

การศึกษาค่าดัดตัวกลับของชิ้นงานขึ้นรูปวีมุมคงที่ 90 องศา

สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง

Study of Spring Back by V-Bending 90 for High Strength Steel

ประเสริฐ ชุมปัญญา* ทวีป สายัณห์, อัครเวษ สุภาคม, กรกช จินดาวงศ์, ณรงค์ฤทธิ์ จิตรพล, ณัฐดนัย คงปึก
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

E-mail: prasert_chum@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาค่าการดัดตัวกลับของชิ้นงานขึ้นรูปวีมุม 85 และ 90 องศา โดยกำหนดรัศมีโค้งของพunchและคายคงที่ 3 มิลลิเมตร ทดลองขึ้นรูปเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง JSC 980Y ขนาด 37x100x2 มิลลิเมตรทำการบีบขึ้นรูปวี (V) วัดขนาดมุมรวมด้วยเครื่องวัด FORMTRACER CV-3100 ผลการทดลองเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรมจำลองการขึ้นรูป PAM STAMP พบว่าค่าการดัดตัวกลับมีค่าแตกต่างกันมาก ค่าดัดตัวกลับจากการขึ้นรูปมีค่าดัดตัวมากกว่าค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมจำลอง แต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือมุมขึ้นรูปวีน้อย ค่าดัดตัวกลับมีค่าน้อย ค่าการดัดตัวกลับของการขึ้นรูปวีมุม 85 องศา ที่ขนาดกำหนดของคายของพunchและคายที่ 80-81 องศา มีค่าการดัดตัวกลับน้อยที่สุด

คำสำคัญ : มุมขึ้นรูปวี, ค่าการดัดกลับ, เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง

Abstract

The Purposes of this research were to studied the spring back of 85 and 90 degree V-shape which determine the 3 millimeter of punch and die radius, and tested with high strength steel according to JIS standard grade JSC 980Y size 37x100x2 millimeter. The dimension tested with FORMTRACER CV-3100, the results of the experiment compared with the values obtained from the PAM STAMP simulation program, showed that the spring back values were very different. The spring from forming has a higher than the value obtained from the simulation program. But tended to be in the same direction, is the angle of the forming V less, the spring back value is less. The spring back of the forming angle of 85 degrees at the size of the punch and die at 80-81 degrees with the lowest spring back value.

Keywords: V-stamping, spring back, High strength steel

1. บทนำ

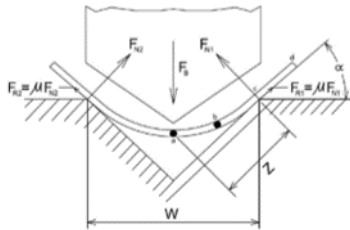
ในงานขึ้นรูปโลหะให้ได้ขนาดที่ถูกต้องตามพิคัดตามที่ต้องการเป็นสิ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต เช่น การผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมปิโตรเลียม เป็นต้น กระบวนการขึ้นรูปโลหะในอุตสาหกรรมดังกล่าวส่วนใหญ่จะขึ้นรูปด้วยวิธีการดัดงอ ปัญหาที่เราเจอในการดัดงอโลหะคือปัญหาการดัดตัวกลับของชิ้นงานหลังการขึ้นรูป อีกทั้งปัจจุบันมีการนำเหล็กที่มีค่าความแข็งแรงสูงมาใช้ในกระบวนการผลิตอย่างแพร่หลาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบความความสัมพันธ์ใหม่ระหว่างการดัดตัวกลับของชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูป และองศาโค้งของแม่พิมพ์ที่ส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำตามพิคัดที่กำหนด สุเทพ และคณะ[1] ได้ทำการศึกษาค่าการดัดตัวกลับในกระบวนการขึ้นรูปตัววีสำหรับวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมมาเทนซิติค JIS SUS420 ผลการศึกษาพบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อแรงและการดัดตัวกลับคือ รัศมีพunchและคาย มุมพunchและค่าความเค้นคราก กฤษพล และคณะ[2] ได้ทำการศึกษาค่าการดัดกลับในการดัดงอรูปตัววีของโลหะแผ่นสแตนเลส JIS SUS430 โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ผลการศึกษาพบว่ารัศมีพunchจะแปรผันตรงกับค่าการดัดตัวกลับ เพื่อให้ได้มุมที่ต้องการใช้ในการออกแบบ และไม่เกิดการเสียหายของชิ้นงาน ในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์สมัยใหม่มีการออกแบบที่ความแข็งแรงของชิ้นส่วนแต่มิฉะนั้นหนักเบา[3,4,5] การดัดตัวกลับเนื่องจากสมบัติของวัสดุและขนาดของแม่พิมพ์[6,7] ค่าดัดกลับในการบีบขึ้นรูปวี (V) มุมรัศมีพunchและคายมีผลต่อการเกิดการดัดตัวกลับของชิ้นงานหลังการดัดขึ้นรูป กล่าวคือรัศมีพunchน้อยจะเกิดการดัดตัวกลับน้อยแต่เมื่อค่ารัศมีพunchเพิ่มขึ้น การเกิดการดัดตัวกลับจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น[8,9] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาค่าการเกิดการดัดตัวกลับของเหล็กตามตราฐาน JFS คือ เหล็กแผ่น JSC 980Y เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบแม่พิมพ์ได้ถูกต้องและสอดคล้องกับขนาดของชิ้นงานที่ผู้ออกแบบต้องการ การออกแบบแม่พิมพ์ที่ถูกต้องยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ผลิต

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2. ทฤษฎีการดัดขึ้นรูป

การดัดขึ้นรูปเป็นกรรมวิธีการทำให้ชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงเรขาคณิต โดยชิ้นงานมีความโค้งและมุมเกิดขึ้น



รูปที่ 1 แรงคัดในแม่พิมพ์ตัววี[2]

การคัดแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงแรกเป็นการคัดอิสระ ช่วงที่สองเป็นการคัดแบบยึดหยุ่นในตอนต้นและเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเส้นตรงกับระยะเลื่อนพื้นซ์

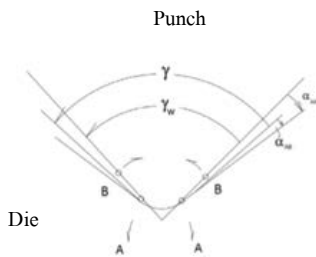
$$F_p = 2F_k (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \quad (1)$$

โดยที่ ab คือ การเปลี่ยนรูปในช่วงยึดหยุ่น-พลาสติก
 bc คือ การเปลี่ยนรูปในช่วงยึดหยุ่น
 cd คือ ช่วงมีการกระดกขึ้น
 α คือ มุมคัด

2.1 ค่า Anisotropy ของวัสดุ

ค่า Anisotropy เป็นพฤติกรรมวัสดุที่สมบัติเชิงกลโดยเฉพา ความเครียดที่มีไม่เท่ากันทุกทิศทาง แต่จะบอกเป็นอัตราความเครียดถาวร (Plastic strain ratio, R-value) ซึ่งได้จากการทดสอบด้วยแรงดึง (Tensile test) แล้วหาอัตราส่วนของค่า True strain ถ้า R-value มาก แสดงว่ามีการเสียรูปด้านกว้างมากกว่าความหนา

การคัดกลับของชิ้นงานนอกจากจะขึ้นอยู่กับวัสดุแล้วยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วน ความหนา (t) ต่อ รัศมีโค้งงอ (r) พิจารณาได้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การคัดกลับจากจากกคคคครูปวี[2]

โดยที่ α_{AA} คือ มุมคัดตัวกลับที่เกิดในช่วง
 α_{AB} คือ มุมคัดตัว
 γ_w คือ รัศมีการคัดของแม่พิมพ์

2.2 วัสดุ

ชิ้นงานทดลองขึ้นรูปเป็นเหล็กแผ่นความแข็งแรงสูง JSC 980Y ขนาด 37x100x2 มิลลิเมตร มีสมบัติทางกลเทียบมาตรฐาน Japan Iron and Steel Federation Standard (JFS) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางกล [5]

Mechanical properties	JSC 590Y	JSC780Y	JSC980Y
Yield Strength : YS (MPa)	470	600	740
Tensile Strength : TS (MPa)	610	830	1020
Elongation : El (MPa)	27	19	16
λ (%)	65	30	45
R/t	<1.0	<1.0	1.0

2.3 การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์

การออกแบบเพื่อใช้สำหรับการทดสอบแม่พิมพ์แบบเดี่ยว โดยใช้โปรแกรม Unigraphics NX 6 ชุดแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีมุม Punch คงที่ 90 องศาและรัศมี Punch เท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร ซึ่งกำหนดความกว้างของปาก Die คงที่เท่ากับ 90 องศา ชุดแม่พิมพ์ขึ้นรูปเฉพาะตัว Punch และ Die ทำด้วยเหล็ก DC11 ชุบแข็ง



รูปที่ 3 แม่พิมพ์ขึ้นรูป



รูปที่ 4 ชิ้นงานรูปวี

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

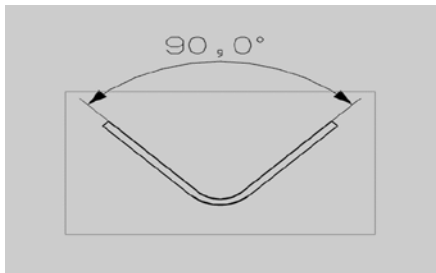
2.4 การตรวจสอบชิ้นงานด้วยเครื่องมือวัดรูปร่างชิ้นงาน

การตรวจสอบชิ้นงานด้วยเครื่องวัดรูปร่างของชิ้นงาน FORMTRACER รุ่น CV-3100 เพื่อทำการวัดค่าของมุมที่เกิดขึ้นหลังการบ่มขึ้นรูป ซึ่งการบ่มขึ้นรูปตั้งของรูปวีของเหล็กเกรด JSC980Y โดยใช้สารหล่อลื่นและทำการบ่มขึ้นรูป 9 ชั้นทั้งหมดมี 90 และ 85 องศา



รูปที่ 5 FORMTRACER รุ่น CV-3100

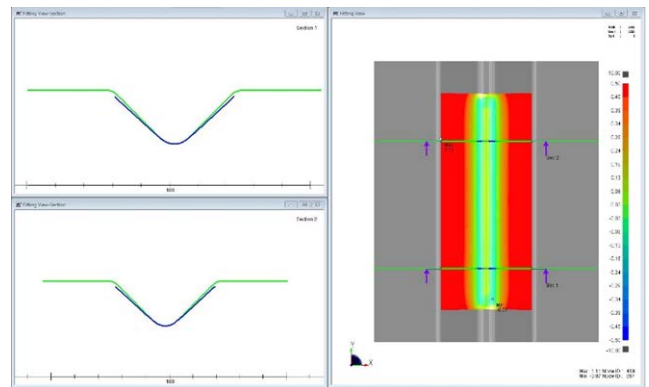
3. ผลการทดลอง



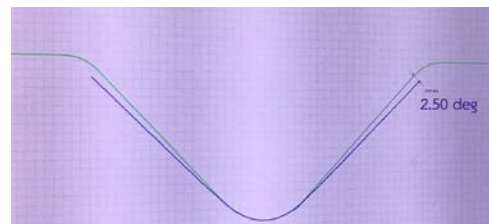
รูปที่ 6 การวัดมุมรวม

3.2 ผลการโปรแกรมการจำลอง

การใช้โปรแกรมจำลองการทดลองโปรแกรม PAM STAMP (โปรแกรมจำลองการขึ้นรูปโลหะแผ่น) กำหนดมุม Punch และ Die คงที่ 90 และ 85 องศา Punch เท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร ชุดแม่พิมพ์ขึ้นรูปเฉพาะตัว Punch และ Die ทำด้วยเหล็ก DC11 ชุบแข็ง ขนาดชิ้นงาน 37x100x2 มิลลิเมตร วัสดุ JSC 980Y



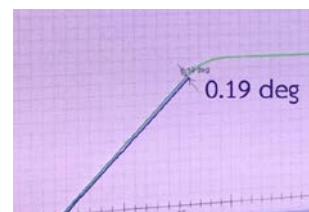
รูปที่ 7 ค่าคิดตัวกลับจากโปรแกรมจำลองการขึ้นรูป



รูปที่ 8 ค่าคิดตัวกลับจากโปรแกรมจำลองการขึ้นรูปมุม 90 องศา

ตารางที่ 2 ผลการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานวิมุ 90 และ 85 องศา

วัสดุ	ชั้นที่	90 ๐	85 ๐
JSC980Y	1	102 ๐ 02' 22"	94 ๐ 40' 33"
	2	102 ๐ 00' 42"	95 ๐ 01' 43"
	3	102 ๐ 05' 09"	94 ๐ 57' 46"
	4	102 ๐ 08' 11"	94 ๐ 42' 29"
	5	102 ๐ 50' 19"	94 ๐ 38' 23"
	6	100 ๐ 52' 50"	94 ๐ 42' 36"
	7	101 ๐ 48' 49"	94 ๐ 59' 33"
	8	101 ๐ 39' 58"	94 ๐ 56' 26"
	9	101 ๐ 49' 30"	94 ๐ 56' 26"
ค่าเฉลี่ย		101 ๐ 48' 58"	94 ๐ 49' 17"



รูปที่ 9 ค่าคิดตัวกลับจากโปรแกรมจำลองการขึ้นรูปมุม 85 องศา

4. สรุปผล

ผลการทดลองขึ้นรูปกับค่าที่ได้จากโปรแกรมจำลองการขึ้นรูปพบว่าค่าการคิดตัวกลับมีค่าแตกต่างกันมาก ค่าคิดตัวกลับจากการขึ้นรูปมีค่าคิดตัวมากกว่าค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมจำลอง มุมของการบ่มขึ้นรูปชิ้นงานวิมุผลต่อการเกิดการคิดตัวกลับของชิ้นงานหลังการบ่มขึ้นรูป มุมวิมุที่น้อยจะเกิดการคิดตัวกลับน้อย เมื่อค่าองศาเพิ่มขึ้นการเกิดการคิดตัวกลับจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ค่าการดัดตัวกลับของการขึ้นรูปรีมูม 85 องศา ที่ขนาดกำหนด
องศาของพันธ์และคายที่ 80-81 องศา ให้ค่าการดัดตัวกลับน้อยที่สุด

ค่าการดัดตัวกลับของวัสดุจะเพิ่มขึ้นตามค่าความแข็งแรงคราก
(Yield Strength : YS), ค่าความเครียดแข็ง (Strain Hard Exponent) ริสมี
ดัด และการดัดตัวกลับของวัสดุจะลดลงเมื่อค่า Young Modulus (Young
Modulus) และความหนาของวัสดุเพิ่มขึ้น[4,5]

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ และนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรม
เครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุเทพ เข็มชัยภูมิ, มนฤดี ผาบสิมมา และ โอริส มณีสาย. (2556)
“การศึกษาค่าการดัดตัวกลับในกระบวนการดัดขึ้นรูปตัววีสำหรับวัสดุ
เหล็กกล้าไร้สนิมมาเทนซิดิก JIS SUS420” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/MPM071.pdf
- [2]. กฤษพล ปรากฏพันธ์ และสมชัย นรเศรษฐ์โสภณ. (2557). “การ
วิเคราะห์การดัดกลับในการดัดขึ้นรูปตัววีของแผ่นโลหะสแตนเลสโดย
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
www.kmitl.ac.th/lej/PDFjournal57/Volume31_No3_SEP2557 (6).pdf
- [3] B. Chongthairungruang, et al. (2013) [online] “Springback
prediction in sheet metal forming of high strength steels.” Material and
Design. [cited 2019 March 20]. Journal homepage: www.
Elsevier.com/locate/matdes.
- [4] “Transformation Hardening of Steel Sheet for Automotive
Applications” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.jfe-steel.co.jp/en/research/report/018/pdf/018-15-2.pdf>
(24 มีนาคม 2562)
- [5] “Cold-Rolled and Galvannealed (GA) High Strength Steel Sheets
for Automotive Cabin Structure” JEF Technical report No. 13 (March.
2013).
- [6]. Aljoša Ivanišević, et al. (2013). [Online] “Stress state and spring
back in V-bending Operation” Journal for Technology of Plasticity,
Vol.39.2 [cited 2019 March 20]. Available from: URL: <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/JTP/Download/2013/2/Article5.pdf>

[7]. Bhav Gautam, et al. (2016). [Online] “Analysis of springback
Variation in V-Bending” International Journal of Engineering
Research & Technology. Vol.5. 2. [cited 2019 March 20]. Available
from: URL: <https://www.ijert.org/.../analysis-of-springback-variation-in-v-bending>.

[8]. Özgür Tekaslan, Nedin Gerger and Ulvi Şeker. (2008) [Online]
“Determination of spring-back of stainless steel sheet metal in V-
bending die”. [cited 2019 March 20]. Available from:
URL:<http://www.sciencedirect.com>

[9]. Mohammad Ali Farsi and Behrooz Arezoo. (2011) [Online]
“Bending force and spring-back in V- Die-Bending of Perforated sheet
Metal Components”. [cited 2019 March 20]. Available from: URL:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678



ประวัติผู้เขียนบทความ

ประเสริฐ ชุมปัญญา สาขาวิชาวิศวกรรม
เครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
กรุงเทพฯ 10800



ทวีป สายัณห์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและ
แม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
กรุงเทพฯ 10800



อัครเวช สุภาค สาขาวิชาวิศวกรรม
เครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
กรุงเทพฯ 10800