Received: May 20, 2021 **Revised:** Aug 25, 2021 **Accepted:** Sep 1, 2021

การเพิ่มประสิทธิภาพน้ำป้อนของเครื่องกำเนิดไอน้ำและระบบแลกเปลี่ยนความร้อน
INCREASING THE WATER EFFICIENCY OF BOILER AND HEAT EXCHANGER SYSTEM

ธนิต แต่งศรี , มุสตาซะห์ ยูโซะ
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธนบุรี
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
Tanit Tangsri ,Suppawat Chuvaree
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thonbusi University
[2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Southeast Asia University
E-mail: tangsritanit@yahoo.com ,mustasahu@sau.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไอน้ำและระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน โดยการออกแบบ ติดตั้งและเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาคำนวณหาอุณหภูมิน้ำ สัดส่วนการใช้น้ำ ประสิทธิภาพ และต้นทุนพลังงานเชื้อเพลิง แล้วนำค่ามาทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้ง ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของน้ำเข้าเครื่องเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 33.08 องศาเซลเซียส สัดส่วนการใช้น้ำก่อนและหลังการติดตั้ง 382.73 ลิตร และ 391.00 ลิตร ต่อปริมาณก๊าซ NGV 1 MMBTU สัดส่วนน้ำเพิ่มขึ้น 8.27 ลิตร และประสิทธิภาพเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนทางทฤษฎี 35.70 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง 35.52 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่าง 0.18 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนก่อนและหลังการติดตั้ง 0.805 บาท และ 0.788 บาท ต่อน้ำ 1 ลิตร แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 2.16 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิน้ำป้อนเพิ่มขึ้น 81.57 เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนเชื้อเพลิงลดลง 2.11 เปอร์เซ็นต์ หรือ 1,648,741.5 บาทต่อปี

คำสำคัญ: เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การไหลปั่นป่วน ประสิทธิภาพ

Abstract

This research aims to studies and analyzes the efficiency of steam generators and turbulent flow heat exchangers which design, installing and collecting the data obtained from the experiment, to calculate the water temperature proportion of water consumption, efficiency and fuel costs and compare between the values before and after installation. The results showed that the average water inlet temperature is 33.38 ^{o}C. the water temperature before and after the installation is 382.73 liter and 391.00 liter per NGV volume of 1 MMBTU. The cost before and after installation is 0.805 baht and 0.788 baht per 1 liter of water. Showed that efficiency increased 2.16 %, feed water temperature increased 81.57 % and fuel costs decreased 2.11 % or 1,648,741.5 baht per year.

Keywords: Heat exchanger, Turbulent flow, Efficiency

บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มีการแข่งขันทางด้านการผลิต และการตลาดสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเพื่อตอบสนองนโยบายของบริษัทในด้านการใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน และลดต้นทุนการผลิต จึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) ซึ่งเป็นเครื่องผลิตไอน้ำที่ใช้พลังงานในการเผาไหม้สูง จากการสำรวจ และศึกษาข้อมูลจึงได้พบว่าไอน้ำที่ถูกจ่ายออกไปใช้งานจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ เมื่อผ่านการใช้งานแล้วยังมีไอน้ำบางส่วนได้ถูกปล่อยทิ้งออกสู่ชั้นบรรยากาศโดยเปล่าประโยชน์ จึงมีแนวคิดที่จะนำไอน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรราคาแพงที่ถูกปล่อยทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตไอน้ำ และลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ และอันตรายจากความร้อนที่ต้องปล่อยไอน้ำทิ้งที่บริเวณด้านหลังห้องเครื่องกำเนิดไอน้ำ อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาสภาวะโลกร้อน เนื่องจากการผลิตไอน้ำโดยการใช้พลังงานก๊าซเอ็นจีวีเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้อย่างสิ้นเปลือง เพราะกระบวนการเผาไหม้ก๊าซเอ็นจีวี (Natural Gas Vehicles) ในปริมาณมาก จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และเพื่อให้เกิดการปรับปรุง และพัฒนาเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำให้ดียิ่งขึ้น

ระเบียบการวิจัย

วัตถุประสงค์

เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนพร้อมทั้งยังช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตไอน้ำ โดยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนเครื่องกำเนิดไอน้ำผ่านระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน

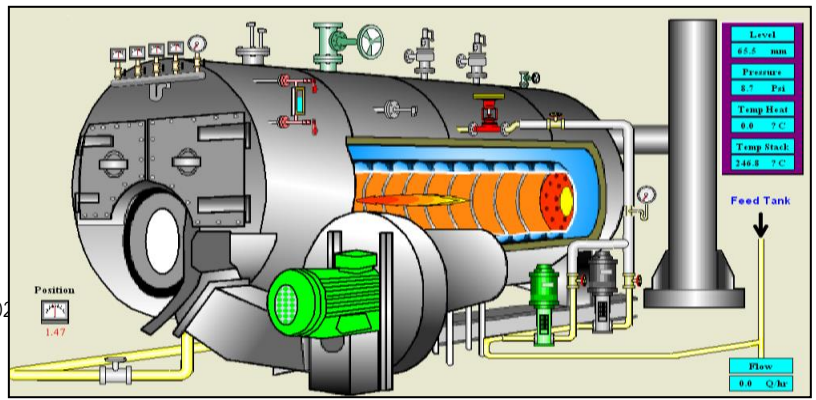
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถหาประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนได้และยังช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตไอน้ำ โดยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนเครื่องกำเนิดไอน้ำผ่านระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนได้

กรอบแนวคิด

การผลิตไอน้ำ หรือน้ำร้อนจากหม้อต้มน้ำไปใช้งาน นับว่าเป็นเทคโนโลยีที่เก่าแก่ที่ใช้กันอยู่ และเป็นความพยายามที่จะพัฒนาเทคโนโลยีให้ทันสมัยมากขึ้น ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในการผลิตไอน้ำ หรือน้ำร้อนจะเป็นการพัฒนาหม้อต้มน้ำที่มีอยู่เดิม สิ่งแรกที่พัฒนา คือ เรื่องของการควบคุม ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่ประสบความสำเร็จ อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของราคาเชื้อเพลิงจากฟอสซิล (Fossil Fuels) และการออกกฎหมายเพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse Gases) โดยการออกแบบ และควบคุมการปฏิบัติงานของหม้อไอน้ำ และระบบต่างๆ ของหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนใหญ่การพัฒนาเทคโนโลยีของหม้อต้มน้ำจะเป็นการพัฒนาการควบคุม และการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ (Heat Recovery) ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีเหล่านี้จะไม่ใช่เรื่องใหม่ก็ตาม แต่ก็ได้รับการพิสูจน์มาแล้วว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า

การทำงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำ บอยเลอร์ (Boiler) หรือ หม้อไอน้ำ หมายถึง เครื่องกำเนิดไอน้ำชนิดภาชนะปิดดังภาพประกอบ 1 ทำด้วยเหล็กกล้าหรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน ซึ่งได้รับการออกแบบและสร้างอย่างแข็งแรงถูกต้องตามหลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม ภายในภาชนะบรรจุน้ำและไอน้ำ



ภาพที่ 1 เครื่องกำเนิดไอน้ำ
ที่มา : http://www.pcpandit.com

การนำไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Condensate Return System) ความสำคัญของการนำไอน้ำควบแน่นกลับมาใช้ใหม่ (The Importance of Condensate Recovery) ไอน้ำที่ควบแน่นหลังจากที่มีการถ่ายเทความร้อนแฝงไปสู่กระบวนการผลิต ปริมาณความร้อนของไอน้ำที่ควบแน่นนี้มีปริมาณ 20 % ของปริมาณความร้อนเดิมที่เกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อเพลิง จึงเป็นความสิ้นเปลืองหากมีการทิ้งส่วนนี้ไป ไอน้ำที่ควบแน่นควรนำไปผ่านให้ความร้อนกับขบวนการผลิตอื่นๆ ที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่าในระบบไอน้ำ ไอน้ำที่ควบแน่นที่ไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีในขบวนการผลิต เมื่อผ่านการทำความสะอาดเพียงเล็กน้อยและปรับความเป็นกรด - ด่างนำกลับเข้าระบบป้อน จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมน้ำป้อน และลดการปล่อยน้ำที่ระบายทิ้ง ปริมาณความร้อนในน้ำที่ระบายทิ้งประมาณ 20 % จะไปลดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบไอน้ำลงมาก

การประหยัดโดยการนำเอาไอน้ำควบแน่นกลับมาใช้ใหม่ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

1. ต้องทราบปริมาณไอน้ำควบแน่นที่นำกลับมาใช้ต่อชั่วโมงพร้อมๆกับอุณหภูมิ
2. คำนวณปริมาณความร้อนของไอน้ำควบแน่นที่ได้นำกลับมาใช้ โดย

$$Q = W \times 4.2 \times (T_h - T_a)\ kJ/hr \quad (1)$$

โดยที่ W = อัตราการไหลของไอน้ำที่ควบแน่น/ชั่วโมง (kg/hr)
T_h = อุณหภูมิของไอน้ำควบแน่น (°C)
T_a = อุณหภูมิของน้ำป้อนที่เติมเข้าไป (°C)

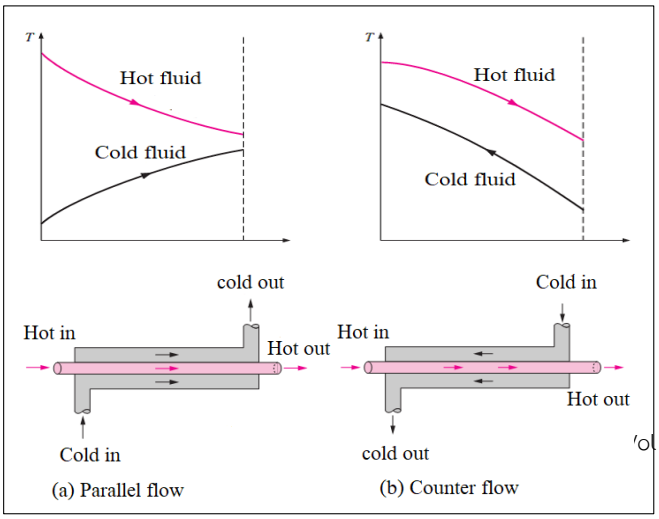
3. จำนวนเงินที่ประหยัดได้สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$S = (Q \times N \times FC) / (BE \times GCA \times 10) \quad (2)$$

โดยที่ Q = ปริมาณของความร้อนที่ประหยัดได้ (kJ/hr)
N = ชั่วโมงการปฏิบัติการตลอดทั้งปี
Be = ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (%)
GCV = ค่าความร้อนรวมของเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย (kJ/kg)
FC = ต้นทุนเชื้อเพลิง (ib/Ton)
S = การประหยัดที่ได้ (ปอนด์/ปี)

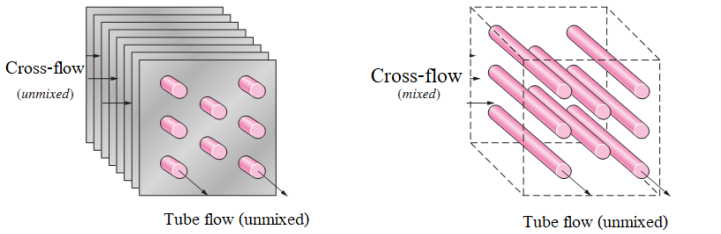
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีหลายแบบการจำแนกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอาจทำได้โดยอาศัยทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นหลัก โดยทั่วไปแล้วจำแนกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Concentric Tube or Double Pipe) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้อาจอยู่ในลักษณะที่ท่อสองท่อสวมเข้าด้วยกันดังภาพที่ 2 ส่วนการไหลของของไหล อาจไหลสวนทางกัน เรียกว่า Counter Flow หรือไหลขนานกัน เรียกว่า Parallel Flow



ภาพที่2 ลักษณะการไหลที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ ท่อสองชั้น (Double - Pipe Heat Exchange)
ที่มา: http://www.completesengineering.com

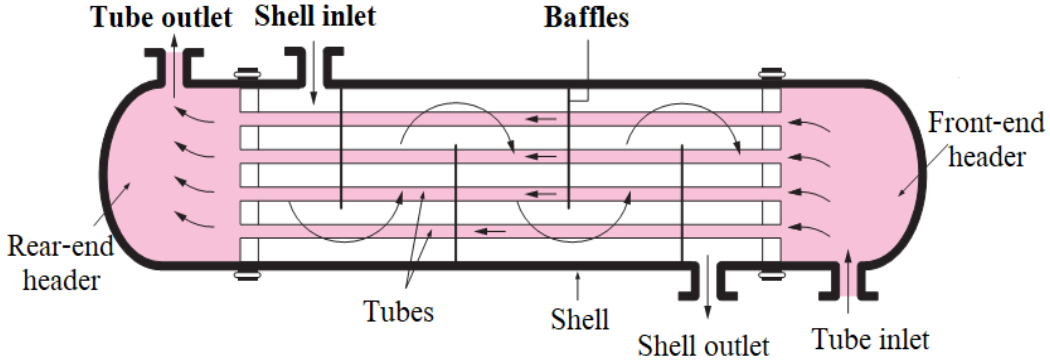
2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกัน (Cross Flow) ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้ ของไหลจะไหลในทิศทางตั้งฉากกัน ดังภาพที่ 3 การสร้างนั้นอาจให้อยู่ในลักษณะของไหลเที่ยวเดียว (Single Pass) หรือ ไหลสองเที่ยว (Double Pass) หรือมากกว่าก็ได้



(a) Both Fluids Unmised (b) One Fluid Mixed, One Fluid Unmixed

ภาพที่ 3 การไหลที่แตกต่างกันใน Cross Flow Heat Exchangers
ที่มา: http://www.completesengineering.com

3. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ (Shell and Tube) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ของไหลอย่างหนึ่งจะอยู่ในเชลล์ และอีกอย่างหนึ่งจะอยู่ในท่อ ดังภาพที่ 4 สำหรับการไหลนั้นจะอยู่ในลักษณะไหลสวนทาง หรือไหลขนานก็ได้ หรือทั้งสองอย่างในเครื่องเดียวกันก็ได้นอกจากนี้อาจออกแบบให้ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกับท่อก็ได้



ภาพที่ 4 Shell and Tube Heat Exchangers 1 Shall Pass and 1 Tube Pass (1 - 1 Exchanger)
ที่มา: http://www.completesengineering.com

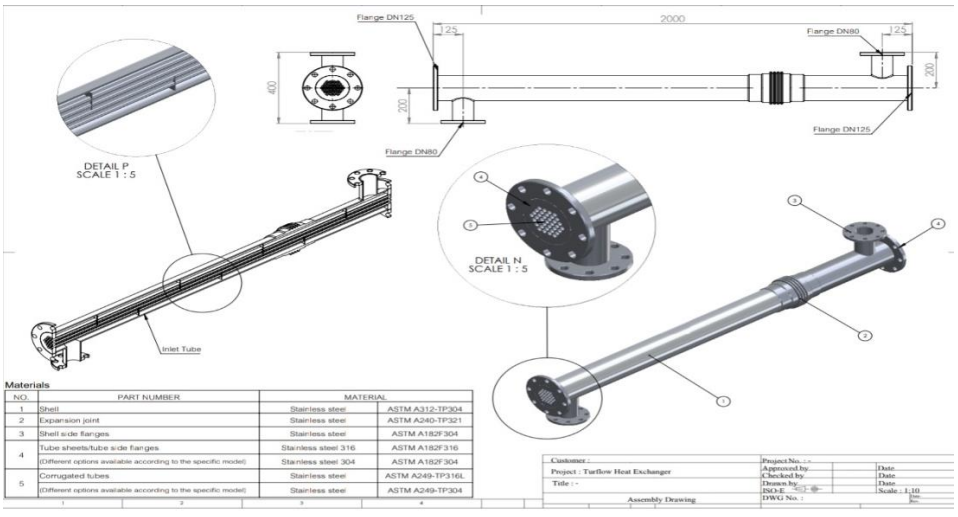
นอกจากนี้ยังมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดการไหลแบบปั่นป่วน ที่มีการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยเทคนิคแบบพาสซีพ (Passive Technique) ดังภาพที่ 6 ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้การปรับปรุงพื้นผิว หรือโครงสร้างของช่องทางการไหลด้วยการสอดใส่หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ตัวอย่างเช่นการสอดใส่อุปกรณ์พิเศษอุปกรณ์ทำให้การไหลหมุนควง (Swirl Flow) และการทำให้พื้นผิวมีความขรุขระแผ่นใบบิด (Twisted Tape) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการไหลหมุนวนที่ถูกนำมาใช้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมากที่สุดเนื่องจากสามารถเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนได้ดี และมีราคาถูก

ภาพที่ 6 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน
ที่มา: http://www.spiraxsarco.com

วิธีดำเนินการวิจัย

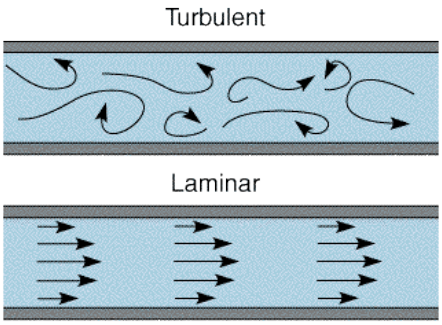
ในการศึกษาและทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนเพื่อวิเคราะห์และหาประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนและทำการเปรียบเทียบต้นทุนด้านพลังงานระหว่างไม่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดการไหลแบบปั่นป่วนโดยมีขั้นตอนดำเนินการดังต่อไปนี้

ขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน (Turflow heat Exchanger) มีขนาดความกว้าง 1 m ยาว 2 m และสูง 1 m ขนาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน 5 in ดังภาพที่ 7



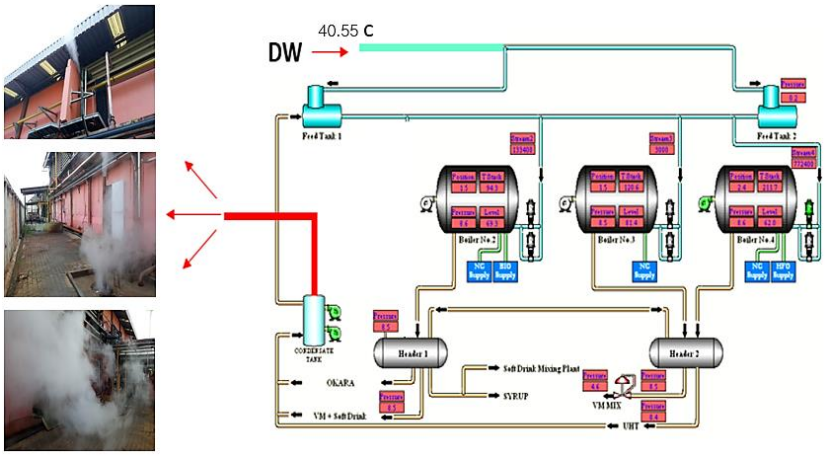
ภาพที่ 7 ขนาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดการไหลแบบปั่นป่วน

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดการไหลแบบปั่นป่วน วัสดุที่ใช้ทั้งหมดเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม ลักษณะการถ่ายเทความร้อนการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) มีความเร็วสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ของไหลไหลผ่านมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของไหลที่ไหลภายในท่อ รูปแบบการไหลของของไหลมีทิศทางและความเร็วที่ไม่แน่นอน และมีการผสมกันระหว่างชั้นของไหลในขณะเคลื่อนที่



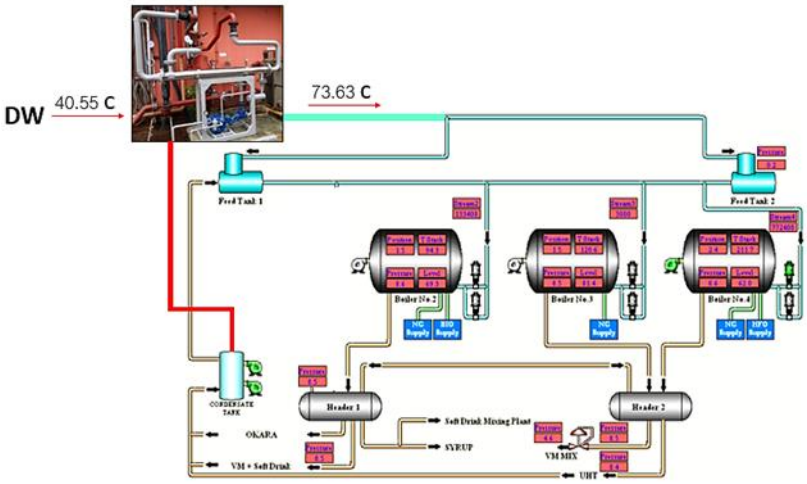
ภาพที่ 8 การถ่ายเทความร้อนการไหลแบบปั่นป่วนและการไหลทั่วไป ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com

ภาพที่ 8 แสดงการไหลในท่อมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งการไหลแบบนี้จะทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนของสารทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพมากกว่าการไหลไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพที่ 9 วงจรการทำงานก่อนการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ภาพประกอบ 9 เป็นระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ปล่อยไอน้ำไม่ได้ใช้งานทิ้งโดยไม่เกิดประโยชน์ ก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดการไหลแบบปั่นป่วน



ภาพที่ 10 วงจรการทำงานหลังการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ภาพที่ 10 ไอน้ำที่ถูกปล่อยทิ้งนำกลับเข้ามาใช้งานใหม่โดยการผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดการไหลแบบปั่นป่วน เพื่อทำให้อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

วิธีการวัดผล ด้วยการวิเคราะห์ การถ่ายโอนความร้อนของเครื่องนี้ โดยวัดอุณหภูมิและแรงดันของไอน้ำผลการถ่ายเทความร้อนและค่าประสิทธิภาพของเครื่อง

ภาพที่ 11 ทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน

ภาพที่ 11 การจัดเตรียมอุปกรณ์ในการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนนำท่อที่มีขนาดความกว้าง 1 m ยาว 2 m และสูง 1 m ขนาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน 5 in มาทำการติดตั้งที่บริเวณที่ปล่อยไอน้ำทิ้ง

ภาพที่ 12 ทำการติดตั้งที่โรงงานและใช้งานจริง

ภาพที่ 12 เมื่อติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดการไหลแบบปั่นป่วนเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 2 hr และบันทึกผลการทดลองลงในตาราง

สถิติที่ใช้ในการทำวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองและการคำนวณทางทฤษฎี

สรุปผลการวิจัย

การคำนวณเปรียบเทียบก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งเครื่องเปรียบเทียบอุณหภูมิ อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน 40.55 ℃ อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน 73.63 ℃

ดังนั้น อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 73.63 - 40. 55 = 33.08 ℃

$$\frac{(76.63-40.55)}{40.55}\times 100 = 81.58\%$$

เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้น้ำ (L) / ก๊าซ NGV (1 MMBTU = 1,000,000 Btu) และค่าความชื้น = 0.97 ก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน = 382.73 L/1 MMBTU ก๊าซ NGV หลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน = 391 L/1 MMBTU ก๊าซ NGV

ดังนั้น ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น 391 – 382.73 = 8.27 L/1 MMBTU

$$\frac{(391-382.73)}{382.73}\times 100\% = 2.16\%$$

ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นรวม 8,218 m^3 / 30 วัน

$$\frac{8218}{30} = 273.93\ m^3/\text{วัน} = 273.93 \times 1{,}000\ L \times 0.97 = 265{,}712\ L/\text{วัน}$$

ราคาก๊าซ NGV = 308.37 บาท/ 1 MMBTU (ราคาอ้างอิง ณ วันที่ 14 ต.ค. 63)

เปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ ราคาก๊าซ NGV 1 MMBTU / จำนวนน้ำที่ใช้ (L) ก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน = 308.37 บาท/383 L = 0.805 บาท/L หลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน = 308.37 บาท/391 L = 0.788 บาท/L

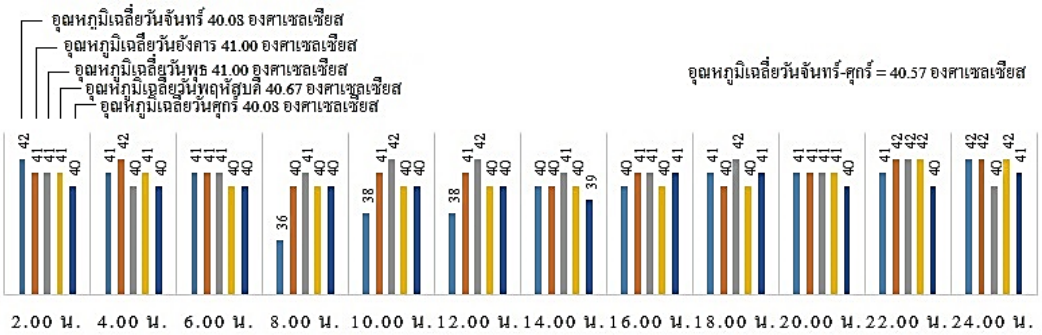
ดังนั้น สามารถลดต้นทุนก๊าซ NGV ได้ 0.805 - 0.788 = 0.017 บาท / น้ำ 1 L

$$\frac{(0.805-0.788)}{0.805}\times 100 = 2.11\ \%$$

1 วันลดต้นทุนก๊าซ NGV ได้	0.017 × 265,712	= 4,517.10	บาท
1 เดือนลดต้นทุนก๊าซ NGV ได้	4517.10 × 30 วัน	= 135,513	บาท
1 ปีลดต้นทุนก๊าซ NGV ได้	4517.10 × 365 วัน	= 1,648,741.5	บาท

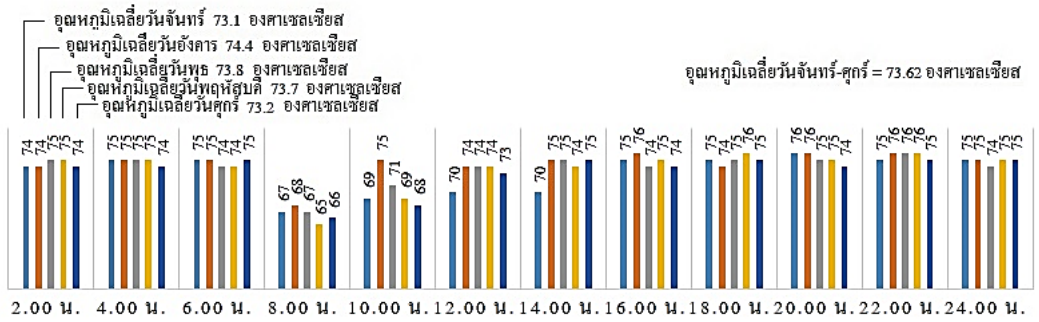
การทดลองโดยการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนซึ่งใช้วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม โดยการเปรียบเทียบก่อนการติดตั้ง และหลังการติดตั้งเครื่องนี้ร่วมกับเครื่องกำเนิดไอน้ำ ขนาด 14 ton ขนาดและวัสดุองค์ประกอบอื่นๆ ในระบบมีขนาดเท่าๆ กัน ลักษณะการใช้งานจริงแล้วเก็บผลข้อมูล อุณหภูมิน้ำป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำ อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าและหลังออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน และปริมาณการการใช้พลังงานก๊าซ NGV ทุกๆ 2 ชั่วโมง

ผลการทดลองประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไอน้ำและระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนดังภาพที่ 13 แสดงให้เห็นอุณหภูมิน้ำออกก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน



ภาพที่ 13 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำ ระหว่าง 13 - 17 พ.ค. 63

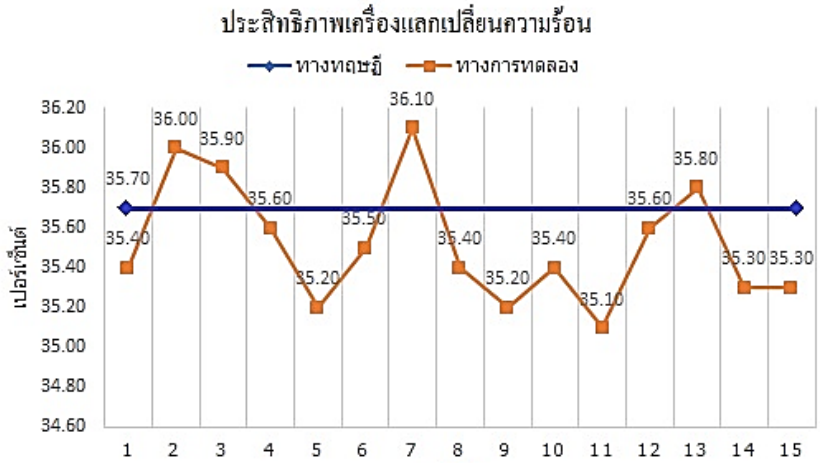
ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องแลกแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนดังภาพที่ 14 แสดงให้เห็นอุณหภูมิน้ำออกหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน



ภาพที่ 14 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำ ระหว่าง 14 - 18 ต.ค. 63

ภาพที่ 15 กราฟแสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำก่อนและหลังการติดตั้ง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน

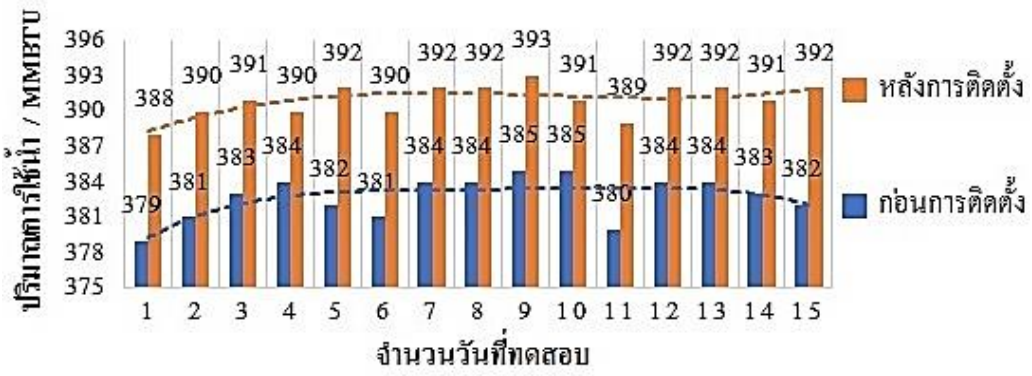
จากภาพที่ 15 อุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำ ขนาด 14 ตัน เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน ระยะเวลา 15 วันทำการ พบว่าอุณหภูมิน้ำที่เข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำ ก่อนการติดตั้งอุณหภูมิต่ำสุด 39.8 ℃ อุณหภูมิสูงสุด 41.2 ℃ อุณหภูมิเฉลี่ย 40.6 ℃ ส่วนหลังการติดตั้งนั้นอุณหภูมิต่ำสุด 73.1 ℃ อุณหภูมิสูงสุด 74.4 ℃ อุณหภูมิเฉลี่ย 73.98 ℃ จากข้อมูลดังกล่าวประสิทธิภาพของเครื่องนั้นทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 33.38 ℃



ภาพที่ 16 กราฟแสดงเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนทางทฤษฎีและทางการทดลอง

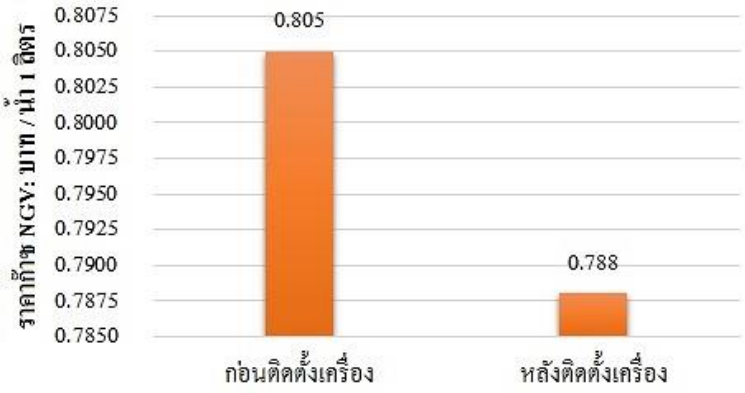
จากภาพที่ 16 ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง ระยะเวลา 15 วัน พบว่า ประสิทธิภาพทางทฤษฎี 35.70 % และหลังการทดลองประสิทธิภาพเฉลี่ย 35.52 % คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่าง 0.18 %

ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.) ต่อก๊าซ NGV 1 MMBTU หลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน



ภาพที่ 17 กราฟแสดงปริมาณน้ำ/ก๊าซ NGV ก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน

จากกราฟปริมาณน้ำที่ใช้ในการป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาด 14 ton เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน ระยะเวลา 15 วันทำการ พบว่าปริมาณน้ำที่เข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำต่อปริมาณก๊าซ NGV 1 MMBTU ก่อนการติดตั้งปริมาณน้ำต่ำสุดต่อวันเท่ากับ 379 liter สูงสุด 385 liter เฉลี่ย 382.73 liter ส่วนหลังการติดตั้งนั้นปริมาณน้ำต่ำสุดต่อวันเท่ากับ 388 liter สูงสุด 393 liter เฉลี่ย 391 liter จากข้อมูลดังกล่าวประสิทธิภาพของเครื่องนั้นทำให้ปริมาณน้ำที่ถูกเผาไหม้เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 8.27 liter



ภาพที่ 18 กราฟแสดงต้นทุนเชื้อเพลิงก๊าซ NGV /น้ำ 1 liter ก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน

จากภาพที่18 ต้นทุนเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ (ก๊าซ NGV) เครื่องกำเนิดไอน้ำขนาด 14 ton เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน ก่อนการติดตั้งราคา 0.805 บาทต่อน้ำ 1 L ส่วนหลังการติดตั้งราคา 0.788 บาทต่อน้ำ 1 L จากข้อมูลดังกล่าวประสิทธิภาพของเครื่องนั้นทำให้ต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องกำเนิดไอน้ำลดลง 0.017 บาท ต่อน้ำ 1 L

หมายเหตุ ราคาก๊าซ NGV = 308.37 บาท/ 1 MMBTU (ราคาอ้างอิง ณ วันที่ 14 ต.ค. 63)

สรุปผลการวิจัย

1. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาด 14 ton เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน พบว่าปริมาณน้ำที่เข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำต่อปริมาณก๊าซ NGV 1 MMBTU ก่อน

การติดตั้งปริมาณน้ำ เฉลี่ย 382.73 L / 1 MMBTU ส่วนหลังการติดตั้งนั้นปริมาณน้ำ เฉลี่ย 391 L / 1 MMBTU จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไอน้ำเพิ่มขึ้นและทำให้ปริมาณน้ำในการผลิตไอน้ำเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 8.27 L / 1 MMBTU

2. อุณหภูมิน้ำป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน มีค่าสูงกว่าก่อนการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน เฉลี่ย 33.08 ℃ และประสิทธิเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วนทางทฤษฎี 35.70 % หลังการทดลอง 35.52 % คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่าง 0.18 %

3. แสดงต้นทุนเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ (ก๊าซ NGV) เครื่องกำเนิดไอน้ำขนาด 14 ton เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน ก่อนการติดตั้งราคา 0.805 บาทต่อน้ำ 1 L ส่วนหลังการติดตั้งราคา 0.788 บาทต่อน้ำ 1 L จากข้อมูลดังกล่าวประสิทธิภาพของเครื่องนั้นทำให้ต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องกำเนิดไอน้ำลดลง 0.017 บาทต่อน้ำ 1 L

จากการเปรียบเทียบระหว่างก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลแบบปั่นป่วน สามารถลดต้นทุนเชื้อเพลิงก๊าซ NGV จากการใช้น้ำตลอดทั้งปี 96,984,794.12 L ได้ 1,648,741.5 บาท ต่อปี

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไอน้ำ และระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน และเพื่อลดต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตไอน้ำ โดยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนเครื่องกำเนิดไอน้ำผ่านระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลปั่นป่วน ผลที่ได้จาการทดลองสามารถสรุปได้ดังหัวข้อสรุปผลการวิจัย จากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการไหลแบบปั่นป่วน

ข้อเสนอแนะ

1. จัดเตรียมจัดหาข้อมูลให้ครบถ้วนและกระชับเวลาให้สั้นลง
2. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในวันหยุดต่อเนื่องที่ไม่มีแผนผลิต
3. เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แล้วเสร็จต้องทำการทดลองใช้งานอุปกรณ์ทันทีเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาขณะใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

บริษัท เอ็น เอส อาร์ เซ็นเตอร์ จำกัด. (18 สิงหาคม 2562). *หม้อไอน้ำ* [Online]. แหล่งที่มา: http://www.boilerthailand.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=557855&Ntype=1

วสันต์ จันทร์หยวก. (18 สิงหาคม 2562). *เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน* [Online]. แหล่งที่มา:http://eng.sut.ac.th/me/2014/laboratory/document/HeatExchanger.pdf

สุทิน พลบูรณ์. “ทบทวนการถ่ายเทความร้อนช่วงการไหลแบบปั่นป่วนในท่อกลมด้วยแผ่นใบบิด,” *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 12, ฉบับที่ 1, (92 - 108), 2559.

สันติภาพ ประพันธ์, “การประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน รีไซเคิล จากปล่องไอเสียในกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนการใช้พลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG,” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558.