภค และเครื่องบรรณาการ ปัจจุบันนครศรีธรรมราชถือเป็นแหล่งอนุรักษ์ศิลปะแขนงนี้ เครื่องถมของไทยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ถมดำ หรือถมเงิน เป็นการทำเครื่องถมที่เก่าที่สุด โดยการสลักลวดลายลงบนพื้นผิวภาชนะเครื่องเงินจนเป็นร่องลึก แล้วลงยาถมดำลงไปในร่องลึกนั้นจนเต็มถมทอง ใช้ทองเปียกซึ่งเป็นแผ่นทองบดละเอียดผสมปรอทบริสุทธิ์แล้วนำมาทาแทนที่เงิน ถมตะทอง ใช้ทองเปียกซึ่งเป็นแผ่นทองบดละเอียดผสมปรอทบริสุทธิ์แล้วนำมาทาหรือแต้มลายในส่วนที่ต้องการ ตัวยาถมมีส่วนผสมของโลหะ ๓ ชนิด คือ ทองแดง ตะกั่ว และเงิน นำโลหะทั้ง 3อย่าง มาผสมกันตามอัตราส่วน แล้วทำการหลอมละลายจนกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้อัตราส่วนผสมและเวลาที่หลอมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่างแต่ละคน (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. 2553)

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองวัสดุ และเทคนิคการสร้างชิ้นงาน

เพื่อนำไปสู่การออกแบบ และจัดทำชิ้นงานเครื่องประดับ นั้นด้วยว่ายาถมที่นำมาลงในงานเครื่องถมแบบดั้งเดิมนั้นเป็นโลหะผสมสีดำที่สามารถละลายได้เมื่อได้รับความร้อนละลายเข้าไปยึดเกาะในร่องลาย เมื่อขัดออกแล้วจะเหลือแต่เพียงลายสีดำเสมอผิวชิ้นงานสามารถมองเห็นลวดลายสีดำได้ชัดเจนในที่มีแสงสว่าง ผู้วิจัยจึงทดลองหาวัสดุทดแทนเนื้อยาถมที่สามารถมองเห็นได้ในที่มืด โดยใช้แผ่นเงิน เรซิ่นใส ผงทอง ผงทองเหลือง และผงสารเรืองแสง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างในการทดลองประกอบด้วย TR 1, TR 2, TR 3, TR 4

ตารางที่ 1 การทดลองวัสดุ

ชิ้นงานที่	รูปภาพ	วัสดุที่ใช้	เทคนิคในการทดลอง	สรุปผลการทดลอง
TR1	ที่มีแสง ที่มืด	๑.แผ่นเงิน ๒.เรซิ่นใส ๓.ผงทองแดง	๑.สลักเส้นบนแผ่นเงิน ๒.ลงผงทองแดงในร่อง ๒.ลงเรซิ่นใสในร่องลายทับผงทองแดง ๓.แต่งพื้นผิว ๔.ขัดเงา	สามารถมองเห็นลายสีทองแดงได้ชัดเจนในที่มีแสง แต่ไม่สามารถมองเห็นในที่มืด
TR2	ที่มีแสง ที่มืด	๑.แผ่นเงิน ๒.เรซิ่นใส ๓.ผงทองเหลือง	๑.สลักเส้นบนบนแผ่นเงิน ๒.ลงผงทองเหลืองในร่อง ๒.ลงเรซิ่นใสในร่องลายทับผงทองเหลือง ๓.แต่งพื้นผิว ๔.ขัดเงา	สามารถมองเห็นลายสีทองเหลืองได้ชัดเจนในที่มีแสง แต่ไม่สามารถมองเห็นในที่มืด

TR3	ที่มีแสง ที่มืด	๑.แผ่นเงิน ๒.เรซิ่นใส ๓.สีดำ	๑.สลักเส้นบนแผ่นเงิน ๒.ผสมเรซิ่นใสกับสีดำ ๒.ลงเรซิ่นในร่องลาย ๓.แต่งพื้นผิว ๔.ขัดเงา	สามารถมองเห็นลายสีดำได้ชัดเจนในที่มีแสง แต่ไม่สามารถมองเห็นในที่มืด
TR4	ที่มีแสง ที่มืด	๑.แผ่นเงิน ๒.เรซิ่นใส ๓.สีดำ ๔.สารเรืองแสง	๑.สลักเส้นบนแผ่นเงิน ๒.ผสมเรซิ่นใสกับสีดำและสารเรืองแสง ๒.ลงเรซิ่นในร่องลาย ๓.แต่งพื้นผิว ๔.ขัดเงา	สามารถมองเห็นลายสีดำได้ชัดเจนในที่มีแสง แต่ไม่สามารถมองเห็นในที่มืด
TR5	ที่มีแสง ที่มืด	๑.แผ่นเงิน ๒.เรซิ่นใส ๓.สารเรืองแสง	๑.สลักเส้นบนแผ่นเงิน ๒.ผสมเรซิ่นใสกับสารเรืองแสง ๒.ลงเรซิ่นในร่องลาย ๓.แต่งพื้นผิว ๔.ขัดเงา	มองเห็นลายได้ไม่ชัดเจนนักในที่มีแสง แต่สามารถมองเห็นลวดลายในที่มืด

สรุปผลการทดลอง

TR1, TR2 วิธี คือ สลักเส้นบนแผ่นเงิน ลงผงทองแดง และผงทองเหลืองในร่องลาย ลงเรซิ่น แต่งผิวขัดเงา ผลการทดลองคือ เห็นลวดลายชัดเจนในที่มีแสง แต่ไม่สามารถมองเห็นลวดลายในที่มืด TR3 สลักเส้นบนแผ่นเงินผสมเรซิ่นกับสีดำ ผลคือไม่สามารถมองเห็นในที่มืด TR 4 วิธี คือ สลักเส้นบนแผ่นเงินผสมสีดำ และสารเรืองแสงเข้ากับเรซิ่นใส่ลงร่องลาย แต่งผิวขัดเงา ผลการทดลองคือ เห็นลวดลายชัดเจนในที่มีแสง แต่ไม่สามารถมองเห็นลวดลายในที่มืด TR5 วิธี คือ สลักเส้นลายผสมผงเรืองแสงเข้ากับเรซิ่นลงร่องลาย ผลการทดลอง คือมองเห็นลายได้ไม่ชัดเจนนักในที่มีแสง แต่สามารถมองเห็นลวดลายในที่มืด

3.2 การออกแบบเครื่องประดับ

หัวข้อที่ 1 การทดลองวัสดุ และเทคนิคการสร้างชิ้นงาน ได้เลือกตัวอย่างทดลอง TR5 คือการใช้เรซิ่นผสมสารเรืองแสงลงในร่องลวดลาย แล้วผลลัพธ์ที่ได้คือ สามารถมองเห็นในที่มืดไม่มีแสง โดยออกแบบให้มีลักษณะเป็นลูกบอลส่วนกลางหมุนได้ด้วยการจัดวางลูกเหล็กไว้ในลูกบอลแล้วหมุนติดอยู่บนฐานแม่เหล็ก มีการลงเรซิ่นผสมสารเรืองแสงในรูปพระจันทร์เสี้ยว ส่วนหน้าชิ้นงาน Craft Link มีการลงเรซิ่นสีดำแทนยาถมในร่องลายรัศมี และเพลาลายโดยรอบหน้าชิ้นงาน

ภาพที่ 1 การร่างแบบ การออกแบบ

ภาพที่ 2 แบบ Top view

3.3 กระบวนการสร้างสรรค์ชิ้นงานเครื่องประดับ

1. ฉลุแผ่นเงินเป็นรูปวงกลม นำแผ่นเข้ารางโอลูกเต๋าเคาะให้เป็นรูปถ้วยครึ่งวงกลม 2 ชิ้น ทำการเชื่อมประกบให้เป็นลูกบอล
2. เพลาลายพื้นผิวลูกบอล แล้วฉลุให้เป็นรูปพระจันทร์เสี้ยว
3. ทำก้านชิ้นงาน เชื่อมประกอบส่วนหัว นำลูกบอลประกอบเข้ากับส่วนหน้างานและฐาน แล้วลงเรซิ่นสารเรืองแสง รอให้แห้ง
4. เพลาลายประดับพื้นผิวหน้าชิ้นงาน ขัดพื้นผิวชิ้นงาน

ภาพที่ 3 การสร้างชิ้นงาน

ภาพที่ 4 รูปลักษณ์เครื่องประดับ Craft Link and Rings

3.4 ค่าความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องประดับ

ตารางที่ 3 ด้านการออกแบบชิ้นงาน

หัวข้อความคิดเห็น	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. ความสวยงามของแบบ	4.16	0.89	มาก
2. ความคิดสร้างสรรค์ของแบบ	4.8	0.4	มากสุด
3. แบบชิ้นงานสร้างได้จริง	4.6	0.48	มากสุด
4. สวมใส่ได้จริง	4.2	0.74	มาก
5. แสดงความร่วมสมัย	4.4	0.8	มาก
รวมค่าเฉลี่ย	4.43	0.667	มาก

ตารางที่ 4 ด้านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

หัวข้อความคิดเห็น	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. สร้างชิ้นงานได้ตามแบบ	4.4	0.8	มาก
2. เห็นลวดลายในที่มีแสงได้ชัดเจน	4.2	0.74	มาก
3. เห็นลวดลายในที่มืดชัดเจน	4.6	0.48	มากสุด
4. สามารถเป็นแนวทางในงานการค้าได้	3.8	1.16	มาก
5. เป็นความรู้เชิงสร้างสรรค์ด้านเครื่องประดับ	4.8	0.4	มากสุด
รวมค่าเฉลี่ย	4.36	0.72	มาก

4. สรุปผล และข้อเสนอแนะ

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาชิ้นงาน และทำแบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 5 คน พบว่า ด้านการออกแบบชิ้นงานความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยอยู่ที่4.43 ด้านการสร้างสรรค์ชิ้นงานความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.36 ผู้สอน และหลักสูตรในสาขาวิชาชีพด้านเครื่องประดับอัญมณี ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในเรื่องความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่ออาชีพในอนาคต

5. อภิปรายผล

วิธีการสร้างลวดลายเครื่องประดับด้วยเทคนิคงานถมร่วมกับการใช้สารเรืองแสงถมลงในร่องลายสลัก ได้ชิ้นงานที่สามารถมองเห็นลวดลายในที่มืดได้อย่างชัดเจน โดยเริ่มจากการทดสอบวัสดุที่สามารถทำให้เห็นลวดลายเครื่องประดับได้ในที่มืด โดย TR1, 2, 3 ใช้วัสดุเรซิ่นใสกับ ผงทองแดง ผงทองเหลือง และสีดำเป็นหลักจึงมองลวดลายไม่เห็นในที่มืด TR 4 แม้จะผสมสารเรืองแสงแต่ไม่สามารถมองเห็นลวดลายในที่มืดได้เนื่องจากสารเรืองแสงถูกผสมกับสีดำ ส่วน TR 5 เป็นการผสมกันระหว่างเรซิ่นใสกับสารเรืองแสงจึงทำให้มองเห็นด้วยลายเครื่องประดับในที่มืดได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. (2553) Niello. กรุงเทพ.

[2] วรชัย รวบรวมเลิศ และคณะ. (2562). การพัฒนารูปแบบเครื่องประดับสร้างสรรค์จากเศษพลอยและพลอยเกรดต่ำเพื่อเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์. คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

[3] สยมภู ภวรุ่งสัตยา. (2555). การศึกษาเพื่อการออกแบบเครื่องประดับสตรีประเภทกำไลโดยใช้วัสดุประเภทพลาสติกเหลว. สาขาวิชานวัตกรรมการออกแบบ ปริญญาศิลปกรรมมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประวัติผู้วิจัย

อาจารย์จินต์จิ สหรัตนพันธ์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
เครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

ผศ.ปริศนา บุญศักดิ์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
เครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

อาจารย์วิเชียร์ มหาวัน
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
เครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

บทความวิจัย

สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

และระบบการผลิตอัตโนมัติ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิสำหรับการหมักเมล็ดโกโก้

Design and Development of Temperature Monitoring for Cocoa Bean Fermentation

ธัญญารัตน์ หมอกมีชัย, ภัณฑิรา เพ่งพิศ, สุภาพร พิมบูล, สิงห์แก้ว ป๊อกเทิ่ง และ สุกัญญา เชิดชูงาม*

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์ว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: sukanya.che@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการแปรรูปเมล็ดโกโก้ของวิสาหกิจชุมชนโกโก้ระนอง โดยพบว่า กระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติของโกโก้เป็นอย่างมาก โดยปัจจัยที่ทำให้คุณภาพและรสชาติของโกโก้เปลี่ยนแปลงไปคืออุณหภูมิในขณะทำการหมัก ซึ่งโดยปกติกระบวนการหมักจะดำเนินการต่อเนื่อง 7 วันติดต่อกัน โดยวันช่วง 3 วันแรกจะไม่มีการเปิดถังหมักเพื่อให้จุลินทรีย์ได้ทำงาน ซึ่งในช่วงเวลานี้เองที่เกษตรกรผู้หมักโกโก้จะไม่สามารถทรายถึงอุณภูมิภายในถังหมักได้ โครงงานนี้จึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบตรวจติดตามอุณหภูมิสำหรับการหมักโกโก้ ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิทั้งหมด 4 ตัว โดยเซนเซอร์ 3 ตัว จะทำการวัดค่าอุณหภูมิภายในถังหมักตำแหน่งต่างๆ ส่วนเซนเซอร์ตัวที่ 4 จะการวัดค่าอุณหภูมิภายนอกถังหมักเพื่อติดตามสภาพแวดล้อมภายนอก ระบบจะทำการอ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที และเก็บข้อมูลไว้ 2 ส่วน คือ เมมโมรี่การ์ดของอุปกรณ์ และกูเกิล ชีทของระบบเก็บข้อมูล โดยสามารถแสดงผลผ่านทางจอแสดงผลของอุปกรณ์ ส่วนแสดงผลแจ้งเตือนผ่านทางแอพพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ซึ่งระบบจะทำการหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในถังหมักโกโก้เพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิงในแต่ละช่วงเวลา เพื่อแจ้งเตือนสถานะของอุณหภูมิว่าอยู่ในเกณฑ์สูงเกินไป หรือต่ำเกินไป หรือปกติ ทำให้เกษตรกรสามารถดำเนินการเพื่อควบคุมอุณหภูมิของถังหมักได้

คำสำคัญ : เมล็ดโกโก้ การหมัก การตรวจวัดอุณหภูมิ

Abstract :

This research examined the cocoa bean processing process of the Ranong Cocoa Community Enterprise. It was found that the cocoa bean fermentation process greatly affected the quality and flavor of cocoa. The factor that changes the quality and flavor of cocoa is the temperature during fermentation. Usually, the fermentation process will continue for 7 days in a row, with the first 3 days without opening the fermentation boxes for the microorganisms to work. During this time, cocoa fermenters cannot sand to the temperature inside the fermentation boxes. Therefore, this project has designed and developed a temperature monitoring system for cocoa fermentation. By installing a total of 4 temperature sensors, 3 sensors will measure the temperature inside the fermenter in different positions. The fourth sensor measures the temperature outside the fermentation boxes to monitor the external environment. The system takes temperature readings every 10 minutes and stores data in two parts: the device's memory card and the storage system's Google Sheet. which can be displayed in through the display of the device Display of notifications via applications on smartphones The system averages the temperature inside the cocoa fermentation boxes and compares it with the reference temperature at each time interval. to alert the status of the temperature that is too high or too low or normal, allowing farmers to take action to control the temperature of the fermentation boxes.

Keywords: Cocoa Bean; Fermentation; Temperature Monitoring

1. บทนำ

ต้นโกโก้ จัดเป็นพรรณไม้พื้นเมืองของประเทศเม็กซิโก แต่มีการนำมาปลูกทั่วไปในเขตร้อน ในประเทศไทยมีผู้นำเข้ามาปลูกตามสวนทั่วไปทางภาคใต้ ผลโกโก้มีลักษณะเป็นรูปกลมยาว รูปไข่แกมรูปขอบขนาน หรือรูปรี ห้อยลงตามกิ่งและลำต้น ผลมีขนาดกว้างประมาณ 6-10 เซนติเมตร และยาวประมาณ 12-22 เซนติเมตร ผิวผลแข็งขรุขระตามผลมีร่องตามยาวประมาณ 10 ร่อง และมีสันเป็นปุ่มป่ำ ผลเป็นสีเขียว สีเหลือง ผลเมื่อแก่จัดจะเป็นสีแดงอมเหลืองหรือสีแดงอมม่วง ภายในผลมีเมล็ดโกโก้ประมาณ 20-60 เมล็ด เรียงเป็นแถว 5 แถว ยาวตามแกนกลางของผล [1] เมล็ดโกโก้มีลักษณะเป็นรูปรี มีขนาดกว้างประมาณ 1.3-1.5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 2.2.5 เซนติเมตร เมล็ดเป็นสีน้ำตาล มีเยื่อหุ้มเมล็ดบาง ๆ รสหวาน แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ผลโกโก้และเมล็ดโกโก้สด

ในการแปรรูปโกโก้ จะนำเอาเมล็ดโกโก้ที่เป็นส่วนของผลโกโก้ซึ่งแก่จัด มาแยกออกจากผล และทำการแปรรูปเบื้องต้น ดังนี้

1. การหมัก (fermentation หรืออาจเรียกว่า curing) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้แยกส่วนที่เป็นเนื้อออกและช่วยให้การทำแห้งเร็วขึ้น นอกจากนี้การหมักโกโก้ ยังมีผลสำคัญมากต่อ สี กลิ่นรสของโกโก้และช็อกโกแลตโดยทั่วไปจะใช้เวลาการหมักประมาณ 5-8 วัน การหมักจะทำแบบง่ายๆ ในลังไม้ ในตะกร้า การหมักโกโก้จะใช้จุลินทรีย์จากธรรมชาติ เช่น แบคทีเรีย ในกลุ่ม lactic acid bacteria, acetic acid bacteria และยีสต์ ใช้สารอาหารในเนื้อโกโก้ คือน้ำตาล และกรดซิตริก ในการเจริญและย่อยสลายให้เนื้อหุ้มเมล็ดเปื่อยแยกออกมา และยังเกิดเป็นสารต่างๆ ที่มีโมเลกุลเล็กลง เช่น เอทานอล กรดแล็กทิก กรดแอซีติก และสารระเหยได้ ซึ่งมีบทบาทต่อ กลิ่น และรส นอกจากนี้ ระหว่างการหมักยังเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) เป็นการพัฒนาสารเริ่มต้นที่ทำให้เกิดสีและกลิ่นรสของโกโก้ในขั้นตอนต่อไปของการแปรรูป [2]

2. การทำแห้ง (dehydration) เมล็ดโกโก้หลังจากที่ผ่านการหมักยังมีความชื้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะนำมาทำแห้ง ด้วยการตากแดด (sun drying) หรือทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้ง (drier) เพื่อลดความชื้น ระหว่างการทำแห้ง เมล็ดโกโก้จะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Maillard reaction) ทำให้เมล็ดมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น เมล็ดโกโก้แห้ง (cocoa bean) หลังการทำแห้งมีความชื้นน้อยกว่า 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า water activity ต่ำ สามารถเก็บไว้ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการแปรรูป

จากขั้นตอนการแปรรูปโกโก้ขั้นต้นพบว่า ขั้นตอยการหมักเป็นขั้นตอยที่ส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติของโกโก้เป็นอย่างมาก ซึ่งในในขั้นตอนการหมักโดยปกติกระบวนการหมักจะดำเนินการต่อเนื่อง 7 วันติดต่อกัน โดยวันช่วง 3 วันแรกจะไม่มีการเปิดถังหมักเพื่อให้จุลินทรีย์ได้ทำงาน ซึ่งในช่วงเวลานี้เองที่เกษตรกรผู้หมักโกโก้จะไม่สามารถทราบถึงอุณภูมิภายในถังหมักได้ งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบตรวจติดตามอุณหภูมิสำหรับการหมักโกโก้

2. ศึกษาเครื่องมือและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

2.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) [3] หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่ถูกเชื่อมโยงถึงกันด้วยอินเตอร์เน็ตสิ่งต่าง ๆ ในที่นี้ หมายถึง สิ่งของอุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ต่างๆ ที่จะถูกฝังระบบควบคุมที่จะคอยจะตอบสนองความต้องสั่งการและเซ็นเซอร์ที่จะช่วยให้รับรู้ถึงสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ สามารถที่จะเชื่อมต่อกับเครือข่าย และติดต่อสื่อสารกันผ่านระบบไร้สาย ตัวอย่างเช่น Smart Farm ที่นำเอาเซ็นเซอร์มาตรวจวัดความชื้นในดิน ปริมาณอุณหภูมิในอากาศ แล้วน าข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และสั่งการไปยังอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ เพื่อสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

งานวิจัยนี้ได้นำเอาเครื่องมือและอุปกรณ์มาใช้เพื่อตรวจติดตามอุณหภูมิในกระบวนการหมักโกโก้ ดังต่อไปนี้

(1) DHT22 Temperature Sensor เป็นเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิตอลพื้นฐานราคาประหยัด ใช้เซ็นเซอร์ความชื้นแบบคาปาซิทีฟและเทอร์มิสเตอร์เพื่อวัดอากาศโดยรอบและแยกสัญญาณดิจิตอลบนขาข้อมูลค่อนข้างใช้งานง่าย แต่ต้องใช้เวลาในการดึงข้อมูลอย่างระมัดระวัง ข้อเสียเพียงอย่างเดียวของเซ็นเซอร์นี้คือ สามารถรับข้อมูลใหม่จากเซ็นเซอร์ได้ทุกๆ 2 วินาทีเท่านั้น

(2) DS18B20 Temperature Sensor เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ (-55 °C ถึง 125 °C) สามารถนำเซ็นเซอร์ไปประยุกต์ใช้ในงานด้าน IoT, Smart Farm, Temperature Monitor, Whether Station หรืองานด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการวัดอุณหภูมิได้ คล้ายๆกับ DHT11/DHT22 Temperature and Humidity Sensor ข้อดีของ DS18B20 Temperature Sensor คือมีรูปแบบแพ็คเกจของตัวเซ็นเซอร์หลากหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบไอซี รูปแบบหัวเซ็นเซอร์แบบกันน้ำ ทำให้สามารถใช้วัดอุณหภูมิในของเหลวได้

(3) ESP32 เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ WiFi แบบ SoC (System on Chip) รองรับการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE และรองรับไลบารี่ส่วนใหญ่ของ Arduino สามารถต่อพ่วงกับเซ็นเซอร์ภายนอกได้ ใช้งานง่ายอัพโหลดโปรแกรมโดยการใช้สาย Micro-USB ต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

(4) Real Time Clock Module เป็นอุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริง ทำงานโดยการจับสัญญาณนาฬิกาที่ได้มาจาก Crystal มีถ่านสำรองเพื่อให้สามารถบันทึกเวลาได้ถึงแม้ว่าจะไม่มีไฟเลี้ยงมาที่ตัวบอร์ด ทำให้ไม่ต้องตั้งเวลาใหม่ทุกครั้ง โมดูล RTC นี้จำเป็นอย่างยิ่งกับการใช้งานที่ต้องมีการบันทึกเวลา (Time Stamp) และสามารถประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการเวลาที่แม่นยำ และสามารถบอก วัน เดือน ปี ชั่วโมง นาที วินาที

(5) Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว LCD มีหลายขนาดให้เลือกใช้ โดยการเลือกใช้ควรเลือกให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ต้องการแสดงผล

2.3 หลักการจัดเก็บข้อมูล

ส่วนเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่จัดเก็บอาจเป็นการบันทึกค่าของเซนเซอร์ตามช่วงเวลา หรือ อาจเป็นไฟล์ข้อมูล หรือข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลมาแล้ว รูปแบบการเก็บข้อมูลเป็นได้ทั้งฐานข้อมูล ไฟล์ข้อมูล ส่วนเก็บข้อมูลของ IoT Platform จำเป็นต้องออกแบบเพื่อรองรับข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ที่มีข้อมูล หลากหลายรูปแบบไหลเข้าตลอดเวลา เทคโนโลยีฐานข้อมูลที่ใช้เป็นได้ทั้งแบบ SQL และ noSQL นอกจากนี้ส่วน เก็บข้อมูลควรเป็นลักษณะกระจายตัว (Distributed Storage) เพื่อกระจายภาระการจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากและ เพื่อทนทานต่อความผิดพลาด [4]

3. การดำเนินงาน

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

จากการศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากการศึกษาขั้นตอนกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้พบว่ากระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ในขั้นตอนการหมักอุณหภูมิในช่วง 3 วันแรกค่อนข้างผันผวนสูงและในกระบวนการหมักนี้ทางเกษตรกรใช้ความรู้สึกเป็นตัวกำหนดว่าเหมาะสมหรือไม่ ทำให้สามารถแบ่งปัญหาที่พบออกเป็นดังนี้

ตารางที่ 1 สาเหตุของปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

	ปัญหาและสาเหตุของปัญหา	แนวทางแก้ไข
1	เกษตรกรไม่ทราบอุณหภูมิที่อยู่ภายในและนอกถังหมักโกโก้ เนื่องจากกระบวนการหมักในช่วง 3 วันแรกจะเป็นการหมักแบบไร้อากาศอยู่ภายในภาชนะที่ปิดสนิทและในกระบวนการนี้อุณหภูมิที่อยู่ภายในถังมีความสำคัญมากแต่ทางเกษตรกรไม่สามารถทราบถึงอุณหภูมิภายในถังหมักได้ ทำให้ไม่สามารถคสบคุมคุณภาพและรสชาติของโกโก้ได้	ทำการออกแบบอุปกรณ์ที่ทำให้สามารถทราบถึงอุณหภูมิภายในและนอกถังหมักโกโก้ได้ตลอดเวลา เพื่อให้เกษตรกรสะดวกในการแก้ไขปัญหาเมื่ออุณหภูมิที่ใช้หมักไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน
2	เกษตรกรไม่สามารถตรวจเช็คอุณหภูมิตลอดเวลาได้เนื่องจากเกษตรกรไม่สามารถเฝ้าถังหมักได้ตลอดเวลาภายในระยะเวลาที่ทำการหมักเมล็ดโกโก้	เนื่องจากเกษตรกรไม่สามารถตรวจเช็คอุณหภูมิภายในและนอกถังหมักได้ตลอด จึงได้ทำการพัฒนาระบบตรวจสอบอุณหภูมิผ่านอินเตอร์เน็ต โดยสามารถเข้าแอพพลิเคชั่น Google Sheet เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิได้เลย
3	เกษตรกรไม่สามารถนำข้อมูลของอุณหภูมิในการหมักโกโก้แต่ละครั้งมาเปรียบเทียบกันได้	เกษตรกรสามารถนำข้อมูลอุณหภูมิที่บันทึกลงใน google sheet มาทำกราฟเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิมาตรฐานในการหมักได้ ทำให้ทราบได้ว่าในช่วงเวลาไหนอุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงบ่อยและสามารถวางแผนในการควบคุมอุณหภูมิช่วงเวลานั้นได้

3.2 การพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิ

การพัฒนาอุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิทั้งหมด 4 ตัว โดยเซนเซอร์ 3 ตัว จะทำการวัดค่าอุณหภูมิภายในถังหมักตำแหน่งต่างๆ ส่วนเซนเซอร์ตัวที่ 4 จะการวัดค่าอุณหภูมิภายนอกถังหมักเพื่อติดตามสภาพแวดล้อมภายนอก ระบบจะทำการอ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที และเก็บข้อมูลไว้ 2 ส่วน คือ เมมโมรี่การ์ดของอุปกรณ์ และกูเกิล ชีทของระบบเก็บข้อมูล โดยสามารถแสดงผลในผ่านทางจอแสดงผลของอุปกรณ์ ส่วนแสดงผลแจ้งเตือนผ่านทางแอพพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ซึ่งระบบจะทำการหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในถังหมักโกโก้เพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิงในแต่ละช่วงเวลา เพื่อแจ้งเตือนสถานะของอุณหภูมิว่าอยู่ในเกณฑ์สูงเกินไป หรือต่ำเกินไป หรือปกติ โดยมี Flow Chart แสดงหลักการทำงานของอุปกรณ์ดังนรูปที่ 2

รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3 ส่วนประกอบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตามหมายเลขในรูปที่ 3

หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วนประกอบ
1	หน้าจอ LCD สำหรับแสดงผลของค่าอุณหภูมิที่วัดได้
2	สวิทซ์ลูกศร สำหรับเปิด/ปิด เครื่อง
3	วงจรไฟฟ้าและชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมอุปกรณ์
4	DHT22 Temperature Sensor ติดตั้งนอกถังหมักเมล็ดโกโก้
5	ปุ่ม EN ของ Node MCU ESP32 สำหรับ Reset Node MCU ESP32
6	DS18B20 Temperature Sensor สำหรับติดตั้งในถังหมักเมล็ดโกโก้เพื่อวัดอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆ

จากรูปที่ 3 และรายละเอียดในตารางที่ 2 แสดงถึงข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิสำหรับการหมักเมล็ดโกโก้ โดยมีวิธีการใช้งานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำเซนเซอร์วางไว้ในตำแหน่งที่กำหนดภายในถังหมักเมล็ดโกโก้

ขั้นตอนที่ 2 เสียบปลั๊กไฟ เปิดเครื่องโดยการบิดสวิทซ์ลูกศรไปทาง ON ไฟแสดงสถานะขึ้นสีเขียวเพื่อเป็นการยืนยันว่าเครื่องถูกเปิดใช้งาน

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเช็คหน้าจอ LCD ว่า วัน-เดือน-ปี เวลา เป็นเวลาปัจจุบัน อุณหภูมิ ทั้ง 4 ค่าอุณหภูมิปกติไม่ติดลบ แสดงสถานะการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตถ้าไม่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตให้ทำขั้นตอนที่ 4 ถ้ามีการเชื่อมต่อปกติให้ข้ามไปที่ ขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 4 กรณีที่ตัวอุปกรณ์มีปัญหาให้ทำการกดปุ่ม EN ของ Node MCU ESP32 เพื่อทำการ Reset เครื่อง

ขั้นตอนที่ 5 ใช้งานอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิในถังหมัก เมื่อใช้งานอุปกรณ์เสร็จให้ทำการปิดเครื่อง และเช็คทำความสะอาดตัว เซ็นเซอร์ ที่ใช้วัดอุณหภูมิในถังหมักโกโก้

4. ผลการทดลอง

ภายหลังจากพัฒนาอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิในถังหมักโกโก้แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบโดยนำไปใช้งานจริง ณ วิสาหกิจชุมชนโกโก้ระนอง โดยวัตถุดิบที่ใช้ในงานทดลอง คือผลโกโก้สดปริมาณ 100 กิโลกรัม (แยกเปลือกและเมล็ดไม่ได้คุณภาพออก เหลือเมล็ดโกโก้สำหรับทดลองหมัก 27.9 กิโลกรัม) หมักในถังไม้ ขนาดกว้าง 80 เซ็นติเมตร ยาว 100 เซ็นติเมตร สูง 60 เซ็นติเมตร หนา 2.54 เซนติเมตร ระยะเวลาในการทดสอบ 7 วัน ตำแหน่งในการติดตั้งเซ็นซอร์ภายในถังหมักทั้ง 3 ตัว บริเวณด้านล่างของถังใต้เมล็ดโกโก้ 1 จุด และบริเวณด้านบนใต้เมล็ดโกโก้ 2 จุด ด้านหน้าและด้านหลัง ส่วนเซ็นซอร์ภายนอกถังหมักจะอยู่ติดกับตัวกล่องควบคุม หลังจากเตรียมการทดสอบแล้ว ผู้วิจัยได้เปิดสวิทซ์ให้อุปกรณ์ทำงาน และเชคสถานะบนจอ LCD บนกล่องควบคุม ซึ่งแสดงสถานะของ เวลา วัน เดือน ปี และค่าอุณหภูมิที่เซนเซอร์ทั้ง 4 ตัววัดค่าอุณหภูมิได้ รวมถึงเชคการส่งข้อมูลบนกูเกิล ชีทและแอพพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน เมื่อระบบทุกส่วนทำงานสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงได้เก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน ได้ผลรับแสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 4 ตำแหน่งในการติดตั้งเซ็นซอร์ภายในถังหมัก

รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบพฤติกรรมของอุณหภูมิจากการทดลอง

จากรูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบพฤติกรรมของอุณหภูมิจากการทดลอง ได้แก่ 1 อุณหภูมิภายในถังหมักโกโก้ (T1, T2 และ T3) ซึ่งได้จากการหาค่าเฉลี่ยของเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว 2 อุณหภูมิภายนอกถังหมัก (T4) และ 3 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการหมักโกโก้ [2] ใช้สำหรับการเปรียบเทียบเพื่อแจ้งเตือนความเหมาะสมของอุณหภูมิ ซึ่งจากรูปที่ 4 พบว่า อุณกรณ์สามารถและค่าอุณหภูมิและบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่องได้ตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดการหมักในวันที่ 7 โดยมีช่วงที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงกระทันหันเกิดขึ้นวันช่วงวันที่ 3 หรือชั่วโมงที่ 76 ของการทดลอง เนื่องจากการเป็นช่วงเวลาที่จะต้องเปิดถังหมักโกโก้เพื่อทำการกวนหรือกลับเมล็ดโกโก้เพื่อให้จุลินทร์กระจายตัว ทำให้ต้องนำเซนเซอร์ออกและ

ติดตั้งกลับเข้าไปใหม่ ซึ่งภายหลังจากหรือกลับเมล็ดโกโก้และติดตั้งเซนเซอร์อีกครั้ง ระบบยังคงสามารถอ่านและบันทึกข้อมูลได้เป็นอย่างดี

5. สรุปผลและเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบวัดอุณหภูมิภายในถังหมักเมล็ด ทางผู้จัดทำโครงงานได้มีการนำอุปกรณ์มาทดสอบการทำงานโดยได้ทำการทดลองหมักเมล็ดโกโก้ที่วิสาหกิจชุมชนโกโก้จังหวัดระนองเป็นเวลา 7 วัน ผู้จัดทำโครงงานทำการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิทั้งหมด 4 ตัว โดยเซนเซอร์ 3 ตัว จะทำการวัดค่าอุณหภูมิภายในถังหมัก ส่วนเซนเซอร์ตัวที่ 4 จะการวัดค่าอุณหภูมิภายนอกถังหมักเพื่อติดตามสภาพแวดล้อมภายนอก ระบบจะทำการอ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที และเก็บข้อมูลไว้ 2 ส่วน คือ Memory Card ของอุปกรณ์ และ Google sheet ของระบบเก็บข้อมูล โดยสามารถแสดงผลในผ่านทางจอแสดงผลของอุปกรณ์ ส่วนแสดงผลแจ้งเตือนผ่านทางแอพพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ซึ่งระบบจะทำการหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในถังหมักโกโก้เพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิงในแต่ละช่วงเวลาเพื่อแจ้งเตือนสถานะของอุณหภูมิว่าอยู่ในเกณฑ์สูงเกินไป หรือต่ำเกินไปหรือปกติ ทำให้เกษตรกรสามารถดำเนินการเพื่อควบคุมอุณหภูมิของถังหมักได้

เนื่องจากปัญหาด้านวัตถุดิบไม่เพียงพอทำให้ปริมาณเมล็ดโกโก้ในการทอสอบน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้งานวิจัยยังขาดการทดลองซ้ำและการทดสอบหาตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์ที่เหมาะสม ซึ่งการทดลองดังกล่าวจะสามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้งานอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และวิสาหกิจชุมชนโกโก้ระนอง ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกตลอดการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] By MedThai. “โกโก้ สรรพคุณและประโยชน์ของโกโก้ 15 ข้อ! (Cocoa)”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com/โกโก้/. [12 กุมภาพันธ์ 2565].

[2] Surathai. “เคมีและจุลินทรีย์ของการหมักโกโก้”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://surathai.wordpress.com/2021/03/29/coco-fermentation/. [12 กุมภาพันธ์ 2565].

[3] กรองแก้ว พรหมปัญญา. 2564. อินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (IoT). [online]. กรมประชาสัมพันธ์ แหล่งที่เข้าถึง: http://km.prd.go.th/iot-platform/ [11 กุมภาพันธ์ 2565].

[4] ประเสริฐศักดิ์ อู่อรุณ, “การออกแบบและการดำเนินการรวบรวมข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อบ้านอัจฉริยะ,” *Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University*, Volume 5 Number 3 May – June 2018 ISSN 2408 – 1248.

นางสาวธัญญารัตน์ หมอกมีชัย
เกิดวันที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2542 ที่อยู่ 192 หมู่ 2 ต.นาเพียง อ.กุสุมาลย์ จ.สกลนคร 47230
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail : eye17tanyarat@gmail.com

นางสาวภัณฑิรา เพ่งพิศ
เกิดวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2543 ที่อยู่ 376 หมู่ 3 ต.จ.ป.ร อ.กระบุรี จ.ระนอง 85110
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail : pantirapengpis43@gmail.com

นางสาวสุภาพร พิมบูล
เกิดวันที่ 3 มกราคม พ.ศ.2543 ที่อยู่ 44 หมูที่ 3 ต. วังหลวง อ.เสลภูมิ จ.ร้อยเอ็ด 45120
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail : Supaporn.Pimboon@gmail.com

อาจารย์ ดร.สิงห์แก้ว ป๊อกเที่ง
อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
E-mail : singkaew.p@rmutp.ac.th

อาจารย์ ดร.สุกัญญา เชิดชูงาม
อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
E-mail : sukanya.che@rmutp.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ : Production Planning and Control, Modeling and control system, Logistic and Supply Chain

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ระบบติดตามและเก็บข้อมูลสำหรับรถตู้บรรทุกน้ำแข็ง

Tracking and data logger system for Ice truck.

กำพล นนแก้ว*, พีรพงษ์ พิมพ์อูบ และ จิระพล ศรีเสริฐผล

หลักสูตรวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ติดต่อ: aum.kampon@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและสร้างระบบติดตามพิกัดตำแหน่งของรถบรรทุกน้ำแข็งและระบบบันทึกข้อมูลการเปิดปิดประตูอุณหภูมิภายในตู้รถบรรทุกน้ำแข็ง (2) ออกแบบและสร้างระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ และแสดงผลข้อมูล (3) ออกแบบและสร้างระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงเมื่อมีการเปิดประตูและจอแสดงผลสถานะการทำงานอุปกรณ์ ในการพัฒนาระบบแบ่งองค์ประกอบสำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ (1) การตรวจวัดค่าเซ็นเซอร์ต่าง ๆ (2) ระบบส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ (3) ระบบจอแสดงผลและการแจ้งเตือน และ (4) ระบบบันทึกข้อมูลสำรอง โดยสถาปัตยกรรมระบบนี้จะสามารถตรวจสอบพิกัดตำแหน่งเส้นทางการเดินรถ และสามารถตรวจสอบจำนวนครั้งในการเปิดปิดประตู ที่เป็นปัจจัยส่งผลต่ออุณหภูมิภายในตู้บรรทุกน้ำแข็ง ซึ่งสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปประเมินติดตามเส้นทางการเดินรถ และแก้ไขอุณหภูมิได้ทันก่อนส่งผลกระทบต่อน้ำแข็งละลายหรืออาหารแช่แข็งเน่าเสียภายในตู้บรรทุกน้ำแข็งได้

คำหลัก: ระบบติดตามจีพีเอส รถบรรทุกน้ำแข็ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

The objectives of this research were (1) to design and build a location tracking system for the ice truck and the temperature data logger inside of the truck (2) to design and build an Internet of Things (IoT) system to collect and send the data to a server, and (3) to design and build a sound alarm system when detecting the door is opened and display the device operation status. There are 3 parts of system development (1) Sensor measurement (2) Transmitting the data to the server (3) the display system and (4) the data logger system. This system architecture can trackback the location coordinates of the route and can check the number of times opening the door. The duration of time in opening and closing the door which is a factor affecting the temperature inside the ice truck. These data can be used to assess, track routes, and correct temperatures before they adversely affect the melting ice or spoiled frozen food inside the ice truck.

Keywords: GPS tracking, Ice truck, Microcontroller, Internet of Things

1. บทนำ

ปัจจุบันจากการสำรวจรถบรรทุกน้ำแข็งพบว่าพนักงานขับรถตู้บรรทุกน้ำแข็ง มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่เหมาะสม เช่น การขับรถตู้บรรทุกน้ำแข็งออกนอกเส้นทางการไปรับจ้างขนน้ำแข็งจากคู่แข่งโดยไม่ได้รับอนุญาต รวมถึงการบรรทุกขนสินค้าประเภทอาหารแช่แข็งในบางครั้ง อาหารแช่แข็งได้รับความเสียหาย ซึ่งมีสาเหตุสำคัญหลักมาจากการสูญเสียอุณหภูมิภายในตู้บรรทุกน้ำแข็ง ส่งผลกระทบให้คุณภาพอาหารแช่แข็งลดลง เกิดการเน่าเสีย ซึ่งทำให้เสียความเชื่อมั่นจากลูกค้า ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอออกแบบและพัฒนาระบบติดตามพิกัดตำแหน่ง[3] การเดินรถที่สามารถรับส่งข้อมูลการเปิดปิดประตูและอุณหภูมิ [2] [6] ภายในตู้รถบรรทุกน้ำแข็งด้วยระบบ IoT

2. วิธีการศึกษา

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาที่พบ สามารถสรุปได้ว่ามีปัจจัยหลักอยู่ 2 ประการ คือ การสูญเสียอุณหภูมิภายในตู้น้ำแข็ง และพฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นในกระบวนการศึกษาจึงเริ่มต้นจากการออกแบบระบบในภาพรวม การพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในตู้บรรทุกน้ำแข็ง การออกแบบ ระบบตรวจวัดค่าเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ระบบส่งข้อมูลไปยัง Server และระบบจอแสดงผลข้อมูลตามลำดับ

3. การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบได้พิจารณาถึงการทำงานของการออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรม ดังแสดงในรูปที่ 1 ที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัดค่าเซนเซอร์และโมดูลต่าง ๆ ด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ [4] Arduino Uno R3 ในการตรวจเช็คการเปิดปิดประตู กรณีประตูไม่ได้ปิดอยู่โมดูล Buzzer จะทำงานส่งเสียงเตือนจนกว่าประตูจะปิดและ ดำเนินการส่งค่าข้อมูลค่าเซนเซอร์และโมดูลต่าง ๆ ไปยัง NodeMCU V2 บันทึกข้อมูลลงโมดูล SD Card และส่งค่าข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ ด้วยโปโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) [1],[5] ผ่านอินเทอร์เน็ต

มาตรฐานการสื่อสารแบบไร้สาย IEEE 802.11 จาก Pocket Wi-Fi และทำการส่งค่าข้อมูลไปยัง Arduino Mega 2560 เพื่อใช้ในการแสดงผลหน้าจอสถานะทำงานของเซนเซอร์และโมดูลต่าง ๆ ผ่าน โมดูล TFT LCD

รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบ

3.1 ระบบตรวจวัดค่าเซ็นเซอร์ต่าง ๆ

การพิจารณาเลือกอุปกรณ์ในระบบ มีข้อพิจารณาจากลักษณะการใช้งานที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมใช้งานจริง และมีความเที่ยงตรงของข้อมูลในการตรวจวัด โดยอุปกรณ์ประมวลผลสำหรับรับค่าเซ็นเซอร์และโมดูลต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Arduino Uno R3 ซึ่งเป็น Arduino Microcontroller ที่มีราคาของบอร์ดที่ไม่แพงมี Library ต่าง ๆ ที่ใช้งานถูกพัฒนาอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และได้กำหนดตัวตรวจวัดระบบดังนี้

1. ตัวตรวจวัดพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ และความเร็ว เลือกใช้โมดูล GPS Ublox NEO-7M เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณ GPS ที่สามารถตรวจจับสัญญาณดาวเทียมได้สูงสุด 56 ดวง มีค่าความแม่นยำของตำแหน่ง 2.5 เมตร ความแม่นยำของความเร็ว 0.1 เมตรต่อวินาที และความถี่ของสัญญาณอยู่ในช่วงระหว่าง 0.25 Hz ถึง 10 MHz
2. ตัวตรวจสอบวันที่และเวลา เลือกใช้โมดูล DS3231 Real Time Clock ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2PPM
(2 วินาที/1,000,000 วินาที)
3. ตัวตรวจสอบการเปิดปิดประตู เลือกใช้เซ็นเซอร์Magnetic Reed Switch BR-1021 มีค่าระยะตรวจจับแม่เหล็กอช่วง 0 ถึง 21 มม.
4. ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ เลือกใช้ดิจิตอลเซ็นเซอร์ DS18B20 ที่มีค่าความผิดพลาด ±0.5 °C ค่าความถูกต้องระหว่าง -10 °C ถึง +85 °C

3.2 ระบบส่งข้อมูลไปยัง Server

การส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ งานวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์ประมวลผล NodeMCU V2 ซึ่งเป็นMicrocontroller ที่มีโมดูล WI-FI ESP8266 ทำให้สามารถรับค่าข้อมูล ส่งไปยัง Server ด้วยโปโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) ที่มีความเหมาะสมสำหรับแอปพลิเคชัน IOT ที่มีทรัพยากรจำกัดผ่านอินเทอร์เน็ตมาตรฐานการสื่อสารแบบไร้สาย IEEE 802.11 จาก Pocket Wi-Fi ได้ และใช้ Web Application ในการแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 Web Application

3.3 ระบบจอแสดงผลและการแจ้งเตือน

ระบบแสดงผล เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง อุปกรณ์ประมวลผล Microcontroller Arduino Mega 2560 ร่วมกับโมดูล TFT LCD3.5” ในการแสดงสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3 ระบบการแจ้งเตือน ได้ทำการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณเสียงโมดูล Active Buzzer โดยจะส่งเสียงเตือนเมื่อมีการเปิดประตูตู้บรรทุกน้ำแข็งทิ้งไว้ และจะหยุดส่งสัญญาณเสียงเมื่อประตูปิด

รูปที่ 3 แสดงจอแสดงผลสถานะการทำงานของอุปกรณ์

3.4 ระบบบันทึกข้อมูลสำรอง

ระบบบันทึกข้อมูลสำรองมีความสำคัญเพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังกรณีส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ไม่สำเร็จ โดยพิจารณาใช้ NodeMCU V2 ประมวลผลร่วมกับโมดูล SD Card ในการบันทึกข้อมูลสำรอง

4. ผลการทดสอบ

ระบบติดตามและเก็บข้อมูลสำหรับรถตู้บรรทุกน้ำแข็ง ที่ได้ออกแบบตามงานวิจัยนี้มีผลการศึกษา และผลการทดลองของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบตัวตรวจวัดพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์

การทดสอบโมดูล GPS 7M เปรียบเทียบกับ พิกัดตำแหน่งบน Google map ซึ่งขอบเขตที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้งานของความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งไม่เกิน 5 เมตร และความคลาดเคลื่อนของความเร็วไม่เกิน 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การทดสอบได้พิจารณาพิกัด

ตำแหน่งบริเวณ ถนนโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดังแสดงในรูปที่ 4 ในการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบ

1.การทดสอบแบบ Static Test

การทดสอบเก็บค่าพิกัดตำแหน่งแบบอยู่กับที่ในแต่ละตำแหน่งทั้งหมด 12 จุด แล้วนำค่าพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ไปทำการเปรียบเทียบกับพิกัดตำแหน่งบน Google map

2.การทดสอบแบบ Dynamic Test

การทดสอบเก็บค่าความเร็ว 20 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านเส้นทางทั้ง 12 จุด เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนความเร็วของ GPS ที่ความเร็วคงที่

รูปที่ 4 แสดงพิกัดตำแหน่งบน Google map ทดสอบ

ผลการทดสอบทั้งสองการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าความคลาดเคลื่อนพิกัดตำแหน่งของ GPS ขณะอยู่กับที่สูงสุดมีค่าเท่ากับ 3.25 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนความเร็วของ GPS ที่ความเร็วคงที่ 20 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อยู่ที่ 2.72 3.03 และ 4.92 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปค่าความผิดพลาดของการทดสอบ GPS

Test	Random Speed (km/h)	Max Position Error (m)	Max Speed Error (km/h)
Static	-	3.25	0.19
Dynamic	20	-	2.72
	30	-	3.03
	40	-	4.92

4.2 ผลการทดสอบตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิสอบเทียบกับ Water Bath ในช่วงอุณหภูมิ 5°C ถึง 80°C การทดสอบ Static Calibration จะได้สมการเชิงเส้นโดยที่ y คือค่าอุณหภูมิที่ควรจะเป็น X คือค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 1 ; $Y1 = 0.9944x1 + 0.5454$ (1)

เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 2 ; $Y2 = 0.9958x2 + 0.5413$ (2)

เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 3 ; $Y3 = 0.9957x3 + 0.5443$ (3)

การทดสอบ Random Test โดยพิจารณาที่ อุณหภูมิ 10°C ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิทั้งสามเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนด อยู่ในช่วง 9°C ถึง 10°C

การทดสอบ Sequential Test เป็นวิธีการนำเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิตรวจวัดอุณหภูมิจากสูงไปอุณหภูมิต่ำ การเปรียบเทียบกับ การนำเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิตรวจวัดอุณหภูมิจากต่ำไปอุณหภูมิสูง

จากการทดสอบทั้งสามการทดสอบสามารถสรุปค่าความผิดพลาดของเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 1 2 และ3 มีค่าดังต่อไปนี้ 1.60°C 1.53°C และ1.56°C ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปค่าความผิดพลาดการตรวจวัดอุณหภูมิ

Detail Error	Thermometer (°C)	Temperature Sensor (°C)		
		T1	T2	T3
Sensitivity error	0.4	0.75	0.81	0.81
Zero shift error	0.28	0.55	0.54	0.54
Linearity error	0.008	0.006	0.004	0.004
Random error	0.6	0.87	0.87	0.87
Bias error	0.46	0.69	0.70	0.69
Hysteresis error	0.20	0.69	0.38	0.50
Overall error	0.92	1.60	1.53	1.56

4.3 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิกับช่วงเวลาพฤติกรรมของเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิทั้งสามตัวมีพฤติกรรมเป็นไปในทิศทางเดียวกัน รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์เซ็นเซอร์ประตูกับช่วงเวลาในช่วงแรกเมื่อไม่มีแม่เหล็กมากระทำกับเซ็นเซอร์ ระบบจะส่งสัญญาณทริกเกอร์เท่ากับ 1 และเมื่อเวลาผ่านไปนำเซ็นเซอร์ตรวจจับเจอแม่เหล็กระบบจะส่งสัญญาณทริกเกอร์เท่ากับ 0 จะเห็นได้ว่าเซ็นเซอร์ทั้งสามตัวมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์พิกัดตำแหน่งกับช่วงเวลา ขณะอยู่กับที่ มีค่าความผิดพลาดตำแหน่งสูงสุดเท่ากับ 4.85 เมตร และรูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ความเร็วกับช่วงเวลา ขณะอยู่กับที่มีค่าความผิดพลาดความเร็วสูงสุดเท่ากับ 3.52 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิกับช่วงเวลา

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์เซ็นเซอร์ประตูกับช่วงเวลา

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์พิกัดตำแหน่งกับช่วงเวลา

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ความเร็วกับช่วงเวลา

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับระบบติดตามและเก็บข้อมูลสำหรับรถตู้บรรทุกน้ำแข็งจะได้ระบบที่มีความถูกต้องของการตรวจวัดอุณหภูมิ มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 1.60°C ซึ่งมีความแม่นยำน้อยกว่าสเปคของเซ็นเซอร์อาจเกิดจากปัจจัยต่างๆเช่นความผิดพลาดของอุปกรณ์วัดและความผิดพลาดที่เกิดจากผู้กระทำการทดสอบ การตรวจจับพิกัดตำแหน่ง มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 3.25 เมตร และความเร็วมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 4.95 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ประมวลผล และผ่านระบบเครือข่ายไร้สายไปยังเซิร์ฟเวอร์ สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคราการช่าง จำกัด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

[1] M.S. Ahmed, Designing of internet of things for real time system, Materials Today: Proceedings, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.527 (2021).

[2] Saif Allah H. AlMetwally, Procedia CIRP 91 (2020). 478 – 485.

[3] Behzada , et al Procedia Computer Science 34 (2014). 220 – 227.

[4] José Fernando Mendoza, et al Procedia Computer Science 109C (2014).

[5] Mirza Jabbar Aziz Baig, Design and implementation of an open-Source IoT and blockchain-based peer-to-peer energy trading platform using ESP32-S2, Node-Red and, MQTT protocol, Energy Reports 7 (2021) 5733-5746.

[6] Victor Chang, An industrial IoT sensor system for high-temperature measurement, Computers and Electrical Engineering 95 (2021) 107439.

ประวัติผู้เขียนบทความ นายกำพล นนแก้ว เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมการผลิตอัตโนมัติ และหุ่นยนต์) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ. 2562

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การออกแบบและพัฒนาระบบจับชิ้นงานสำหรับหุ่นยนต์

Design and Development Holding System for Robot

ชนิสร เจค็อป, ศิริศักดิ์ โตสวาล, คมพันธ์ ชมสมุทร และ รุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลพันธ์*

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์ว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: rungrot.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้การออกแบบและพัฒนาระบบจับชิ้นงานสำหรับหุ่นยนต์โดยการออกแบบมือจับชิ้นงานเพื่อยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตร จากนั้นหาประสิทธิภาพสูงสุดของมือจับชิ้นงานซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดวัดจากความดันที่ 0.6 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร เป็นความดันสูงสุดของหุ่นยนต์ทำให้ทราบถึงค่าแรงสูดสุดของมือจับชิ้นงานอยู่ที่ 241.27 นิวตัน และสามารถจับชิ้นงานที่มวลไม่เกิน 6.00 กิโลกรัม จากนั้นทำการคำนวณหาแรงและความดันที่ใช้สำหรับการยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตร มีมวลเท่ากับ 2.20 และ 3.92 กิโลกรัม ตามลำดับ จากการคำนวณแรงที่ต้องใช้สำหรับยึดจับต้องมากกว่า 88.53 และ 157.74 นิวตัน ตามลำดับ ความดันของกระบอกสูบที่ต้องใช้อยู่ที่ 0.22 และ 0.39 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ จากการคำนวณทางทฤษฎีความดันสูงสุดที่ 0.6 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสามารถยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตรได้ จึงได้ทำการทดลองใช้ความดันสูงสุดในการยึดจับเพื่อดูความเสียที่เกิดขึ้นกับแท่งคาร์ไบด์พบว่าไม่มีความเสียใด ๆ ต่อชิ้นงานหลังจากนั้นได้ทำการหาความเร็วการทำงานในการยึดจับแท่งคาร์ไบด์โดยการปรับความเร็วสูงสุดที่ 50 100 150 200 และ 255 มิลลิเมตรต่อวินาที พบว่าสามารถทำงานที่ความเร็วสูงสุดที่ 255 มิลลิเมตรต่อวินาทีโดยไม่เกิดปัญหาใด ๆ และได้ทำการหาเวลาในหยิบจับแท่งคาร์ไบด์แต่ละชิ้นบนพาเลทซึ่งเวลาที่ใช้ในการยึดจับแท่งคาร์ไบด์แต่ละชิ้นประมาณ 12.06 วินาทีต่อชิ้น จากการทดลองทั้งหมดที่ผ่านมาเป็นการทดลองในการทำงานยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตรเท่านั้นแต่ประสิทธิภาพของมือจับชิ้นงานสามารถที่จะยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดใหญ่ได้มากกว่านี้แต่มวลต้องไม่เกิน 6.00 กิโลกรัมจากการคำนวณในทางทฤษฎี

คำสำคัญ : ระบบจับชิ้นงาน หุ่นยนต์ มือจับชิ้นงาน

Abstract :

This research design and development holding system for robot by design gripper for gripping carbide rod diameter 6 and 8 millimeter. We calculate efficiency of gripper by taking pressure 0.6 newton per square millimeter that is maximum pressure of robot. Maximum force is 241.27 newton and gripper can grip mass less than 6.00 kilogram. And we calculate force and pressure for gripping carbide rod diameter 6 and 8 millimeter which has mass 2.20 and 3.92 kilogram respectively. Force for gripping carbide rod diameter 6 millimeter is 88.53 newton and pressure used is 0.22 newton per millimeter and for gripping carbide rod diameter 8 millimeter is 157.74 newton and pressure used is 0.39 newton per millimeter. In theory we can use maximum pressure for gripping carbide rod diameter 6 and 8 millimeter so it must be tested to see the condition of the workpiece. Result is workpiece no damage from gripping. And then we did an experiment for speed by respectively adjust maximum speed 50 100 150 200 and 255 millimeter per second result is robot can use maximum speed for processing. Gripping process by gripping carbide rod each piece of carbide rod is 12.06 second per piece. Finally efficiency of gripper can gripping carbide rod that is bigger than 6 and 8 millimeter but mass less than 6.00 kilogram

Keywords: Holding System; Robot; Gripper

1. บทนำ

หากหุ่นยนต์เหมือนกับแขนของมนุษย์มือจับชิ้นงานก็เปรียบเสมือนกับมือของมนุษย์ที่ใช้สำหรับการจับชิ้นงาน การจับชิ้นงานต่าง ๆ หรือทำงานให้ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นหุ่นยนต์จึงต้องมีอุปกรณ์เข้ามาช่วยในการทำงาน หากหุ่นยนต์ไม่มีมือจับชิ้นงานหุ่นยนต์จะไม่สามารถจับชิ้นงานได้และยังสามารถเพิ่มเติมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานกับหุ่นยนต์ได้อาทิเช่น สวิตช์ปุ่มกด (Push button switch) และสวิตช์ปุ่มกดหยุดฉุกเฉิน (Emergency push button switch) เพื่อสามารถสั่งทำงานให้ปลดการจับชิ้นงานจากนอกระบบของหุ่นยนต์และหยุดการทำงานเมื่อมีกรณีฉุกเฉิน เพราะฉะนั้นการออกแบบมือจับชิ้นงานและระบบต่าง ๆ ให้กับหุ่นยนต์เพิ่มเติมจึงมีความสำคัญอย่างมากให้หุ่นยนต์นั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้จัดทำจึงการศึกษารูปแบบการทำงานของมือจับชิ้นงานในรูปแบบต่าง ๆ ออกแบบและสร้างให้เหมาะสมกับการจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตร นอกจากนั้นยังเพิ่มอุปกรณ์เพิ่มความปลอดภัยให้กับหุ่นยนต์ด้วยการเพิ่มอุปกรณ์เซฟตี้สวิตช์และสวิตช์ปุ่มกดหยุดฉุกเฉิน อีกทั้งยังใส่สวิตช์ปุ่มกดสามารถสั่งทำงานกับมือจับชิ้นงานได้โดยที่ไม่ต้องเข้าไปในระบบของหุ่นยนต์

2. ศึกษาเครื่องมือและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

2.1 มือจับชิ้นงาน (Gripper)

มือจับชิ้นงานเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำให้หุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมสามารถหยิบจับชิ้นงานและวัตถุต่าง ๆ มือจับชิ้นงานมี

ความสำคัญในการช่วยให้ผู้ผลิตสามารถดำเนินกระบวนการด้วยระบบอัตโนมัติ เช่น การประกอบ, การจัดเรียง, การเชื่อมเหล็ก เป็นต้น ถ้าหุ่นยนต์ลักษณะคล้ายกับแขนของมนุษย์ มือจับชิ้นงานก็มีลักษณะคล้ายกับมือของมนุษย์เป็นมือจับชิ้นงานสำหรับติดตั้งที่ปลายแขนของหุ่นยนต์ มือจับชิ้นงานสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลัก ๆ ตามวัตถุประสงค์ทั่วไปได้ดังนี้

(1) มือจับชิ้นงานแบบสุญญากาศ

(2) มือจับชิ้นงานแบบนิวเมติก

(3) มือจับชิ้นงานแบบไฮดรอลิก

(4) มือจับชิ้นงานแบบไฟฟ้า

2.2 แรงยึดจับชิ้นงาน

แรงยึดจับชิ้นงาน หรือ Gripping Force เป็นแรงกระทำระหว่างมือจับชิ้นงานและชิ้นงาน ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความดันอากาศ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานและสภาวะยึดจับระหว่างชิ้นงาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เรื่องของค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในการยึดจับชิ้นงานจึงได้สมการแรงยึดชิ้นงานในการคำนวณหาแรงยึดจับชิ้นงานที่เหมาะสมได้ดังนี้

$$F \geq \frac{m \times (g+a)}{\mu} \times s \qquad (1)$$

เมื่อ F คือ แรงยึดจับชิ้นงาน (N)

m คือ มวล (kg)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.81 m/s^2)

a คือ ความเร่งของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (m/s^2)

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

s คือ ค่าด้านความปลอดภัย

2.3 แรงเสียดทาน

แรงเสียดทานเป็นแรงต้านการเคลื่อนเกิดขึ้นในแนวผิวสัมผัสกับวัตถุทั้งสองซึ่งเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ งานวิจัยนี้ทำการทดลองเกี่ยวกับแรงยึดจับชิ้นงานโดยใช้แรงน้อยที่สุดในการจับชิ้นงานไม่ให้ลื่นไถลเท่ากับว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวชิ้นงานนั้นเพียงพอที่จะทำให้ชิ้นงานไม่ลื่นไถล แรงเสียดทานสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด ดังนี้

(1) แรงเสียดทานสถิต (Static Friction : f_s) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุมีแรงกระทำเข้ามาขณะวัตถุหยุดนิ่งจนถึงกำลังจะเคลื่อนที่ ซึ่งมี 2 กรณีได้แก่

1) ถ้า $F < f_s$ หรือ $F < \mu_s N$ แรงเสียดทานขณะนั้น $f = F$ ส่งผลให้วัตถุหยุดนิ่ง

2) ถ้า $F = f_s$ หรือ $F = \mu_s N$ แรงงเสียดทานขณะนั้น $f = \mu_s N$ ส่งผลให้วัตถุหยุดนิ่งเตรียมที่จะเคลื่อนที่

เมื่อ μ_s คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต และ N คือ แรงปฏิกิริยาแนวตั้งฉากกับแรงเสียดทาน

(2) แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction : f_k) คือ แรงเสียดทานเกิดขึ้นในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ หรือ $F > \mu_s N$ ซึ่งแรงเสียดทานขณะนั้นมีค่า $F = \mu_k N$ โดยวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

เมื่อ μ_k คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

2.4 วัสดุและอุปกรณ์ที่เลือกใช้

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสระหว่างหุ่นยนต์กับอุปกรณ์ใช้เป็นของ Beckhoff EtherCAT EK1100, EL1809 และ EL2809 เหมาะสำหรับการอินเตอร์เฟสกับหุ่นยนต์คูก้าเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ยี่ห้อที่หุ่นยนต์รองรับในการทำงานร่วมกันและไม่ต้องใช้ซอฟแวร์เฉพาะ

(2) อุปกรณ์สวิตช์ปุ่มกดติดสำหรับสั่งทำงานมือจับชิ้นงานให้ปล่อยแท่งคาร์ไบด์ และสวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉินเพื่อเพิ่มความปลอดภัยใช้สำหรับการหยุดการทำงานของหุ่นยนต์

(3) พาเลทสำหรับวางแท่งคาร์ไบด์และตัวยึดพาเลทติดกับฐาน

(4) ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของมือจับชิ้นงาน

3. การดำเนินงาน

3.1 แนวคิดการออกแบบและหลักการทำงานของมือจับชิ้นงาน

หลักการทำงานของมือจับชิ้นงานคือ มือจับชิ้นงานสามารถจับแท่งคาร์ไบด์ได้ 2 แท่งในเวลาพร้อมกันได้โดยใช้ระบบนิวเมติกในการขยับมือจับชิ้นงานให้จับและปล่อยแท่งคาร์ไบด์ ซึ่งมือข้างหนึ่งจับแท่งคาร์ไบด์จากพาเลทไปใส่ยังเครื่องจักรและไปหยิบแท่งคาร์ไบด์อีกแท่งรอการใส่ไปยังเครื่องจักรต่อ ส่วนมืออีกข้างเป็นการจับแท่งคาร์ไบด์จากเครื่องจักรเมื่อกระบวนการเจียรแท่งคาร์ไบด์เสร็จสิ้นไปวางบนพาเลท โดยมีรายละเอียดอุปกรณ์ดังนี้

1. เพลตสำหรับการติดตั้งกระบอกสูบ
2. อะเดปเตอร์สำหรับติดตั้งกับหุ่นยนต์คูก้า
3. ฟิงเกอร์ชิ้นที่ 1
4. ฟิงเกอร์ชิ้นที่ 2
5. กระบอกสูบ

รูปที่ 1 แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์มือจับชิ้นงาน

3.2 หลักการทำงานหุ่นยนต์

ขั้นตอนที่ 1 หุ่นยนต์ไปจับแท่งคาร์ไบด์ที่พาเลท

ขั้นตอนที่ 2 หุ่นยนต์จับแท่งคาร์ไบด์ออกมาจากพาเลทและกลับไปตำแหน่งจุดเริ่มต้นทำงานพาเลท

ขั้นตอนที่ 3 หุ่นยนต์นำคาร์ไบด์ที่จับไปไว้ที่เครื่องจักรและกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 โดยจับแท่งคาร์ไบด์ลำดับต่อไปเรื่อย ๆ จนสุดท้าย

ขั้นตอนที่ 4 หลังจากหุ่นยนต์นำแท่งคาร์ไบด์ไปใส่ไว้ที่เครื่องจักรและเครื่องจักรได้ทำกระบวนการของเครื่องจักรเสร็จสิ้นมือจับ

ชิ้นงานอีกข้างจะนำแท่งคาร์ไบด์จากเครื่องจักรออกก่อนและจึงจะใส่แท่งคาร์ไบด์แท่งใหม่ให้กับเครื่องจักร

ขั้นตอนที่ 5 หุ่นยนต์นำแท่งคาร์ไบด์ไววางไว้ที่พาเลทที่ 2และทำซ้ำทุกขั้นจนครบจำนวนกับแท่งคาร์ไบด์

3.3 การติดตั้งอุปกรณ์และกำหนดค่าให้อุปกรณ์

(1) ติดตั้งและกำหนดค่าระบบนิวแมติก เริ่มจากเดินสายลมขนาด 6 มิลลิเมตรจากถังลมเข้าพอร์ต (Port) Air1 ของหุ่นยนต์ จากนั้นติดตั้งตัวระงับเสียงลม (Silencer) ข้อต่อลมและสายลมขนาดขนาด 4 มิลลิเมตร ที่แขนหุ่นยนต์ และนำสายลมที่ต่อจากแขนหุ่นยนต์ไปต่อยังกระบอกสูบ และทำการกำหนดค่าในการทำงานของระบบนิวเมติกในโปรแกรมเวิร์ควิชวล

(2) ติดตั้งมือจับชิ้นงานกับหุ่นยนต์ เริ่มจากการติดตั้งมือจับชิ้นงานต้องติดตั้งอะเดปเตอร์เข้ากับหุ่นยนต์ก่อน จากนั้นติดตั้งเพลตสำหรับติดตั้งกระบอกสูบเข้ากับอะเดปเตอร์ จากนั้นทำการติดตั้งกระบอกสูบ และติดตั้ง ฟิงเกอร์ชิ้นที่ 1 และ ฟิงเกอร์ชิ้นที่ 2 เข้ากับกระบอกสูบทั้ง 2 ข้าง

(3) ติดตั้งพาเลทกับฐาน จะใช้อุปกรณ์สำหรับยึดพาเลทในการยึดพาเลทไว้กับฐานเพื่อไม่ให้พาเลทเคลื่อนที่

(4) ติดตั้ง Beckhoff EtherCAT เริ่มจากทำการประกอบการ์ดแต่ละการ์ดเข้าด้วยกัน และทำการประกอบเข้ากับรางปีกนกในตู้คอนโทรล จากนั้นกำหนดค่า Beckhoff EtherCAT เริ่มจากดาวน์โหลดไฟล์เครื่องมือกำหนดค่าให้กับการ์ด Beckhoff EtherCAT จากเว็บไซต์ www.beckhoff.com จากนั้นการอิมพอร์ตเข้าโปรแกรมเวิร์ควิชวล และทำการเพิ่มการ์ดรุ่น EK1100 EL1809 และ EL2809 ในระบบของหุ่นยนต์

(5) ติดตั้งสวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ปุ่มกดหยุดฉุกเฉิน

3.4 คำนวณหาค่าแรงในการจับชิ้นงานที่เหมาะสม

การคำนวณหาแรงจับชิ้นงานต้องทำการหาแรงที่มากระทำกับชิ้นงานในแต่ละทิศทาง ดังรูปที่ 2 แสดงให้ถึงแรงที่มากระทำต่อชิ้นงานในแต่ละทิศทาง

รูปที่ 2 แรงที่มากระทำต่อชิ้นงานในแต่ละทิศทาง

(ก) รูปด้านบนแสดงแรงมากระทำต่อชิ้นงาน

(ข) รูปด้านหน้าแสดงแรงมากระทำต่อชิ้นงาน

จากการคำนวณจากข้างบนสามารถสร้างเป็นตารางเปรียบเทียบแรงยึดจับชิ้นงานระหว่างแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตรได้ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและแรงยึดจับชิ้นงาน

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของความเร่งและแรงยึดจับแท่งคาร์ไบด์

ความเร่งของหุ่นยนต์	แรงยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร	แรงยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร
0.05 m/s^2	86.77 N	154.60 N
0.10 m/s^2	87.21 N	155.39 N
0.15 m/s^2	87.65 N	156.17 N
0.20 m/s^2	88.09 N	156.96 N
0.25 m/s^2	88.53 N	157.74 N

รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและแรงยึดจับชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และ 8 มิลลิเมตร

3.5 คำนวณหาความดันลมและแรงของกระบอกสูบ

เมื่อได้ทำการคำนวณแรงที่เหมาะสมสำหรับการยึดจับแท่งคาร์ไบด์แต่ละขนาดแล้วจึงหาแรงดันของกระบอกสูบที่ต้องใช้เพื่อให้ได้แรงตามที่คำนวณ ความดันในการยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรอยู่ที่ 0.22 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตรต้องใช้ความดันอยู่ที่ 0.39 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

3.6 การหาประสิทธิภาพของมือจับชิ้นงาน

การหาประสิทธิภาพของมือจับชิ้นงานโดยการใช้จากความดันสูงสุด (0.6 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) ในการหาแรงกระทำสูงสุดและมวลของชิ้นงานสูงสุดที่สามารถยึดจับ โดยที่พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบมีค่าเท่ากับ 402.12 ตารางมิลลิเมตร แรงสูดสุดของมือจับชิ้นงานที่กระทำได้คือ 241.27 นิวตันและมวลของชิ้นงานที่มือจับชิ้นงานสามารถยึดจับได้ต้องไม่เกิน 6 กิโลกรัม

4. ผลการทดลอง

จากการคำนวณหาแรงที่เหมาะสมกับการจับแท่งคาร์ไบด์แต่ละขนาดและหาประสิทธิภาพของมือจับชิ้นงานจึงทำออกแบบการทดลองดังนี้

1. ปรับความดันสูงสุดที่ 0.6 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรในการจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบสภาพชิ้นงานเมื่อใช้ความดันสูงสุด พบว่าสามารถใช้ความดันสูงสุดในการยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตรได้โดยไม่เกิดความเสียหายต่อชิ้นงาน

2. ทำการปรับความเร็วสูงสุดที่ 50, 100, 150, 200 และ 255 มิลลิเมตรต่อวินาที เพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมกับกระบวนการทำงานและจากนั้นหาเวลาในการหยิบจับชิ้นงานแต่ละชิ้น พบว่าการทำงานของโปรแกรมสามารถทำงานที่ความเร็ว 255 มิลลิเมตรต่อวินาที (ภายในระบบของหุ่นยนต์จะทำการปรับความเร็วที่เหมาะสมกับระยะทางเองโดยอัตโนมัติ ทำได้เพียงปรับความเร็วสูงสุดที่หุ่นยนต์สามารถทำงานได้เท่านั้น)

3. ในการหาเวลาทำงานใช้แรงที่ 241.27 นิวตัน และความเร็วสูงสุดที่ 255 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นค่าประสิทธิภาพสูงสุดของมือจับชิ้นงานและหุ่นยนต์ ใช้เวลาในการหยิบจับแท่งคาร์ไบด์แต่ละชิ้นอยู่ที่เวลาประมาณ 12.06 วินาที

5. สรุปผลและเสนอแนะ

จากความดันสูงสุดของหุ่นยนต์ที่ใช้คือ 0.6 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพสูงสุดของมือจับชิ้นงานที่สามารถทำได้คือ แรงในการจับชิ้นงานเท่ากับ 241.27 นิวตัน สามารถจับชิ้นงานที่มีมวลได้ไม่เกิน 6.00 กิโลกรัม แต่ในการยึดจับแท่งคาร์ไบด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มิลลิเมตร มีมวลอยู่ที่ 2.20 กิโลกรัม และ 3.90 กิโลกรัม ตามลำดับ ต้องใช้แรงมากกว่า 88.53 และ 157.74 นิวตันตามลำดับ และความดันต้องมากกว่า 0.22 และ 0.39 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ถึงจะสามารถยึดจับชิ้นงานได้ ซึ่งในการทดลองใช้ความดันสูงสุดในยึดจับ พบว่าสามารถยึดจับแท่งคาร์ไบด์ได้โดยไม่เกิดความเสียใด ๆ ต่อชิ้นงาน ซึ่งเป็นไปตามการคำนวณในทางทฤษฎี จากนั้นทำการหาความเร็วของการทำงานพบว่า สามารถปรับความเร็วในการทำงานที่ความเร็วสูงสุดที่ 255 มิลลิเมตรต่อวินาทีและเวลาในการยึดจับแท่งคาร์ไบด์แต่ละชิ้นใช้เวลาอยู่ที่ประมาณ 12.06 วินาทีในการทำงาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกตลอดการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] เด่น คอกพิมาย. (2559). การควบคุมนิวแมติกสำหรับอุตสาหกรรมอัตโนมัติ. กรุงเทพมหานคร: ท๊อป.

[2] เดชฤทธิ์ มณีธรรม. (2559). การใช้งานพีแอลซีเบคฮอฟฟ์. กรุงเทพ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

[3] Erika Ottaviano, Maria Toti, and Marco Ceccarelli. Grasp Force Control in Two Finger Grippers wiith Pneumatic Actuation. IEEE; April 2000 pp. 1976-1981.

[4] RoboDK, 2021, KUKA robot, Available: https://robodk.com/doc/en/Robots-KUKA.html#KUKA

นายชนิสร เจค๊อป
เกิดวันที่ 22 พฤษภาคม 2542 ที่อยู่ 109/491
ต.บางแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail : l3as_l2omet@hotmail.com

นายศิริศักดิ์ โตสวาล
เกิดวันที่ 22 พฤษภาคม 2542 ที่อยู่ 115/7
บางขุนพรหม พระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail : Sirisak.tosawa@gmail.com

อาจารย์ ดร.คมพันธ์ ชมสมุทร
อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์1 แขวงบางซื่อ
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
E-mail : kompan.c@rmutp.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ: CNC Machine, Maintenance Engineering and Productivity improvement

อาจารย์ รุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลพันธ์
อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์1 แขวงบางซื่อ
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
E-mail : rungrot.s@rmutp.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ : Image Processing, Machine Learning

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

SYSTEM DEVELOPMENT OF INFORMATION MANAGEMENT TO INCREASE EFFICIENCY IN THE PRODUCTION PROCESS

ฤทธิเกียรติ คำแสน[1*] ธีรภัทร แววพิลา[2] อธิวัฒน์ เศรษฐนากรณ์[3]

ประสิทธิ์ แพงเพชร[4] และ ชลากร อุดมรักษาสกุล[5]

[1235]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800

[4]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800

*ritthikiat-k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบการบันทึกข้อมูลของเสียของเครื่องทำความร้อนหม้อน้ำ (Heater core) โดยปัญหาจะพบว่า ระบบการทำงานในโรงงานมีขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนทำให้เกิดเวลาสูยเปล่า ซึ่งขั้นตอนเดิมในการบันทึกของเสียจะมีการใช้เวลามากเกินความจำเป็น ทางผู้จัดทำจึงได้วิเคราะห์ถึงปัญหาและทำการสร้างเว็บแอปพลิเคชั่น (Web Application) ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหา และเว็บแอปพลิเคชันดังกล่าวยังสามารถใช้ในการบันทึกข้อมูลผ่านในสมาร์ทโฟนได้ โดยจะมีฟังก์ชั่นการบันทึกข้อมูล สามารถดูกราฟและลบแก้ไขข้อมูลได้ โดยเว็บแอปพลิเคชั่นที่ถูกสร้างขึ้นมานั้นเมื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ผลพบว่าสามารถลดระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลไปได้อย่างมาก และยังส่งผลทำให้พนักงานมีประสิทธิภาพของการทำงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถขจัดความสูญเปล่าของเวลาได้

คำสำคัญ : เว็บแอปพลิเคชั่น

Abstract

This objective is to design and build a system for recording waste data of radiator heaters (Heater core) and in the work which found that the system in the factory has a complicated workflow that makes time. In which the original process of recording waste was found to be taking too much time than necessary, the authors therefore created a Webapp. Came up to solve the problem of data entry, but the company is looking for further developments, so has assigned the publisher has created a Webapp. Came up to solve the problem of data entry, but the company looks to develop further, so it has assigned the author to create an application to enter the data in a smartphone. The functions of data entry, view graphs, and delete and edit data, so the built application can reduce the total data

Keywords: Web Application

ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้ถือได้ว่าเป็นยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ เกิดการเปลี่ยนแปลงของโลกในหลายๆ ด้านทั้งด้านเศรษฐกิจ และสังคมอันนำไปสู่การปรับตัวเพื่อให้เกิดความสามารถในการแข่งขันท่ามกลางกระแสโลกาภิวัฒน์ทุกประเทศทั่วโลก เพราะฉะนั้นเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งสำคัญ ตัวอย่างเช่น การนำสมาร์โฟนเข้ามาปรับใช้ในการทำงานโดยมีระบบการทำงานต่างๆ แอปพลิเคชั่นในสมาร์ทโฟน หรือ Mobile Application ซึ่งมีความหมายดังนี้ Mobile คือ อุปกรณ์ติดต่อสื่อสารที่ใช้ในการพกพาที่มีขนาดเล็กน้ำหนักเบาและใช้พลังงานค่อนข้างน้อย ซึ่งนอกจากจะใช้งานได้ตามพื้นฐานของโทรศัพท์แล้ว ยังทำงานได้เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งในปัจจุบันมักใช้ทำหน้าที่ได้หลายอย่างในการติดต่อแลกเปลี่ยนข่าวสารกับคอมพิวเตอร์ Application หมายถึง ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อช่วยเหลือการทำงานของผู้ใช้ (User) หรือ เป็นตัวกลางการใช้งานต่างๆ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาเวลา ศึกษาการหาเวลาที่มีความเป็นมาตรฐานเพื่อที่จะใช้ในการวัดผลการดำเนินงานเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง

2. การวิเคราะห์กระบวนการ จะใช้หลักการวิเคราะห์กระบวนการไหล (Flow Process chart and Flow Diagram)

3. หลักการพัฒนาและออกแบบระบบการทำงานบนสมาร์ทโฟน

4. หลักการ MVC (Model View and Controller) หลักการที่จะทำให้สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลโดยจะมีตัวกลางเป็นตัวติดต่อละหว่าง View และ Model โดยมี Controller เป็นตัวจัดการคำสั่ง View และ Model

5. เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด เพื่อเป็นการกำหนดแนวทางเงื่อนไขในการสร้างหัวข้อบันทึกข้อมูลและแสดงข้อมูล

6. ทฤษฎี CRUD (Create, Read, Update, Delete) เป็นทฤษฎีพื้นฐานที่แอปบันทึกข้อมูลจะต้องนำหลักการนี้ไปใช้นั้นก็คือ การสร้าง การอ่าน การอัพเดต และ การลบ ข้อมูลทิ้งไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิริรัตน์ วุฒิสาธิต (2549) ทำการพัฒนาโปรแกรมค้นหาจุดอ่อนในเว็บแอปพลิเคชั่นมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาโปรแกรมค้นหาจุดอ่อน SQL Injection และ Cross Site Scripting ในเว็บแอปพลิเคชั่น โดยพัฒนาบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ใช้ภาษาไพทอนเป็นเครื่องมือในการพัฒนาสำหรับการทดสอบโปรแกรมใช้ วิธีทดสอบแบบแบล็กบอกซ์ (Blackbox Testing) และทำการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม

ประเสริฐ ลือโขง (2548) ทำการพัฒนาโปรแกรมระบบคลังข้อสอบด้วยเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชั่นกรณีศึกษา วิทยาลัยการอาชีพเทิง จังหวัดเชียงราย โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับคลังข้อสอบ และพัฒนาโปรแกรมระบบคลังข้อสอบด้วยเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชั่นโดยมีวิธีการดำเนินการค้นคว้า จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากอาจารย์แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพเทิง จังหวัดเชียงราย จำนวน 10 คน โดยทำแบบทดสอบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบคลังข้อสอบเพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโมเดลเชิง

โกเศศ ศรีอุทธา (2557) ทำการพัฒนาระบบแจ้งเตือนข่าวสารผ่านทางแอปพลิเคชั่นโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนข่าวสารผ่านทางแอปพลิเคชั่นโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน และเพื่อประเมินคุณภาพความถูกต้องของระบบแจ้งเตือนข่าวสารผ่านทางแอปพลิเคชั่น โทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน โดยงานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาระบบแจ้งเตือนข้อมูลข่าวสารผานทางแอปพลิเคชั่นโทรศัพท์มือถือ การรับรู้ข้อมูลข่าวสารนั้นทำได้หลายวิธี แต่ในบางครั้งผู้ใช้งานไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้อย่างทันเวลาเนื่องจากขาดระบบแจ้งเตือนซึ่งส่งผลกระทบต่อความเสียหาย

อัจฉรี ทวีวานิชย์ (2560) ทำการใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นเพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรของบุคลากรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดระนอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ข้อมูลทั่วไปของบุคลากร การใช้งานและระดับความจำเป็นต่อการใช้โมบายแอปพลิเคชั่นของบุคลากร ปัญหาและข้อเสนอแนะในการพัฒนาแอปพลิเคชั่นของบุคลากร และแนวทางการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการส่งเสริมการเกษตร ประชากรในการศึกษาประกอบด้วย ข้าราชการ พนักงานราชการ และพนักงานรัฐวิสาหกิจ ในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในจังหวัดระนอง

จรรยพร ภู่ทอง (2548) ทำระบบจัดการสุขลักษณะการรับประทานอาหารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาระบบจัดการสุขลักษณะการรับประทานอาหารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเน้นที่อาหารฟาสต์ฟูดของร้านอาหารฟาสต์ ฟูด 3 ร้าน ได้แก่ McDonald , KFC และ Burger King โดยระบบจะช่วยผู้ใช้ในการเลือกรับประทานอาหารที่มีปริมาณสารอาหาร และพลังงานที่เหมาะสมกับร่างกายของแต่ละคน โดยระบบจะคำนวณปริมาณสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และคำนวณค่าพลังงานทั้งหมดที่ร่างกายของผู้ใช้แต่ละคนต้องการในแต่ละวัน

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อนำมาปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการบันทึกข้อมูลของเสียของเครื่องทำความร้อนหม้อน้ำดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการศึกษาการลงบันทึกข้อมูลของเสียที่ใช้งานอยู่เดิมว่ามีการทำงานอย่างไร

ขั้นที่ 2 กำหนดการเก็บข้อมูลก่อนการดำเนินงาน เนื่องจากว่าการลงข้อมูลแบบดั้งเดิมนั้นค่อนค้างที่จะใช้เวลานานทางผู้จัดทำจึงต้องทำการเก็บข้อมูลเว็บแอพพลิเคชั่น เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูล ที่ทำการสร้างขึ้นมาใหม่

ขั้นที่ 3 กำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาจากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่าการแก้ปัญหาแบบข้างต้นที่มีการนำเว็บแอพพลิเคชั่น มาใช้งานนั้นยังไม่ตอบโจทย์เพราะเนื่องจากว่ายังมีการเคลื่อนย้ายจุดลงข้อมูลไม่ได้เนื่องจากใช้คอมพิวเตอร์ในการบันทึกข้อมูลทางผู้จัดทำจึงจัดทำการสร้างเว็บแอปพลิเคชั่นที่ใช้สำหรับลงข้อมูล โดยนำมาพัฒนาเพิ่มขึ้นอีกขั้น

รูปที่ 1 เว็บแอพพลิเคชั่นที่ใช้บันทึกข้อมูลก่อนปรับปรุง

ขั้นที่ 4 ทำการออกแบบและสร้างแอปพลิเคชั่นผู้จัดทำได้เริ่มทำการออกแบบและสร้างแอปพลิเคชั่นโดยผ่านโปรแกรม Thunkable ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ผู้จัดทำได้เลือกขึ้นมาใช้เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อกับระบบแอนดรอยด์ (Android) และ ไอโอเอส (IOS) ได้ง่าย โดยเริ่มจากการสร้างออกแบบลักษณะทั่วไปของแอปพลิเคชั่นและข้อมูลต่าง ๆ

รูปที่ 2 โปรแกรม Thunkable

ขั้นที่ 5 ขั้นตอนการทำงานหลังการปรับปรุงและพัฒนาระบบเมื่อดำเนินการสร้างแอปพลิเคชั่นเสร็จสิ้นแล้วทางผู้จัดทำได้นำแอปพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นมาไปทำการทดสอบบันทึกข้อมูลระหว่างเว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อที่จะจับเวลาในการลงบันทึกข้อมูลของเสียว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

รูปที่ 3 การแสดงผลของเว็บแอพพลิเคชั่นหลังปรับปรุง

ขั้นที่ 6 กำหนดเก็บข้อมูลหลังดำเนินงานผู้จัดทำได้กำหนดการเก็บข้อมูลของแอปพลิเคชั่นการลงข้อมูลของเสียภายในระยะเวลาของเดือนกันยายน ถึง ตุลาคม 2564

ผลการดำเนินการ

การสร้างเว็บแอปพลิเคชั่นขึ้นมาใช้งานแทนการลงข้อมูลแบบเดิมนั้นพบว่า การทำงานมีความเป็นไปอย่างเรียบง่าย สามารถทำความเข้าใจในการใช้ได้ง่าย ทั้งยังลดเวลาการลงข้อมูลได้มากกว่าในส่วนของแอพพลิเคชั่นก่อนปรับปรุง

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า การลงข้อมูลในแบบเดิมนั้นที่จะใช้ เว็บแอปพลิเคชั่นในการบันทึกข้อมูลของเสียยังพบปัญหาที่ซับซ้อนในการลงข้อมูลหรือแก้ไขข้อมูล โดยผู้จัดทำจึงได้วางแผน วิเคราะห์สาเหตุปัญหาจึงได้ข้อสรุปว่าการลงข้อมูลแบบเดิม ควรได้รับการพัฒนาให้มีการใช้งานที่ยืดยุ่นให้ได้มากกว่านี้ ทางผู้จัดทำจึงได้ดำเนินการสร้างเว็บแอปพลิเคชั่นขึ้นมาโดยมีการยึดตัวแบบจากวิธีการเดิมมาใช้เป็นตัวอย่างในการลงข้อมูลและยังเพิ่มฟังก์ชั่นการดูข้อมูลในรูปแบบกราฟและสามารถแก้ไขข้อมูลที่บันทึกในเวลานั้นได้ทันที

รูปที่ 4 รูปแบบฟังก์ชั่นที่มีในเว็บแอปพลิเคชั่น

เอกสารอ้างอิง

[1] สิริรัตน์ วุฒิสาธิต 2549. การพัฒนาโปรแกรมค้นหาจุดอ่อนในเว็บแอปพลิเคชั่น Development of web application's vulnerability detecting program แหล่งที่เข้าถึง: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=33386&query [17 มกราคม 2563]

[2] จรรยพร ภู่ทอง 2548. ระบบจัดการสุขลักษณะการรับประทานอาหารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ แหล่งที่เข้าถึง: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=102926br [17 มกราคม 2563]

[3] ประเสริฐ ลือโขง 2548. การพัฒนาโปรแกรมระบบคลังข้อสอบด้วยเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชั่นกรณีศึกษา วิทยาลัยการอาชีพเทิง จังหวัดเชียงราย แหล่งที่เข้าถึง: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=204764 [17 มกราคม 2563]

[4] อัจฉรี ทวีวานิชย์ 2560. การใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นเพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรของบุคลากรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดระนองแหล่งที่เข้าถึง: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=530055 [17 มกราคม 2563]

[5] ณรงค์กรณ์ ก้องประเสริฐ 2562. ทฤษฎี Crud แหล่งที่มา: https://medium.com/@narongkonkongprasert/crud [25 มกราคม 2563]

[6] หมูปิ้ง 2562. หลักการ MVC แหล่งที่มา: https://medium.com/@moopinghkt/mvc [25 มกราคม 2563]

[7] ณรงค์พร เหล่าศรีสิน 2560. การใช้งานโปรแกรม Thunkable แหล่งที่มา https://www.slideshare.net/TomKhunakorn/thunkable [25 มกราคม 2563]

[8] ณรงค์พร เหล่าศรีสิน 2560. สร้างแอพมือถือได้ง่ายๆ โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมแหล่งที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=VXoCcmTBwLE&list=PLi8U-R74CWSVbdWO1 iX3jjTUexEx06RBF&index=. [27 มกราคม 2563]

[9] ธวัชชัย สีลาดเลา2560. การพัฒนำแอปพลิเคชั่นบนอุปกรณ์แอนดรอยด์สำหรับผู้เริ่มต้น แหล่งที่มา : www.nb2.go.th/appinventor/handbooks/handbook.pdf. [27 มกราคม 2563]

[10] เมกทัศน์ ศรีคงอยู่ และคณะ 2560. เขียนโปรแกรมบนมือถือ แหล่งที่มา : 61.7.166.36/download/ai/MIT%20App%20Inventor.docx. [27 มกราคม 2563]

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

[11] สมชาติ แผ่อานาจ 2560. การเขียนโปรแกรมแอนดรอยด์เป็นเองง่ายๆเหมือนการต่อ LEGO
แหล่งที่มา :
http://www.androidtraining thailand.com.[27 มกราคม 2563]

[12] การสร้าง Apps for Android ด้วย MIT App Inventor 2560.
แหล่งที่มา :
www.utd2.go.th/home/images/ICT/appsforandroid-131029100224-phpapp02.pdf [27 มกราคม 2563]

[13] ดุสิต ทองเปรมจิตต์ 2547. การพัฒนาโปรแกรมเว็บไซต์เพื่อการประชาสัมพันธ์ข้อมูลสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพายัพ
แหล่งที่มา :sci.ac.th [29 มกราคม 2563]

[14] คู่มือการพัฒนาแอปพลิเคชั่น 2555.
แหล่งที่มา : sci.ac.th [29 มกราคม 2563]

ประวัติผู้เขียนบทความ
นายธีรภัทร แววพิลา
เกิด 22 มิถุนายน 2542
ที่อยู่ 636 ซ.จรัญสนิทวงศ์89 แขวงบางอ้อ
เขตบางพลัด จ.กรุงเทพฯ 10700

ประวัติผู้เขียนบทความ
นาย ฤทธิเกียรติ คำแสน
เกิด 12 มกราคม 2543
ที่อยู่ 239 ซอยนายพล1 ถ.พระเจ้าตากสิน 21
เขตธนบุรี แขวงสำเหร่ กรุงเทพ 10600

ประวัติผู้เขียนบทความ
นาย นายอธิวัฒน์ เศรษฐนากรณ์
เกิด 25 พฤษภาคม 2542
ที่อยู่ 34/40 ม.1 ต.นาป่า อ.เมือง จ.ชลบุรี 20000

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ระบบตรวจสอบข้อมูลการทำงานเครื่องจักรการเกษตร กรณีศึกษาเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

Agricultural machine operation data monitoring system, case study of automatic lawn mower

นำโชค ชมกระโทก และ นที ทองอุ่น

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-mail: ch.namchok@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบที่สามารถตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรการเกษตร ด้วยประเทศไทยมีการทำการเกษตรเป็นส่วนใหญ่และการเก็บข้อมูลเครื่องจักรการเกษตรเพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงยังไม่มีการทำที่ดีพอหรือไม่ก็ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลเลย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร จึงได้ทำการออกแบบระบบที่สามารถตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรการเกษตร โดยมีการสร้างเว็บแอพพลิเคชั่นเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และฐานข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบและการวางแผนการซ่อมบำรุง โดยทำการติดตั้ง ESP32 ไว้ที่ตัวรถตัดหญ้าอัตโนมัติเพื่อทำหน้าที่ในการรับค่าจาก บอร์ดคอนโทรลรถตัดหญ้าอัตโนมัติ (Arduino Maga) แล้วส่งค่าไปยัง MQTT Broker (NETPIE) โดย MQTT Broker จะส่งค่าต่อไปยัง Node-Red เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนส่งต่อไปยังฐานข้อมูลเพื่อเก็บและนำไปใช้แสดงในหน้าเว็บเพจต่อไป หากนำระบบนี้ไปใช้ในภาคการเกษตรจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรอย่างมาก

คำสำคัญ อีเอสพี32; เอ็มคิวทีทีโบรกเกอร์; โนดเรด; ฐานข้อมูล

Abstract

This research presents a system that can monitor the operation of agricultural machinery. Due to the fact that in Thailand, most of the agriculture and agricultural machinery data collection for maintenance planning has not been done well enough or no data has been collected at all. to increase the efficiency of the machine Therefore, a system has been designed that can monitor the operation of agricultural machinery. by creating a web application connected to microcontroller and a database for easy inspection and maintenance planning by installing ESP32 on the automatic lawn mower to function to receive values from Mower control board (Arduino Maga) and pass the values to the MQTT Broker (NETPIE). The MQTT Broker will forward the values to Node-Red to analyze the data before forwarding it to the database for storage and display on the page. next web page If this system is applied in the agricultural sector, it will benefit farmers greatly.

Keywords: ESP32; MQTT; Broker; Node-Red; Database

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมภาคการเกษตรนิยมนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิต เรียกว่าเป็นเกษตร 4.0 หรือเรียกว่า Smart Farming คือการนำเอาเทคโนโลยี Internet of things (IoT) ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมผ่านระบบเครือข่ายมาผสมผสานกับการบริหารจัดการการเกษตรหรือเรียกว่าฟาร์มอัจฉริยะเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับอุตสาหกรรมการเกษตร ช่วยลดต้นทุนอีกทั้งยังช่วยในการควบคุมคุณภาพของผลผลิต

จากแนวคิดด้านการจัดการฟาร์มอัจฉริยะที่นำเอาเทคโนโลยีด้าน IoT เข้ามาช่วยในการผลิตทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดด้านการจัดการกับเครื่องจักรการเกษตรเพื่อให้มีความแม่นยำในการดูแลรักษาเครื่องจักร เพื่อช่วยลดเวลาในการตรวจสอบลดความเสียหายที่เกิดจากการขาดการดูแลที่ตรงตามกำหนด ซึ่งเมื่อมองถึงปัจจุบันจะเห็นว่าเกษตรกรจะใช้วิธีการจดบันทึกในเล่มคู่มือหรือไม่ก็ไม่ได้มีการจดบันทึกเลย ซึ่งทำให้เครื่องจักรไม่ได้บำรุงรักษาตรงตามกำหนดและเกิดความเสียหารเป็นการเพิ่มต้นทุนที่ไม่จำเป็น จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาระบบตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรการเกษตรผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น

ระบบตรวจสอบข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรการเกษตรเป็นการนำเอาเทคโนโลยี IoT มาพัฒนาต่อยอดในด้านการติดตามข้อมูลการทำงานของเครื่องจักร โดยผู้ใช้สามารถเข้าตรวจสอบการ

ทำงานได้ผ่านทาง สมาร์ทโฟน คอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งระบบตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรการเกษตร นี้มีองค์ประกอบที่ต้องคำนึงถึง คือ ระบบจัดการฐานข้อมูล(database management) ระยะทางหรือระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำรุงรักษา และประสิทธิภาพและความแม่นยำของเซนเซอร์

บทความวิจัยฉบับนี้นำเสนอระบบตรวจสอบข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรการเกษตร กรณีศึกษาเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ โดยมีเนื้อหาของบทความประกอบด้วยหัวข้อที่ 2 ทฤษฎีที่สำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย หัวข้อที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย หัวข้อที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

2.ทฤษฎีที่สำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยี internet of things

Internet of things (IoT) หมายถึง เครือข่ายของวัตถุ อุปกรณ์ พาหนะ สิ่งปลูกสร้าง และสิ่งของอื่นๆ ที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ และการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ฝังตัวอยู่กับอุปกรณ์นั้นๆ ทำให้วัตถุเหล่านั้นสามารถเก็บบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้[1] ซึ่งโปรโตคอลที่ IoT ใช้สื่อสารระหว่างอุปกรณ์ได้แก่ RESTful HTTP, CoAP, MQTT , AMQP และ XAMPP เป็นต้น[2] ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำโปรโตคอล MQTT และ XAMPP มาใช้ซึ่งโปรโตคอล MQTT จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน หลักการทำงานคือมี Broker เป็นเสมือนตัวกลางที่ทำหน้าที่รับข้อความทั้งหมดที่ได้จาก Publisher แล้วจึงส่งต่อไปให้ Subscriber ตาม Topic ที่ Client ได้ทำการ Subscriber ไว้ สำหรับ XAMPP คือโปรแกรมสำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเราให้ทำงานในลักษณะของ Webserver ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราจะเป็นทั้งเครื่องแม่ และเครื่องลูกในเครื่องเดียวกัน

2.2 บอร์ด ESP32

ESP32 เป็น Micro Controller ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi , Bluetooth – BLE ในตัว ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคือ ภาษา C หรือ Python ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้บอร์ด ESP32 เป็นอุปกรณ์รับข้อมูลการทำงานจาก บอร์ด Arduino Mega ผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ Tx/Rx และส่งข้อมูลต่อให้กลับ Broker MQTT[3]

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จารุวรรณ แต้มศรี และ สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ[4] พัฒนาโปรแกรมการจัดการซ่อมบำรุงรักษาบนมือถือสำหรับโรงงานผลิตภัณฑ์เคมีเป็นแอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android และทำการเก็บข้อมูลโดยใช้ SQLite สำหรับเก็บข้อมูลซึ่งข้อมูลที่ทำการบันทึกสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเพื่อให้สามารถบริหารจัดการการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพ

สาวิตรี ผิวงาม และ นวพร วิสิฐพงศ์พันธ์[5] พัฒนาระบบเช่าพื้นที่เพาะปลูกอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยเป็นการพัฒนาต่อยอดมาจากเทคโนโลยี Smart Farm หรือฟาร์มอัจฉริยะ โดยพื้นที่ที่มาการเปิดให้เช้ามีการติดตั้งระบบเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมดูแลทางไกลสามารถควบคุมได้ผ่านทางสมาร์ทโฟน ในตัวระบบจะพัฒนาขึ้นในรูปแบบของ web applicationและมีการบันทึกข้อมูลไปยังฐานข้อมูลหรือ database

Andreas Kamilaris และคณะ[6] ได้พัฒนาระบบ Agri-IoT สำหรับแอพพลิเคชั่นสมาร์ทฟาร์ม ซึ่งสนับสนุนการส่งข้อมูลของเซนเซอร์ต่างๆ แบบเรียบไทม์ Agri-IoT สามารถรวบรวมข้อมูลจากหลายๆโดเมนหรือรูปแบบของ IoT ที่แตกต่างกันเข้าด้วยกันเพื่อการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3. การวิจัย

3.1 การออกแบบและพัฒนาระบบ

รูปที่ 1 แสดงกระบวนการทำงานของระบบตรวจสอบข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรการเกษตร โดยที่รถตัดหญ้าอัตโนมัติจะติดตั้ง บอร์ด ESP32 สำหรับส่งข้อมูลให้กับ MQTT Broker ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารและส่งข้อมูลให้ Node-RED ซึ่ง Node-RED ทำหน้าที่ในการสกัดเอาข้อมูลที่ต้องการออกมาและส่งข้อมูลให้ Database หลังจากนั้นตัว web application จะทำการดึงข้อมูลจาก database ออกมาแสดงที่หน้า web application

รูปที่ 1 กระบวนการทำงานของระบบ

ที่รถตัดหญ้าอัตโนมัติได้ติดตั้ง Encoder เพื่อใช้วัดระยะทาง

ในการทำงานของรถตัดหญ้าอัตโนมัติและเมื่อทำการเปิดใช้งานรถตัดหญ้าหรืออัตโนมัติและเมื่อทำการเปิดใช้งานรถตัดหญ้าอัตโนมัติจะทำการส่งข้อมูลเริ่มการทำงานเข้าไปในระบบเพื่อบรรนทึกเวลาที่เริ่มทำงานและหลังทำงานเสร็จจะส่งข้อมูลอีกชุดที่มีระยะทางการทำงานด้วยเข้าไปในระบบเพื่อบรรนทึกเวลาสิ้นสุดการทำงาน

3.2 การออกแบบเว็บแอพพลิเคชั่น

ระบบตรวจสอบข้อมูลการทำงานเครื่องจักรการเกษตรผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโดยคำนึงถึงความสดวกในการเข้าใช้งานโดยพัฒนาเป็น web application ใช้ภาษา PHP ในการเขียน ซึ่ง web application เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่นิยมในปัจจุบันเพราะสามารถอัพขึ้น server ใช้เป็นแบบ online ได้สามารถเข้าถึงระบบได้ทุกที่ทุกเวลาผ่านระบบเครือข่ายระบบอกแบบให้เรียบง่ายเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ

รูปที่ 2 หน้าหลักของระบบ

หน้าหลักของระบบถูกออกแบบให้เรียบ เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ และใช้งาน

1) หน้า Home จะบอกรายละเอียดระยะทางที่รถตัดหญ้าอัตโนมัติทำงานล่าสุดและจะมีเมนูให้เลือกอีก 2 เมนู

2) ดูค่าที่บันทึกการทำงาน ในหน้านี้จะมีรายละเอียดการทำงานที่ผ่านมาของรถตัดหญ้าอัตโนมัติโดยจะมี ระยะทางและเวลา

3) บันทึกการซ่อมบำรุง ในหน้านี้จะสามารถเข้าไปบันทึกการซ่อมบำรุงที่เราได้ทำไปแล้วกับรถตัดหญ้าอัตโนมัติ เช่นตำแหน่งที่ทำการซ่อม ค่าใช้จ่าย

4. ผลการวิจัย

4.1 การทดสอบ

1) การทดสอบความแม่นยำของระยะทางการวิ่ง

ในการทดลองจะกำหนดให้รถตัดหญ้าอัตโนมัติวิ่งตรงไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 5 เมตรแล้วทำการวัดระยะทางที่วิ่งได้จริง

รูปที่ 3 การทดลองความแม่นยำ

2) ทดสอบวิ่งตัดหญ้าจริง

ในการทดลองจะกำหนดให้วิ่งในพื้นที่ขนาด 3×3เมตรในลักษณะดังรูปที่ 4

ภาพที่ 4 เส้นทางการวิ่งทดลอง

รูปที่ 5 การทดสอบวิ่งจริง

4.2 ผลการทดสอบความแม่นยำของระยะทางการวิ่ง

หลังทำการทดสอบครบ 30 ครั้งมีระยะที่ผิดพลาดอยู่ที่ช่วง 9-12 เซนติเมตร หรือคิดเป็นร้อยระความแม่นยำที่ 97.87

4.3 ผลการทดสอบวิ่งตัดหญ้าจริง

จากการทดสอบวัดระยะทางจริงที่จะต้องวิ่งได้ 24 เมตร หลังจากทำการทดสอบระยะทางที่ส่งไปยัง database คือ 23 เมตรคิดเป็นร้อยละความแม่นยำได้ที่ 95.83

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยระบบตรวจสอบข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรการเกษตรกรณีศึกษารถตัดหญ้าเป็นการทำระบบเพื่อลดความผิดพลาดในการดูแลรักษาเครื่องจักรการเกษตรป้องกันความเสียหายที่ร้ายแรงและเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลในการบำรุงรกษาซึ่งที่รถตัดหญ้าอัตโนมัติจะติดตั้ง บอร์ด ESP32 สำหรับส่งข้อมูลให้กับ MQTT Broker ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารและส่งข้อมูลให้ Node-RED ซึ่ง Node-RED ทำหน้าที่ในการสกัดเอาข้อมูลที่ต้องการออกมาและส่งข้อมูลให้ Database หลังจากนั้นตัว web application จะทำการดึงข้อมูลจาก database ออกมาแสดงที่หน้า web ซึ่งระบบนี้สามารถแสดงผลบนอุปกรณ์ใดก็ได้ที่สามารถเปิดหน้าเว็บเบราว์เซอร์ได้ ผลจากการดำเนินงานวิจัยและทดสอบพบว่าระบบทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้ ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรได้ทุกที่และมีข้อมูลที่ครบถ้วน

ข้อเสนอแนะเนื่องด้วยรถตัดหญ้าอัตโนมัติใช้โซ่เป็นตัวส่งถ่ายกำลังทำให้เกิดช่วงที่โซ่หย่อนและส่งถ่ายกำลังได้ไม่สมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Zanella, Andrea; Bui, Nicola; Castellani, Angelo; Vangelista,Lorenzo & Zorzi,Michele. “internet of things for Smart Cities”. IEEE internet of things Journal, vol.1,no.1,FEBRUARY 2014.

[2] จักรพงษ์ แก้วพวง และ กิตติธ์ธเนส เหลืองสนธยา. การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกับบ้านพักอาศัย. วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.2559.

[3] กรณิการ์ มูลโพธิ์. “ระบบรดน้ำพืชอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟนโดยใช้ NETPIE”.สถาบันนวัตกรรมมหานคร. สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และออโตเมชัน.คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.2563

[4] จารุวรรณ แต้มศรี, สมเกียรติ ตั้งจิตสถิตเจริญ. “การพัฒนาโปรแกรมการจัดการซ่อมบำรุงรักษาบนมือถือสำหรับโรงงานผลิตภัณฑ์เคมี”.การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ.2561. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี. 2561

[5] สาวิตรี ผิวงาม, นวพร วิสิฐพงศ์พันธ์. “ระบบเช่าพื้นที่เพาะปลูกอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง”. ภาควิชาสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเก้าลาพระนคร. 2561

[6] Andreas Kamilaris, Feng Gao, Franceac x. Prenafeta-Boldu and Muhammad Intizar Ali. “Agri-IoT:A sementic framework for internet of things-enabled smart farming applications”. Internet of Things (WF-IoT), 2016 IEEE 3rd World Forum on, 2016, pp. 442-447

นายนำโชค ชมกระโทก

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์)

ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรปฏิบัติการ

สถาบันสหวิทยาการดิจิทัลและหุ่นยนต์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการเพื่อลดเวลาสูญเปล่า กรณีศึกษา กระบวนการเลเซอร์มาร์คกิ้ง

Process Efficiency Improvement to Reduce Non-Value-Added Time : Case Study Laser Marking Process

พิษณุ จันดี ภานุพงศ์ กลมสัมฤทธิ์ และ สุกัญญา เชิดชูงาม*

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์ว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: sukanya.che@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการเลเซอร์มาร์คกิ้งชิ้นงาน เพื่อลดระยะเวลาการสูญเสีย ซึ่งจากการหาสาเหตุของปัญหาพบว่าเกิดการสูญเสียเวลางานเนื่องจากกระบวนการวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งในการวางชิ้นงานแต่ละครั้งต้องใช้ระยะเวลาในการเล็งชิ้นงานนานเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ตั้งไว้ โดยใช้เวลาในการปฏิบัติงานรวมเป็นเวลารวม 40 วินาที/ชิ้น ไม่รวมเวลาในการติดตั้งโปรแกรม พบว่า ขั้นตอนการขยับตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ใช้เวลาในการปฏิบัติงาน 24 วินาที/ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 60 ของเวลาปฏิบัติงานรวม ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการทำงานที่ไม่สร้างคุณค่า (Non-Value Added) สามารถตัดออกจากกระบวนการได้ จึงได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการเพื่อลดเวลาสูญเปล่าดังกล่าว โดยหลังการพัฒนาตัวเครื่องลเซอร์มาร์คกิ้ง โดยการเพิ่มอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน พบว่า สามารถลดระยะเวลาในการดำเนินงานเหลือเพียง 12 วินาที/ชิ้น หรือคิดเป็นลดลงร้อยละ 70

คำสำคัญ : เวลาสูญเปล่า อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เครื่องเลเซอร์มาร์คกิ้ง

Abstract :

This article presented the efficiency improvement of the laser marking process to reduce non-value added time. According to the examination of problem's causes, the time was wasted because of displacement of a work piece in each time, and to replace it, long time was taken to aim the right position. The research showed that it took approximately 40 seconds/piece excluding the time of program installation. Furthermore, the operating time in the process of relocating the work piece in the right position was 24 seconds/piece, accounted for 60% of total operating time. In this process, it was non-value step that could be removed from the entire process. Therefore, the improvement of process efficiency was required to minimize non-value-added time. After the process improvement where a jig, fixture and automated system were equipped, the operating time could be reduced to 12 seconds/ piece, equating to 70%, and the machine's performance could be enhanced to fully function with complete efficiency

Keywords: Non-Value-Added Time; Jig and Fixture; Laser Marking Machine

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่และมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากการผลิตยานยนต์แต่ละคันจะต้องมีส่วนประกอบจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานงานกล ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เข้ามาประกอบกันจนเป็นยานยนต์ กระบวนการเลเซอร์มาร์คกิ้งชิ้นงาน เป็นหนึ่งในขั้นตอนงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ เพื่อการระบุรายละเอียดของยี่ห้อและรุ่นของสินค้าลงบนชิ้นงาน ให้สามารถตรวจเชคสำหรับการประกอบและการซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้อง โดยโรงงานกรณีศึกษา เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์และจักรยานยนต์ โดยมีผลิตภัณฑ์หลักเป็น สป๊อกเก็ต, ดิสเบรก, ไฟน์แบลงค์กิ้ง ฯลฯ ซึ่งบริษัทมีการเลเซอร์บาร์โค้ดหรือข้อความลงบนชิ้นงานทุกชิ้น ซึ่งเครื่องเลซอร์มาร์คกิ้งที่ใช้เป็นรุ่น MD-X1000/1500 Series ใช้สำหรับการเลเซอร์บาร์โค้ดหรือข้อความลงบนชิ้นงานโดยระยะความสูงจากตัวชิ้นงานถึงหัวเลเซอร์ที่สามารถทำงานได้คือ 400-700 มิลลิเมตร ความกว้างและความยาวสามารถเลเซอร์ชิ้นงานได้สูงสุดคือ 300×300 มิลลิเมตร หากมีชิ้นงานที่ใหญ่เกินกว่าที่ระบบของตัวเครื่องเลเซอร์กำหนดไว้จะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากข้อจำกัดด้านจำนวนเครื่องจักรและจำนวนพนักงานที่สามารถปฏิบัติงานเลเซอร์มาร์คกิ้ง จึงทำให้บริษัทไม่สามารถเร่งงานและทำงานได้ในเวลาที่กำหนด ซึ่งสาเหตุของการสูญเสียเวลาในการปฏิบัติงานแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แผนผังก้าวปลาวิเคราะห์ปัญหาของการสูญเสียเวลาในการปฏิบัติงาน

2. ศึกษาเครื่องมือและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

2.1 การวิเคราะห์กิจกรรมร่วม (Multiple Activity Analysis)

การวิเคราะห์กิจกรรมร่วม ใช้แสดงความสัมพันธ์ของการทำงานของพนักงานหลายคนที่ต้องเกี่ยวข้องซึ่งกันและกันตั้งแต่ สองคนขึ้นไป หรือคนงานหลายคนซึ่งทำงานร่วมกันในบริเวณเดียวกัน หรือใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรร่วมกัน อาจจะเป็นการศึกษาการทำงานของพนักงานคนเดียวแต่ทำงานสัมพันธ์กับเครื่องจักรหรือต้องดูแลเครื่องจักรหลายเครื่องพร้อมกันจุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมร่วม เพื่อลดเวลาว่างงานของพนักงานและเครื่องจักรลง หรือต้องการเพิ่มผลผลิตในการทำงาน การวิเคราะห์แผนภูมิในลักษณะนี้ อาจกระทำได้ในอาจทำได้ สองรูปแบบ คือ วิเคราะห์ในลักษณะของกิจกรรม หรือ วิเคราะห์โดยใช้แกนของเวลา

แผนภูมิคนและเครื่องจักร Man-Machine Chart [1] เป็นแผนภูมิแสดงการทำงานร่วมกันระหว่างคนและเครื่องจักร ซึ่งอาจจะมีตั้งแต่ หนึ่งคนกับหนึ่งเครื่องขึ้นไป จุดมุ่งหมายเพื่อดูสัดส่วนการเสียเวลารอคอยของคนและเครื่องจักร หรือเพื่อศึกษาดูว่าควรต้องลดหรือเพิ่มจำนวนคนในการทำงานหรือไม่

แผนภูมิประเภทนี้มักวิเคราะห์โดยใช้แกนของเวลา และตารางสรุปเวลาการทำงาน การวิเคราะห์จะใช้กราฟแท่งแทนกิจกรรมแต่ละประเภท โดยใช้การระบายสีหรือสัญลักษณ์แทนกิจกรรม ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระบายสีหรือสัญลักษณ์แทนกิจกรรม

สัญลักษณ์	รูปแบบกิจกรรม
	กิจกรรมร่วม คือ กิจกรรมซึ่งพนักงานต้องทำร่วมกับเครื่องจักร หรือร่วมกับพนักงานคนอื่น จึงไม่สามารถโยกย้ายสับเปลี่ยนโดยอิสระได้ เช่นการหยิบถอดชิ้น งานออกจากเครื่อง การตั้งเครื่อง สำหรับเครื่องจักร หมายถึง เวลาทั้งที่เดินเครื่องและว่างงานที่ต้องรับการควบคุมจากพนักงาน
	กิจกรรมอิสระ คือ กิจกรรมที่แต่ละบุคคลหรือแต่ละเครื่องจักร ทำงานเป็นอิสระแก่กัน โดยไม่ขึ้นต่อกัน ดังนั้น จึงเป็นกิจกรรมที่โยกย้ายสับเปลี่ยนตำแหน่งได้ เช่น การเตรียมชิ้นงาน หรือการตรวจสอบ สำหรับเครื่องจักร หมายถึงเวลาในการเดินเครื่อง
	การว่างงาน/รอคอยงาน คือ เมื่อพนักงานไม่มีกิจกรรม หรือเมื่อเครื่องจักรไม่ได้มีการเดินเครื่องผลิตชิ้นงาน

แนวทางการวิเคราะห์กิจกรรมร่วม

(1) ทำการบันทึกเวลาของกิจกรรมแต่ล่ะกิจกรรมของพนักงาน หรือเครื่องจักร โดยแยกออกเป็น กิจกรรมร่วม กิจกรรมอิสระ หรือการว่างงาน ซึ่งอาจเป็นการบันทึกเวลาเฉลี่ย ไม่ต้องละเอียดมากนัก

(2) ทำการบันทึกเวลาของกิจกรรมเหล่านั้นลงบนแผนภูมิกิจกรรมร่วม โดยแยกบันทึกของแต่ละคนหรือแต่ละเครื่องจักร กิจกรรมที่บันทึกควรให้ครบวัฏจักรของการกิจกรรมนั้น

(3) วิเคราะห์กิจกรรมการทำงานต่างๆ อย่างละเอียด เพื่อศึกษาว่ากิจกรรมอิสระใดบ้างที่สามารถสลับเปลี่ยนเพื่อให้ลดการรอคอยงานลง หรือลดขั้นตอนการท างานบางอย่างลงเพื่อให้เวลาทำงานเร็วขึ้น

(4) พัฒนาวิธีการทำงานใหม่ และบันทึกกิจกรรมต่างๆ ลงบนแผนภูมิกิจกรรมร่วมเพื่อเก็บไว้เป็นมาตรฐานของการปฏิบัติงานต่อไป

(5) คำนวณหาร้อยละการทำงานของพนักงานและเครื่องจักรจากสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละการทำงาน} = \frac{\text{เวลาที่มีการทำงาน} \times 100}{\text{รอบเวลารอบในการทำงาน}} \qquad (1)$$

2.2 จิ๊กและฟิกซ์เจอร์ (Jig and Fixture)

จิ๊ก (Jig) และ ฟิกซ์เจอร์ (Fixture) [2] เป็นเครื่องมือสำหรับงานในอุตสาหกรรมซึ่งถูกนำมาใช้สำหรับการผลิตชิ้นงานที่เที่ยงตรงเหมือนกันทุก ๆ ชิ้น ความสัมพันธ์และตำแหน่งที่ถูกต้องระหว่างจิ๊กหรือฟิกซ์เจอร์กับชิ้นงานจะต้องถูกรักษาให้คงเดิมอยู่ตลอดเวลา จิ๊กหรือฟิกซ์เจอร์ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อการยึดจับ รองรับ และกำหนดตำแหน่งชิ้นงานทุก ๆ ชิ้น เพื่อให้แน่ใจว่าในการเจาะรูหรือการตกแต่งด้วยวิธีอื่น ๆ จะได้ตรงตำแหน่งเดิมหรือขนาดตามรายละเอียดที่กำหนดมาทุกประการ จิ๊กและฟิกซ์เจอร์นี้จะมีความหมายเกี่ยวพันใกล้เคียงกันมาก บางทีก็อาจจะเกิดสับสนในการนำไปใช้ได้บ้าง อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ก็ขึ้นอยู่กับแนวทางของเครื่องมือที่จะนำไปใช้กับชิ้นงาน

3. การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

จากการศึกษากระบวนการทำงานและสาเหตุของการเกิดเวลาสูญเปล่าในการปฏิบัติงาน ด้วยการวิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) [3] ในรูปที่ 1 จากสาเหตุหลักซึ่งประกอบด้วย

1. พนักงาน (Man) พบปัญหาคือพนักงานที่มีความรู้และรับผิดชอบในงานเลเซอร์ชิ้นงานมีเพียง 1 คน ที่มีประสบการณ์หรือความชำนาญในงานดังกล่าวไม่มีพนักงานอื่นที่สามารถทำงานทดแทนได้ เนื่องจากไม่มีองค์ความรู้ในการใช้งานเครื่องจักร และการใช้งานโปรแกรมควบคุม สามารถแก้ไขได้โดยการฝึกอบรมพนังงานใหม่ให้เกิดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรและโปรแกรม

2. เครื่องจักร (Machine) พบปัญหาคือ เครื่องเลเซอร์ชิ้นงานมีเพียง 1 เครื่อง ซึ่งใช้งานมาเป็นเวลานานแล้ว ไม่ทันสมัย และขาดการซ่อมบำรุง และขาดการพัฒนาเครื่องเลเซอร์ให้สามารถใช้งานได้ง่ายและเหมาะสมกับชิ้นงาน ทำให้ต้องใช้พนักงงานทำงานร่วมกับเครื่องจักรตลอดทุกขั้นตอนการทำงาน ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการพัฒนาอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเข้ามาช่วยให้การปฏิบัติงานได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น ทำให้พนักงานใหม่ที่ขาดประสบการณ์และความเชี่ยวชาญสามารถปฏิบัติงานได้

3. วัตถุดิบ (Material) พบปัญหาคือ ชิ้นงานเสียหายจากการขนย้ายชิ้นงาน และขาดการตรวจสอบชิ้นงานเสียหายก่อนขั้นตอนการเลเซอร์ชิ้นงาน และพบความเสียหายภายหลังกระบวนการเลเซอร์ชิ้นงานแล้ว สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มวัสดุกันกระแทกในขั้นตอนการขนย้ายและเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานก่อนกระบวนการเลเซอร์ชิ้นงาน

4. วิธีการทำงาน (Method) พบปัญหาคือ มีหลายขั้นตอนการทำงานที่ไม่สร้างคุณค่า สามารถแก้ไขได้โดยการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการของเครื่องจักรเพื่อลดขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานได้

3.1 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต

จากการศึกษากระบวนการเลเซอร์มาร์คกิ้งในปัจจุบันมีเครื่องเลเซอร์มาร์คกิ้ง 1 เครื่อง และพนักงาน 1 คน สำหรับงานเลเซอร์มาร์กิ้งชิ้นงานทุกชิ้น โดยมีรายละเอียดแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) ดังตารางที่ 2 จะพบว่าขั้นตอนที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานรวมเป็นเวลารวม 70 วินาที ขั้นตอนที่ใช้เวลาปฏิบัติงานสูงสุดคือการตั้งค่าโปรแกรมของเครื่องเลเซอร์ชิ้นงาน แต่ในขั้นตอนนี้นับเป็นขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักร (Set up) ครั้งแรกก่อนการเลเซอร์ชิ้นงาน 1 ครั้งต่อรอบการผลิต ดังนั้นในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการในงานนี้จึงไม่นำขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักรมาพิจารณารวมกับเวลาการผลิตต่อชิ้นงาน ดังนั้น ดังนั้นเวลาในการปฏิบัติงานรวมเป็นเวลารวม 40 วินาที/ชิ้น ทำให้ขั้นตอนที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานสูงสุดคือ ขั้นตอนการขยับตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ใช้เวลาในการปฏิบัติงาน 24 วินาที/ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 60 ของเวลาปฏิบัติงานรวม ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการทำงานที่ไม่สร้างคุณค่าสามารถตัดออกหรือลงระยะเวลาที่ใช้ลงจากกระบวนการได้ รองลงมาเป็นขั้นตอนที่เครื่องจักรเลเซอร์ชิ้นงาน ใช้เวลาในการปฏิบัติงาน 10 วินาที/ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 25 ของเวลาปฏิบัติงานรวม

ตารางที่ 2 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)

Flow Process Chart			
TYPE OF FLOW PROCESS CHART ☑ MAN TYPE ☐ MACHINE TYPE ☐ MATERIAL TYPE ☐ OTHER ACTIVITY : การเลเซอร์ชิ้นงาน DEPARTMENT : แผนกผลิต METHED : ปัจจุบัน	SUMMARY		
	Operation	○	34 วินาที
	Transport	⇨	2 วินาที
	Delay	D	10 วินาที
	Inspection	□	24 วินาที
	Storage	▽	-
กระบวนการทำงาน	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	
1. ตั้งค่าโปรแกรมของเครื่องเลเซอร์ชิ้นงาน	30	●⇨D□▽	
2. เปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	●⇨D□▽	
3. นำชิ้นงานใส่ลงบนที่วางชิ้นงาน	1	○➡D□▽	
4. ขยับตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	24	○⇨D■▽	
5. ปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	●⇨D□▽	
6. สั่งให้เครื่องเลเซอร์ทำงาน	1	●⇨D□▽	
7. เครื่องเลเซอร์ทำการเลเซอร์ชิ้นงานจนเสร็จ	10	○⇨●□▽	
8. เปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	●⇨D□▽	
9. หยิบชิ้นงานออกจากเครื่องเลเซอร์	1	○➡D□▽	
รวม	70		

จากกระบวนการทำงาน พบว่ามีกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าเกิดเป็นเวลาสูญเปล่า หลายขั้นตอนไม่ว่าจะเป็น การเปิด-ปิดประตูเครื่องเลเซอร์ การขยับตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่ง รอเครื่องเลเซอร์ทำการเลเซอร์ชิ้นงานจนเสร็จ หากสามารถลดเวลาการปฏิบัติงานของขั้นตอนเหล่านี้ลงได้ ก็จะสามารถเพิ่มผลผลิตได้ตามไปด้วย

3.2 การวิเคราะห์กิจกรรมร่วมของคนและเครื่องจักร

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 2 สามารถวิเคราะห์กิจกรรมร่วมของคนและเครื่องจักร โดยแยกออกเป็น กิจกรรมร่วม กิจกรรมอิสระ หรือการว่างงาน [4] ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แผนภูมิคนและเครื่องจักร Man-Machine Chart

กระบวนการทำงาน	คน	เครื่องจักร	เวลา
1. เปิดประตูเครื่องเลเซอร์	■	■	1 วินาที
2. นำชิ้นงานใส่ลงบนที่วางชิ้นงาน	▨	□	1 วินาที
3. ขยับตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	▨	□	24 วินาที
4. ปิดประตูเครื่องเลเซอร์	■	■	1 วินาที
5. สั่งให้เครื่องเลเซอร์ทำงาน	■	■	1 วินาที
6. เครื่องเลเซอร์ทำการเลเซอร์ชิ้นงานจนเสร็จ	□	▨	10 วินาที
7. เปิดประตูเครื่องเลเซอร์	■	■	1 วินาที
8. หยิบชิ้นงานออกจากเครื่องเลเซอร์	▨	□	1 วินาที
รวม			70 วินาที

□ ว่างงาน ▨ ทำงานอิสระ ■ ทำงานร่วมกัน

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาแผนภูมิคนและเครื่องจักร Man-Machine Chart โดยแยกออกเป็น กิจกรรมร่วม กิจกรรมอิสระ หรือการว่างงาน โดยไม่นำขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักร (Set up) มาพิจารณารวมกับเวลาการผลิตต่อชิ้นงาน สามารถสรุปเป็นเวลาในการปฏิบัติงานของกิจกรรมแต่ละประเภทได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เวลาการปฏิบัติงาน

เวลาการปฏิบัติงาน	คน	เครื่องจักร
■ เวลาทำงานร่วมกัน (วินาที)	4	4
▨ เวลาทำงานอิสระ (A) (วินาที)	26	10
□ เวลาว่างงาน (วินาที)	10	26
เวลารวม	40 วินาที/ชิ้น	
รอบเวลารอบในการทำงาน (B) (ไม่รวมเวลาทำงานร่วมกัน)	36 วินาที/ชิ้น	
ร้อยละการทำงาน = (A/B)x100	72.22	27.78

จากตารางที่ 4 พบว่าเมื่อพิจารณารอบเวลารอบในการทำงานของคนและเครื่องจักรโดยไม่นำเวลาทำงานร่วมกันมาพิจารณารอบเวลารอบในการทำงาน ต่อชิ้นจะอยู่ที่ 36 วินาที เมื่อพิจารณาเป็นร้อยละในการทำงานของคนจะอยู่ที่ร้อยละ 72.22 ส่วนร้อยละในการทำงานของเครื่องจักรจะอยู่ที่ร้อยละ 27.78 นั้นคือ ทั้งคนและเครื่องจักรยังทำงานมีเวลาว่างงานอยู่โดยเครื่องจักรมีเวลาว่างงานมากถึงร้อยละ 72.22 ของการปฏิบัติงาน หากสามารถปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานได้ก็จะสามารถลดเวลาสูญเปล่า และเพิ่มร้อยละการทำงานไปด้วย

4. การดำเนินงานพัฒนา

จากการวิเคราะห์แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) มีขั้นตอนที่ไม่สร้างคุณค่า (Non-Value Added) สามารถตัดออกจากกระบวนการได้คือ ขั้นตอนการขยับตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงาน 24 วินาที/ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 60 ของเวลาปฏิบัติงานรวม สามารถปรับปรุงได้โดยการออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ (Jig and Fixture) ซึ่งเป็นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเข้ามาช่วยลดระยะเวลาในการทำงานในขั้นตอนนี้ลงได้ ซึ่งในการออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ให้ทำงานร่วมกับตัวเครื่องเดิม

(ก) แผ่นจิ๊กกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน

(ข) การวางชิ้นงานบนจิ๊ก

(ค) ออกแบบแผ่นจิ๊ก (Jig) สำหรับกำหนดตำแหน่ง 2 ชิ้นงาน

รูปที่ 2 แผ่นจิ๊ก (Jig) สำหรับกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน

รูปที่ 3 ฟิกซ์เจอร์ที่ทำหน้าที่จับยึดแผ่นจิ๊กสำหรับจับยึดแผ่นจิ๊ก

(ก) มอเตอร์ควบคุมการหมุนของแผ่นจิ๊ก

(ข) กระบอกสูบควบคุมการทำงานของฟิกซ์เจอร์จับยึดแผ่นจิ๊ก

รูปที่ 4 ระบบอัตโนมัติควบคุมการทำงานของจิ๊กและฟิกซ์เจอร์

ตารางที่ 5 แผนภูมิคนและเครื่องจักร (Man-Machine Chart) หลังการปรับปรุงพัฒนา

กระบวนการทำงานของคน						กระบวนการทำงานของเครื่องจักร		
ชิ้นงาน A	เวลา		ชิ้นงาน B	เวลา		ชิ้นงาน A และ B	เวลา	
เปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	■	ว่าง	4.5	□	เครื่องทำการเลเซอร์ชิ้นงาน B จนเสร็จ	2	▨
นำชิ้นงานเก่าออกจากบนแผ่นจิก	1	▨					2.5	■
นำชิ้นงานใหม่ใส่ลงบนบนแผ่นจิก	1	▨						
ปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	■						
สั่งให้เครื่องเลเซอร์ทำงาน	0.5	■						
ว่าง	12	□	ว่าง	7.5	□	ฟิกซ์เจอร์ที่ทำหน้าที่จับยึดแผ่นจิก คลายตัวปลดล๊อกแผ่นจิก	0.5	▨
						มอเตอร์หมุนแผ่นจิก (Jig) 180 องศา นำชิ้นงานใหม่เข้าด้านในตัวเครื่องเลเซอร์ชิ้นงานที่เลเซอร์เสร็จออกด้านนอกตัวเครื่อง	1	▨
						ฟิกซ์เจอร์ที่ทำหน้าที่จับยึดแผ่นจิกบีบ ล๊อกแผ่นจิกให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้	0.5	▨
			เปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	■	เครื่องทำการเลเซอร์ชิ้นงาน A จนเสร็จ	7.5	▨
			นำชิ้นงานเก่าออกจากบนแผ่นจิก	1	▨		2.5	■
			นำชิ้นงานใหม่ใส่ลงบนบนแผ่นจิก	1	▨			
			ปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	■			
			สั่งให้เครื่องเลเซอร์ทำงาน	0.5	■			
ว่าง	7.5	□	ว่าง	12	□	ฟิกซ์เจอร์ที่ทำหน้าที่จับยึดแผ่นจิก คลายตัวปลดล๊อกแผ่นจิก	0.5	▨
						มอเตอร์หมุนแผ่นจิก (Jig) 180 องศา นำชิ้นงานใหม่เข้าด้านในตัวเครื่องเลเซอร์ชิ้นงานที่เลเซอร์เสร็จออกด้านนอกตัวเครื่อง	1	▨
						ฟิกซ์เจอร์ที่ทำหน้าที่จับยึดแผ่นจิกบีบ ล๊อกแผ่นจิกให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้	0.5	▨
เปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	■				เครื่องทำการเลเซอร์ชิ้นงาน B จนเสร็จ	7.5	▨
นำชิ้นงานเก่าออกจากบนแผ่นจิก	1	▨					2.5	■
นำชิ้นงานใหม่ใส่ลงบนบนแผ่นจิก	1	▨						
ปิดประตูเครื่องเลเซอร์	1	■						
สั่งให้เครื่องเลเซอร์ทำงาน	0.5	■						

□ ว่างงาน ▨ ทำงานอิสระ ■ ทำงานร่วมกัน

จากรูปที่ 2 แสดงตัวอย่างแผ่นจิ๊ก (Jig) สำหรับกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน และรูปที่ 3 ฟิกซ์เจอร์ที่ทำหน้าที่จับยึดแผ่นจิ๊กสำหรับจับยึดแผ่นจิ๊ก และรูปที่ 4 แสดงโดยประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วยลดความผิดพลาดและลดระยะเวลาในการทำงานได้มากขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานด้วย โดยมีแนวคิดในการออกแบบระบบแสดงการทำงานดังรูปที่ 2 จากรูปที่ 2 แสดงแบบของแผ่นจิ๊ก (Jig) สำหรับกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมของชิ้นงานที่มีตัวกำหนดตำแหน่งบนแผ่นจิ๊ก ทำให้พนักงานไม่ต้องเสียเวลาในการขยับตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยในรูปที่ 2 (ค) แสดงให้เห็นว่าได้มีการออกแบบแผ่นจิ๊ก (Jig) สำหรับกำหนดตำแหน่ง 2 ชิ้นงาน เพื่อให้พนักงานที่ว่างเนื่องจากต้องรอเครื่องเลเซอร์ชิ้นงานที่ 1 ได้ทำการจัดวางและเตรียมชิ้นงานที่ 2 บนแผ่นจิ๊ก โดยติดตั้งมอเตอร์ช่วยในการหมุนแผ่นจิ๊กเข้าและออกตัวเครื่อง

จากรูปที่ 3 แสดงฟิกซ์เจอร์ที่ทำหน้าที่จับยึดแผ่นจิ๊กสำหรับจับยึดชิ้นงานหรือแผ่นจิ๊กที่มีการเคลื่อนที่หมุนเข้าและออกตัวเครื่อง ให้แน่นไม่ให้มีการขยับระหว่างเลเซอร์ชิ้นงาน เพื่อป้องกันการเกิดของเสีย

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นระบบอัตโนมัติที่นำเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมการทำงานของจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ (Jig and Fixture) ที่ติดตั้งเพิ่มเติมจากตัวเครื่อง ทำให้เครื่องจักรช่วยลดเวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานและเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร ทำให้ขั้นตอนในการปฏิบัติงานของคนและเครื่องจักรเปลี่ยนแปลงไปโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5 แผนภูมิคนและเครื่องจักร

จากตารางที่ 5 พบว่าหลังจากการเพิ่มจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ (Jig and Fixture) เข้ามาแก้ไขปัญหาของการใช้เวลาในการจัดวางชิ้นงานมากเกิน ทำให้สามารถลดเวลาการปฏิบัติงานเหลือเวลาในการวางชิ้นงานเพียง 1 วินาที/ชิ้น ยังปรับปรุงให้มีจิ๊ก 2 ด้าน เพื่อเพิ่มกิจกรรมให้กับพนังงานในช่วงที่ว่างงานเนื่องจากรอเครื่องจักรเลเซอร์ชิ้นงาน ทำให้มีเวลาว่างงานที่ลดลงเหลือ 7.5 วินาที/ชิ้น เพิ่มประสิทธิภาพของงานทำงานได้มากขึ้น โดยสามารถสรุปประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานหลังจากการปรับปรุงกระบวนการได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เวลาการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุงพัฒนา

เวลาการปฏิบัติงาน	คน	เครื่องจักร
เวลาทำงานร่วมกัน (วินาที)	2.5	2.5
เวลาทำงานอิสระ (A) (วินาที)	2	9.5
เวลาว่างงาน (วินาที)	7.5	0
เวลารวม	12 วินาที/ชิ้น	
รอบเวลารอบในการทำงาน (B) (ไม่รวมเวลาทำงานร่วมกัน)	9.5 วินาที/ชิ้น	
ร้อยละการทำงาน = (A/B)x100	21.05	100%

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นถึงเวลาในการปฏิบัติงานของคนและเครื่องจักรซึ่งมีเวลาต่อชิ้นงานถูกที่ 12 วินาที/ชิ้น เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของการทำงานพบว่าการปรับปรุงพัฒนาเครื่องจักรและกระบวนการทำงานในครั้งนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรได้จนเต็มประสิทธิภาพ (100%) ในขณะที่ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานลดลงอยู่ที่ร้อยละ 21.05 เนื่องจากการปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานทำให้ลดเวลาในการปฏิบัติงาที่ไม่จำเป็นออกไปจากเดิมที่ต้องใช้เวลามากถึง 26 วินาที/ชิ้น ทำให้เวลาที่ใช้ปฏิบัติอิสระลดลงเหลือเพียง 2 วินาที/ชิ้น และมีเวลาว่างงานเหลือ 7.5 วินาที/ชิ้น

5. สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษากระบวนการเลเซอร์มาร์คกิ้งชิ้นงานของบริษัทกรณีศึกษาจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตพบว่ากระบวนการเลเซอร์มาร์คกิ้งใช้เวลา 40 วินาที/ชิ้น ซึ่งขั้นตอนการขยับตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ใช้เวลาในการปฏิบัติงานมากที่สุด 24 วินาที/ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 60 ของเวลาปฏิบัติงานรวม และจากการวิเคราะห์แผนภูมิคนและเครื่องจักร พบว่าการทำงานของคนจะอยู่ที่ร้อยละ 72.22 ส่วนร้อยละในการทำงานของเครื่องจักรจะอยู่ที่ร้อยละ 27.78 นั้นคือเครื่องจักรมีเวลาว่างงานมากถึงร้อยละ 72.22 ภายหลังจากการปรับปรุงกระบวนการโดยติดตั้งจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ และระบบอัตโนมัติ พบว่า สามารถลดระยะเวลาในการดำเนินงานเหลือเพียง 12 วินาที/ชิ้น หรือคิดเป็นลดลงร้อยละ 70 และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ แสดงการเปรียบเทียบเวลาการปฏิบัติงานก่อน-หลังการปรังปรุงพัฒนา ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 เปรียบเทียบเวลาการปฏิบัติงานก่อน-หลังการปรังปรุงพัฒนา

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกตลอดการทำโครงงาน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 6
Proceedings of the 6th RMUTP Conference on Engineering and Technology

เอกสารอ้างอิง

[1] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2562). การศึกษางานอุตสาหกรรม (INDUSTRIAL WORK STUDY) (ฉบับปรับปรุงใหม่). กรุงเทพมหานคร: ท็อป.

[2] วชิระ มีทอง. (2550). การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์). กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[3] วิชญา จันทนา และ วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญกุล, "การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเซรามิค: กรณีศึกษาโรงงานในจังหวัดสมุทรปราการ," *วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*, ปีที่ 37, ฉบับที่ 2, หน้า 58 – 83, กรกฎาคม-ธันวาคม 2563

[4] ชิตษณุ ภักดีวานิช และพิมพ์ชนก จงกิจวรกุล, "การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกระจกกันรอย," *วารสารวิชาการสถาบันอาชีวศึกษาภาคใต้ 1*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, หน้า 043 – 056, กรกฎาคม-ธันวาคม 2564

นายพิษณุ จันดี
เกิดวันที่ 25 พฤศจิกายน 2539 ที่อยู่ 117/3 ม.14
ต.ตาคง อ.สังขะ จ.สุรินทร์ 32150
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail : Pissanujundee006@gmail.com

นายภานุพงศ์ กลมสัมฤทธิ์
เกิดวันที่ 6 มกราคม 2543 ที่อยู่ 77/6 หมู่ 2
ต.ตาสัง อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail : katepanupong@gmail.com

อาจารย์ ดร.สุกัญญา เชิดชูงาม
อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์1 แขวงบางซื่อ
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
E-mail : sukanya.che@rmutp.ac.th
งานวิจัยที่สนใจ : Production Planning and Control, Modeling and control system, Logistic and Supply Chain

ดรรชนีผู้เขียนบทความ

ก	หน้า
กชกร วิรัชกุล	159
กมลทิพย์ คำมูล	1
กมลทิพย์ น้อยโฮม	154
กมลทิพย์ วัฒกีกำธร	65
กรีฑา สิงห์สมบูรณ์	212
กฤชกร อรุณสวัสดิ์	142
กฤชนันท์ เจริญสุข	17,23,56
กฤษฎา เบ้าทอง	13
กฤษณ์ อภิญญาวิศิษฐ์	9
กฤษดา เสือเอี่ยม	73,83,88, 93,98,111
กำพล นนแก้ว	229
กิตติชัย อธิกุลรัตน์	126,175
เกียรติภูมิ ช่วยงาน	192

ข	หน้า
ขวัญชนก อุนทะอ่อน	93,107

ค	หน้า
คชพงศ์ สุมานนท์	69
คมพันธ์ ชมสมุทร	233
ครรชิต ภาวนานนท์	23,56

จ	หน้า
จักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง	208
จักรพันธ์ แสงสุวรรณ	78
จินต์จิ สหรัตนพันธ์	220
จิรภัทร์ หฎิ่มฉ่ำ	52
จิระพล ศรีเสริฐผล	229
จุฑาธิป มีความสุข	183
เจนนิษา เฟื่องชูนุช	121

ฉ	หน้า
ฉัตรแก้ว จริยตันติเวทย์	69
เฉลิมพล ไชยแก้ว	73,93

ช	หน้า
ชนิสร เจค๊อป	233
ชลสิทธิ์ นิลสดใส	138
ชลากร อุดมรักษาสกุล	237
ชัชพงศ์ แซ่เอียบ	107
ชาคริต ศรีสุวรรณรัตน์	98
ชาญฉจิต วรรณนุรักษ์	5
ชาญยุทธ ตระกูลสรณคมน์	163
ชินภัทร์ ชัยโชติกุลชัย	83
ชุดารัตน์ จอมทอง	93

ณ	หน้า
ณทพร จินดาประเสริฐ	44
ณัชพงศ์พล คงชะสิงห์	73,88
ณัฏฐกิตติ์ ฤทธิ์ทอง	28
ณัฐชมัย ลักษณ์อานวยพร	121
ณิชากานต์ นามเมือง	175

ด	หน้า
ดวงฤทัย ชาติศรี	1
ดวงฤทัย นิคมรัฐ	116,121
ดาราวรรณ วีรานันต์	179
เดชาวัต มั่นกลาง	1
ต่วนอัรฟาน รอยา	163

ท	หน้า
ทองพูล ทาสีเพชร	83,93

ดรรชนีผู้เขียนบทความ

ธ	หน้า
ธนกฤต จารุศิลปางกูร	88
ธนพัฒน์ น้ำจันทร์	73,93,107
ธนภรณ์ สันหมุด	93
ธนะกิจ วัฒกีกำธร	65
ธรรมวิชช์ ประเสริฐ	167
ธวัชชัย ชาติตำนาญ	208
ธัญญารัตน์ หมอกมีชัย	224
ธีรณัฐ พิพัฒน์ชลธี	126
ธีรพันธ์ เชื้อกสิการ	13
ธีรภัทร แววพิลา	237
ธีรวัฒน์ แม้นด้วง	212
ธีรวัติ อินทร์เฉลิม	28
ธีระ ทองคต	48

น	หน้า
นที ทองอุ่น	241
นภัสสร เพชรธารงกุล	121
นเรศ ชลังสุทธิ	48
นวรัตน์ งามวงษ์	188
นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ	48
นัฐวีย์ ประภาศรีวรกุล	48
นัตพงศ์ โชติพันธ์	146,163
นันท์นภัสร อินยิ้ม	142
นันทภัทค์ ลิ้มไพบูลย์	107
นำโชค ชมกระโทก	241
นิติภูมิ ผลาผล	169,200, 204
นิธิศ ชูช่วย	52
นิภาพร ปัญญา	121
นิโรจน์ เงินพรหม	103
นิลาวรรณ พันธ์ประชา	175
นูรีดา สุหลง	146
นูรียะ หะยีเจ๊ะมะ	163

บ	หน้า
บุญธรรม หาญพานิชย์	142
บุรฉัตร ฉัตรวีระ	111
บูชิต มาโห้	73,78,93
เบญจมาศ แก้วยงกฎ	150

ป	หน้า
ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท	32,44
ปฏิวัติ คมวชิรกุล	9,32,40
ประภาภรณ์ ลอยนอก	192
ประยูร จอมหล้าพีรติกุล	1
ประสงค์ ก้านแก้ว	208
ประสิทธิ์ แพงเพชร	237
ประเสริฐ ชุมปัญญา	169,200, 204
ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน	44
ปริญ ศรีแสง	40
ปริศนา บุญศักดิ์	220
ปรียา แสงเจริญ	188
ปิติ ขันโพธิ์	9
ปิยธิดา โกมลวรรธนะ	36

พ	หน้า
พงศกร พรมสวัสดิ์	73
พชรรัตน์ อ่วมเหล็ง	200

ดรรชนีผู้เขียนบทความ

พนา ดุสิตากร	52
พรพิศ ศิริมา	154
พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์	69
พลรัชต์ บุญมี	40
พัชรียา ไชยแก้ว	73,93
พัฒนเดช ชื่นฉันทวงศ์	126
พัฒนพงษ์ เนื่องสุนัย	138
พิชญ์ธิดา จิตตมาโร	73
พิชญา สุขสุด	61
พิเชษฐ์ บุญญาลัย	32
พิษณุ จันดี	245
พิษณุ ทองขาว	154,183
พีรดา แสงฟุ้ง	93
พีรพงษ์ พิมพ์อูบ	229
พีรสิชฌ์ ชฎาธร	44
พูนศรี วรรณการ	48,52
เพชรรัตน์ อ่วมเหล็ง	169,204
ภ	**หน้า**
ภภัสสร สิงหธรรม	121
ภัคจิรา จีนประชา	36
ภัณฑิรา เพ่งพิศ	224
ภัทริกา สูงสมบัติ	121
ภานุพงศ์ กลมสัมฤทธิ์	245
ภาสกร วรรณชะนะ	65
ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย	9,32
ภูริญาณ โพธากุล	212
ม	**หน้า**
มนัส บุญเทียรทอง	52
เมธี สุรวิทย์	134
ย	**หน้า**
ยุทธณา คงจีน	83,98,111
ร	**หน้า**
รัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ	150
รัตนา ยียง	167
รุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลพันธ์	233
ฤ	**หน้า**
ฤทธิเกียรติ คำแสน	237
ล	**หน้า**
เลิศเลขา ศรีรัตนะ	142
ว	**หน้า**
วรรณธิดา แซ่ล้อ	28
วรัญชลีย์ ทวีชัย	216
วราภรณ์ มาพิลอม	61
วัชรพันธ์ สุขเกิด	159
วันชัย ลีลากวีวงศ์	167
วัลลภ ภูผา	150
วิชยา อาภาเวท	13
วิเชียร มหาวัน	220
วิมรรศนา ณ สงขลา	98,107
วีรวรรณ จันทนะทรัพย์	61
วีรวิชญ์ ทรงไชยทินวัฒน์	13
วุฒิชัย เหมาะใจ	36
ศ	**หน้า**
ศรีสุดา จันศิริ	83,98,111
ศศิธร แก้วมาลา	1
ศิรินันท์ สีวัด	107

ดรรชนีผู้เขียนบทความ

ศิริวรรณ แซ่หลี	216
ศิริศักดิ์ โตสวาล	233
ศิวรุตม์ จุลพรหม	130
ศุภประดิษฐ์ มาสงค์	83,98,111
ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว	48
ศุมาลี กลิ่นพิมล	121
ส	**หน้า**
สถาพร ลือรุ่งรัตน์วุฒิ	88
สถาพร วันนาพ่อ	28
สถาพร สุริยันต์	179
สมเดช อิงคะวะระ	130
สมบูรณ์ พันเลิศจานรรจ์	83
สมพงษ์ เชื้อพระคา	188
สรสุธี บัวพูล	130,134
สะคราญ สิชฌรังสี	138
สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์	52
สิงห์แก้ว ป๊อกเทิ่ง	224
สิทธิศักดิ์ แจ่มนาม	73,93
สิรวิชญ์ ไชยสิงห์ทอง	65
สุกัญญา เชิดชูงาม	224,245
สุทธิดา แซ่เอ้ง	61
สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์	159
สุภาพร พิมบูล	224
สุภาพร สมุทรจินดา	154
สุรเชษฐ เดชฟุ้ง	52
สุริวัฒน์ เพิ่มลาภ	130
สุรีวัลย์ สามารถ	183
สุวิทย์ แพงกันยา	138

อ	**หน้า**
อธิชา การถวิล	52
อธิวัฒน์ เศรษฐนากรณ	237
อนันต์ เต็มเปี่ยม	32,40
อนุรักษ์ เทพกรณ์	78
อภิรัตน์ แวแข	130
อภิวิชญ์ พูลสง	111
อรดา เดชกิจ	212
อรปรียา วรศรัญยู	216
อรวิกา ศรีทอง	171
อรัญญา พันธ์วิชัย	150
อัครเวช ศุภาคม	192,200
อัญชลี มโนสืบ	69
อัษฎา วงษ์ยอด	28
อานนท์ ดีอุดม	32
อาเฟนดี ท่าสอน	146
อาภาภรณ์ จอมหล้าพีรติกุล	1
อาร์ฟีฟะห์ มะลิดง	146
อิทธิพล เนคมานุรักษ์	126,175,179
อิมราม อิบราเฮง	163
อุทัย อึ๋งเจริญ	17
โอฬาร กาญจนเจริญนนท์	130

https://www.facebook.com/ENGCON.RMUTP

ISBN (E-Book) : 978-974-625-949-1

สำนักวิชาการและวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
1381 ถนนประชาอุทิศ 1 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 4112, 4113 , 4118
www.engineering.rmutp.ac.th E-mail : engcon.rmutp@gmail.com