การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และการบำรุงรักษา

Increasing Steam Boiler Efficiency from Stack inside Heat Recovery By Heat Exchanger Economizer Technology and Maintenance

ชาญยุทธ ซิ้มสกุล

Chanyout Simsakul

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2561

การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และการบำรุงรักษา

Increasing Steam Boiler Efficiency from Stack inside Heat Recovery By Heat Exchanger Economizer Technology and Maintenance

ชาญยุทธ ซิ้มสกุล

Chanyout Simsakul

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และการบำรุงรักษา
ชื่อ นามสกุล	ชาญยุทธ ชิ้มสกุล
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(รศ.ดร.กัณวริช พลูปราชญ์)

.....กรรมการ
(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

..... กรรมการและที่ปรึกษา
(ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะ วิศวกรรมศาสตร์
(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และการบำรุงรักษา

ชื่อ นามสกุล ชาญยุทธ ชิ้มสกุล

ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาและคณะ วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมง ที่ใช้แก๊สปิโตเลียมเหลว LPG เป็นเชื้อเพลิงโดยนำความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันมาอุ่นน้ำด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ที่มีขนาดความยาวท่อ 1,000 mm เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 62 mm จำนวน 64 ท่อ วางท่อเรียงเยื้องกันเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนป้อนน้ำเข้าหม้อต้มไอน้ำผ่านดีแอเรเตอร์ ซึ่งการศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ และผลการประหยัดการใช้เชื้อเพลิงก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ สำหรับผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าหลังจากติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์แล้วสามารถทำให้น้ำที่ใช้ป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำผ่านดีแอเรเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 38.30 °C เป็น 67.20 °C, ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 81.59 % เป็น 85.65 % และสามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำได้ 4.97 %

คำสำคัญ: การแลกเปลี่ยนความร้อน, อีโคโนไมเซอร์, หม้อต้มไอน้ำ, การเพิ่มประสิทธิภาพ

Independent Study Title	Increasing Steam Boiler Efficiency from Stack inside Heat Recovery By Heat Exchanger Economizer Technology and Maintenance
Author	Chanyout Simsakul
Degree	Master of Engineering
Major Program	Sustainable Industrial Management Engineering (Graduate Studies) Faculty of Engineering
Academic Year	2018

ABSTRACT

The objectives of this study is to increase efficiency of steam boiler 2.5 ton per hour which used liquid petroleum gas LPG as fuel. 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 economizer installed and uninstalled. reference to study The result after installed the heat exchanger economizer the feed water is 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 4.97 %

Keywords: Heat Exchanger; Economizer, Boiler, Increasing Efficiency

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และการบำรุงรักษา สำเร็จลุล่วงลงได้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ กรรมการและที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร วิศวกร และพนักงานทุกท่านของ บริษัทซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ในความอนุเคราะห์ ที่ทำให้งานวิจัยนี้บรรลุผลสำเร็จ และเกิดประโยชน์สูงสุด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยค้นคว้าอิสระ เล่มนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา คณาจารย์ ผู้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ที่มีคุณค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ชาญยุทธ ชิ้มสกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ก)
Abstract (ข)
กิตติกรรมประกาศ (ค)
สารบัญ (ง)
สารบัญตาราง (ฉ)
สารบัญภาพ (ช)
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 3
1.3 ขอบเขตการวิจัย 3
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 4
1.5 สมมติฐานของการวิจัย 4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ 4
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ 5
บทที่ 2 การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม
2.1 การศึกษาอุตสาหกรรม 6
2.2 การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ 11
2.3 ลักษณะของความร้อนทิ้ง 13
2.4 การสูญเสียพลังงานในระบบไอน้ำ 14
2.5 การทบทวนวรรณกรรม 15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ
3.1 การศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการดำเนินการ 19
3.2 กระบวนการทดสอบประสิทธิภาพ 23
3.3 การทดสอบและการรวบรวมข้อมูล 25
3.4 ผลการศึกษา 26
บทที่ 4 ผลการวิจัย 29
บทที่ 5 อภิปรายผล
5.1 ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพ 34

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.2 ด้านการลดต้นทุน 34
5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป 35
บทที่ 6 สรุปผล
6.1 ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพ 37
6.2 ด้านการลดพลังงาน 37
บทที่ 7 แผนการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์
7.1 แนวคิดการดำเนินธุรกิจ 39
7.2 การวิเคราะห์ประมาณกำไร 40
7.3 การวิเคราะห์ประมาณการระยะเวลาคืนทุน 40
7.4 สรุปผลการดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืน 40
เอกสารอ้างอิง 42
ภาคผนวก ก เอกสารตีพิมพ์ 44
ภาคผนวก ข ตารางบันทึกข้อมูล 54
ประวัติการศึกษาและการทำงาน 59

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

4.1 ข้อมูลการตรวจวัดบันทึกค่าก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์และนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย 31

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 แสดงจุดติดตั้งอีโคไมเซอร์ (Economizer) ในระบบ	2
1.2 กราฟแสดงการปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำที่เพิ่มขึ้นระหว่างน้ำป้อนเข้าและความร้อนดึงกลับมาใช้	3
2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger)	7
2.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Double Pipe Heat Exchanger)	8
2.3 การไหลของๆไหลที่แตกต่างกันใน (Cross Flow Heat Exchangers)	9
2.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ (Shell and Tube)	10
3.1 แสดงขนาดความกว้างและความยาวท่อขดภายใน	20
3.2 แสดงขนาดและจำนวนท่อที่สร้างอีโคโนไมเซอร์มองจากด้านข้าง	21
3.3 แสดงขนาดโครงสร้างเปลือกนอกที่หุ้มตัวอีโคโนไมเซอร์	22
3.4 แสดงภาพอีโคโนไมเซอร์ที่ใช้ในการทดสอบเก็บข้อมูลในสถานที่ทำการทดลอง	23
3.5 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion Analyzer)	24
3.6 เครื่องมือวัดอุณหภูมิภายนอกยี่ห้อ FLUKE รุ่น Ti400 9HZ	24
3.7 เกจวัดอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)	25
3.8 LPG FLOW METER ใช้วัดปริมารการใช้เชื้อเพลิง	25
3.9 การบันทึกค่าอุณหภูมิปล่องควัน	27
3.10 การบันทึกค่าปริมาณการใช้ LPG GAS	27
3.11 การบันทึกค่าปริมาณน้ำป้อนเข้า	28
4.1 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)	32
4.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)	33
7.1 โครงการลงทุนใหม่ที่มีการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)	39

บทที่ 1

บทนำ

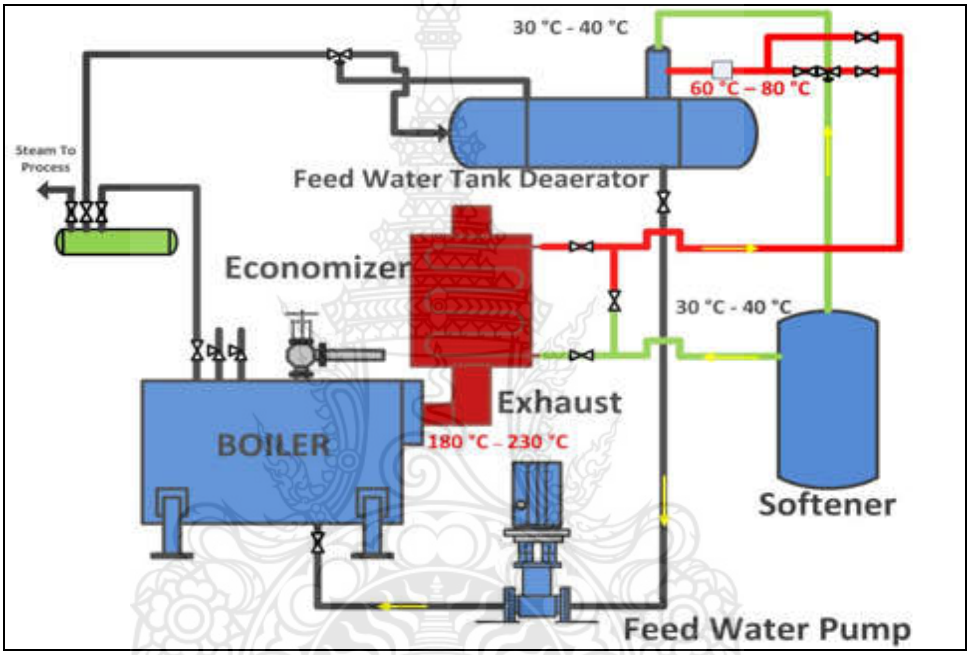
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากหม้อต้มไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญสำหรับให้พลังงานความร้อนของโรงงานอุตสหกรรมอาหารสำเร็จรูป โดยในกระบวนการผลิตอาหารสำเร็จรูปจะใช้ไอน้ำจากหม้อต้มไอน้ำในการผลิตอาหารเช่นการ หุง ต้ม นึ่ง อบ และในกระบวนการผลิตจะฉีดหรือพ่นไอน้ำลงสัมผัสกับสินค้าโดยตรงจากนั้นไอน้ำจะถูกดูดทิ้งไป ทำให้ไม่สามารถนำคอนเดนเสตกลับมาใช้ประโยชน์ได้จึงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งไปโดยเปล่าประโยชน์ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องคิดหาวิธีประหยัดพลังงานลดการใช้เชื้อเพลิงโดยการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิตที่ฉีดและพ่นออกไปโดยตรงและถูกดูดทิ้งออกไปสู่บรรยากาศและสิ่งแวดล้อม

การผลิตไอน้ำด้วยหม้อต้มไอน้ำกำลังการผลิตไอน้ำโดยทั่วไปอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำจะต้องเท่ากับ 100℃ และต้องไม่มีการใช้ไอน้ำที่หม้อต้มไอน้ำมาอุ่นจึงจะได้กำลังการผลิตไอน้ำสูงที่สุดถ้าอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำต่ำกว่ากำหนดจะลดปริมาณไอน้ำที่หม้อต้มไอน้ำเพราะต้องใช้ไอน้ำจากหม้อต้มไอน้ำไปอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้ได้ 100℃ ความแตกต่างระหว่างกำลังการผลิตของหม้อต้มไอน้ำทางทฤษฎีกับกำลังการผลิตไอน้ำจริงจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำเรียกว่า (Factor of Evaporation) ถ้าไม่มีการนำ (Condensate) กลับมาใช้และไม่มีการทำอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้สูงขึ้นก่อนป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำตัวอย่างเช่นถ้าป้อนน้ำเข้าหม้อต้มไอน้ำที่อุณหภูมน้ำปลายท่อที่โรงงานเท่ากับ 30℃ และมีการผลิตไอน้ำที่ความดัน 7 bar ตามทฤษฎีกำลังการผลิตจะลดลง 14 % ดังนั้นเราต้องนำความร้อนสูญเสียกลับมาใช้ประโยนช์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหม้อต้มไอน้ำที่ลดลงไป 14 % ความสูญเสียรูปแบบต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตไอน้ำเราสามารถนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียนี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้เพื่อลดการสูญเสียและลดการใช้พลังงาน (การปรับปรุงคุณภาพของไอน้ำและการประหยัดพลังงาน,วันที่สืบค้นข้อมูล 24/08/2561)

ความร้อนเหลือทิ้ง (Waste Heat) หรือความร้อนที่สูญเสียในหม้อต้มไอน้ำ ถ้าไม่มีการนำกลับมาใช้ก็จะปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศและสิ่งแวดล้อมส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมรวมถึงต้นทุนการผลิตค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น ดังนั้นการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์เป็นวิธีที่สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ (Waste Heat Recovery Boiler Economize) เป็นระบบที่สามารถนำ

ความร้อนทิ้งกลับมาใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าให้กับหม้อต้มไอน้ำช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ และยังลดอุณหภูมิก๊าซเสียที่ปล่อยสู่บรรยากาศและสิ่งแวดล้อมจะเห็นได้ว่า อีโคโนไมเซอร์ช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ซึ่งอีโคโนไมเซอร์จะติดตั้งอยู่ที่ปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำดังแสดงที่ภาพ 1.1 อีโคโนไมเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยรับความร้อนจากแหล่งความร้อนในที่นี้คือความร้อนจากก๊าซเสียของปล่องควันหม้อต้มไอน้ำที่ปล่อยทิ้งออกมาซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 180°C ถึง 230°C เป็นความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงสามารถใช้ประโยชน์ได้

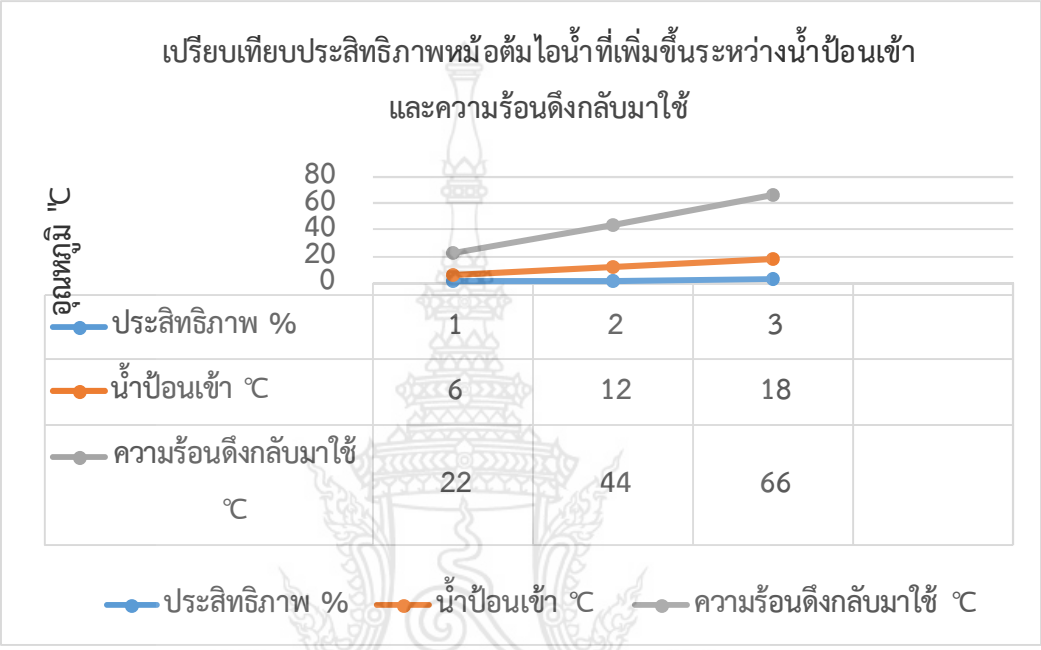


ภาพ 1.1 แสดงจุดติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ในระบบ

จากภาพ 1.1 ไดอะแกรมการผลิตไอน้ำของหม้อต้มไอน้ำจะมีการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ที่ปล่องควันเพื่ออุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำปกติที่ป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำโดยน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำจะไหลผ่านภายในท่อและทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับก๊าซเสียที่ออกมากับปล่องควันซึ่งอีโคโนไมเซอร์จะทำด้วยวัสดุ (Material AISI-304) เป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของกรดได้ดี

โครงการวิจัยนี้พบว่าความร้อนสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากหม้อต้มไอน้ำก็คือ ความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำเป็นพลังงานความร้อนซึ่งเกิดจากกระบวนการสันดาปเผาไหม้เชื้อเพลิงแล้วปล่อยสู่บรรยากาศสิ่งแวดล้อมซึ่งพลังงานส่วนนี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์และเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง LPG ได้วิธีหนึ่ง โดยทั่วไปจะนำความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันหม้อต้มไอน้ำไปใช้อุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำปกติที่ป้อนเข้าจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 1 % ทุก 22°C ของความร้อนที่ดึงกลับมาใช้หรือ

ความร้อนทุก 6℃ ที่เพิ่มขึ้นของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความร้อนจากอีโคโนไมเซอร์หรืออุณหภูมิอากาศก่อนการสันดาปเพิ่มขึ้น 20℃ จากการอุ่นอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 1 % ดังภาพ 1.2 (ธนกร, 2552)



ภาพ 1.2 กราฟแสดงการเปรียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำที่เพิ่มขึ้นระหว่างอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าและความร้อนดึงกลับมาใช้

จากภาพ 1.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบให้เห็นว่าถ้าทำให้น้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำสูงขึ้นทุกๆ 6℃ หรือนำความร้อนดึงกลับมาใช้ทุกๆ 22℃ จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้น 1 %

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการนำความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันกลับมาใช้ประโยชน์ด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำในกระบวนการผลิตอาหารสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาเฉพาะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ระหว่างความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันหม้อต้มไอน้ำกับน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำ และขนาดของหม้อต้มไอน้ำมีขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมง ใช้แก๊สปิโตเลียมเหลว LPG เป็นเชื้อเพลิง

1.3.2 ศึกษาเฉพาะปัจจัยอุณหภูมิที่สูงขึ้นของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะขึ้นอยู่กับความร้อนก๊าซเสียที่ปล่องควันปล่อยทิ้งออกมาโดยจะอยู่ประมาณ 185℃ โดยเฉลี่ย

1.3.3 การประหยัดพลังงานขึ้นอยู่กับอุณหภูมิน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำที่น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับความร้อนก๊าซเสียปล่อยทิ้งที่ปล่องควัน

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลตรวจวัดค่าการใช้งานของหม้อต้มไอน้ำก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์

1.4.2 ตรวจวัดค่าและเก็บข้อมูลการใช้งานของหม้อต้มไอน้ำหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และมีการบำรุงรักษา

1.4.3 วิเคราะห์ข้อมูลทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์

1.4.4 สรุปผลการศึกษาวิจัย

1.5 สมมติฐานของการวิจัย

การติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์เพื่อทำให้อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้หม้อต้มไอน้ำมีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นและช่วยให้ประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าที่มีอุณหภูมิก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 การนำความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันหม้อต้มไอน้ำกลับมาใช้ประโยชน์โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำ

1.6.2 สามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิง LPG ได้ 4.97 % คิดเป็นเงิน 334,714 บาท/ปี

1.6.3 ทำให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง LPG ลดลงเนื่องจากน้ำที่ป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำปกติที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำจาก 38.30℃ เป็น 67.20℃

1.6.4 ไอน้ำที่ใช้ในการผลิตเพียงพอต่อการใช้งานเนื่องจากประสิทธิภาพในการทำงานของหม้อต้มไอน้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้นจาก 81.59 % เป็น 85.65 %

1.6.5 ความร้อนปล่อยทิ้งมีอุณหภูมิ 185℃ ลดลงเหลือ 115℃ ช่วยให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

1.6.6 นำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆ

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

Heat Exchanger หมายถึงเครื่องมือที่ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนของๆไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่งโดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกัน

Economizer หมายถึงเครื่องใช้แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำกับของเหลวในกรณีนี้ก็คือน้ำที่ใช้ป้อนเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ

Waste Heat Recovery หมายถึงความร้อนปล่อยทิ้งที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้

Boiler หมายถึงเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต

บทที่ 2

การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม

2.1 การศึกษาอุตสาหกรรม

2.1.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) คือเครื่องมือที่ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อนของๆไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่งหรือเป็นการถ่ายเทความร้อนของๆไหลตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปโดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกันเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเครื่องมือที่สำคัญในทางอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมปุ๋ย เส้นใย อาหารกระป๋อง การกลั่นน้ำมันเป็นต้นโดยมีการนำเอาความร้อนมาเวียนใช้ใหม่เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน หรือการลดต้นทุนเป็นต้น

2.1.1.1 ประเภทของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ไม่มีการสัมผัสโดยตรง (Noncontact Heat Exchanger) หรือ (Indirect Heat Exchanger)

2) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สัมผัสโดยตรง (Contact Heat Exchanger) หรือ (Direct Heat Exchanger)

2.1.1.2 ชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Heat Exchanger) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ ใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนแทนน้ำเย็น จึงเป็นที่นิยมใช้กันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากปัจจุบันขาดแคลนน้ำระบายความร้อน โครงสร้างของเครื่อง มี 3 องค์ประกอบคือ มัดท่อซึ่งประกอบด้วยท่อถ่ายเทความร้อนที่มีครีบ (Fin) โครงสร้างเหล็กสำหรับมัดท่อ และเครื่องเป่าลมพร้อมมอเตอร์สำหรับเป่าอากาศมัดท่อ

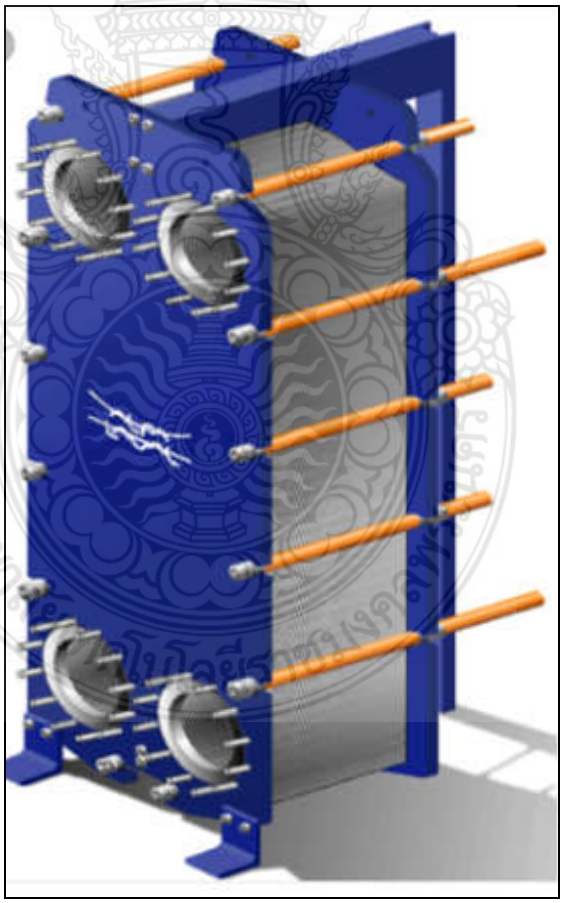
2) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปิด (Open Type Heat Exchanger) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ใช้ระบายความร้อน โดยการปล่อยให้น้ำหยดลงบนท่อที่ติดตั้งอยู่บนแนวระดับ เพื่อที่จะลดอุณหภูมิของไหลภายในท่อ โครงสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วย ท่อตรง และส่วนโค้ง และสามารถนำมาวางซ้อนทับกันได้หลายชั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง และยังเหมาะในการใช้กับของไหลความดันสูงที่มีฤทธิ์กัดกร่อน

3) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบปลอกหุ้ม (Jacketed Type)

โครงสร้างของเครื่องประกอบไปด้วยปลอกหุ้มทั้งเก็บหรือถังปฏิกรณ์ (Reactor) เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน โดยปกติแล้วการทำความสะอาดภายในปลอกหุ้มทำไม่ได้ ดังนั้นของไหลที่ใช้ในปลอกหุ้มควรเป็นน้ำเย็นหรือ ฟรีออน ที่มีความสกปรกน้อย เหมาะสำหรับการให้ความร้อนหรือการทำความเย็นแก่ของเหลวและการรักษาอุณหภูมิของของเหลวในถังตวงให้คงที่

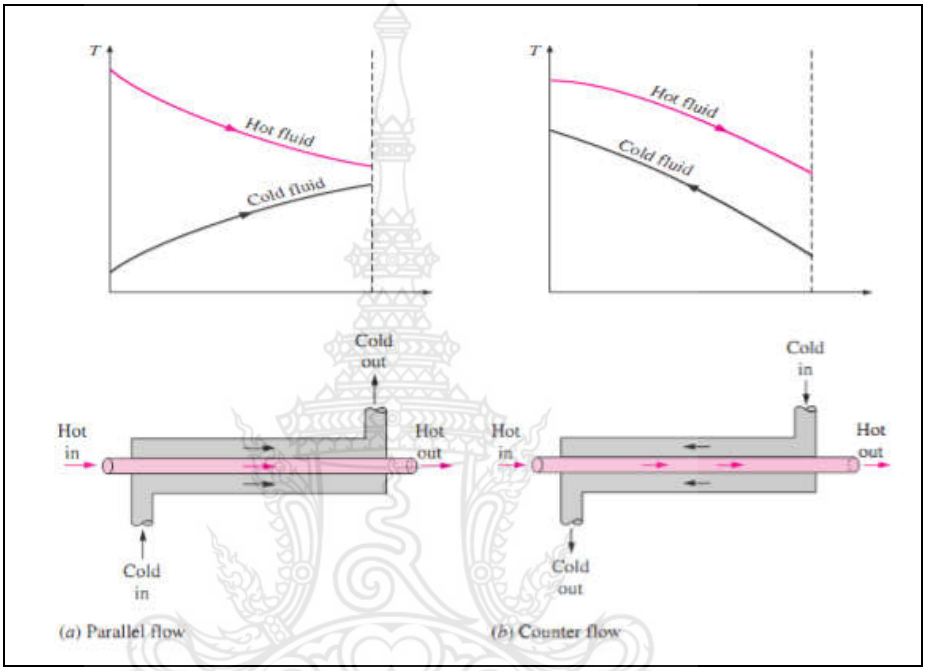
4) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบดาบปลายปืน (Bayonet Heat Exchanger) จะมีเส้นทางการไหลภายในท่อ จะประกอบด้วยท่อนอกซึ่งปลายข้างหนึ่งจะมีฝาปิดอยู่ และจะมีท่ออยู่ภายในอีกหนึ่งท่อ ของไหลภายในท่อจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับของไหลภายในเซลล์ในขณะที่ของไหลอยู่ในช่องว่างระหว่างท่อในและท่อนอก

5) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) คือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งที่มีการใช้งานในอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิในระบบโดยมีส่วนประกอบต่างๆของเครื่องดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger)
ที่มา: www.indiamart.com

6) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Concentric Tube or Double Pipe) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้อยู่ในลักษณะที่ท่อสองท่อสวมเข้าด้วยกัน ส่วนการไหลของของไหล อาจไหลสวนทางกัน เรียกว่า (Counter Flow) หรือไหลขนานกัน เรียกว่า (Parallel Flow) โดยแสดงให้เห็นการไหลดังภาพ 2.2



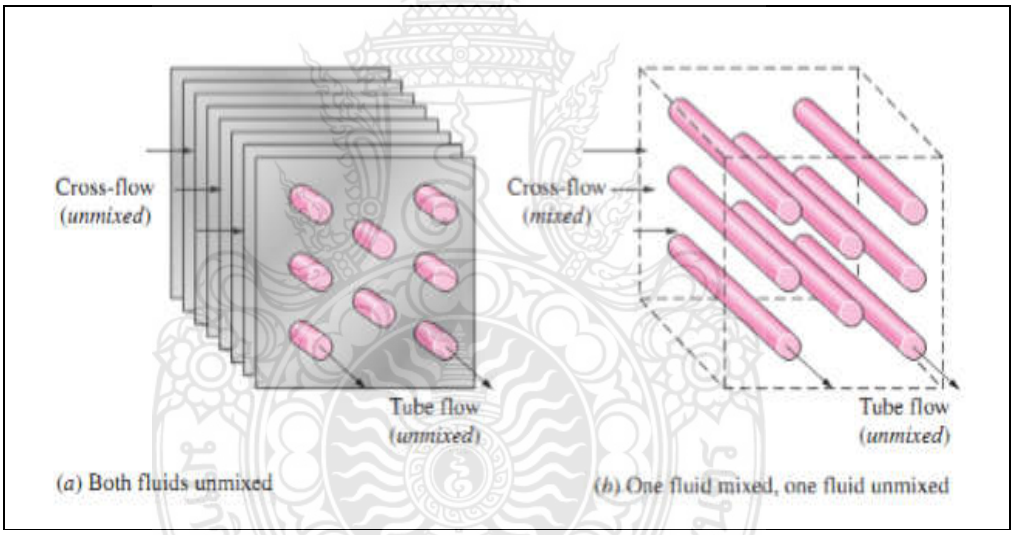
ภาพ 2.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Double Pipe Heat Exchanger)
ที่มา : เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers)
www.completesengineering.com>style

7) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบบล็อก (Block Type Heat Exchanger) ส่วนใหญ่การเลือกใช้วัสดุประเภทโลหะที่เหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารเคมีสองชนิดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนผิดแผกกันทำได้ลำบาก ในกรณีเช่นนี้สมควรที่จะใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบบล็อก ซึ่งทำจากกราไฟท์ หรือวัสดุทนการกัดกร่อนอื่นๆ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบบล็อกประกอบด้วยวัสดุทนการกัดกร่อนซึ่งเจาะรูยาวจำนวนมาก ให้ตั้งฉากกันระหว่างแต่ละชั้นของรู ของไหลแต่ละชนิดไหลสลับไปตามที่รูเจาะไว้ เครื่องแบบนี้มีใช้ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถันและเคมีภัณฑ์อื่นๆ แต่โครงสร้างของเครื่องถูกจำกัดใช้เฉพาะกรณีปริมาณการแลกเปลี่ยนความร้อนน้อยมีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ (www completesengineering.com)

8) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบหอยโข่ง (Volute Type Heat Exchanger) สร้างขึ้นจากแผ่นราบสองแผ่นนำมาตัดขนานกัน ให้เหมือนลายก้นหอยโข่ง คุณลักษณะดีคือ

โครงสร้างไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการยืดหรือหดตัวเชิงความร้อน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมสูง เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันสูญเสียที่น้อยและการไหลก็สม่ำเสมอด้วย ดังนั้นจึงสามารถออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับพื้นที่ถ่ายเทความร้อน ข้อเสียคือ ทำความสะอาดหรือซ่อมแซมได้ยาก เพราะปรกติสร้างโดยการเชื่อมโลหะ (Welding) ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้กับของไหลที่สกปรกมาก ของไหลที่มีฤทธิ์กัดกร่อนแตกต่างกันหรือของไหลที่มีความดันสูง ในปัจจุบันเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้ในอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น

9) **เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกัน** (Cross Flow) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ ของไหลจะไหลในทิศทางตั้งฉากกัน การสร้างนั้นอาจให้อยู่ในลักษณะของไหลเที่ยวเดียว (Single Pass) หรือ ไหลสองเที่ยว (Double Pass) หรือมากกว่าก็ได้โดยแสดงให้เห็นการไหลดังภาพ 2.3



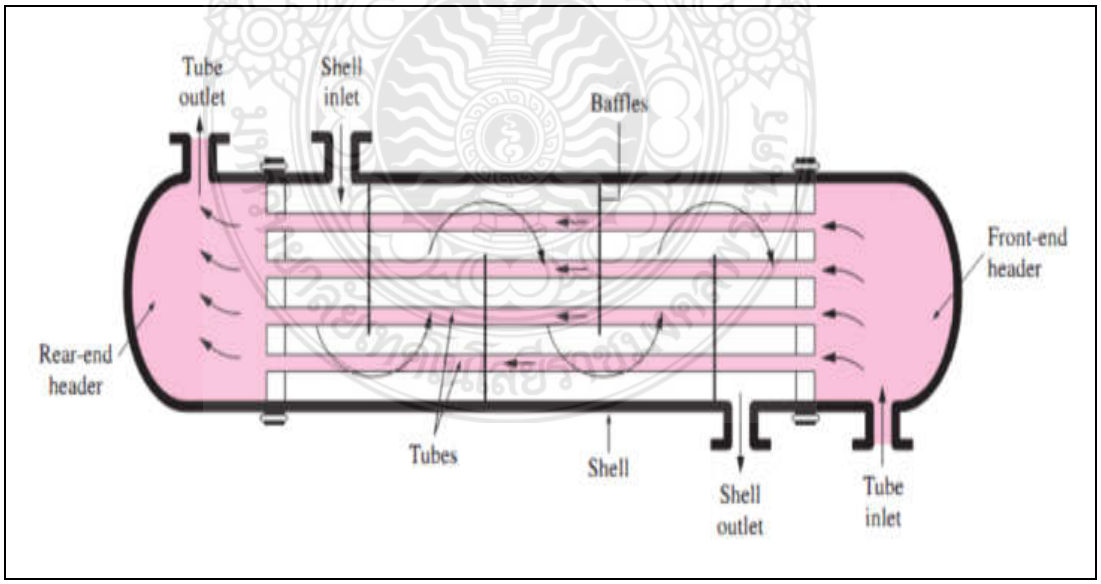
ภาพ 2.3 การไหลของๆไหลที่แตกต่างกันใน (Cross Flow Heat Exchangers)
ที่มา : เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers)
www.completesengineering.com>style

10) **เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์** (Heat Pipe Heat Exchanger) นี้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนค่อนข้างสูงและสมรรถนะสูง แม้ว่าผลต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งให้ความร้อน (Heat Source) และแหล่งรับความร้อน (Heat Sink) มีค่าค่อนข้างน้อย ลักษณะของเครื่องเป็นท่อปิดผนึกภายในบรรจุวิกค์ (Wick) และของเหลวใช้งาน (Working Fluid) เมื่อฮีทท์ไปป์รับความร้อนจากแหล่งความร้อน ผ่านผนังท่อของช่วงการระเหย (Evaporation Section) ไปยังวิกค์

ของเหลวใช้งานที่อยู่ในวิกค์จะระเหยกลายเป็นไอ ไอที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ตามช่วงการควบแน่น (Condensation Section) ซึ่งมีความดันไอที่ต่ำกว่าในที่นี้ความร้อนแฝงที่เกิดจากการควบแน่นจะถ่ายเทความร้อนผ่านผนังท่อไปแหล่งรับความร้อน

11) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกะทัดรัด (Compact Heat Exchanger) ได้มาจากความคิดริเริ่มที่ต้องการขนาดของเครื่องให้มีขนาดเล็กที่สุด แต่มีพื้นที่การถ่ายเทความร้อนสูง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกะทัดรัดจะเรียกชื่อได้ก็ต่อเมื่ออัตราส่วนพื้นที่การถ่ายเทความร้อนกับปริมาตรของเครื่องมีค่ามากกว่า 660 ขึ้นไป เพื่อให้พื้นที่การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูง ในกรณีที่ท่อกลมปกติจะใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าหนึ่งนิ้วที่ครีบ (Fin) หรือแผ่นโครงสร้าง เนื่องจากโครงสร้างแบบนี้ซ่อมแซมทำความสะอาดได้ยากและอุณหภูมิหรือความดันที่ใช้ก็มีค่าต่ำ จึงไม่นิยมใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมเคมี แต่เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดีเลิศสำหรับก๊าซสองชนิดที่สกปรกน้อย

12) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ (Shell and Tube Heat Exchanger) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ของไหลชนิดหนึ่งจะอยู่ในเชลล์และอีกชนิดหนึ่งจะอยู่ในท่อ สำหรับการไหลนั้นจะอยู่ในลักษณะไหลสวนทางหรือไหลขนานก็ได้ หรือทั้งสองอย่างในเครื่องเดียวกันก็ได้ นอกจากนี้อาจออกแบบให้ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกับท่อก็ได้ซึ่งทิศทางการไหลดังแสดงในภาพ 2.4



ภาพ 2.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ (Shell and Tube)

ที่มา : เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers)

www.completesengineering.com>style

13) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขด (Box Cooler Heat Exchanger) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ในทางอุตสาหกรรมจะใช้ในกระบวนการกลั่นน้ำมันและเครื่องใช้ความร้อนที่มีขนาดเล็กหรือในกรณีที่ใช้ของเหลวที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง

14) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อหมุนวน (Spiral Wound Type Heat Exchanger) โครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ประกอบด้วย ท่อทองแดง ท่ออะลูมิเนียม หรือท่อวัสดุอ่อนอื่นๆ ซึ่งมีขนาดเล็กและยาว หมุนวนขดกันกลายเป็นเกลียวหลายๆชั้น แล้วบรรจุในภาชนะทรงกระบอก ในการนำมาใช้งานของไหลภายในท่อและในเซลล์จะต้องสะอาดและมีฤทธิ์กัดกร่อนน้อย อุปกรณ์ชนิดนี้จะใช้ร่วมกับอุปกรณ์แยกก๊าซ ซึ่งทำให้อากาศหรือก๊าซอื่นๆ กลายเป็นของเหลวที่อุณหภูมิต่ำมากๆเพื่อทำการแยกก๊าซองค์ประกอบอื่นๆ

2.2 การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

ความร้อนทิ้ง (Waste Heat) ในที่นี้หมายถึง พลังงานที่ไหลออกไปพร้อมกับกระแสของอากาศ ก๊าซไอเสียของเหลวที่ออกไปจากขอบเขตของอาคารหรือโรงงาน สู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งพลังงาน เหล่านั้นในที่สุดไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ ตัวอย่างของความร้อนทิ้งดังกล่าว ได้แก่ ก๊าซไอเสียจากอุปกรณ์ที่มีการเผาไหม้ เช่น อุตสาหกรรม หม้อไอน้ำก๊าซหรือลมร้อนจากกระบวนการผลิตน้ำระบายความร้อน ความร้อนจากผิวร้อนของเครื่องจักร หรือผลิตภัณฑ์ แล้วถ่ายเทให้กับอากาศ โดยการเผาหรือ แผ่รังสี ความร้อนทิ้งมักแบ่งตามช่วงอุณหภูมิซึ่งจะแสดงถึงศักยภาพในการนำไปใช้งาน มาตรฐานในการ แบ่งช่วงอุณหภูมิความร้อนทิ้งค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในการศึกษานี้จะใช้หน่วยอุณหภูมิตาม SI ดังนี้

1) ความร้อนทิ้งอุณหภูมิต่ำ ช่วงอุณหภูมิ ต่ำกว่า 250℃
2) ความร้อนทิ้งอุณหภูมิปานกลาง ช่วงอุณหภูมิ ตั้งแต่ 250 ถึง 500℃
3) ความร้อนทิ้งอุณหภูมิสูง ช่วงอุณหภูมิ เกินกว่า 500℃

การนำความร้อนทิ้งมาใช้ จำเป็นต้องมีแหล่งรับความร้อนหรือ Heat Sink ซึ่งได้แก่ กระบวนการที่มีการทำความร้อนที่โรงงานต้องใช้ เช่น การผลิตน้ำร้อน การผลิตอากาศร้อน การให้ความร้อนชิ้นงาน ในที่นี้จะแบ่งแหล่งใช้ความร้อนออกเป็น 3 ช่วงได้แก่

1) แหล่งรับความร้อนทิ้งอุณหภูมิต่ำ ต้องการอุณหภูมิ ต่ำกว่า 150℃
2) แหล่งรับความร้อนทิ้งอุณหภูมิปานกลาง ต้องการอุณหภูมิ ในช่วง 150 ถึง 250℃
3) แหล่งรับความร้อนทิ้งอุณหภูมิสูง ต้องการอุณหภูมิที่เกิน 500℃

การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ ในการประเมินความเป็นไปได้ในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ จะต้องพิจารณาตัวแปรปัจจัยที่ เป็นลักษณะเฉพาะของแหล่งความร้อนทิ้งและแหล่งรับความร้อนที่ความร้อนจะถูกถ่ายเท โดยปัจจัย สำคัญๆ ที่มีผลต่อความเป็นไปได้ในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ มีดังนี้ ปริมาณความร้อนทิ้ง (Heat Quantity) คุณภาพระดับอุณหภูมิของความร้อนทิ้ง (Heat

Temperature Quality) องค์ประกอบ (Composition) ของความร้อนทิ้ง อุณหภูมิขั้นต่ำสุดที่ยอมรับได้ และชั่วโมงการทำงาน (Operating Schedule) ความพร้อม (Availability) และระบบการขนส่งจ่ายความร้อน (Logistics) ปัจจัยต่างๆ นี้ใช้การวิเคราะห์หาปริมาณและคุณภาพของความร้อนทิ้ง และใช้ในการวิเคราะห์ ความเหมาะสมเป็นไปได้ของวัสดุที่นำมาใช้ และข้อจำกัดในการออกแบบ ตัวอย่างเช่น การกัดกร่อนของ สารตัวอย่างในการถ่ายเทความร้อน เป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณาประกอบในการนำความร้อนทิ้งกลับมา ใช้งาน แม้ว่าความร้อนทิ้งนั้นจะมีปริมาณและคุณภาพที่ยอมรับได้ โดยหลักในการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อ ความเป็นไปได้ในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ ดังนี้

2.2.1 ปริมาณความร้อนทิ้ง (Heat Quantity) เป็นการวัดปริมาณของพลังงานในความร้อนทิ้งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยปริมาณความร้อนทิ้งจะขึ้นอยู่กับทั้งอุณหภูมิและอัตราการไหลเชิงมวลของแหล่งความร้อนทิ้ง ดังสมการ

$$E = m * h(t)$$

E = พลังงานความร้อนทิ้งที่สูญเสีย ในหน่วย MJ/ชม.

m = อัตราการไหลเชิงมวลของแหล่งความร้อนทิ้ง ในหน่วย kg/ชม.

h (t) = ค่าเอนทัลปี จำเพาะของความร้อนทิ้ง ในหน่วย MJ/kg ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิ

2.2.2 คุณภาพระดับอุณหภูมิของความร้อนทิ้ง (Heat Temperature Quality) อุณหภูมิของความร้อนทิ้ง เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความเป็นไปได้ในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ ประโยชน์อุณหภูมิของความร้อนทิ้ง สามารถมีได้หลากหลายระดับ เช่น น้ำระบายความร้อนมีได้ตั้งแต่ช่วง อุณหภูมิประมาณ 40-90 ℃ หรืออุณหภูมิเตาหลอมแก้ว มีอุณหภูมิที่สูงกว่า 1,320 ℃ เพื่อที่จะพิจารณา หาศักยภาพที่เป็นไปได้ของความร้อนทิ้ง จำเป็นที่จะต้องมีอุณหภูมิของแหล่งความร้อนทิ้ง (Heat Source) ที่สูงกว่าอุณหภูมิที่ต้องการของแหล่งรับความร้อนทิ้ง (Heat Sink) นั้นไปใช้งาน นอกจากนั้น ปัจจัยสำคัญ ที่ควรต้องพิจารณาด้วย คือ ความแตกต่างของระดับอุณหภูมิระหว่างแหล่งให้ (Heat Source) และ แหล่งรับ (Heat Sink) หรือที่เรียกว่า ระดับคุณภาพ Quality ของความร้อนทิ้ง โดยที่ความแตกต่าง ของอุณหภูมิแหล่งให้และแหล่งรับจะมีผลต่อ

1) อัตราความร้อนที่ถ่ายเทต่อหน่วยพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน

2) ประสิทธิภาพสูงสุดเชิงทฤษฎีของการถ่ายเทเปลี่ยนรูปของพลังงานความร้อนจากแหล่งให้ไปสู่ แหล่งรับ (เช่น การเปลี่ยนรูปพลังงานเชิงกล หรือการเปลี่ยนรูปพลังงานเชิงไฟฟ้า)

3) ช่วงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันมีผลต่อการเลือกวัสดุและการออกแบบอุปกรณ์นำความร้อนทิ้ง กลับมาใช้ประโยชน์

ทั้งนี้ได้แบ่งช่วงโอกาสของศักยภาพการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ออกเป็น 3 ช่วง ตามช่วงของอุณหภูมิ ออกเป็น ระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง

2.3 ลักษณะของความร้อนทิ้ง

ลักษณะของความร้อนทิ้งมี 2 ลักษณะด้วยกันคือ

1) ของเหลวร้อนได้แก่ น้ำร้อน น้ำมันร้อน

2) ก๊าซร้อนได้แก่ อากาศร้อน ก๊าซไอเสียร้อน

การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้อีกในขั้นแรกต้องประเมินตัวแปรดังต่อไปนี้อัตราการไหลของอุณหภูมิและองค์ประกอบของความร้อนทิ้ง เมื่อสามารถหาค่าตัวแปรเหล่านี้ได้แล้วก็สามารถหาปริมาณความร้อนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ซึ่งจะต้องกำหนดวิธีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่และต้องทำให้สอดคล้องกับการใช้งาน โดยพิจารณาศักยภาพในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่การใช้ความร้อนทิ้งอย่างคุ้มทุน ทางเลือกของการใช้ความร้อนทิ้งเทคโนโลยีที่ใช้ในการนำความร้อนทิ้งในรูปก๊าซไอเสียร้อนกลับมาใช้ใหม่ เช่น การอุ่นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ การผลิตไอน้ำ การผลิตกระแสไฟฟ้า โดยตัวอย่างของเทคโนโลยีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ที่ได้รับการยอมรับได้แก่ รีคูเพอเรเตอร์ เครื่องสะสมความร้อนและ อีโคไมเซอร์เป็นต้น

2.3.1 การแบ่งตามสภาวะของไหลที่ใช้

1) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลวกับของเหลว เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทที่ไม่มีการ เปลี่ยนแปลงสภาวะของของไหลทั้ง 2 ชนิด เช่น น้ำมันก้นหอกลั่นและน้ำมันดิบที่ป้อนเข้าหอกลั่น เป็นต้น

2) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลวกับของเหลว ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของๆไหลทั้ง 2 ชนิด โดยของเหลวชนิดหนึ่งจะเปลี่ยนสภาวะเป็นก๊าซหรือระเหยเป็นไอในระหว่างแลก เปลี่ยนความร้อน เช่น เครื่องต้ม น้ำมัน (Re Boiler) ของหอกลั่นน้ำมัน ซึ่งใช้น้ำมันอุณหภูมิสูงเป็นแหล่งความร้อน

3) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับก๊าซ ชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะ ไม่เกิดการควบแน่นเป็น ของเหลว เช่น เครื่องอุ่นอากาศที่ใช้ก๊าซทิ้งเป็นแหล่งความร้อน

4) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับก๊าซ ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะ โดยชนิดหนึ่งจะมีการควบแน่น เป็นของเหลว เช่น เครื่องกระจายความร้อน (Radiator) สำหรับทำความอบอุ่นในห้อง โดยทำอากาศให้อุ่น ด้วยไอน้ำ

5) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับของเหลว ชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะ โดยชนิดหนึ่งเป็นก๊าซ และอีกชนิดหนึ่งเป็นของเหลว เช่น เครื่องอุ่นน้ำป้อน ที่ใช้ก๊าซทิ้งจากหม้อต้มไอน้ำเป็นแหล่งความร้อน

6) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับของเหลว ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะ เช่น หม้อไอน้ำแบบท่อ ซึ่งระเหยน้ำให้เป็นไอน้ำด้วยก๊าซสันดาป และเครื่องควบแน่น ซึ่งควบแน่นไอให้เป็นของเหลวด้วยน้ำระบายความร้อน

2.3.2 การแบ่งประเภทตามจุดประสงค์การใช้งาน

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถแบ่งตามประเภทจุดประสงค์การใช้งานหรือลักษณะการใช้งานนั้น ได้แก่

1) เครื่องระเหย (Evaporator) หรือหม้อเดี่ยว (Concentrator) การใช้งานคือการระเหยของเหลวให้เป็นไอเพื่อ ใช้ไอที่เกิดขึ้นให้เป็นประโยชน์ หรือเพื่อให้ได้ของเหลวที่เข้มข้นขึ้น

2) เครื่องอุ่น หรือเครื่องทำให้ร้อนล่วงหน้า (Preheater) จุดประสงค์ก็เพื่อทำให้ของไหลร้อนล่วงหน้า ซึ่งเป็นการ เพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของกระบวนการ โดยทั่วไปมักจะเรียกชื่อตามตำแหน่งข้างหน้าของการใช้งาน หรือตามประเภทของของ ไหลที่ถูกอุ่นให้ร้อน เช่น เครื่องอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (Boiler Feed Water Preheater) เป็นต้น

3) เครื่องทำให้ร้อน (Heater) จุดประสงค์ก็เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับของไหลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น

4) เครื่องทำให้ร้อนยิ่งยวด (Superheat Heater) เครื่องนี้จะทำหน้าที่เพิ่มความร้อนให้กับของไหลที่ถูกทำให้ร้อน มาแล้ว เพื่อที่จะทำให้อยู่ในสภาพร้อนยิ่งยวด

5) เครื่องต้มน้ำ (Re Boiler) เครื่องนี้ทำหน้าที่ให้ความร้อนให้กับของเหลวเพื่อที่จะระเหยให้เป็นไออีก ครั้ง

6) เครื่องควบแน่น (Condenser) จุดประสงค์ที่สำคัญก็เพื่อควบแน่นไอน้ำให้กลายเป็นของเหลว เช่น เครื่องควบแน่นไอน้ำ

7) เครื่องควบแน่นหมด (Total Condenser) เครื่องนี้เป็นเครื่องควบแน่นชนิดหนึ่ง ที่ใช้กับหอกลั่นได้รับการ ออกแบบให้สามรถควบแน่นไอที่ออกมาจากยอดหอกลั่นได้ ทั้งหมด

8) เครื่องควบแน่นบางส่วน (Partial Condenser) เครื่องควบแน่นประเภทผลิตขึ้นใช้กับหอกลั่น มีจุดประสงค์ เพื่อควบแน่นบางส่วนให้กลายเป็นของเหลว

9) เครื่องระบายความร้อน (Cooler) เครื่องนี้ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับของไหลเพื่อลดอุณหภูมิของของ ไหล

10) เครื่องทำให้เย็นจัด (Chillier) ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของของไหลให้ต่ำลงมาก โดยใช้สารทำ ความเย็น (Refrigeration) เช่น ฟรีออน แอมโมเนีย เป็นต้น

2.4 การสูญเสียพลังงานในระบบไอน้ำ

การสูญเสียพลังงานในระบบไอน้ำเมื่อพิจารณาระบบไอน้ำอย่างพื้นฐานจะพบ ว่าในระบบไอน้ำมีการสูญเสียพลังงานประกอบด้วยกัน 3 ส่วน คือ

1) การสูญเสียจากการผลิตไอน้ำ

2) การสูญเสียจากการส่งจ่ายไอน้ำ

3) การสูญเสียจากการใช้ไอน้ำ

เมื่อพิจารณาถึงระบบไอน้ำดังกล่าวแล้วสามารถแบ่งแหล่งของการสูญเสียพลังงานของระบบไอน้ำอย่างกว้างๆดังนี้ การสูญเสียพลังงานในระบบหม้อไอน้ำ การสูญเสียพลังงานในระบบจ่ายไอน้ำ การสูญเสียพลังงานในอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำที่ดีมีค่าประมาณ 83 % สำหรับหม้อต้มไอน้ำที่ใช้น้ำมัน เป็นเชื้อเพลิง และ ประมาณ 85 % สำหรับหม้อต้มไอน้ำที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำจะดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ หลายอย่าง เช่น การสูญเสียความร้อนของก๊าซร้อนจากปล่องไอเสียมากเกินไป การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำและ ด้านไฟไม่ดี อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศไม่ถูกต้อง หัวเผาไหม้เชื้อเพลิงขาดการบำรุงรักษาที่ถูกต้องและเกิดการสูญเสียความร้อนผ่านผิวหม้อไอน้ำเป็นต้นการคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำควรทำทุกสัปดาห์ถ้าเป็นไปได้หรืออย่างน้อยทุกๆสองสัปดาห์แล้วบันทึกไว้เมื่อประสิทธิภาพถึงจุดต่ำสุดที่ยอมให้ได้ควรค้นหาสาเหตุเพื่อจะได้ทำการแก้ไข การปรับปรุงการเผาไหม้หม้อต้มไอน้ำ ถ้าหากมีการใช้เชื้อเพลิงหรืออากาศมากเกินความจำเป็นที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ อย่างสมบูรณ์แล้ว จะเกิดการสูญเปล่าของเชื้อเพลิง ในกรณีที่อากาศน้อยไปการเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ ซึ่ง หมายความว่าพลังงานที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงไม่ได้ถูกนำมาใช้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ ยังทำให้เกิดควันและมีเขม่าจับ ในหม้อไอน้ำ ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่ทำให้การถ่ายเทความร้อนในหม้อต้มไอน้ำไม่ดี ถ้าหากอากาศมากเกินไปพลังงานส่วนหนึ่งจะถูกใช้ในการทำให้อากาศส่วนเกินร้อนเกินไปแล้วปล่อยทิ้งทางปล่องไอเสียโดยเปล่าประโยชน์ การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้สามารถทำได้โดยอาศัยหลักการต่อไปนี้ หาประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงสุดของหม้อไอน้ำแต่ละตัว โดยอาจจะได้มาจากผู้ผลิต หม้อต้มไอน้ำ หรือข้อมูลที่ได้รับจากการทดสอบระหว่างการตรวจรับ โดยทั่วไป หม้อต้มไอฐ้าที่ใช้น้ำมันจะมีประสิทธิภาพประมาณ 83 % และ 85 % สำหรับหม้อต้มไอน้ำที่ใช้ก๊าซ หม้อต้มไอน้ำสำเร็จรูปที่มีประสิทธิภาพดี จะให้อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากปล่องควันประมาณ 60℃ สูงกว่าอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว และอุณหภูมิของก๊าซร้อนนี้จะลดลงเมื่อระดับการเผาไหม้ต่ำลง

2.5 การทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ดังนี้

จตุรงค์ สมตระกูล (2550) ได้ทำการศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบจัดกลุ่มท่อติดครีบสี่ด้าน วางในแนวเดียวกัน และถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไหลภายในท่อและน้ำที่ไหลภายในเซลล์สี่เหลี่ยม ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ออกแบบเป็นชุดท่อ ที่ใช้วัสดุเป็นทองแดงจำนวน 10 ท่อ วางเรียงในแนวเดียวกัน 2 แถว 5 กลับ โดยมีค่า S_T และ S_L เท่ากับ 7.5 เซนติเมตร ท่อทองแดงที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 12.80 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 11.10 มิลลิเมตร หนา 1.70 มิลลิเมตร ส่วนเซลล์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 56 เซนติเมตร สูง 57 เซนติเมตร การทดลองใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.002 kg/s , 0.010 kg/s และ 0.012 kg/s อัตราการ

ไหลเชิงมวลที่ 0.005 kg/s , 0.020 kg/s และ 0.035 kg/s และอุณหภูมิของน้ำที่ 29°C และ 43°C ผลการทดลองพบว่า น้ำที่อัตรา การไหลเชิงมวล 0.005 kg/s และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.012 kg/s ได้น้ำที่ทางออกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำสุดเป็น 19.3°C

สุธี เจตน์เจริญ (2550) ได้ทำการทดลองเพื่อหาสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดกลุ่มท่อโดยสร้างอีวาโปเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ซึ่งติดครีบระบายความร้อนชนิดครีบกลมติดตามขวางท่อ ชนิดสี่เหลี่ยมติดตามยาวท่อ โดยมีพื้นที่เดิมที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อน 60 % ในการทดลองใช้ระบบปรับอากาศชนิดอัดไอขนาด 1,924 Btu/hr ประกอบด้วย อีวาโปเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ และลดความดันสารทำความเย็น R-22 ด้วยท่อหลอดเล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.044 inch ปรับค่าเรย์โนลดส์ของอากาศระหว่าง 21,047 ถึง 113,134 ภาระทางความร้อนปรับตั้งโดยขดลวดความร้อนตั้งแต่ 0 ถึง 400 W จากการวิเคราะห์ผลพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอีวาโปเรเตอร์และคอนเดนเซอร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าเรย์โนลดส์ที่เพิ่มขึ้นและจะมีค่าคงที่ที่ค่าเรย์โนลดส์เฉลี่ย 65,000 โดยที่ครีบสี่เหลี่ยมติดตามยาวมีสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนดีกว่าครีบอีกสองแบบ นอกจากนี้เมื่อเพิ่มภาระทางความร้อน สมรถนะการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าลดลงและความเร็วของอากาศเมื่อไหลผ่านครีบชนิดกลมติดตามขวาง ชนิดสี่เหลี่ยมติดตามขวาง และชนิดสี่เหลี่ยมติดตามยาว มีค่าลดลงเฉลี่ย 28.9 %, 31.1 % และ 41.46 % ตามลำดับ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในการทำนายค่าอุณหภูมิของอากาศและสารทำความเย็นมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 5.61 %

ชุมพล ราชสีห์ (2550) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสมรรถนะทางความร้อนของกระบวนการนำความร้อนทิ้งกลับคืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยระบบนี้ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ ซึ่งใช้กลุ่มท่อทองแดง จำนวน 10 ท่อ จัดวางแบบเรียงแถว และติดครีบแผ่นยาวจำนวน 4 ครีบ โดยใช้ของน้ำไหลในเชลล์และ CO_2 ไหลในกลุ่มท่อ การทำนายสมรรถนะใช้โปรแกรม VISUAL BASIC (V.6) เพื่อทำนายอุณหภูมิทางออกของน้ำทางด้านเชลล์ และอุณหภูมิทางออกของ CO_2 โดยปรับอัตราการไหลของน้ำ เพิ่มขึ้นจาก0.005 kg/s และปรับอัตราการไหลของ CO_2 คงที่ 0.012 kg/s ปรับอุณหภูมิของน้ำเข้าในเชลล์จาก 29°C และอุณหภูมิของ CO_2 ทางเข้าท่อ -56.4°C ทำให้อุณหภูมิน้ำออกจากเชลล์ลดลงจาก 29°C เหลือ 21.4°C และอุณหภูมิของ CO_2 ทางออกเพิ่มขึ้นจาก -56.4°C เป็น 19.5°C และมีการปรับอัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นจาก 0.035 kg/s จึงทำให้อุณหภูมิน้ำทางออกเพิ่มขึ้น 27.8°C และอุณหภูมิของ CO_2 ทางออกเพิ่มขึ้น 23.3°C ซึ่งผลการทำนายอุณหภูมิของน้ำทางออกเชลล์เปรียบเทียบกับผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 6.43 % และอุณหภูมิทางออกของ CO_2 เปรียบเทียบกับผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อน 18.3 % ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลการทดลองจริง

ธีระพล ชัยสัมมาวุธ และ ชนกนันท์ สุขกำเนิด (2554) ได้ทำการศึกษาผลกระทบและจุดเหมาะสมของอุณหภูมิปล่องของหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวล ต่อผลตอบแทนในการลงทุน โดยพิจารณาจากผลการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน การศึกษาจากกรณีตัวอย่างของหม้อไอขนาด 250 ตันต่อชั่วโมง ของโรงน้ำตาลมิตรผลภูเวียงที่ใช้เชื้อเพลงกากอ้อย ที่มีสัดส่วนมลกำมะถันที่ต่ำมาก จึงไม่คิดผลของการเกิดกรดซัลฟิวริกในไอเสีย และในการออกแบบเครื่องอุ่นน้ำป้อนและคำนวณปริมาณการนำความร้อนกลับมาใช้ได้ โดยใช้ทฤษฎีสมดุลมวลและสมดุลพลังงานทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการพาความร้อน การนำความร้อนของท่อ และผลการต้านทานความร้อนของตะกรัน โดยจะกำหนดระยะโครงสร้างท่อจำเพาะ และพิจารณาตัวแปรชี้วัดในการบอกความเหมาะสมของการลงทุน คือ รายจ่ายรวมต่อไป และจากการศึกษาพบว่า หม้อไอน้ำก่อติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อนนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ พบว่า มีจุดที่เหมาะสมกับการลงทุนติดตั้งอยู่ที่อุณหภูมิไอเสีย 120 องศาเซลเซียส ใช้เครื่องอุ่นน้ำป้อน 7,459 ตารางเมตร ซึ่งพิจารณาจากค่าใช้จ่ายรวมต่อปี ที่มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 30.64 ล้านบาทต่อปี และประหยัดเงินหลังจากติดตั้งได้ 20.66 ล้านบาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุนที่ 1.29 ปี และได้นำผลการคำนวณของทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทำงานจริงของเครื่องอุ่นน้ำป้อนที่ขนาดจริงพบว่า มีความคลาดเคลื่อนที่สอดคล้องกับปัจจัยที่ยอมรับได้

ประสทธิ์ เกี้ยวสุนทร (2555) ได้ทำการศึกษาและออกแบบอีโคโนไมเซอร์โดยใช้ความร้อนปล่อยทิ้งจากหม้อไอน้ำเป็นวิทยานิพนธ์นี้เสนอผลการศึกษาด้วยการออกแบบอีโคโนไมเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับหม้อไอน้ำ ที่ทำการศึกษามีขนาด 3 ตันต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยการนำก๊าซเสียจากปล่องของหม้อต้มไอน้ำมาอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อต้มไอน้ำ โดยทำการออกแบบ สร้างและติดตั้งใช้งานจริงที่โรงพยาบาลปทุมธานี ลักษณะของอีโคโนไมเซอร์ มีการจัดเรียงท่อแบบแนวเยื้องกัน (Staggered) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ประสิทธิผลของอีโคโนเซอร์ ที่สร้างกับการออกแบบ และผลการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำหลังจากติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ จากผลการทดลองหลังติดตั้งอีโคโนไมเซอร์กับปล่องของหม้อต้มไอน้ำ พบว่า อีโคโนไมเซอร์สามารถอุ่นน้ำป้อนได้จาก 103℃ เป็น 110℃ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 8 % เป็น 86 % ประสิทธิผลของอีโคโนไมเซอร์เท่ากับ 0.423 สามารถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงได้ 13 %

อุทัย ผ่องรัศมี และ คณะ (2556) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบท่อขดเพื่อศึกษาผลกระทบของความเร็วดูดก๊าซร้อนทิ้งต่อเงื่อนไขที่เหมาะสม สำหรับหม้อน้ำแบบความร้อนไหลผ่านทางเดียว ซึ่งมีอัตราการผลิตไอน้ำ 500 kg/h จากการวัดอุณหภูมิก๊าซร้อนทิ้งมีอุณหภูมิสูงถึง 180℃ จึงได้ติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบท่อขด โดยนำก๊าซร้อนทิ้งมาอุ่นน้ำป้อน ให้แก่หม้อน้ำแบบความร้อนไหลผ่านทางเดียว เครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบท่อขดมีพื้นที่ผิวการถ่ายโอนความร้อน 3.55 m^2 ท่อมีความยาว 34 m ก๊าซร้อนทิ้งไหลอยู่ในแนวตั้งฉากกับเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบท่อขดได้ติดตั้งพัดลมดูดก๊าซร้อนทิ้งหลังจากการถ่ายโอนความร้อนให้แก่เครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบท่อขด ผลการวิจัย

พบว่าที่อัตราการผลิตไอน้ำ 200 kg/h ที่ความเร็วดูดก๊าซร้อนทิ้ง 5.33 m/s มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่พื้นผิวภายนอก และพื้นที่ผิวภายในท่อเฉลี่ย 54.42 และ 0.89 W/m ความดันลดเฉลี่ย87.42 และ 0.65 Pa และมีประสิทธิผล 0.36 ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้ 122.500 บาทต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 19 เดือน ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับหม้อน้ำแบบให้ความร้อนไหลผ่านทางเดียว

ในบทที่ 2 นี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแยกประเภทและชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะได้นำไปออกแบบและใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการ และยังกล่าวถึงการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ลักษณะของความร้อนทิ้ง การสูญเสียพลังงานในระบบไอน้ำและการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการแลกเปลี่ยนความร้อนพบว่าการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้สามารถแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำได้ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำด้วยการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยอีโคโนไมเซอร์มาดำเนินการแก้ปัญหา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 การศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการดำเนินการ

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำจากการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้สูงขึ้นด้วยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับความร้อนปลอยทิ้งภายในปล่องควันด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคไมเซอร์ (Economizer) เป็นส่วนหนึ่งในการศึกษาปัญหาของการใช้พลังงานความร้อนของหม้อต้มไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและหาผลประหยัดในการใช้พลังงานเชื้อเพลิง

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของหม้อต้มไอน้ำ (Boiler)

หม้อต้มไอน้ำเป็นเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำโดยการถ่ายเทความร้อน ซึ่งได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้แก่น้ำ ซึ่งอยู่ในภาชนะปิดมิดชิดให้ได้ไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิตามที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ตามต้องการ ซึ่งหม้อต้มไอน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมง ยี่ห้อ Getabec หม้อต้มไอน้ำเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้และส่งถ่ายความร้อนให้กับน้ำ ซึ่งอยู่ภายในของหม้อต้มไอน้ำทำให้กลายเป็นไอ ซึ่งหม้อต้มไอน้ำประกอบด้วยท่อทรงกระบอก (Drum) ท่อน้ำ (Water tube) ท่อไฟ (Fire Tube) โดยตัวหม้อต้มไอน้ำเป็นภาชนะทนความร้อนได้สูงที่บรรจุน้ำและไอน้ำอิ่มตัว น้ำจะบรรจุอยู่ 2 ใน 3 หรือ 3 ใน 4 ของปริมาตรหม้อต้มไอน้ำ

3.1.2 ข้อมูลทั่วไปของอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)

ความร้อนที่ปล่อยทิ้งจากกระบวนการผลิต หรืออุปกรณ์ที่ใช้ผลิตความร้อนในหม้อต้มไอน้ำสามารถที่จะนำความมร้อนกลับมาใช้ได้โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซเสียภายในปล่องควันกับน้ำป้อนหม้อต้มไอน้ำ สมรรถนะการทำงานของอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้นผิวภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ความปั่นป่วนการไหลและพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนการเพิ่มพื้นที่ผิวและความปั่นป่วนการไหลภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถเพิ่มสมรรถนะการทำงานให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้

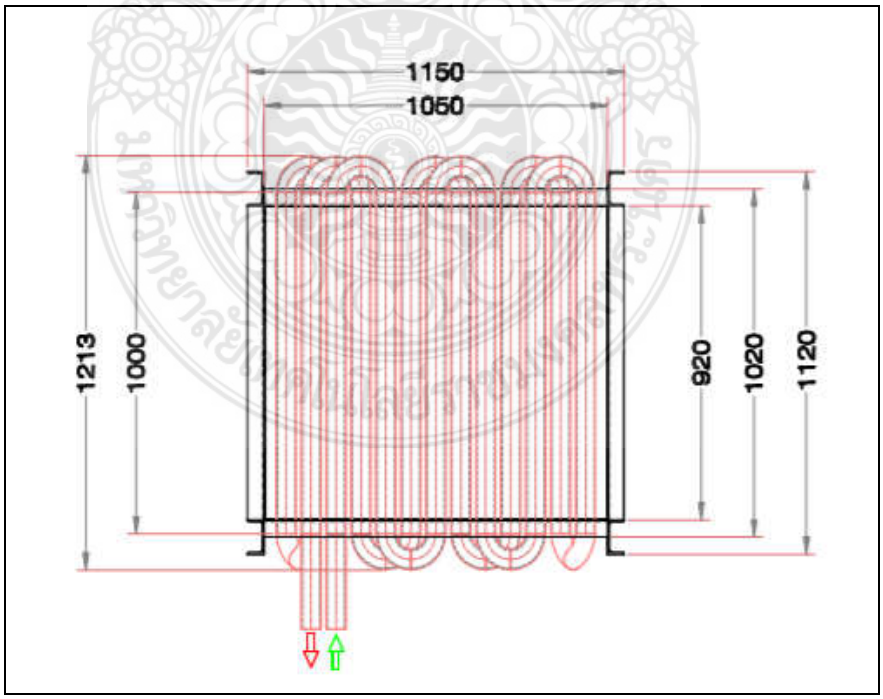
3.1.3 ศึกษาโครงสร้างของอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ที่ใช้ในการทดลอง

โครงสร้างของอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) สิ่งสำคัญต้องคำนึงถึงคือ การเลือกวัสดุที่ใช้สร้าง วัสดุนั้นต้องมีความเหมาะสมกับความดัน อุณหภูมิ ตลอดจนคุณสมบัติทางกายภาพและ

คุณสมบัติเชิงเคมีของ ของไหลที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อให้การแลกเปลี่ยนความร้อนของอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีอายุการใช้งานนานที่สุดโดยพิจารณาจากอุณหภูมิ และองค์ประกอบของก๊าซเสียที่ปล่อยออกจากปล่องของหม้อต้มไอน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิของก๊าซเสียนั้นสูง และมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ของก๊าซเสียจะเป็นตัวแปรสำคัญในการทำให้เกิดการกัดกร่อนบริเวณผิวท่อแลกเปลี่ยนความร้อนภายในอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) สำหรับหม้อต้มไอน้ำที่ใช้ในการศึกษาที่อุณหภูมิก๊าซเสียที่ออกจากปล่องไอเสียประมาณ 180°C ถึง 230°C จึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี และทนต่อความร้อนได้สูงดังนั้น อีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ที่ใช้ในการศึกษาทำจาก Material AISI-304 ในการสร้างอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) เพื่อให้อีโคโนไมเซอร์ (Economizer) มีอายุการใช้งานนานที่สุด ขนาดของท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 62 mm ความยาวท่อ 1,000 mm จำนวนท่อทั้งหมด 64 ท่อ วางท่อเรียงเยื้องกันเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนในการอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้จะป้อนน้ำจากโรงงานเข้าอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) จากนั้นน้ำจะป้อนให้กับดีแอเรกเตอร์ (deaerator) และป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำต่อไป

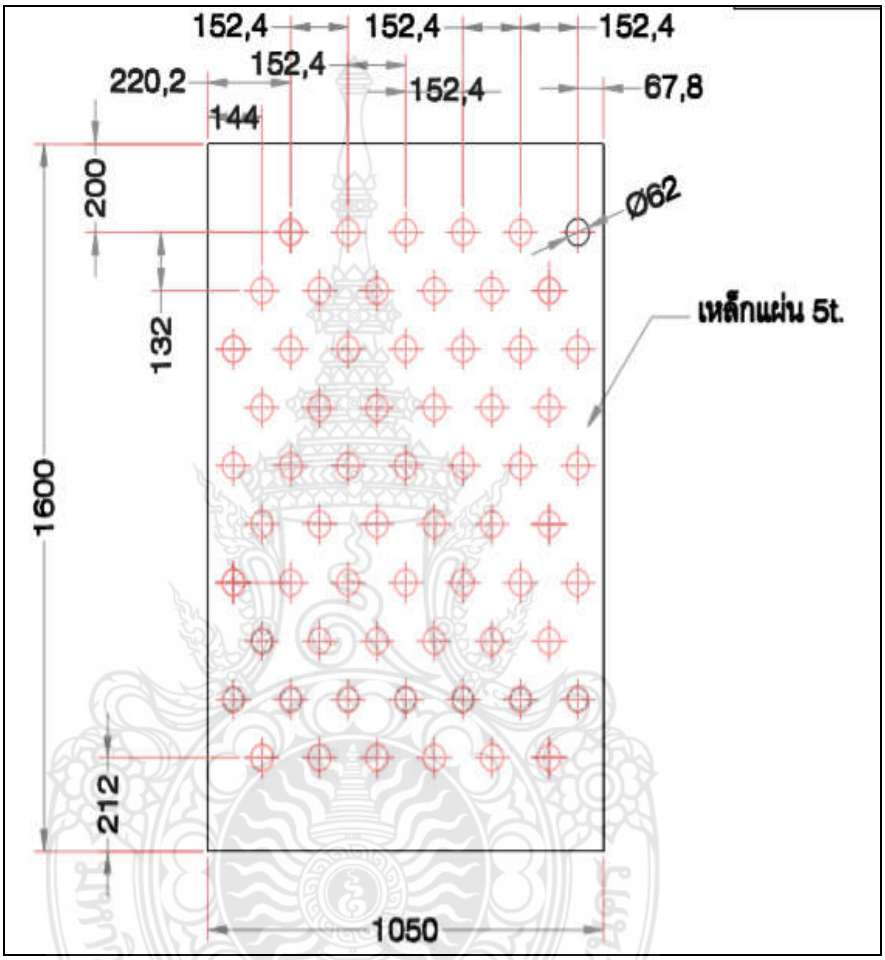
3.1.4 ศึกษาขนาดของอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)

ขนาดและโครงสร้างของอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ที่ใช้ในการทดลองจะมีขนาดดังแสดงในภาพ 3.1 ถึง 3.3



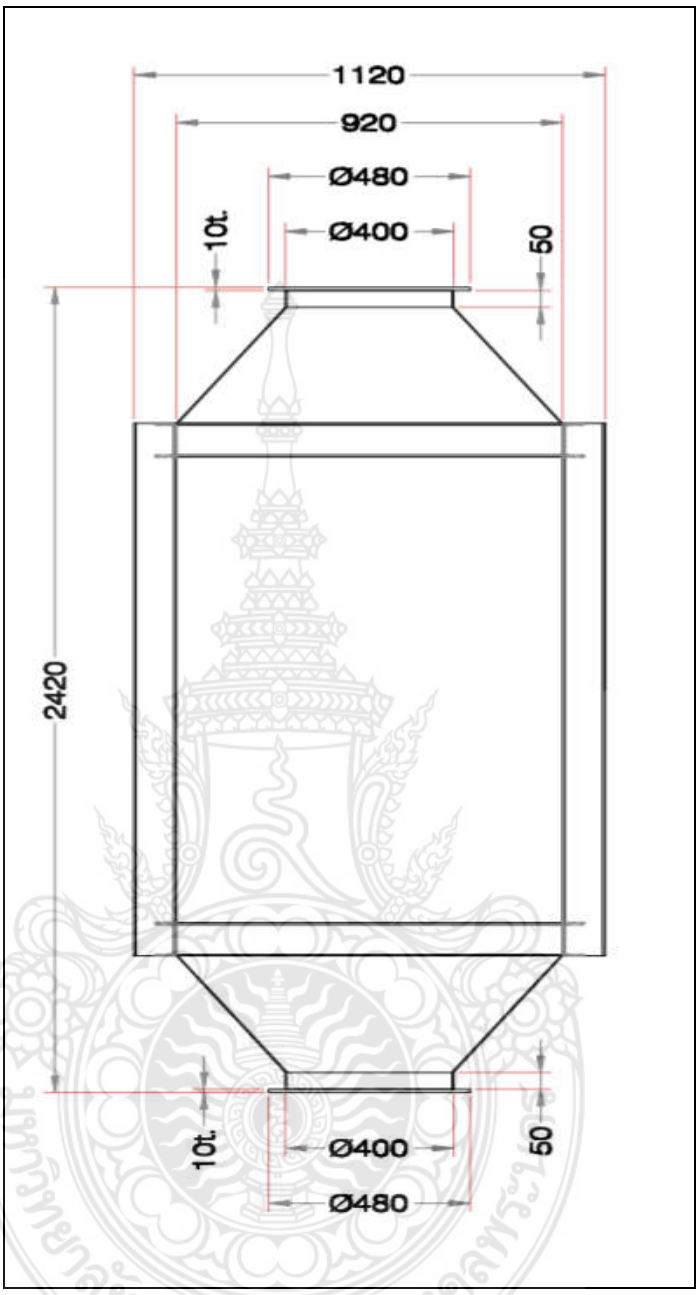
ภาพ 3.1 แสดงขนาดความกว้างและความยาวของท่อขดภายใน

จากภาพ 3.1 ท่อที่ใช้เชื่อมขดตามโครงสร้างจะมีขนาดความยาวท่อโดยรวม 1,215 mm และมีความกว้างโดยรวม 1,150 mm วัสดุทำจาก Material AISI-304 ขนาดของท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 62 mm โดยวางเรียงเยื้องกันดังแสดงในภาพ 3.1



ภาพ 3.2 แสดงขนาดและจำนวนท่อที่สร้างอีโคโนไมเซอร์มองจากด้านข้าง

จากภาพ 3.2 ขนาดของท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 62 mm จำนวนท่อทั้งหมด 64 ท่อ วางห่างกัน 152.4 mm 132 mm โดยวางเรียงเยื้องกันดังแสดงในภาพ 3.2



ภาพ 3.3 แสดงขนาดโครงสร้างเปลือกนอกที่หุ้มตัวอีโคโนไมเซอร์

จากภาพ 3.3 แสดงโครงสร้างภายนอกเปลือกที่หุ้มตัวอีโคโนไมเซอร์จะมีขนาดความกว้างโดยรวม 1,120 mm และความยาวโดยรวม 2,420 mm

ภาพ 3.4 แสดงภาพอีโคโนไมเซอร์ที่ใช้ในการทดสอบเก็บข้อมูลในสถานที่ทำการทดสอบ

3.2 กระบวนการทดสอบประสิทธิภาพ

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ

ในกระบวนการทดสอบได้ทำการทดสอบโดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์จะติดตั้งที่บริษัทซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัดมหาชน และได้ทำการกำหนดค่าการทดสอบและวัดค่าต่างๆดังนี้

1) วัดค่าปริมาณความร้อนของก๊าซเสียทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์และออกจาก อีโคโนไมเซอร์

2) วัดค่าอุณหภูมิน้ำที่เข้า Deaerator เมื่อผ่านอีโคโนไมเซอร์มาแล้วและน้ำก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์ และปริมาณการใช้น้ำ

3) วัดค่าปริมาณความดันของหม้อต้มไอน้ำ

4) วัดค่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก่อนและหลังที่ติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

5) วัดค่าปริมาณ CO, O_2, SO_2 ก่อนและหลังที่ติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

6) วัดค่าอุณหภูมิผิวหม้อต้มไอน้ำก่อนและหลังที่ติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

ค่าต่างๆที่วัดค่าและทำการทดสอบจะใช้เครื่องมือต่างๆดังนี้

1) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion Analyzer) ยี่ห้อ Testo รุ่น 330-2LL ใช้วัดประสิทธิภาพการเผาไหม้สามารถเลือกติดตั้งเซนเซอร์วัดก๊าซได้พร้อมกัน 3 เซนเซอร์

ได้แก่ O_2, CO, CO low, NO ผู้ใช้สามารถกำหนดชนิดของเชื้อเพลิงได้เองหน้า จอ แสดงผลกราฟฟิคสี มีความละเอียดสูงดังแสดงในภาพ 3.5

ภาพ 3.5 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion Analyzer)

2) เครื่องมือวัดอุณหภูมิภายนอกยี่ห้อ FLUKE รุ่นTi400 9HZ Thermal imager Temp Range -20°C to +1200°C Accuracy: 2% of Reading ใช้วัดค่าความร้อนของผิวผนังหม้อต้มไอน้ำ ดังแสดงในภาพ 3.6

ภาพ 3.6 เครื่องมือวัดอุณหภูมิภายนอกยี่ห้อ FLUKE รุ่นTi400 9HZ

3) เกจวัดอุณหภูมิน้ำก่อนและหลังการ ติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ติดตั้งที่ท่อทางเข้าและออกของน้ำป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำดังแสดงในภาพ 3.7

ภาพ 3.7 เกจวัดอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

จากภาพ 3.7 การทดสอบประสิทธิภาพของอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำจะใช้เกจวัดอุณหภูมินี้จับวัดค่าของอุณหภูมิน้ำก่อนไหลผ่านอีโคโนไมเซอร์และไหลผ่านออกจากอีโคโนไมเซอร์

4) LPG FLOW METER ใช้วัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงดังแสดงในภาพ 3.8

ภาพ 3.8 LPG FLOW METER ใช้วัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

จากภาพ 3.8 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชั่วโมงที่ทำการทดสอบจะจดบันทึกจาก FLOW METER

3.3 การทดสอบและการรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งในปล่องควันมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ป้อนให้หม้อต้มไอน้ำโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการ

ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ ข้อมูลเบื้องต้นที่ศึกษามาจากหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมงโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตเลียมเหลว LPG และ ขนาดท่อของอีโคโนไมเซอร์ยาว 1,000 mm มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 62 mm จำนวน 64 ท่อ การเก็บข้อมูลและขั้นตอนการศึกษาของหม้อต้มไอน้ำมีดังนี้

3.3.1 การทดสอบสภาพหม้อต้มไอน้ำก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ โดยมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ปริมาณความร้อนของก๊าซเสียทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำ

2) อุณหภูมิน้ำที่เข้า Deaerator และปริมาณการใช้น้ำ

3) ปริมาณความดันของหม้อต้มไอน้ำ

4) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

5) ปริมาณ CO, O_2, SO_2

6) อุณหภูมิผิวหม้อต้มไอน้ำ

3.3.2 การทดสอบสภาพหม้อต้มไอน้ำหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ โดยมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1).ปริมาณความร้อนของก๊าซเสียปล่อยทิ้งจากปล่องควันของ หม้อต้มไอน้ำ

2).อุณหภูมิน้ำก่อนและหลัง อีโคโนไมเซอร์และปริมาณการใช้น้ำ

3) ปริมาณความดันของหม้อต้มไอน้ำ

4) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

5) ปริมาณ CO, O_2, SO_2

6) อุณหภูมิผิวหม้อต้มไอน้ำ

3.4 ผลการศึกษา

วิธีการทดลองและการบันทึกข้อมูลขั้นตอนการทดสอบและการบันทึกข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนการทดสอบและบันทึกค่าก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

1) บันทึกค่าอุณหภูมิก๊าซเสียจากปล่องควันก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

2) บันทึกค่าอุณหภูมิน้ำก่อนเข้า Deaerator โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิตเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมงและอ่านค่าปริมาณน้ำเข้าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

3) บันทึกค่าความดันของหม้อต้มไอน้ำจากเกจวัดแรงดันโดยอ่านค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง

4) บันทึกค่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยอ่านค่าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

5) ตรวจวัดปริมาณค่า CO, O_2, SO_2 ทุก 1 ชั่วโมง

3.4.2 ขั้นตอนการทดสอบและบันทึกค่าหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

1) บันทึกค่าอุณหภูมิก๊าซเสียปล่อยทิ้งจากปล่องควันหลังอีโคโนไมเซอร์โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

2) บันทึกค่าอุณหภูมิน้ำก่อนและหลังอีโคโนไมเซอร์โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิตเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมงและอ่านค่าปริมาณน้ำเข้าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

3) บันทึกค่าความดันของหม้อต้มไอน้ำจากเกจวัดแรงดันโดยอ่านค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง

4) บันทึกค่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยอ่านค่าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

5) ตรวจวัดบันทึกค่าปริมาณค่า CO, O_2, SO_2ทุก 1 ชั่วโมง

6) ตรวจวัดบันทึกค่าผนังของหม้อต้มไอน้ำทุก 1 ชั่วโมง

การปฏิบัติงานและการบันทึกค่าดังแสดงในภาพ 3.9 ถึง 3.11 โดยทำการบันทึกค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง

ภาพ 3.9 การบันทึกค่าอุณหภูมิปล่องควัน

จากภาพ 3.9 แสดงการทดสอบและบันทึกค่าอุณหภูมิของปล่องควันลงในตารางที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

ภาพ 3.10 การบันทึกค่าปริมาณการใช้ LPG GAS

จากภาพ 3.10 แสดงการทดสอบและบันทึกค่าปริมาณการใช้ LPG GAS ลงในตารางที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

ภาพ 3.11 การบันทึกค่าปริมาณน้ำป้อนเข้า

จากภาพ 3.10 แสดงการทดสอบและบันทึกค่าปริมาณน้ำป้อนเข้าลงในตารางที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

ในบทที่ 3 นี้ได้กล่าวถึงวิธีดำเนินการและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกค่าอุณหภูมิ,แรงดัน, ปริมาณการใช้แก๊ส,ปริมาณการใช้น้ำและค่าต่างๆเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในบทต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำโดยหลักการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันการวิเคราะห์ข้อมูลจะเปรียบเทียบระหว่างก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้น ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ และผลการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำและผลจากการศึกษาได้ทำการวัดและบันทึกข้อมูลและนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) เป็นค่าเฉลี่ยของผลรวมข้อมูลทั้งหมดของแต่ละค่าด้วยสูตรซึ่งค่าที่ได้วิเคราะห์จะบันทึกไว้ในตารางที่ 4.1

$$\bar{X} = \frac{x1+x2+\cdots+xn}{N} = \frac{\sum x}{N} \quad \text{...(4.1)}$$

$\bar{X}$ = $\frac{\sum x}{N}$ = ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ = ผลรวมข้อมูลทั้งหมด

N = จำนวนข้อมูล

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อต้มไอน้ำสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ} = \frac{\text{ความร้อนไอน้ำที่ผลิตได้}}{\text{ความร้อนในเชื้อเพลิง}} \quad \text{...(4.2)}$$

$$[\ \eta D = \frac{Qs*[hgB-hfB]}{[q*Hv]*100}\ ] \quad \text{...(4.3)}$$

ηD = ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ

Q_S = ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)

q = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (SCF/h)

HV = ค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติ (Heating value; Kcal / SCF) =50,000 KJ/KG

hg_B = เอนทาลปีของไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อไอน้ำ (Kcal/h of Steam) ที่ 7 bar เปิดตาราง = 2768.99 KJ/KG

hf_B = เอนทาลปีของน้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ (kcal/kg of water) = 4.178

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำก่อนที่มีการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)

$$\eta D = \frac{Qs*[hgB-hfB]}{[q*Hv]*100}$$

$$\eta D = \frac{1{,}245*(2{,}768.99-(38.50*4.178))}{[79.62*50{,}000]*100}$$

= 81.59 %

ผลจากการคำนวณวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์จะมีค่าเท่ากับ 81.59 %

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)

$$\eta D = \frac{Qs*[hgB-hfB]}{[q*Hv]*100}$$

$$\eta D = \frac{1{,}235*(2{,}768.99-(67.20*4.178))}{[71.76*50{,}000]*100}$$

= 85.65 %

ผลจากการคำนวณวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์จะมีค่าเท่ากับ 85.65 %

ตาราง 4.1 ข้อมูลการตรวจวัดบันทึกค่าก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์และนำมาหาค่าเฉลี่ย

ข้อมูลการตรวจวัด	หน่วยการวัด	วิเคราะห์ค่าก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์	วิเคราะห์ค่าหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์
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
อุณหภูมิน้ำเข้า	℃	38.50	38.30
อุณหภูมิก๊าซเสีย	℃	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	℃	35.70	35.50
ประสิทธิภาพ	%	81.59	85.65
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	%	-	4.97

จากตาราง 4.1 ผลจากการทดสอบและนำค่ามาวิเคราะห์จะได้ค่าเฉลี่ยของผลรวมที่ทำการบันทึกและการคำนวณจากสูตร

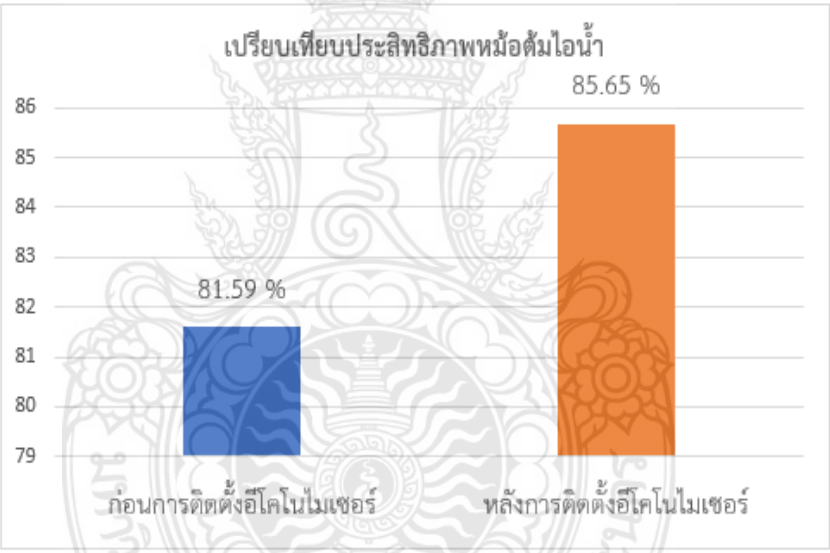
การคำนวณหาค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้

$$\text{ค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้} = \frac{\text{ประสิทธิภาพใหม่} - \text{ประสิทธิภาพเก่า}}{\text{ประสิทธิภาพเก่า}} \quad \text{...(4.4)}$$

$$= \frac{(85.65\ \% - 81.59\ \%)}{81.59\ \%}$$

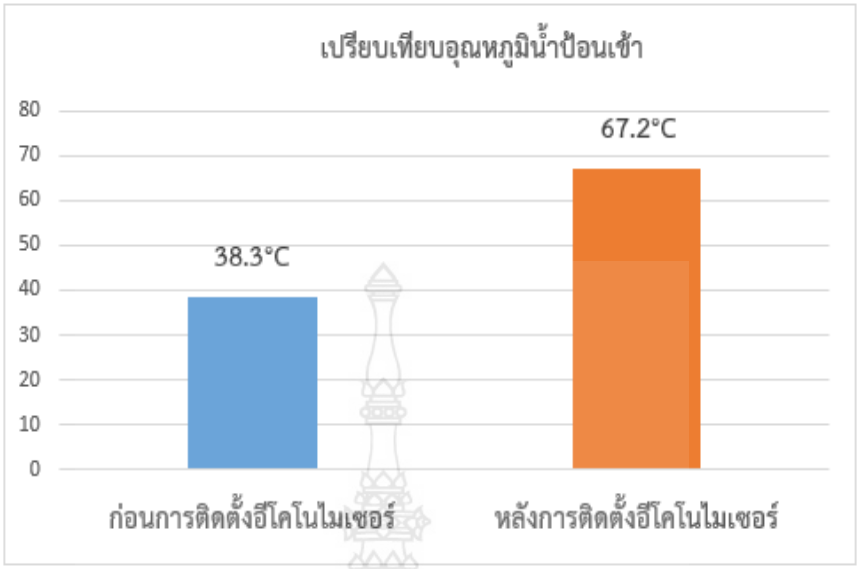
$$= 4.97\ \%$$

ผลจากการคำนวณวิเคราะห์หาค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ของหม้อต้มไอน้ำก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์จากผลการทดสอบสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 4.97 %



ภาพ 4.1 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำก่อนและ
หลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)

จากภาพ 4.1 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำก่อนและหลังการตีดตั้งอีโคโนไมเซอร์ซึ่งค่าก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์มีค่าเท่ากับ 81.59 % และหลังจากที่มีการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์มีค่าเท่ากับ 85.65 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังจากติดตั้งอีโคโนไมเซอร์แล้วทำให้ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำเพิ่มสูงขึ้น 4.06 %



ภาพ 4.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)

จากภาพ 4.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าก่อนและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ซึ่งค่าก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์มีค่าเท่ากับ 38.3℃ และหลังจากที่มีการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์แล้วมีค่าเท่ากับ 67.2℃ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังจากติดตั้งอีโคโนไมเซอร์แล้วทำให้อุณหภูมิน้ำป้อนเข้าเพิ่มสูงขึ้น 28.9℃

ในบทที่ 4 นี้ผลของข้อมูลจากการวิจัยพบว่าพลังงานความร้อนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าได้ 28.9℃ ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้น 4.06 % สายการผลิตมีไอน้ำใช้ได้เพียงพอ ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง 4.97 % โดยจะนำผลที่ได้ไปสรุปในบทต่อไป

บทที่ 5

อภิปรายผล

จากปัญหาเรื่องของการใช้ไอน้ำที่ไม่เพียงพอเพราะการใช้งานของไอน้ำในการผลิตสินค้าในขบวนการผลิตจะฉีดไอน้ำลงบนสินค้าโดยตรงทำให้ไม่สามารถนำ (Condensate) กลับมาใช้งานได้ทำให้เกิดการสูญเสียไอน้ำพลังงานความร้อนที่ถูกดูดทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์จึงได้มีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ และการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตสินค้าเพื่อลดต้นทุนโดยการนำเอาความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันที่มีค่าความร้อนประมาณ 185°C มาใช้ประโยชน์ด้วยหลักการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ (Heat Exchanger Economizer) แล้วทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น

5.1 ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ (Heat Exchanger Economizer) สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าได้และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำได้ดังผลแสดงจากบทที่ 4 โดยสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำจากเดิมก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ (Heat Exchanger Economizer) 38.3°C เป็น 67.2°C หลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ (Heat Exchanger Economizer) และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากเดิมก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ (Heat Exchanger Economizer) 81.59 % เป็น 85.65 % หลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ (Heat Exchanger Economizer)

5.2 ด้านการลดต้นทุน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Economizer) พบว่าสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ ถ้าสามารถลดต้นทุนได้ จะทำให้ค่าประหยัดพลังงาน เพิ่มขึ้นและมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้การลงทุนนั้นคุ้มค่าสมควรแก่การลงทุน และถ้าสามารถเพิ่มพื้นที่การรับความร้อน ส่วนท่อ (Tube) โดยการใส่ครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่รับความร้อน ซึ่งจะทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อน และค่าประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มมากขึ้นกำลังการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำที่ได้โดยทั่วๆ ไปอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า (Feed Water) ที่จ่ายเข้าหม้อไอน้ำจะต้องเท่ากับ 100°C และจะต้องไม่มีการใช้ไอน้ำ

จากหม้อไอน้ำ จึงจะได้กำลังการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าที่ต่ำกว่าที่กำหนด จะลดปริมาณไอน้ำที่หม้อไอน้ำที่สามารถผลิตได้ เพราะว่าจะต้องจ่ายไอน้ำส่วนหนึ่งในการอุ่นน้ำป้อนเข้า (Feed Water) ที่จะต้องจ่ายให้กับหม้อต้มไอน้ำมีอุณหภูมิ 100°C ความแตกต่างระหว่างกำลังการผลิตไอน้ำของหม้อต้มไอน้ำตาม ทฤษฎีกับกำลังการผลิตไอน้ำจริงจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า (Feed Water) ที่จะจ่ายให้กับหม้อต้มไอน้ำซึ่งเรียกว่า “Factor of Evaporation” ยกตัวอย่างเช่น ถ้าไม่มีการนำน้ำร้อน (Condensate) กลับมาใช้ และอุณหภูมิของน้ำในถังก่อนจ่ายให้กับหม้อต้มไอน้ำเท่ากับ 30°C จะพบว่ากำลังผลิตไอน้ำหม้อต้มไอน้ำที่ความดัน 7 bar ตามทฤษฎีจะลดลง 14 %

5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป

1.การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำผ่านอีโคโนไมเซอร์ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของความร้อนทิ้งจากปล่องควันและอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าซึ่งจากการทดลองมีอุณหภูมิ 38.3°C และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของประสิทธิ์ เกี้ยวสุนทร ที่ว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซเสียปิโตเลี่ยมเหลวเท่ากับ 54°C เพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดการกลั่นตัวเป็นกรด ของก๊าซเสียปิโตเลี่ยมเหลวอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าอีโคโนไมเซอร์ควรมากกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซเสียปิโตเลี่ยมเหลวประมาณ 20°C และการทดลองนี้ก็จะไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธิติญาณ์ เปลี่ยนมณี และ มิ่งศักด์ ตั้งตระกูล การควบคุมอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์เพื่อป้องกันกรดจากก๊าซเสียกลั่นตัว ได้ทำการทดลองกำหนดให้อุณหภูมิน้ำเข้าอีโคโนไมเซอร์อยู่ที่ 70°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดเกิดจากการเผาไหม้คือ 54°C จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิผิวท่อด้านนอกของอีโคโนไมเซอร์มีอุณหภูมิต่ำสุด 82°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซปิโตเลี่ยมเหลวจากการเผาไหม้ที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนดังนั้นเพื่อความเหมาะสมควรทำอุณภมิน้ำป้อนให้สูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวก่อนป้อนเข้า ควรหาวิธีการที่เพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อนของ ความร้อนทิ้ง ซึ่งอาจจะใช้วิธีใช้สารเคลือบท่อซึ่งและชนิดของวัสดุ ที่ใช้ ซึ่งต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมจะต้องวิจัยต่อไป

2.งานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยใช้ความร้อนจากก๊าซเสียภายในปล่องควันมาใช้ประโยชน์และปล่อยสู่บรรยากาศถ้าดูจากผลการทดลองแล้วความร้อนของก๊าซเสียที่ผ่านอีโคโนไมเซอร์แล้วปล่อยสู่บรรยากาศยังมีอุณหภูมิที่สูงอยู่ประมาณ 115°C ซึ่งสามารถนำความร้อนปล่อยทิ้งนี้ไปใช้ประโยชน์ได้อีกเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงและเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อีกระดับหนึ่ง

3.ควรศึกษาการอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดอื่นๆหรือรูปแบบของการไหลชนิดต่างๆเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการงานวิจัยนี้เพื่อดูว่าชนิดไหนแบบไหนสามารถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงและเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีที่สุด

4.เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้ก๊าซปิโตเลี่ยมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิงโดยงานวิจัยนี้พบว่าก๊าซเสียที่วัดค่าได้จะมีค่าซัสเฟอร์ไดอ๊อกไซค์ต่ำทำให้เกิดการกัดกร่อนน้อยถ้าในอนาคตมีการวิจัยอื่นที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นเช่นน้ำมันเตาสามรถนำมาเปรียบเทียบดูอายุการใช้งานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้เมื่อมีเชื้อเพลิงที่ต่างกัน

5.โครงสร้างของท่อที่ใช้กับ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ (Heat Exchanger Economizer) ที่ใช้ทำการวิจัยนี้เป็นท่อผิวเรียบควรศึกษาเพิ่มเติมกับการติดครีบ (Fin) บริเวณรอบท่อหรืออกแบบให้เป็นแบบรังผึ้งเพื่อเพิ่มพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำให้อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำสูงขึ้นและทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงมากขึ้นประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำสูงขึ้น

บทที่ 6

สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาการนำความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันกลับมาใช้ประโยชน์ด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และการเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำในกระบวนการผลิตอาหารสำเร็จรูปเป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมง ใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิง โดยการนำความร้อนของก๊าซเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องควันมาใช้ประโยชน์แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำโดยการใช้อีโคโนไมเซอร์ เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ข้อมูลจากบทที่ 1 ถึงบทที่ 5 เริ่มจากปัญหาและความสำคัญที่ได้ทำการวิจัยและวัตถุประสงค์ของการวิจัยจนได้ข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ทำให้สามารถสรุปผลของการวิจัยได้ดังนี้

6.1 ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพ

.การติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ ที่บริเวณปล่องควันโดยนำความร้อนก๊าซเสียปล่อยทิ้งจากปล่องควันมาอุ่นน้ำป้อนเข้าให้กับหม้อต้มไอน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำหลังจากที่น้ำผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้วป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำสามารถทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มจาก 81.59 % เป็น 85.65 % ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำสูงขึ้น 4.06 %

6.2 ด้านการลดพลังงาน

งานวิจัยนี้เป็นการอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำโดยการผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้วป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำ ผลจากการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ 4.97 % และสรุปได้ดังนี้

1).ผลการอุ่นน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์และหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ สามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำจาก 38.30℃ เป็น 67.20℃ ทำให้อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น 28.90℃

2).ความร้อนของก๊าซเสียปล่อยทิ้งที่ปล่องควันก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อีโคโนไมเซอร์ มีอุณหภูมิก๊าซเสียปล่อยทิ้งที่ปล่องควันเฉลี่ยประมาณ. 185℃ ปล่อยสู่บรรยากาศ หลังจากการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ มีอุณหภูมิก๊าซเสียปล่อยทิ้งที่บริเวณปล่องควันปล่อยทิ้งเฉลี่ยประมาณ. 115℃ ปล่อยสู่บรรยากาศ สามารถลดอุณหภูมิก๊าซเสียปล่อยสู่บรรยากาศได้ 70℃

บทที่ 7

แผนการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

7.1 แนวคิดการดำเนินธุรกิจ

จากผลการศึกษาการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ทำให้มีโอกาสในการพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับโรงงานที่ยังไม่ได้มีการติดตั้งเนื่องจากผลการวิจัยเห็นได้ชัดเจนว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้เชื้อเพลิงได้ จึงทำให้เมื่อมีโครงการใหม่ๆที่ต้องลงทุนติดตั้ง Boiler ผู้ลงทุนจะลงทุนติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ร่วมในการลงทุนใหม่ๆ

ภาพ 7.1 โครงการลงทุนใหม่ที่มีการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)

7.2 การวิเคราะห์ประมาณกำไร

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

$$= 336{,}000 \text{ ลิตร/ปี} * \frac{(85.65\ \% - 81.59\ \%)}{81.59\ \%}$$

$$= 16{,}719 \text{ ลิตร/ปี}$$

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้

= ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ * ค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย

= 16,719 ลิตร/ปี * 20.02 บาท/ลิตร = 334,714 บาท/ปี

7.3 การวิเคราะห์ประมาณระยะเวลาคืนทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน Break Even Point Analysis

$$\text{จุดคุ้มทุน } (Q_{BE}) = \frac{\text{จำนวนเงินที่ใช้ในการลงทุนติดตั้งอีโคโนไมเซอร์}}{\text{จำนวนเงินที่ประหยัดได้}}$$

$$= \frac{455{,}000 \text{ บาท}}{334{,}714 \text{ บาท/ปี}}$$

จุดคุ้มทุน (Q_{BE}) = 1.4 ปี

7.4 สรุปผลการดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืน

จากการศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำโดยหลักการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันการวิเคราะห์ข้อมูลจะเปรียบเทียบระหว่างก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์โดย

เปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้น ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ และผลการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำโดยหลักๆคือการนำความร้อนที่ทิ้งกลับมาใช้แต่ยังมีอีกหลายอย่างที่เป็นตัวแปรที่ทำให้สูญเสียพลังงานหรือต้นทุนการผลิตถ้าหันมามองแล้วจัดการกับสิ่งที่สูญเสียจะทำให้ต้นทุนหรือการใช้พลังงานสามารถลดลงได้ทุกกระบวนการทุกจุดเป็นผลทำให้ธุรกิจยั่งยืนได้ดังตัวอย่างเช่น

1) การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้

2) การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้งานใหม่

3) การปรับปรุงฉนวนหุ้มท่อส่งไอน้ำ

4) การสูญเสียพลังงานในระบบจ่ายไอน้ำ

เอกสารอ้างอิง

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) แนวทางการปฏิบัติเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมของเอเซีย, 2546

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานระบบไอน้ำ, พิมพ์ครั้งที่ 2. 2548

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์. 2548. เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 2

วัชระ มั่งวิฑิตกุล. 2550. กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม,กรุงเทพมหานคร

อินเตอร์โฟลว์จำกัด. การปรับปรุงคุณภาพของไอน้ำและการประหยัดพลังงาน, ข้อมูลจาก http//: www. interflow-th.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 สิงหาคม 2561)

กรวิก นามชุ่ม. มาตรการสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลังงาน http//: www.site google.com

สุธี เจตน์เจริญ. 2550. การวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกลุ่มท่อติดครีบระบายความร้อน ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ชุมพล ราชสีห์. 2550. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการนำความร้อนทิ้งกลับคืนจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จตุรงค์ สมตระกูล. 2550. การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของระบบความร้อนทิ้งกลับคืนปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ชุตินาถ ทัศจันทร์. 2551. การใช้หม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีสะอาด กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

โอตป์ กกกำแหง, การคำนวณประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อต้มไอน้ำ, จุลสารก๊าซไลน์ (PTT) ฉบับที่75, 2552

ประสิทธิ์ เกี้ยวสุนทร.2555. การศึกษาและออกแบบอีโคโนไมเซอร์โดยใช้ความร้อนปล่อยทิ้งจากหม้อไอน้ำ, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์

ธิติญาณ์ เปลี่ยนมณี และ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล. 2555. การควบคุมอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์เพื่อป้องกันกรดจากก๊าซเสียกลั่นตัว, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ธนกร ณ พัทลุง. ข้อพิจารณาศักยภาพความร้อนทิ้งสำหรับการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์.ข้อมูลจาก http://www.tpa.or.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 กรกฎาคม 2561)

Heat Exchangers เครื่องถ่ายเทความร้อนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้ในการอุตสาหกรรม http://www completesengineering.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 สิงหาคม 2561)

คู่มือการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ waste heat recovery guide, ข้อมูลจาก http://www.enconlab.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 สิงหาคม 2561)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารตีพิมพ์

ภาคผนวก ก-1 หน้าปกเอกสารตีพิมพ์ การประชุมทางวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 7 ประจำปี 2561

SIIMC 2018

WEIS
THE FEDERATION OF THAI INDUSTRIES
WATER AND ENVIRONMENT INSTITUTE FOR SUSTAINABILITY

RMUTP

SIME

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เกียรติบัตรฉบับนี้มอบให้เพื่อแสดงว่า

ชาญยุทธ ชิ้มสกุล ปริญญ์ บุญกนิษฐ และ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ

ได้เข้าร่วมการนำเสนอ และเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย

เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควัน
ด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์

ในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน
ครั้งที่ 7 ประจำปี 2561 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร

วันที่ 28 กันยายน 2561

นางสาวพรรัตน์ เพชรภักดี
ผู้อำนวยการอาวุโส สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล
รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นายสุวัสส์ แพ่งธีระสุขมัย
หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 7 ประจำปี 2561

การเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำจากการใช้ความร้อนปล่อยทิ้งภายในปล่องควันด้วยเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์

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

ชาญยุทธ ชิ้มสกุล[1*] , ปริญญ์ บุญกนิษฐ[1] และ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[1]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
chanyout.cpvn@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมงที่ใช้แก๊สปิโตเลียมเหลว LPG เป็นเชื้อเพลิง โดยการนำความร้อนปล่อยทิ้งในปล่องควันมาอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำด้วยเทคโนโลยี การแลกเปลี่ยนความร้อน อีโคโนไมเซอร์ ที่มีขนาดความยาวท่อ 1,000 mm เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 62 mm จำนวน 64 ท่อ วางท่อเรียงเยื้องกันเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนป้อนน้ำเข้าหม้อต้มไอน้ำที่ป้อนผ่านดีแอเรเตอร์ โดยการศึกษาจะเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้า ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ และผลการประหยัดการใช้เชื้อเพลิง ก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าหลังจากติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถทำให้น้ำที่ใช้ป้อนให้กับหม้อต้มไอน้ำผ่านดีแอเรเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 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

RMUTP 6th Sustainable Industrial Management Engineering

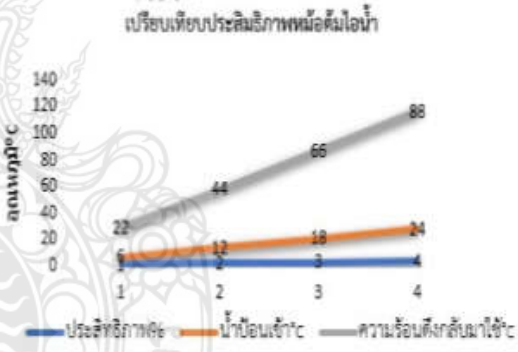
installed the heat exchanger the feed water passed into steam boiler deaerator higher temperature from 38.30 °C to 67.20 °C which leads to increase efficiency of steam boiler from 81.59 % to 85.65 % meaning that the fuel consumption of steam boiler will be reduced 4.74 %

Keywords: heat exchanger; economizer

1.บทนำ (Introduction)

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

อัตราส่วนกิโลกรัมไอน้ำต่อกิโลกรัมเชื้อเพลิงควรอยู่ที่ประมาณ 13 - 15 กิโลกรัม และอุณหภูมิความร้อนปล่อยทิ้งของปล่องควันเมื่อนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนที่อีโคโนไมเซอร์แล้วอุณหภูมิปล่อยทิ้งจะลดลงเหลือประมาณ 150 °C จาก 230 °C [3]

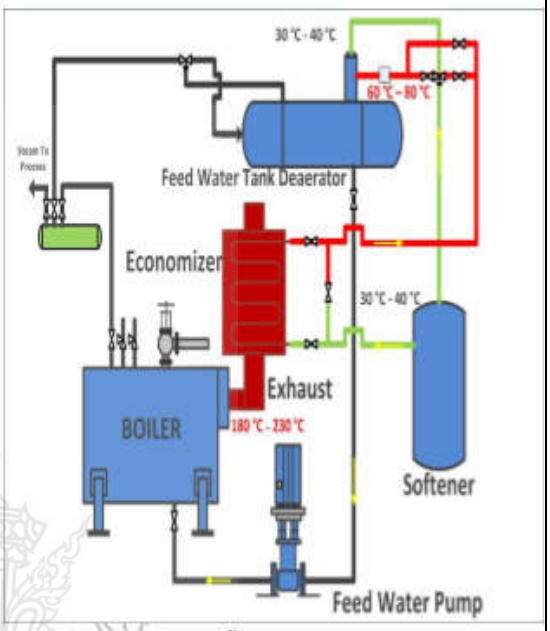


ภาพที่ 1 แสดงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของหม้อต้มไอน้ำเปรียบเทียบกับน้ำที่ป้อนเข้าและความร้อนดึงกลับมาใช้[1]

กำลังการผลิตไอน้ำโดยทั่วไปอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำจะต้องเท่ากับ 100 °C และต้องไม่มีการใช้ไอน้ำที่หม้อต้มไอน้ำมาอุ่นจึงจะได้กำลังการผลิตไอน้ำสูงที่สุดถ้าอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อต้มไอน้ำต่ำกว่ากำหนดจะลดปริมาณไอน้ำที่หม้อต้มไอน้ำเพราะต้องใช้ไอน้ำจากหม้อต้มไอน้ำไปอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำให้ได้100 °C ความแตกต่างระหว่าง

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

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



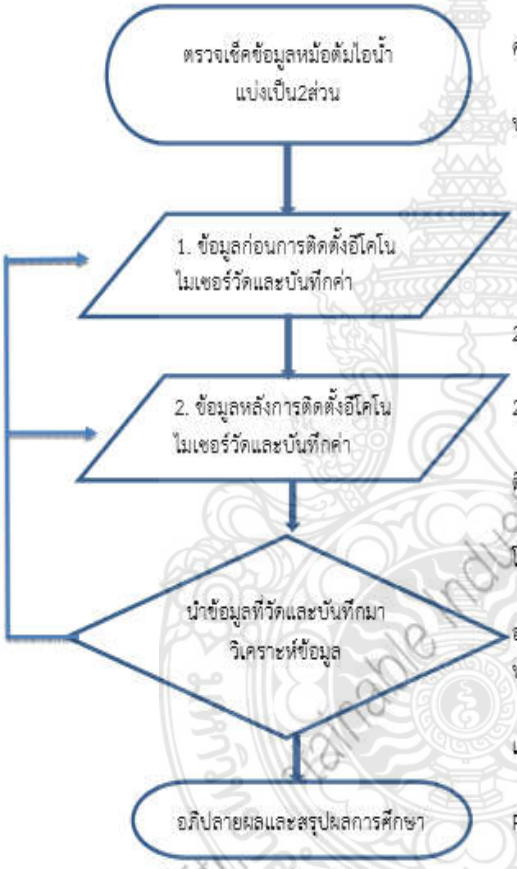
ภาพที่ 2 แสดงจุดที่ติดตั้งอีโคไมเซอร์ในระบบ

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 ขั้นตอนการศึกษาวิทีวิจัย

2.1.สภาพหม้อต้มไอน้ำก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์โดยมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1.ปริมาณความร้อนของก๊าซเสียทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำ

2.อุณหภูมิน้ำที่เข้า Deaerator และปริมาณการใช้น้ำ

3.ปริมาณความดันของหม้อต้มไอน้ำ

4.ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

5.ปริมาณ CO, O_2, SO_2

2.2.สภาพหม้อต้มไอน้ำหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์โดยมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1.ปริมาณความร้อนของก๊าซเสียปล่อยทิ้งจากปล่องควันของ หม้อต้มไอน้ำก่อนและหลัง อีโคโนไมเซอร์

2.อุณหภูมิน้ำก่อนและหลัง อีโคโนไมเซอร์และปริมาณการใช้น้ำ

3.ปริมาณความดันของหม้อต้มไอน้ำ

4.ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

5.ปริมาณ CO, O_2, SO_2

6.อุณหภูมิผิวหม้อต้มไอน้ำ

2.3.วิธีการทดลองและการบันทึกข้อมูล

ขั้นตอนการทดลองและการบันทึกข้อมูลแบ่งออกเป็น 2ขั้นตอนดังนี้

2.3.1.ขั้นตอนการทดลองและบันทึกค่าก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

1.บันทึกค่าอุณหภูมิก๊าซเสียจากปล่องควันโดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 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, O_2, SO_2 ทุก 1 ชั่วโมง

2.3.2.ขั้นตอนการทดลองและบันทึกค่าหลังการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

1.บันทึกค่าอุณหภูมิก๊าซเสียปล่อยทิ้งจากปล่องควันก่อนและหลังอีโคโนไมเซอร์โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

2.บันทึกค่าอุณหภูมิน้ำก่อนและหลังอีโคโนไมเซอร์โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมงและอ่านค่าปริมาณน้ำเข้าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

RMUTP & FTI Sustainable Industrial Management Engineering

3.บันทึกค่าความดันของหม้อต้มไอน้ำจากเกจวัดแรงดันโดยอ่านค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง

4.บันทึกค่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยอ่านค่าจาก Flow mete บันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง

5.ตรวจวัดบันทึกค่าปริมาณค่า CO, O_2, SO_2 ทุก 1 ชั่วโมง

6.ตรวจวัดบันทึกค่าผนังของหม้อต้มไอน้ำทุก1 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

การคำนวนประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อไอน้ำสามารถคำนวนได้ดังนี้ [4]

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

การหาค่าประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ [10]

$$N_b = \frac{Q_s * hg_s - hf_s}{[q * H V] * 100}$$

N_b = ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ
Q_s= ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้(kg/h)
q = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (SCF/h)

RMUTP & FTI วิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรม Industrial Management Engineering

HV = ค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติ
(Heating value; Kcal / SCF)
hg_s= เอนทาลปีของไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อไอน้ำ
(kcal/h of steam)
hf_s= เอนทาลปีของน้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ
(kcal/kg of water)

การคำนวณหาค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ [5]

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

4. อภิปรายผล (Discussion)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันของหม้อต้มไอน้ำผ่านอีโคโนไมเซอร์ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของความร้อนทิ้งจากปล่องควันและอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าซึ่งจากการทดลองมีอุณหภูมิ 38.3 °C และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของประสิทธิ์ เกี้ยวสุนทร [3] ที่ว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซเสียปิโตเลียมเหลวเท่ากับ 54 °C เพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดการกลั่นตัวเป็นกรด ของก๊าซเสียปิโตเลียมเหลวอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าอีโคโนไมเซอร์ควรมากกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซเสียปิโตเลียมเหลวประมาณ 20 °C และการทดลองนี้ก็จะไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธิติญาณ์ เปลี่ยนมณีและมิงศักดิ์ ตั้งตระกูล การควบคุมอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์เพื่อป้องกันกรดจากก๊าซเสียกลั่นตัว [8[ได้ทำการทดลองกำหนดให้อุณหภูมิน้ำเข้าอีโคโนไมเซอร์อยู่ที่ 70 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดเกิดจากการเผาไหม้คือ 54 °C จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิผิวท่อด้านนอกของอีโคโนไมเซอร์มีอุณหภูมิต่ำสุด 82 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวเป็นกรดของก๊าซปิโตเลียมเหลวจากการเผาไหม้ที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนดังนั้นเพื่อความเหมาะสมควรทำอุณภูมิน้ำป้อนให้สูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวก่อนป้อนเข้า [8]

5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมง โดยการเอาความร้อนปล่อยทิ้งจากปล่องควันมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำโดยการใช้อีโคโนไมเซอร์เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งผลจากการวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1.ผลการอุ่นน้ำที่ป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ป้อนเข้าจาก 38.30 °C เป็น 67.20 °C

2.การติดตั้งอีโคโนไมเซอร์ที่บริเวณปล่องควันโดยนำความร้อนทิ้งจากปล่องควันมาอุ่นน้ำป้อนเข้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำสามารถทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มจาก 81.59 % เป็น 85.65 %

3.ความร้อนของก๊าซเสียที่ปล่องควันปล่อยทิ้งก่อนการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์มีอุณหภูมิก๊าซเสียที่ปล่องควันเฉลี่ยประมาณ. 185.°C หลังจากการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์แล้วอุณหภูมิก๊าซเสียที่บริเวณปล่องควันปล่อยทิ้งเฉลี่ยประมาณ. 115 °C

4.ผลจากการติดตั้งอีโคโนไมเซอร์สามรถลดการใช้เชื้อเพลิงทำให้ประหยัดได้ 4.70 %

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหาร วิศวกร บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน และบริษัท โกบอล อัลลายแอซ์ 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 เกี้ยวสุนทร, การศึกษาและออกแบบอีโคโนไมเซอร์โดยใช้ความร้อนปล่อยทิ้งจากหม้อไอน้ำ, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 2555

[4] วัชระ มังวิฑิตกุล, กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม,กรุงเทพมหานคร, 2550

[5] ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2548

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานระบบไอน้ำ, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2548

[7] โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) แนวทางการปฏิบัติเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมของเอเชีย, 2546

[8] ธิติญาณ์ เปลี่ยนมณี และมิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล การควบคุมอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์เพื่อป้องกันกรดจากก๊าซเสียกลั่นตัว, มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์, 2555

[9] อินเตอร์โฟลว์จำกัด, การปรับปรุงคุณภาพของไอน้ำและการประหยัดพลังงาน, ข้อมูลจาก http//: www. interflow-th.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 สิงหาคม 2561)

[10] โอตบ์ กกกำแหง, การคำนวณประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อต้มไอน้ำ, จุลสารก๊าซไลน์ (PTT) ฉบับที่ 75, 2552

[11] กรวิก นามชุ่ม มาตรการสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลังงานhttps// www.site google.com

[12] ชุตินาถ ทัศจันทร์ การใช้หม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีสะอาด กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์,2551

RMUTP & FTI 5th Sustainable Industrial Management Engineering

ภาคผนวก

ภาคผนวก ข ตาราง

ตารางที่ใช้บันทึกค่า

อุณหภูมิปล่องไฟก่อนติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

อุณหภูมิปล่องไฟหลังติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

เวลา	อุณหภูมิปล่องไฟก่อนติดตั้ง °C	อุณหภูมิปล่องไฟหลังติดตั้ง °C	มิตเตอร์แก๊ส	ปริมาณแก๊ส M^3	หมายเหตุ
08:00	90	118	137308	-	
09:00	179	115	137318	10	
10:00	188	118	137330	12	
11:00	190	114	137342	12	
12:00	180	115	137353	11	
13:00	168	118	137356	3	
14:00	175	113	137364	8	
15:00	181	116	137378	14	
16:00	195	120	137386	8	
17:00	195	120	137397	11	
18:00	193	118	137410	13	
19:00	185	118	137431	21	

ตารางที่ใช้บันทึกค่า

ปริมาณการใช้น้ำ

ความร้อนผนังท่อ

ความดันไอน้ำ

เวลา	มิตเตอร์น้ำ	ปริมาณน้ำ M^3	ค่าความร้อนผนัง °C	ความดันไอน้ำ Bar	หมายเหตุ
08:00	30786.87	-	30	1.9	
09:00	30787.66	0.79	35.70	7.0	
10:00	30788.82	1.16	35.00	6.8	
11:00	30790.16	1.34	35.20	6.8	
12:00	30791.26	1.10	35.50	6.9	
13:00	30791.73	0.47	35.00	7.2	
14:00	30792.47	0.74	35.20	7.0	
15:00	30793.56	1.09	35.00	7.2	
16:00	30794.89	1.25	35.70	7.1	
17:00	30795.87	1.06	35.50	7.2	
18:00	30797.26	1.39	35.20	6.9	
19:00	30799.72	2.21	35.20	7.2	

ตารางที่ใช้บันทึกค่า

อุณหภูมิน้ำก่อนติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

อุณหภูมิน้ำหลังติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

ความดันน้ำก่อนติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

ความดันน้ำหลังติดตั้งอีโคโนไมเซอร์

เวลา	อุณหภูมิน้ำ ก่อน ติดตั้ง °C	อุณหภูมิน้ำ หลัง ติดตั้ง °C	ความดันน้ำ ก่อน ติดตั้ง Bar	ความดันน้ำ หลัง ติดตั้ง Bar	หมายเหตุ
08:00	38.50	60	2.5	2.0	
09:00	37.00	90	3.0	2.5	
10:00	40.00	80	2.5	2.0	
12:00	38.50	80	2.5	2.0	
13:00	39.00	70	2.5	2.0	
14:00	38.70	75	2.5	2.0	
15:00	40.00	68	3.0	1.8	
16:00	38.20	80	3.0	1.8	
17:00	38.50	65	2.0	1.5	
18:00	38.20	70	2.0	1.5	
19:00	38.00	70	2.8	2.0	

ตารางที่ใช้บันทึกค่า

ค่า CO

ค่า o_2

ค่า so_2

ความดันแก๊ส

เวลา	ค่า CO ppm	ค่า o_2 %	ค่า so_2 %	ความดันแก๊ส Psi	หมายเหตุ
08:00	41.00	9.00	0	29	
09:00	41.00	8.89	0	29	
10:00	41.00	9.80	0	29	
11:00	38.2.	9.00	0	29	
12:00	40.00	9.85	0	29	
13:00	40.50	7.89	0	29	
14:00	40.20	9.10	0	29	
15:00	41.00	8.00	0	29	
16:00	38.50	9.20	0	29	
17:00	41.00	9.10	0	29	
18:00	40.00	8.89	0	29	
19:00	41.20	9.00	0	29	

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นายชาญยุทธ ชิ้มสกุล

วัน เดือน ปีเกิด 22 เมษายน 2510

ภูมิลำเนา 149/10 ถ.ไชยพร ซ.บางเรือหัก ต.แม่กลอง อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม 75000

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	11 เมษายน 2546
ปริญญาโทครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการบริหารงานอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	21 พฤศจิกายน 2548
ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสหกรรมเพื่อความยั่งยืน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	กำลังศึกษา

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ผู้จัดการทั่วไป บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหารจำกัดมหาชน
138-138/1 หมู่ 3 ต หนองไทร อ พูนพิน จ สุราษฎร์ธานี 84130