

การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้ง
ภายในปล่องควันด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์
Increase Efficiency Steam Boiler by Heat Recovery
Inside Stack with Technology Heat Exchanger Economizer

ชาญยุทธ ชัมสกุล^{1*}, ปริญญ์ บุญกนิษฐ¹ และ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

chanyout.cpvn@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมงที่ใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลว LPG เป็นเชื้อเพลิง โดยการนำความร้อนปล่อยทิ้งในปล่องควันมาอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำด้วยเทคโนโลยี การแลกเปลี่ยนความร้อน อีโคโนไมเซอร์ ที่มีขนาดความยาวท่อ 1,000 mm เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 62 mm จำนวน 64 ท่อ วางท่อเรียงเยื้องกันเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนป้อนน้ำเข้าหม้อต้มไอน้ำที่ป้อนผ่านดีแอเรียเตอร์ โดยการศึกษาจะเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ และผลการประหยัดการใช้เชื้อเพลิง ก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าหลังจากติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถทำให้น้ำที่ใช้ป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำผ่านดีแอเรียเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 38.30 °C เป็น 67.20 °C, ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 81.59 % เป็น 85.65 % สามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำได้ 4.74 %

คำสำคัญ: การแลกเปลี่ยนความร้อน; อีโคโนไมเซอร์

Abstract

The research of this study is to increase efficiency of steam boiler 2.5Ton/hour which used liquid petroleum gas LPG as fuel by bringing heat recovery inside boiler chimney stack to preheat feed water with technology heat exchanger economize taking the economizer with its pipe length of 1,000 mm and 62 mm diameter for 64 pipe is a cross flow with staggered tube to increase water temperature before entering the boiler pass to deaerator The study is carried out to compare the differences and savings of the feed water temperature, steam boiler efficiency, and fuel consumption between having the heat exchanger installed and uninstalled reference to the study result after

installed the heat exchanger the feed water passed into steam boiler deaerator higher temperature from 38.30 °C to 67.20 °C which leads to increase efficiency of steam boiler from 81.59 % to 85.65 % meaning that the fuel consumption of steam boiler will be reduced 4.74 %

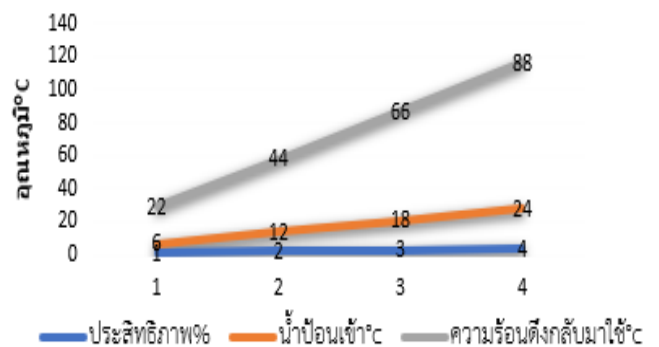
Keywords: heat exchanger; economizer

1. บทนำ (Introduction)

เนื่องจากหม้อต้มไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญสำหรับให้พลังงานความร้อนของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป และในกระบวนการผลิตอาหารสำเร็จรูปเช่น หุง ต้ม นึ่ง อบ ในกระบวนการผลิตจะฉีดหรือพ่นไอน้ำลงสัมผัสกับสินค้าโดยตรงและไอน้ำที่พ่นจะถูกดูดทิ้งไป ทำให้ไม่สามารถนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ได้จึงเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งไปโดยเปล่าประโยชน์ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องคิดหาวิธีประหยัดพลังงานลดการใช้เชื้อเพลิง โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากการสูญเสียพลังงานที่ฉีดและพ่นออกไปโดยตรง และถูกดูดทิ้งไปซึ่งทางโรงงานได้มองเห็นว่าความร้อนสูญเสียต่างๆที่เกิดขึ้นจากหม้อต้มไอน้ำเช่น ความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำเป็นพลังงานความร้อนซึ่งเกิดจากกระบวนการสันดาปเผาไหม้เชื้อเพลิงแล้วปล่อยสู่บรรยากาศซึ่งพลังงานส่วนนี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์และเป็นการประหยัดพลังงานได้วิธีหนึ่ง โดยทั่วไปจะนำความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันหม้อต้มไอน้ำไปใช้อุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำปกติที่ป้อนเข้าจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 1% ทุก 22 °C ของความร้อนที่ดึงกลับมาใช้หรือความร้อนทุก 6 °C ที่เพิ่มขึ้นของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความร้อน จากไอโคโนไมเซอร์ หรืออุณหภูมิอากาศก่อนการสันดาปเพิ่มขึ้น 20 °C จากการอุ่นอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 1 % [1] การนำความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันมาใช้แลกเปลี่ยนความร้อนควรคำนึงถึงออกซิเจนในก๊าซร้อนที่ปล่อยทิ้งจากปล่องควันไม่ควรเกินร้อยละ 5 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของก๊าซเสียที่ปล่อยทิ้งกับอุณหภูมิของไอน้ำ อุณหภูมิของก๊าซเสียที่ปล่อยทิ้งควรจะไม่เกิน 60 °C ของอุณหภูมิไอน้ำ ตัวอย่างเช่นถ้าผลิตไอน้ำที่ 7 บาร์(เกจ) จะได้อุณหภูมิไอน้ำ 170 °C ดังนั้นอุณหภูมิของก๊าซเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องควันไม่ควรเกิน 230 °C ปริมาณ CO ไม่ควรเกิน 250 ppm

อัตราส่วนกิโกรัมไอน้ำต่อกิโกรัมเชื้อเพลิงควรอยู่ที่ประมาณ 13 - 15 กิโลกรัม และอุณหภูมิความร้อนปล่อยทิ้งของปล่องควันเมื่อนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนที่ไอโคโนไมเซอร์แล้วอุณหภูมิปล่อยทิ้งจะลดลงเหลือประมาณ 150 °C จาก 230 °C [3]

เปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ

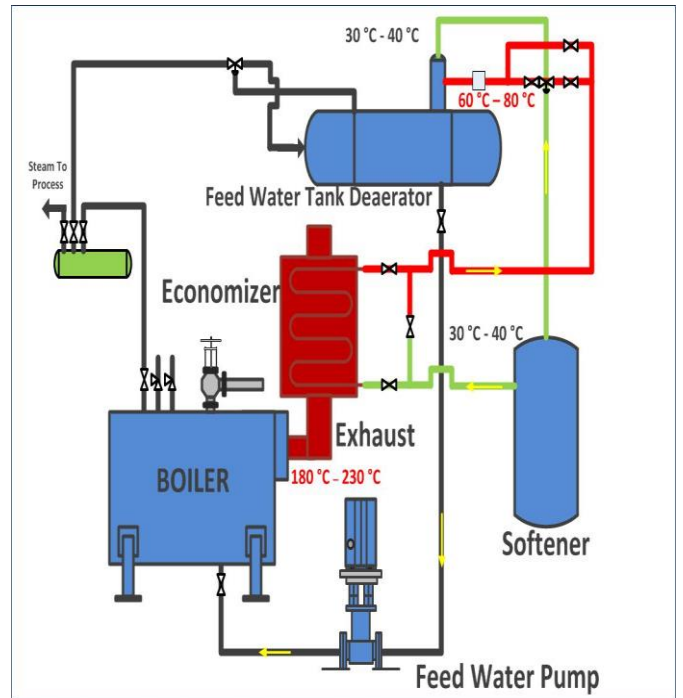


ภาพที่ 1 แสดงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของหม้อต้มไอน้ำเปรียบเทียบกับน้ำที่ป้อนเข้าและความร้อนดึงกลับมาใช้ [1]

กำลังการผลิตไอน้ำโดยทั่วไปอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำจะต้องเท่ากับ 100 °C และต้องไม่มีการใช้ไอน้ำที่หม้อต้มไอน้ำมาอุ่นจึงจะได้กำลังการผลิตไอน้ำสูงที่สุดถ้าอุณหภูมิ น้ำป้อนหม้อต้มไอน้ำต่ำกว่ากำหนดจะลดปริมาณไอน้ำที่หม้อต้มไอน้ำเพราะต้องใช้ไอน้ำจากหม้อต้มไอน้ำไปอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้ได้ 100 °C ความแตกต่างระหว่าง

กำลังการผลิตของหม้อต้มไอน้ำทางทฤษฎีกับกำลังการผลิตไอน้ำจริงจะขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำ เรียกว่า factor of evaporation ถ้าไม่มีการนำ condensate กลับมาใช้และไม่มีการทำอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้สูงขึ้นก่อนป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำตัวอย่างเช่น ถ้าป้อนน้ำเข้าหม้อต้มไอน้ำที่อุณหภูมิน้ำปายท่อที่โรงงานเท่ากับ 30 °C และมีการผลิตไอน้ำที่ความดัน 7 bar ตามทฤษฎีกำลังการผลิตจะลดลง 14 % [9] ดังนั้นเราต้องนำความร้อนสูญเสียกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหม้อต้มไอน้ำที่ลดลงไป 14 % ความสูญเสียรูปแบบต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตไอน้ำเราสามารถนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียนี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้เพื่อลดการสูญเสียและลดการใช้พลังงาน [7]

ความร้อนเหลือทิ้ง (waste heat) หรือความร้อนที่สูญเสียในหม้อต้มไอน้ำ ถ้าไม่มีการนำกลับมาใช้ก็จะปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น [2] ดังนั้นการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (waste heat recovery boiler economize) เป็นระบบที่โรงงานสามารถนำความร้อนกลับมาใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำเพื่อช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำและยังลด อุณหภูมิก๊าซเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมจะเห็นได้ว่าอีโคโนไมเซอร์ช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ [11] ซึ่งอีโคโนไมเซอร์จะ ติดตั้งอยู่ที่ปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำดังแสดงที่รูปภาพ (2) และ (3)



ภาพที่ 2 แสดงจุดที่ติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ในระบบ

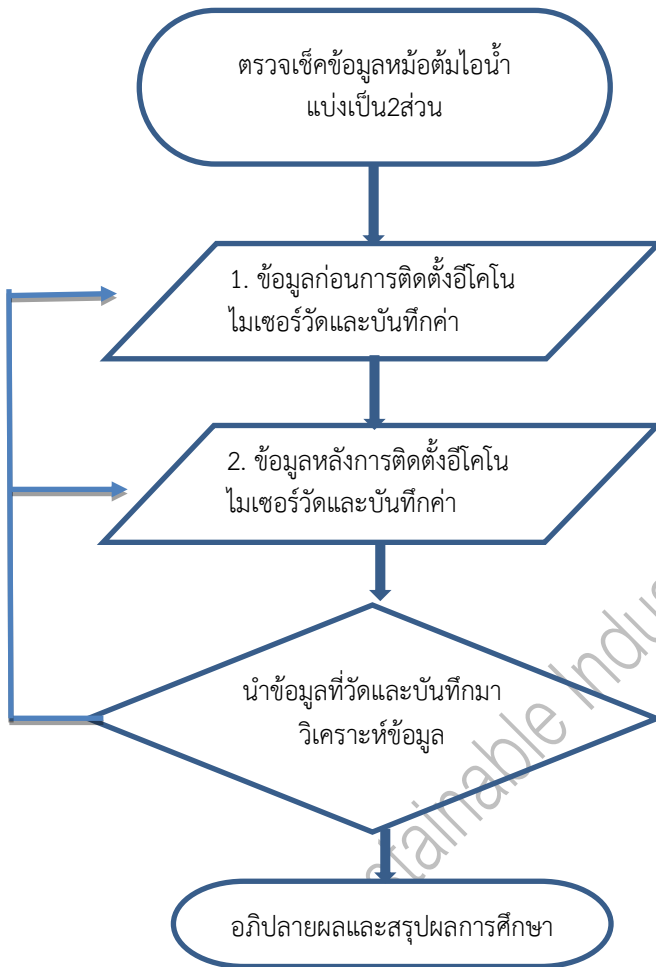


ภาพที่ 3 แสดงการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งในปล่องควันมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ป้อนให้หม้อต้มไอน้ำโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความ

ร้อนอีโคโนไมเซอร์ ข้อมูลเบื้องต้นที่ศึกษามาจากหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมงโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตเลียมเหลว LPG และ ขนาดท่อของอีโคโนไมเซอร์ยาว 1,000 mm มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 62 mm จำนวน 64 ท่อ การเก็บข้อมูลและขั้นตอนการศึกษาของหม้อต้มไอน้ำมีตามขั้นตอนตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

2.1. สภาพหม้อต้มไอน้ำก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์โดยมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ปริมาณความร้อนของก๊าซเสียทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำ
2. อุณหภูมิน้ำที่เข้า Deaerator และปริมาณการใช้น้ำ

3. ปริมาณความดันของหม้อต้มไอน้ำ
 4. ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
 5. ปริมาณ CO, O₂, SO₂
- 2.2. สภาพหม้อต้มไอน้ำหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์โดยมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ปริมาณความร้อนของก๊าซเสียปล่อยทิ้งจากปล่องควันของ หม้อต้มไอน้ำก่อนและหลัง อีโคโนไมเซอร์
2. อุณหภูมิน้ำก่อนและหลัง อีโคโนไมเซอร์และปริมาณการใช้น้ำ
3. ปริมาณความดันของหม้อต้มไอน้ำ
4. ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
5. ปริมาณ CO, O₂, SO₂
6. อุณหภูมิผิวหม้อต้มไอน้ำ

2.3. วิธีการทดลองและการบันทึกข้อมูล
ขั้นตอนการทดลองและการบันทึกข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

- 2.3.1. ขั้นตอนการทดลองและบันทึกค่าก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์
1. บันทึกค่าอุณหภูมิก๊าซเสียจากปล่องควัน โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง
 2. บันทึกค่าอุณหภูมิน้ำก่อนเข้า Deaerator โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมงและอ่านค่าปริมาณน้ำเข้าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง
 3. บันทึกค่าความดันของหม้อต้มไอน้ำจากเกจวัดแรงดันโดยอ่านค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง
 4. บันทึกค่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยอ่านค่าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง
 5. ตรวจวัดปริมาณค่า CO, O₂, SO₂ ทุก 1 ชั่วโมง

2.3.2. ขั้นตอนการทดลองและบันทึกค่าหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

1. บันทึกค่าอุณหภูมิก๊าซเสียปล่อยทิ้งจากปล่องควันก่อน และ หลังอีโคโนไมเซอร์โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง
2. บันทึกค่าอุณหภูมิน้ำก่อนและหลังอีโคโนไมเซอร์ โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมงและอ่านค่าปริมาณน้ำเข้าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

- 3.บันทึกค่าความดันของหม้อต้มไอน้ำจากเกจวัดแรงดันโดยอ่านค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง
- 4.บันทึกค่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยอ่านค่าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง
- 5.ตรวจวัดบันทึกค่าปริมาณค่า CO, O₂, SO₂ ทุก 1 ชั่วโมง
- 6.ตรวจวัดบันทึกค่าผนังของหม้อต้มไอน้ำทุก 1 ชั่วโมง

3. ผลการวิจัย (Results)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำโดยหลักการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันการวิเคราะห์ข้อมูลจะเปรียบเทียบระหว่างก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ และผลการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำและผลจากการศึกษาได้ทำการวัดและบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลการตรวจวัดบันทึกค่าก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

ข้อมูลการตรวจวัด	หน่วยการวัด	ก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์	หลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์
ปริมาณน้ำป้อนเข้า	Kg/h	1,100	1,450
ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้	Kg/h	1,245	1,235
ปริมาณน้ำที่อุ่นได้	Kg/h		215
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง	Kg/h	79.62	71.76
อุณหภูมิน้ำป้อนเข้า	°C	38.50	38.30

อุณหภูมิน้ำออก	°C	-	67.20
อุณหภูมิก๊าซเสีย	°C	185	115
ความดันไอน้ำ	bar	7.00	7.10
CO	ppm	41.00	51.30
O ₂	%	9.81	7.00
SO ₂	%	0	0
ความดันน้ำเข้าออก	bar	2.30	1.90
ผนังหม้อไอน้ำ	°C	35.70	35.50
ประสิทธิภาพ	%	81.59	85.65

การตรวจวัดหาประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำสามารถตรวจสอบได้ 3 วิธี [6]

- 1.การวัดความร้อนสูญเสียออกจากปล่องไฟโดยการวิเคราะห์ คาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจนและอุณหภูมิก๊าซร้อน
- 2.การวัดปริมาณความร้อนเข้าและออก
- 3.การทำสมดุลความร้อน

การคำนวณประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อต้มไอน้ำสามารถคำนวณได้ดังนี้ [4]

$$\text{ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ} = \frac{\text{ความร้อนในไอน้ำที่ผลิตได้}}{\text{ความร้อนในเชื้อเพลิง}}$$

การหาค่าประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ [10]

$$N_D = \frac{Q_S * hg_B - hf_B}{[q * H V] * 100}$$

- N_D = ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ
Q_S = ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้(kg/h)
q = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (SCF/h)

HV = ค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติ

(Heating value; Kcal / SCF)

hg_{B} = เอนทาลปีของไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อไอน้ำ

(kcal/h of steam)

hf_{B} = เอนทาลปีของน้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

(kcal/kg of water)

การคำนวณหาค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ [5]

$$= \frac{(\text{ประสิทธิภาพใหม่} - \text{ประสิทธิภาพเก่า})}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}}$$

4. อภิปรายผล (Discussion)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำผ่านอีโคโนไมเซอร์ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของความร้อนทิ้งจากปล่องควันและอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าซึ่งจากการทดลองมีอุณหภูมิ 38.3 °C และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของประสิทธิ์ เกียรติสุนทร [3] ที่ว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซเสียปิโตรเลียมเหลวเท่ากับ 54 °C เพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดการกลั่นตัวเป็นกรด ของก๊าซเสียปิโตรเลียมเหลวอุณหภูมิที่ป้อนเข้าอีโคโนไมเซอร์ควรมากกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซเสียปิโตรเลียมเหลวประมาณ 20 °C และการทดลองนี้ก็ยังไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธิติญาณ์ เปลี่ยนมณีและมิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล การควบคุมอุณหภูมิที่ก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์เพื่อป้องกันกรดจากก๊าซเสียกลั่นตัว [8] ได้ทำการทดลองกำหนดให้อุณหภูมิที่เข้าอีโคโนไมเซอร์อยู่ที่ 70 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดที่เกิดจากการเผาไหม้คือ 54 °C จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิผิวท่อด้านนอกของอีโคโนไมเซอร์มีอุณหภูมิต่ำสุด 82 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากการเผาไหม้ที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนดังนั้นเพื่อความเหมาะสมควรทำอุณหภูมิที่ป้อนให้สูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวก่อนป้อนเข้า [8]

5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมง โดยการเอาความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำโดยใช้อีโคโนไมเซอร์เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งผลจากการวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการอุ่นน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าจาก 38.30 °C เป็น 67.20 °C
2. การติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ที่บริเวณปล่องควันโดยนำความร้อนทิ้งจากปล่องควันมาอุ่นน้ำป้อนเข้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำสามารถทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มจาก 81.59 % เป็น 85.65 %
3. ความร้อนของก๊าซเสียที่ปล่องควันปล่อยทิ้งก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์มีอุณหภูมิที่ปล่องควันเฉลี่ยประมาณ 185 °C หลังจากการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์แล้วอุณหภูมิที่ปล่องควันปล่อยทิ้งเฉลี่ยประมาณ 115 °C
4. ผลจากการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงทำให้ประหยัดได้ 4.70 %

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหาร วิศวกร บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน และบริษัท โกลบอล อัลลอย แอช เซอร์วิส จำกัด ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลและเครื่องมือวัดในการศึกษาค้นคว้านี้สำเร็จลุล่วงและเกิดประโยชน์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนกร ณ พัทลุง, ข้อพิจารณาศักยภาพความร้อนทิ้งสำหรับการติดตั้ง Economizer, ข้อมูลจาก <http://www.tpa.or.th> (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 กรกฎาคม 2561)
- [2] คู่มือการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ waste heat recovery guide, ข้อมูลจาก <http://www.enconlab.com> (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 สิงหาคม 2561)
- [3] ประสิทธิ์ เกียรติสุนทร, การศึกษาและออกแบบอีโคโนไมเซอร์โดยใช้ความร้อนปล่อยทิ้งจากหม้อไอน้ำ,

มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 2555

- [4] วีชระ มั่งวิฑิตกุล, กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร, 2550

- [5] ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานใน
โรงงานอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2548
- [6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานระบบไอน้ำ,
พิมพ์ครั้งที่ 2, 2548
- [7] โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) แนว
ทางการปฏิบัติเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพใน
ภาคอุตสาหกรรมของเอเชีย, 2546
- [8] ธิติญาณ์ เป็ลียนมณี และมิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล การควบคุม
อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์เพื่อป้องกันกรดจาก
ก๊าซเสียกลิ่นตัว, มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์, 2555
- [9] อินเตอร์ฟลอร์จำกัด, การปรับปรุงคุณภาพของไอน้ำและ
การประหยัดพลังงาน, ข้อมูลจาก
[http://: www. interflow-th.com](http://www.interflow-th.com)
(วันที่สืบค้นข้อมูล 24 สิงหาคม 2561)
- [10] โอตปี กกก้าแหง, การคำนวณประสิทธิภาพทางความ
ร้อนของหม้อต้มไอน้ำ, จุลสารก๊าซไลน์ (PTT) ฉบับที่
75, 2552
- [11] กรวิก นามชุ่ม มาตรการสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่
ของพลังงาน [https// www.site google.com](https://www.site.google.com)
- [12] ชุตินาถ ทักจันทร์ การใช้หม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพ
ด้วยเทคโนโลยีสะอาด กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2551

RMUTP & FTI 5th Sustainable Industrial Management Engineering