การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย กรณีศึกษา สายการผลิตกุ้งแช่แข็ง

Design and Development of Heat Exchanger for Treated Tank Water and Cool Waste Water : The Case Study of The Frozen Shrimp Production Line

อรุณ เทพพันธุ์

Aroon Theppant

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2559

การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย กรณีศึกษา สายการผลิตกุ้งแช่แข็ง

Design and Development of Heat Exchanger for Treated Tank Water and Cool Waste Water : The Case Study of The Frozen Shrimp Production Line

อรุณ เทพพันธุ์

Aroon Theppant

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย กรณีศึกษา สายการผลิตกุ้งแช่แข็ง

ชื่อ นามสกุล อรุณ เทพพันธุ์

ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล

2. ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ มีนคร)

.....กรรมการ

(ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ)

.....กรรมการและที่ปรึกษา

(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย กรณีศึกษา สายการผลิตกุ้งแช่แข็ง
ชื่อ นามสกุล อรุณ เทพพันธุ์
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาและคณะ วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ นำน้ำเสียที่มีอุณหภูมิความเย็น 12-20 ºC นำมาแลกเปลี่ยนกับอุณหภูมิของน้ำดี 29ºC ทำให้น้ำดีหลังจากผ่านเครื่อง heat exchanger แล้วอุณหภูมิลดลงเหลือ 19˚C ก่อนที่ถูกส่งเข้าไปยังเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อลดอุณหภูมิลงไปที่ 15 ˚C ส่งเข้าไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้ลดการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นลง แต่เนื่องจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในปัจจุบันแบบ Plate Heat Exchanger มีปัญหาในเรื่อง การอุดตันของเศษเนื้อเยื่อกุ้งง่าย และล้างทำความสะอาดยาก ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการวิจัยออกแบบพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้นมาใหม่ แบบ Shell and tube ทรงเหลี่ยมมีฝาปิดเปิด มีแผ่นกั้นบังคับทิศทางการไหลของน้ำเสีย โดยให้ผ่านด้านล่างและด้านบนของแต่ละแผ่น สลับกันไป ส่วนน้ำดี กำหนดให้ไหลอยู่ในท่อสแตนเลส ที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ยาว 6 เมตร ทั้งหมด 6 ชุด ระยะห่างแต่ละชุด 5 เซ็นติเมตร เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเสียที่ไหลผ่านด้านนอกของท่อ

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิของน้ำดี เท่ากับ 19˚C ซึ่งประหยัดค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นประมาณปีละ 886,485 บาท และสามารถล้างทำความสะอาดง่ายขึ้น โดยไม่ต้องมีการถอดชิ้นส่วนของอุปกรณ์ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

คำสำคัญ: Heat exchanger แบบ Shell and tube, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย

Independent Study Title Design and Development of Heat Exchanger for Treated Tank Water and Cool Waste Water : The Case Study of The Frozen Shrimp Production Line
Author Aroon Theppant
Degree Master of Engineering
Major Program Sustainable Industrial Management Engineering (Graduate School)
Academic Year 2017

ABSTRACT

The research objective is to utilize the waste water at 12°C to 20°C in exchange with the process water at the temperature of 29°C. After entering the heat exchanger, the process water will have the reduced temperature of 19°C and then will be delivered to the cooler so the temperature of the process water will further be reduced to 15°C to involve in the production process. Consequently, the cooler's energy use is lower. Since the common coolers used in these days have problems about the clogged system caused by shrimp residue, the cleanup of the system is difficult and the maintenance cost is high. With this problem, the research and development of the new heat exchanger is carried out, resulting to the Shell and Tube Heat Exchanger type with the angled lid and the waste water flow control pads allowing the water alternatingly running through the lower part and upper part of each pad. The process water will flow in the 6 sets of the stainless tubes with 2 mm. thickness, ½ inch diameter and 6 meter length. The space between the set is 5 centimeters for exchanging heat with the waste water flowing outside the tubes.

The study conclusion is that the new heat exchanger can reduce the temperature of the process water to 19°C so it can save the electricity cost of the cooler for 886,485 baht per year and make the cleanup easier without taking off the equipment parts, thus lowering the maintenance cost as well.

Keywords: Shell and Tube Heat Exchanger, Heat Exchanger for treated tank water and cool waste water.

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวชิรบุล อาจารย์ที่ปรึกษาหลักการค้นคว้าอิสระ และ ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาโดยตลอด

ขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มีนคร และดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล ที่สละเวลามาเป็นประธานและกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอบพระคุณ ขอบพระคุณ บริษัท เมย์โอฟู้ดส์ จำกัด ในความร่วมมือ ของผู้บริหาร วิศวกร และพนักงานทุกท่าน ทำให้งานวิจัยบรรลุผลสำเร็จ และเกิดประโยชน์สูงสุดกับบริษัท

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

อรุณ เทพพันธุ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	5
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น	5
1.5 สมมติฐาน	5
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	5
1.7 นิยามศัพท์	5
1.8 คำสำคัญ	5
1.9 ระยะเวลาดำเนินการ	6
บทที่ 2 การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม	7
2.1 การศึกษาอุตสาหกรรม	7
2.2 การศึกษามูลค่าของอุตสาหกรรม	12
2.3 การทบทวนวรรณกรรม	19
2.4 การพัฒนาโอกาส	24
บทที่ 3 การออกแบบวิศวกรรมและการสร้างต้นแบบ	25
3.1 การกำหนดกรอบการออกแบบที่สำคัญ	25
3.2 การศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการดำเนินการ	26
3.3 ภาระหน้าที่	29
3.4 การออกแบบหลักการทำงานที่สำคัญ	29
3.5 กระบวนการออกแบบต้นแบบ	31
บทที่ 4 กระบวนการทดสอบต้นแบบ	32
4.1 เครื่องมือในการทดสอบต้นแบบ	32
4.2 การทดสอบต้นแบบ	40
4.3 ผลการทดสอบต้นแบบ	41
บทที่ 5 ผลการวิจัย	46
5.1 ผลทดสอบการใช้งานของต้นแบบ	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 อภิปรายผล	49
6.1 ด้านการส่งมอบที่สมบูรณ์	49
6.2 ด้านประสิทธิภาพ	49
6.3 ด้านลดต้นทุน	50
6.4 ด้านลดเวลา และพลังงาน	50
บทที่ 7 สรุปผล	51
7.1 ด้านการส่งมอบที่สมบูรณ์	51
7.2 ด้านประสิทธิภาพ	51
7.3 ด้านลดต้นทุน	52
7.4 ด้านลดเวลา และพลังงาน	52
บทที่ 8 แผนการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์	53
8.1 แนวคิดการดำเนินธุรกิจ	53
8.2 การวิเคราะห์ประมาณการรายได้	53
8.3 การวิเคราะห์ประมาณการต้นทุน	54
8.4 การวิเคราะห์ประมาณการกำไร	54
8.5 การวิเคราะห์ประมาณการระยะเวลาคืนทุน	55
8.6 สรุปผลการดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืน	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	57
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	65

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากลักษณะของ Plate Heat Exchanger 11

2.2 การเปรียบเทียบระหว่าง Plate Heat Exchanger กับ Shell and Tube Heat Exchanger 13

5.1 งบประมาณวิจัย และค่าใช้จ่ายในการลงทุน 48

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 น้ำเย็นที่มาจากน้ำแข็งที่ใช้แช่กุ้ง อุณหภูมิเฉลี่ย 5ºC จะถูกปล่อยทิ้งเป็นน้ำเสีย	2
1.2 น้ำเย็นที่ใช้ในการผลิตกุ้งแช่แข็ง อุณหภูมิเฉลี่ย 5-10ºC จะถูกปล่อยทิ้งเป็นน้ำเสีย	2
1.3 น้ำเสียอุณหภูมิ 10-15ºC ไหลออกจากไลน์ผลิตลงสู่บ่อพัก มีเศษเนื้อกุ้งติดมาด้วย	3
1.4 น้ำเสียจากบ่อพักถูกส่งไปยังบ่อบำบัด	3
1.5 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้อยู่แบบ Plate Heat Exchanger	4
1.6 การล้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Plate Heat Exchanger ที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการถอดล้างทำความสะอาด	5
1.7 กำหนดขั้นตอนการทำงาน ในระยะเวลา 12 สัปดาห์	7
2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) หรือ (PHE)	9
2.2 ลักษณะโครงสร้างของ PHE	10
2.3 ลักษณะของแผ่นสองรูปแบบ คือ แบบลายกระดาษซักผ้า และลายก้างปลา	11
2.4 ลักษณะของ Shell& Tube Heat Exchanger	12
2.5 สำนักงานของ ฮิซากะ เวิร์ค ในประเทศต่าง ๆ	14
2.6 การเติบโตของ ฮิซากะ เวิร์ค ในปี 1940-1970	15
2.7 การเติบโตของ ฮิซากะ เวิร์ค ในปี 1975-2014	16
2.8 ข้อมูลทางการเงินของ ฮิซากะ เวิร์ค ในปี 2012-2016	17
2.9 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบ Shell & Tube 3Q Brand	18
2.10 การพาความร้อนของการไหลในท่อ	20
2.11 สิทธิบัตรเลขที่ 3,258,068	23
2.12 สิทธิบัตรเลขที่ 3,397,741	24
3.1 ศึกษาอุณหภูมิของน้ำเสียที่ทิ้งออกจากไลน์การผลิต	26
3.2 ศึกษาอุณหภูมิของน้ำเสียที่ทิ้งออกจากไลน์การผลิต	26
3.2 ศึกษาแนวคิดการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell & tube	27
3.3 วัดอุณหภูมิน้ำดีก่อนต่อเข้าท่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน 29 องศาเซลเซียส	28
3.4 อุณหภูมิน้ำดีหลังจากไหลผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเสีย 19 องศาเซลเซียส	28
3.5 ร่างต้นแบบเพื่อทดสอบแนวคิด โดยใช้ท่อน้ำดีต่ออนุกรมกัน 4 เส้น	28
3.6 ร่างออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	30
3.7 ร่างออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ให้น้ำเสียมีการไหลจากบนลงล่าง	30
3.8 ออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน กำหนดระยะขนาดโดยละเอียด	31
3.10 ร่างแบบโดยใช้ AutoCAD การออกแบบให้มีแผ่นกั้น ห้องหนึ่งจะติดพื้น ห้องหนึ่งจะยกขึ้น สลับกันไป โดยต้องการให้การไหลของน้ำเสียจากด้านบนลงไปด้านล่าง สลับเป็นคลื่น	33
4.1 สั่งซื้อและดำเนินการผลิต	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.2 ทำการเชื่อมถังและท่อ	34
4.3 ประกอบติดตั้งระบบ ทำการทดสอบการไหลของน้ำ	35
4.4 ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จากรูปเป็นกล่องสี่เหลี่ยมสีดำ กรุฉนวนกันความร้อน	36
4.5 ท่อสีฟ้าที่ต่อกับกล่องสีดำ คือท่อน้ำเสียที่ไหลมาจากไลน์การผลิต มีน้ำอุณหภูมิต่ำ	37
4.6 ท่อน้ำดี ที่ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วจะเข้าไปสู่บ่อพักน้ำเย็น	37
4.7 บริเวณของเครื่องทำน้ำเย็น บ่อพักน้ำเย็น และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	38
4.8 ความดันในระบบเครื่องทำน้ำเย็น	38
4.9 เครื่องวัดอุณหภูมิของน้ำในระบบเครื่องทำน้ำเย็น	39
4.10 มิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำ	39
4.11 ทางระบายน้ำเสีย ในขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	40
4.12 ทดสอบการใช้งาน	41
4.13 วัดอุณหภูมิน้ำเสียจุดเริ่มต้นไหลเข้าเครื่อง heat exchanger	42
4.14 วัดอุณหภูมิน้ำเสียด้านขาออก เครื่อง heat exchanger	42
4.15 วัดอุณหภูมิน้ำดีก่อนเข้า เครื่อง heat exchanger	43
4.16 วัดอุณหภูมิน้ำดีที่วัดได้หลังผ่าน เครื่อง heat exchanger	43
4.17 การปรับปรุงระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	44
4.18 ขั้นตอนล้างทำความสะอาดทำได้ง่าย โดยใช้น้ำฉีดล้าง	44
4.19 ขั้นตอนล้างทำความสะอาดทำได้ง่าย โดยใช้น้ำฉีดล้างลงท่อระบายน้ำ	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

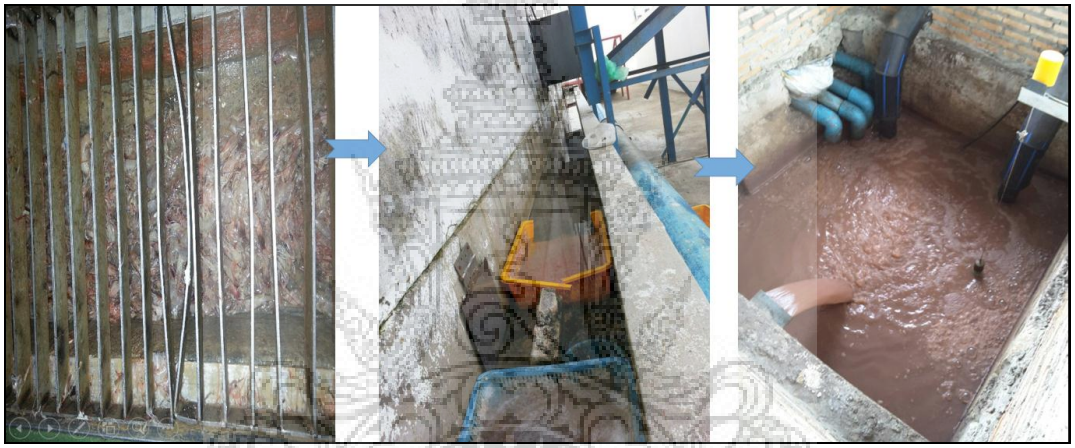
การหาแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพ โดยเน้นการประเมินสถานการณ์การใช้น้ำ และเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำ เพื่อให้การใช้ทรัพยากรน้ำของอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแช่แข็ง ที่มีส่วนในการสร้างความยั่งยืน และความสมดุลต่อทรัพยากรน้ำของประเทศไทย ควบคู่ไปกับการยกระดับคุณภาพของสินค้า ในอุตสาหกรรมอาหารไทย ให้สามารถแข่งขันและเป็นที่ยอมรับของตลาดโลก ที่เน้นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแช่แข็งมีการขยายตัวขึ้นตลอดเวลา มีโรงงานกระจายอยู่ตามจังหวัดติดชายฝั่งทะเล และที่อยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ ขบวนการผลิตกุ้งแช่แข็งมีขั้นตอนการผลิตที่จะมุ่งเน้นในเรื่อง ความสะอาด ถูกสุขลักษณะ และความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค จึงทำให้มีการใช้น้ำในการผลิตปริมาณมาก

เริ่มที่การรับวัตถุดิบ จากภาพ 1.1 การใช้น้ำแข็งแช่ตองวัตถุดิบ เพื่อรักษาสภาพของวัตถุดิบไม่ให้เกิดการเน่าเสีย หรือเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งน้ำเย็นที่มาจากน้ำแข็งที่ใช้แช่กุ้ง มีอุณหภูมิประมาณ 5°C ในส่วนของขั้นตอนการผลิต ภาพ 1.2 การใช้น้ำสะอาดที่ผ่านการกรองและผ่านเครื่องทำน้ำเย็น ควบคุมอุณหภูมิน้ำให้มีอุณหภูมิต่ำ 10-15°C ล้างทำความสะอาดวัตถุดิบ ทำให้เกิดน้ำเสียที่มีอุณหภูมิเย็น จากขั้นตอนการผลิตในแต่ละวันมีปริมาณมากด้วยเช่นกัน

ภาพ 1.1 น้ำเย็นที่มาจากน้ำแข็งที่ใช้แช่กุ้ง อุณหภูมิเฉลี่ย 5°C จะถูกปล่อยทิ้งเป็นน้ำเสีย

ภาพ 1.2 น้ำเย็นที่ใช้ในการผลิตกุ้งแช่แข็ง อุณหภูมิเฉลี่ย 5-10°C จะถูกปล่อยทิ้งเป็นน้ำเสีย



ภาพ 1.3 น้ำเสียอุณหภูมิ 10-15°C ไหลออกจากไลน์ผลิตลงสู่บ่อพัก มีเศษเนื้อกุ้งติดมาด้วย

ภาพ 1.4 น้ำเสียจากบ่อพักถูกส่งไปยังบ่อบำบัด มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 12-20°C

ซึ่งน้ำเสียที่ปล่อยทิ้ง จากภาพ 1.3 และ 1.4 มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 12-20ºC ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียต้องใช้ระยะเวลาในการบำบัดนานกว่าน้ำเสียที่มีอุณหภูมิปกติ จึงมีแนวคิดที่จะนำเอาน้ำเสียอุณหภูมิต่ำ มาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำดีที่ผ่านการกรองแล้ว เพื่อลดอุณหภูมิลงก่อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น ทำให้ลดภาระเครื่องทำน้ำเย็นลง ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย จึงได้ทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบ Plate Heat Exchanger มาใช้งาน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในโรงงานเป็นแบบแผ่น Plate Heat Exchanger ชนิดมีปะเก็น (Gasket Plate Heat Exchanger) คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ใช้สำหรับถ่ายโอนความร้อนจากของเหลวหนึ่งไปยังของเหลวอื่น การถ่ายโอนความร้อนนี้ จะเกิดขึ้นโดยผ่านส่วนพื้นที่หน้าตัด เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น จะประกอบด้วยชุดแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่เจาะรูกลวง และเมื่อต่อเป็นชุดเข้ากับรูกลวงที่ต่อเข้าด้วยกันจะเป็นช่องให้ของเหลวทั้งสองส่วนไหลผ่านได้ และแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าว จำนวนของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อน (kW) ยิ่งมีจำนวนของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนมากเท่าใด ยิ่งทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงขึ้นเท่านั้น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทนี้ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลวกับของเหลว แต่ก็สามารถที่จะใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับของเหลวกับก๊าซได้เช่นกัน

ภาพ 1.5 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้อยู่แบบ Plate Heat Exchanger

ภาพ 1.6 การล้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Plate Heat Exchanger ที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการถอดล้างทำความสะอาด

หลังจากนำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น Plate Heat Exchanger มาใช้งานแล้ว มีปัญหาในเรื่องการอุดตันของเศษเนื้อเยื่อกุ้งในแผ่น plate และแผ่นรั่วทะลุจากการกัดกร่อนของเคมีที่ปนมากับน้ำเสีย ล้างทำความสะอาดยาก ต้องใช้ช่างผู้ชำนาญในการถอดอุปกรณ์ และล้างทำความสะอาด ตามภาพ 1.5 และ ภาพ 1.6 ในการถอดล้างแต่ละครั้งทำให้ซีนยาง ขอบ ปะเก็น ชำรุดต้องเปลี่ยน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง

จากปัญหาดังกล่าวได้มีแนวคิดทำการวิจัย ออกแบบพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้นมาใหม่ แบบ Shell and tube ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถล้างทำความสะอาดง่าย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้มีประสิทธิภาพสูง ให้การไหลของน้ำเสีย ที่มีเศษเนื้อเยื่อของกุ้งปนมากับน้ำ สามารถผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนไปได้ โดยไม่อุดตันง่าย ทำให้มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดี และเป็นการช่วยลดการใช้ไฟฟ้าในระบบเครื่องทำความเย็น

1.2.2 ลดการซ่อมบำรุงรักษา สามารถดูแลล้างทำความสะอาดได้ง่าย

1.2.3 เพื่อให้เครื่องทำน้ำเย็นสามารถผลิตน้ำเย็นได้มากขึ้น ทำให้น้ำเย็นพอใช้ในกระบวนการผลิต

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย กรณีศึกษาสายการผลิตกุ้งแช่แข็ง มีทรงเหลี่ยมฝาปิดเปิดด้านบน เพื่อให้สามารล้างทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องมีการถอดชิ้นส่วนของอุปกรณ์

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 การนำน้ำเสียมาใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ต้องมีมาตรการป้องกันการรั่วของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อนระหว่างน้ำเสียไปยังน้ำดี โดยกำหนดให้ความดันในส่วนน้ำดีสูงกว่าส่วนน้ำเสีย เพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนจากน้ำเสีย กรณีเกิดการรั่วของอุปกรณ์ รวมถึงติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำดีที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1.4.2 ได้รับการยอมรับจากลูกค้า จากการนำน้ำเสียมาใช้ในลักษณะนี้

1.4.3 ประสิทธิภาพในการใช้งานขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำเสียและน้ำดี ที่ไหลเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันที่แตกต่างไป จะทำให้ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย

1.5 สมมติฐาน

1.5.1 หากอุณหภูมิน้ำดีลดลงจะทำให้การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นลดการทำงานลง ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดจนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำเย็นจะลดลงด้วย

1.5.2 การนำอุณหภูมิความเย็นที่ทิ้งไปกับน้ำเสียนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 การนำประโยชน์จากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ในรูปแบบพลังงาน

1.6.2 ช่วยให้เกิดแนวคิดกับช่างในองค์กรของบริษัทที่จะหาทางลดการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ

1.6.3 ทำให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

1.6.4 นำแนวคิดนี้ไปต่อยอดในการออกแบบกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ

1.7 นิยามศัพท์

Heat Exchanger หมายถึง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจากสิ่งหนึ่งไปอีกสิ่งหนึ่ง เช่นของเหลวไปของเหลว แต่ก็สามารถที่จะใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับของเหลวกับก๊าซได้เช่นกัน

1.8 คำสำคัญ

Heat Exchanger แบบ Shell and Tube, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย

1.9 ระยะเวลาดำเนินการ

ขั้นตอนการทำงาน \ ระยะเวลา	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 9	สัปดาห์ที่ 10	สัปดาห์ที่ 11	สัปดาห์ที่ 12
การเก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำดีและน้ำเสียในแต่ละวัน และช่วงเวลาใช้เวลา	↔											
การออกแบบ		↔										
ตรวจสอบรายละเอียดแบบและอุปกรณ์			↔									
เช็คราคาอุปกรณ์ และดำเนินการสั่งซื้อ				↔								
ทำการผลิตอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน					↔	↔	↔	↔	↔	↔		
ทำการติดตั้งและทดสอบ											↔	
ปรับตั้งและแก้ไข สรุปผลดำเนินงาน												↔

ภาพ 1.7 กำหนดขั้นตอนการทำงาน ในระยะเวลา 12 สัปดาห์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 2

การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม

2.1 การศึกษาอุตสาหกรรม

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) คือเครื่องมือที่ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อนของของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกัน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างมากในทางอุตสาหกรรมและเป็นเครื่องมือที่ใช้ในระบบต่าง ๆ ทางวิศวกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น ในอุตสาหกรรมน้ำมันจะใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในการทำให้น้ำมันดิบร้อนขึ้น หรือทำให้ไอที่ออกจากหอกลั่นเป็นของเหลว หรือใช้ลดอุณหภูมิของน้ำมันหรือก๊าซ หรือในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมปุ๋ย, เส้นใย, อาหารกระป๋องมีการนำเอาความร้อนมาเวียนใช้ใหม่ หรือแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเพิ่มหรือลดความร้อน (“เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน,” 2560)

ประเภทของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ไม่มีการสัมผัสโดยตรง (Noncontact heat exchanger หรือ indirect heat Exchanger)

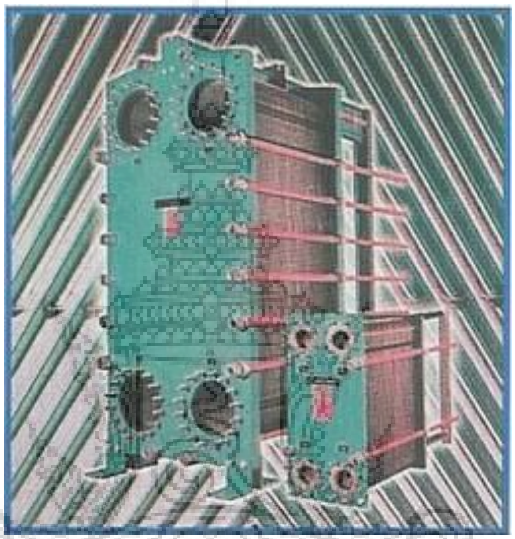
2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สัมผัสโดยตรง (Contact heat exchanger หรือ direct heat Exchanger)

ชนิดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น Plate Heat Exchanger คือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิในระบบการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน ในระบบการพาสเจอไรซ์อย่างต่อเนื่อง การทำให้เข้มข้น และระบบ ยู เอช ที

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ (Shell and tube) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ของไหลชนิดหนึ่งจะอยู่ในเชลล์และอีกชนิดหนึ่งจะอยู่ในท่อ สำหรับการไหลนั้นจะอยู่ในลักษณะไหลสวนทางหรือไหลขนานก็ได้ หรือทั้งสองอย่างในเครื่องเดียวกันก็ได้ นอกจากนี้อาจออกแบบให้ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกับท่อก็ได้

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) หรือ (PHE) ภาพ 2.1 ได้ถูกนักวิจัยชาวอังกฤษ ชื่อ Dr. Richard Seligman ประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ.1923 เป็นเครื่องแรกเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม ต่อมาในปี ค.ศ. 1930 ได้มีการนำแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมมาใช้ผลิตแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน และมีการพัฒนาความดันใช้งานเพิ่มขึ้นจากประมาณ 1 kg/cm^2 เพิ่มเป็น 20 kg /cm^2 จนกระทั่งปัจจุบันได้มีการพัฒนา PHE อย่างต่อเนื่อง อาทิ พัฒนารูปแบบใหม่ขึ้นมาเพื่อสามารถใช้งานได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560)



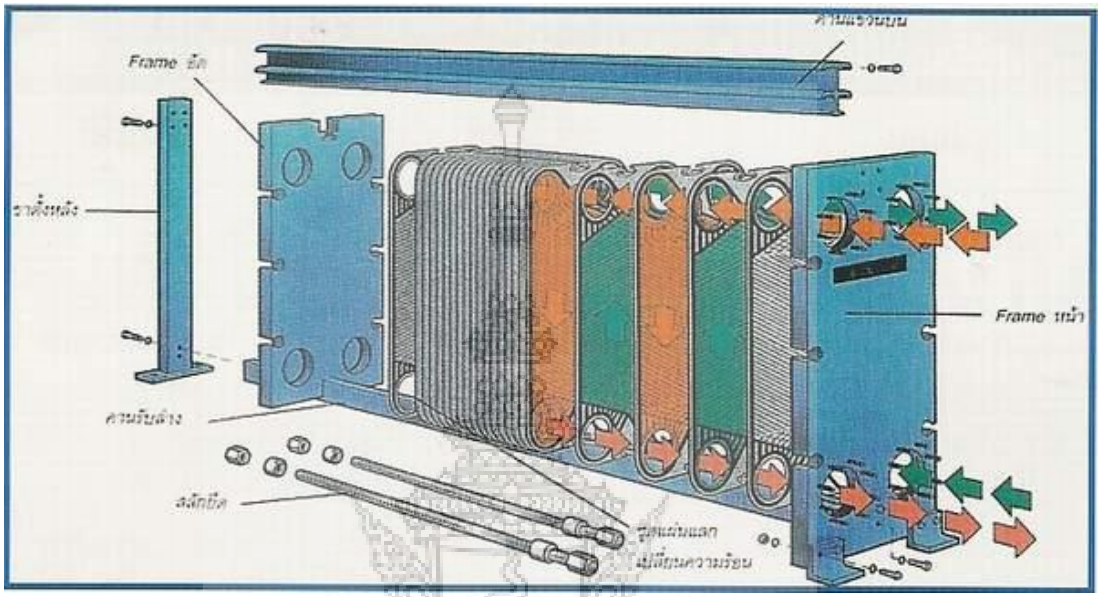
ภาพ 2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) หรือ (PHE)
ที่มา: เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ลักษณะโครงสร้างของ PHE

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ภาพ 2.2 ประกอบด้วยชุดแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน มีลักษณะเป็นลอนใช้เป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนของของไหลสองด้าน ชุดแผ่นนี้จะถูกประกอบอยู่ระหว่าง เฟรมหน้า และเฟรมอัด โดยมีชุดสลักยึดให้แน่นอีกที่หนึ่ง บนแผ่นโลหะนี้จะมีปะเก็นอยู่รอบแผ่น เพื่อป้องกันการรั่วออก และบังคับทิศทางการไหลของของไหล การกำหนดจำนวนแผ่นที่ใช้จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหล คุณสมบัติกายภาพของของไหล ความดันลดและอุณหภูมิเข้า-ออกที่ต้องการ โดยลักษณะที่แผ่นจะเป็นลอนซึ่งจะก่อให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนหรือพุ่งพล่านและทนความดันได้สูง

ชุดแผ่นและเฟรมอันแขวนอยู่บนคานแขวนบน และตั้งอยู่บนคานรับล่าง ซึ่งคานทั้งสองจะติดอยู่กับขาตั้งข้างหลัง โดยมีท่อเข้า-ออกอยู่บนเฟรมหน้า แต่อาจจะอยู่บนทั้งสองเฟรมก็ได้ ถ้ามีการจัดการไหลในชุดแผ่นมากกว่าหนึ่งรอบ

แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นนี้เป็นชิ้นส่วนสำคัญทำให้ PHE ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงานนั้น คือ ลักษณะที่เป็นลอนฟูกของแผ่น PHE จะก่อให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนและทนความดันได้สูง

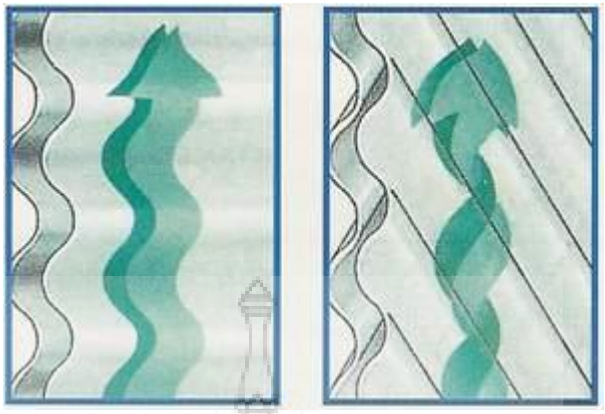


ภาพ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของ PHE
ที่มา: เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ปะเก็น ทำหน้าที่ซีลระหว่างแผ่น PHE และเป็นตัวกำหนดทิศทางการไหลของของไหลให้ไหลสลับกันระหว่างแผ่น นอกจากนี้บริเวณช่องว่างระหว่างปะเก็นที่แบ่งทิศทางการไหลก็จะมีปะเก็นที่มีรูระบายเพื่อป้องกันของไหลไหลปะปนกัน กรณีที่มีการรั่วไหล วัสดุที่ใช้ทำปะเก็นจะพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพของของไหล อุณหภูมิ และความดัน และจะต้องเป็นวัสดุพวกยืดหยุ่นได้

เฟรม จะประกอบด้วยเฟรมหน้าและเฟรมอัด ทำหน้าที่ประกอบชุดแผ่น PHE เข้าด้วยกันโดยมีคาดแขวนบนและคานรับล่างเป็นตัวประคองให้ประกอบกันเป็นชุด ความแข็งแรงของเฟรมเกิดจากการยึดเฟรมด้วยสลักยึด ดังนั้นจึงทำให้สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเมื่อมีการเพิ่มหรือลดขนาดความจุของ PHE เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือตรวจซ่อม และทำความสะอาด

ประโยชน์จากการใช้ Plate Heat Exchanger ตาราง 2.1 ได้ค่าถ่ายความร้อนมากขึ้น 5 เท่า ด้วยลักษณะของแผ่นมีสองรูปแบบ ภาพ 2.3 คือ แบบลายกระดาษซักผ้า ลักษณะนี้จะสร้างการไหลแบบปั่นป่วน โดยการเปลี่ยนทิศทางการไหลและความเร็ว ส่วนแผ่นลายก้างปลา เมื่อประกอบเข้าด้วยกัน จะมีจุสัมผัสของส่วนนูนทำให้เกิดการไหลแบบควงสว่านขึ้น ลักษณะทั้งสองรูปแบบ จะสร้างการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งจะขจัดการเกิดตะกรันได้



ภาพ 2.3 ลักษณะของแผ่นมีสองรูปแบบ คือ แบบลายกระดาษซักผ้า และ ลายก้างปลา
ที่มา: เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ตาราง 2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากลักษณะของ Plate Heat Exchanger

รูปแบบ	ประโยชน์	ผลที่ได้
ลักษณะของ PHE	ให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง และน้ำหนักเบา	ลดต้นทุน
โครงสร้างถอดเปลี่ยนได้	ปรับปรุงได้	ใช้ฐานรองรับขนาดเล็ก = ลดค่าก่อสร้าง
มี Frame หน้าตั้งอยู่กับที่ส่วน Frame อัดเลื่อนได้	ง่ายต่อการตรวจสอบแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน	ง่ายต่อการปรับให้ใช้งานได้หน่วยหน้าที่
มีจุดสัมผัสระหว่างแผ่นโลหะ	เกิดการสั่นน้อยที่สุด	ลดเวลาหยุดเครื่องจักร = ค่าใช้จ่ายในการซ่อมและการใช้งานต่ำลง

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิด Shell & Tube Heat Exchanger ภาพ 2.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ ของไหลอย่างหนึ่งจะอยู่ในเชลล์ และอีกอย่างหนึ่งจะอยู่ในท่อ ใช้ได้ทั้งการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลว-ของเหลว และก๊าซ-ก๊าซ สำหรับการไหลนั้นจะอยู่ในลักษณะไหลสวนทาง หรือไหลขนานก็ได้ หรือทั้งสองอย่างในเครื่องเดียวกันก็ได้ นอกจากนี้อาจออกแบบให้ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกับท่อก็ได้

ภาพ 2.4 ลักษณะของ Shell & Tube Heat Exchanger เป็นท่อขนาดใหญ่ สำหรับใช้แลกเปลี่ยนความร้อน

ที่มา: www.ienergyguru.com

ข้อดี
- ราคาต้นทุนต่ำ
- มีความทนทานในการใช้งาน
- pressure drop ต่ำ
- ตรวจหาการรั่วได้ง่าย

ข้อเสีย
- ขนาดใหญ่เทอะทะ
- การบำรุงรักษาหรือทำความสะอาดทำได้ยาก ต้องปิดเครื่องทั้งหมดเพื่อถอดชิ้นส่วนออกมา
- เพิ่มหรือลดขนาดไม่ได้ ขนาดเป็นไปตามที่เครื่องได้ถูกออกแบบมาแต่แรก

ตาราง 2.2 การเปรียบเทียบระหว่าง Plate Heat Exchanger กับ Shell and Tube Heat Exchanger

	Plate Heat Exchanger	**Shell and Tube Heat Exchanger**
อุณหภูมิข้ามกัน	ทำได้	ทำไม่ได้
ทำอุณหภูมิใกล้ที่สุด	10°C (20°F)	50°C (100°F)
ใช้งานได้หลายหน้าที่	ทำได้	ทำไม่ได้
การต่อท่อเข้า-ออก	ทิศทางเดียว (บนเฟรมหน้า)	หลายทิศทาง
อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนความร้อน	3 – 5	1
อัตราส่วนน้ำหนักขณะใช้งาน	1	3 - 10

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.2 การศึกษามูลค่าของอุตสาหกรรม

จากข้อมูลการใช้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในปัจจุบันเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในด้านให้ความร้อน ทำความเย็น และการนำความร้อนกลับมาใช้อีก จึงทำให้มูลค่าของอุตสาหกรรมมีขนาดใหญ่ และมีมูลค่าสูงเพราะสามารถครอบคลุมการทำงานในหลากหลายอุตสาหกรรม ดังเช่นแขนงงานดังต่อไปนี้

- อุตสาหกรรมเคมี
- อุตสาหกรรมกระดาษ
- อุตสาหกรรมเหล็ก
- อุตสาหกรรมอาหาร
- อุตสาหกรรมจักรกล
- ระบบปรับอากาศ (HVAC)
- อุตสาหกรรมน้ำมันก๊าด
- โรงไฟฟ้า (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560)

ศึกษาผู้ผลิตและผู้นำในอุตสาหกรรม ผู้ศึกษาได้ศึกษาตัวอย่าง บริษัท ฮิซากะ เวิร์ค ที่เป็นผู้ผลิตและผู้นำในอุตสาหกรรมในตลาดโลก และบริษัท 2PT จำกัดเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย

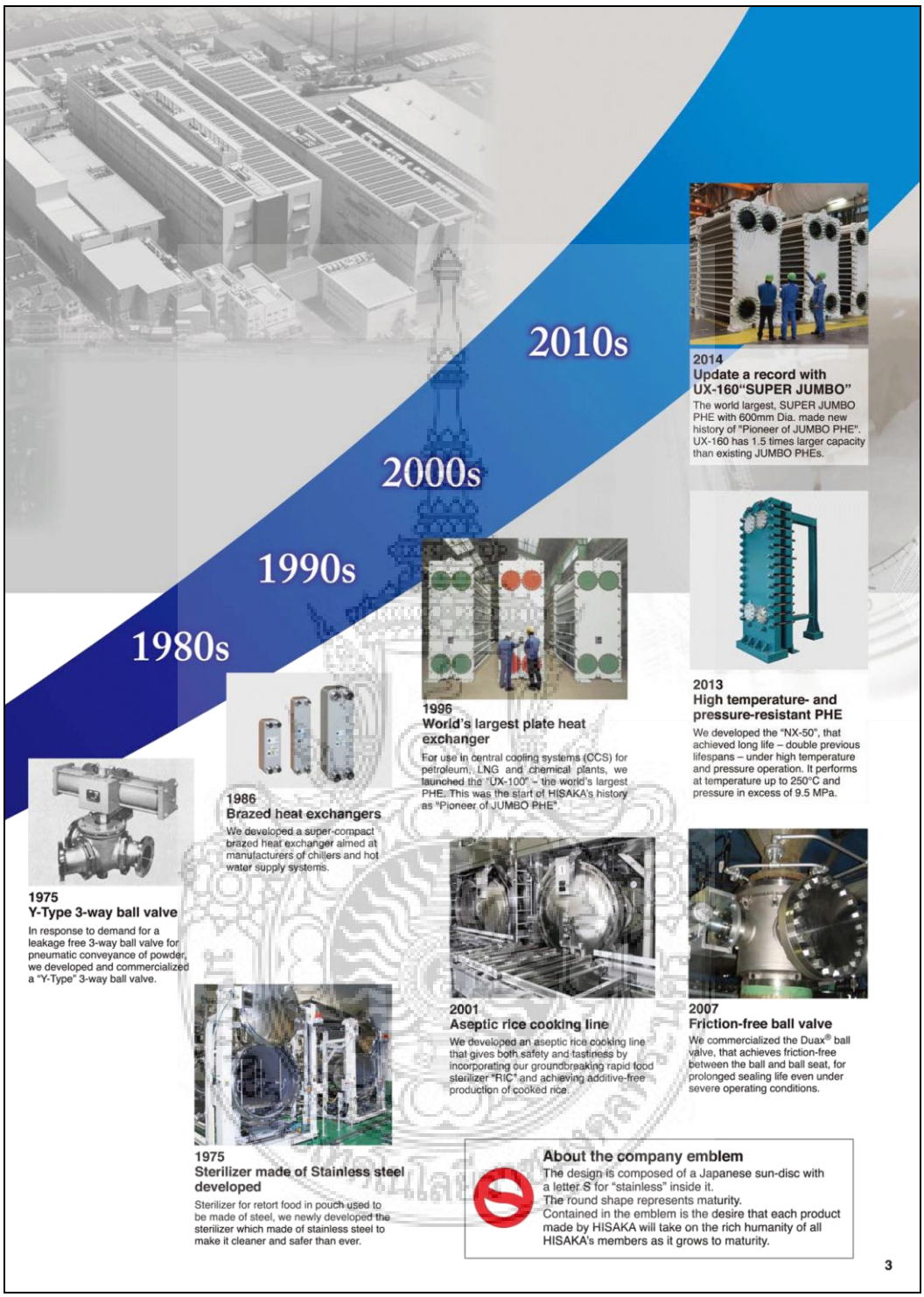
1. บริษัท ฮิซากะ เวิร์ค จำกัด ผู้ผลิตและจัดจำหน่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นชั้นนำระดับโลก ที่มีการใช้งานในหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิ อาหารและเครื่องดื่ม เคมีภัณฑ์ รถยนต์ เหล็ก อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน และยา ภาพ 2.5 บริษัท ฮิซากะ เวิร์ค จำกัด มีสาขาในต่างประเทศเป็นจำนวนมาก สำหรับในประเทศไทย มีสำนักงานในกรุงเทพฯ และมีโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด ระยอง

ภาพ 2.5 สำนักงานของ ฮิซากะ เวิร์ค ในประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศไทย, ประเทศซาอุดีอาระเบีย, ประเทศออสเตรเลีย ฯลฯ

ที่มา: Corporate Profile 2016 Version, Hisaka

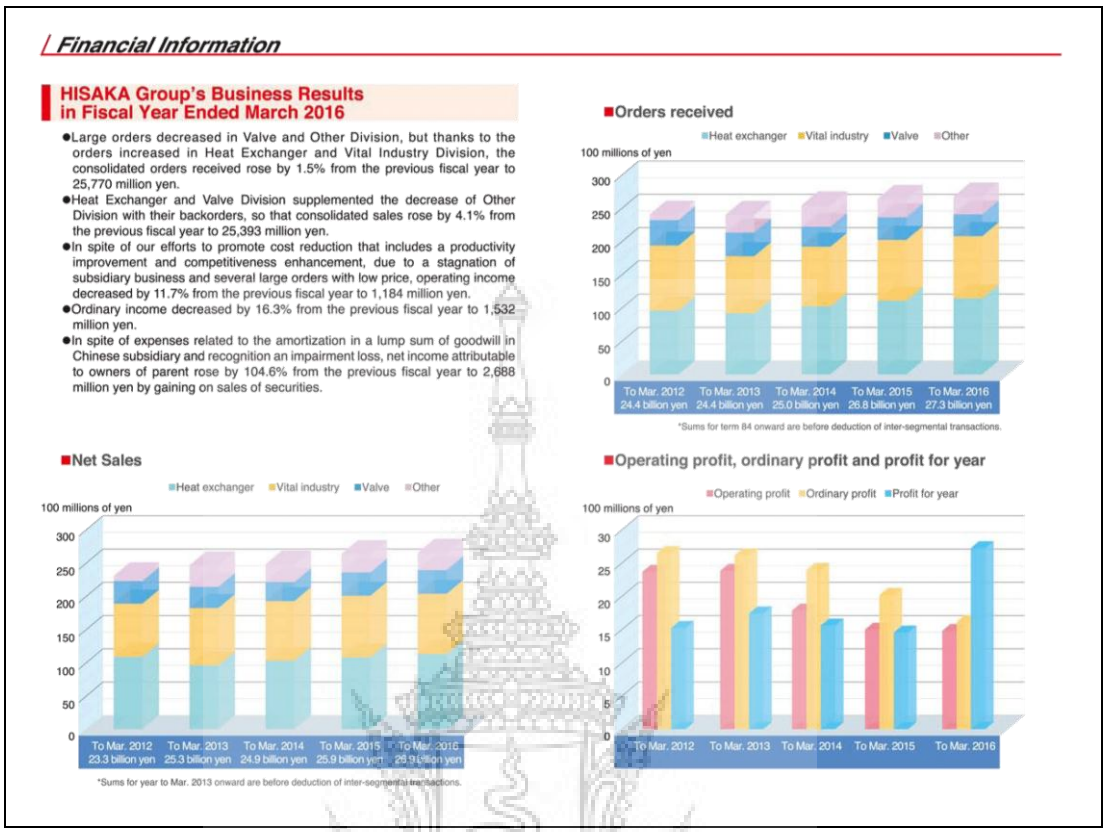
ภาพ 2.6 การเติบโตของ ฮิซากะ เวิร์ค ในปี 1940-1970

ที่มา: Corporate Profile 2016 Version Hisaka



ภาพ 2.7 การเติบโตของ ฮิซากะ เวิร์ค ในปี 1975-2014

ที่มา: Corporate Profile 2016 Version Hisaka



ภาพ 2.8 ข้อมูลทางการเงินของ ฮิซากะ เวิร์ค ในปี 2012-2016
ที่มา: Corporate Profile 2016 Version, Hisaka

ในปี 1955 ภาพ 2.6 บ. ฮิซากะ เวิร์ค มีการพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่น รุ่นแรกของญี่ปุ่นคือ “EX-2” และ ในปี 1996 ภาพ 2.7 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่น ที่ใหญ่ที่สุดในโลก "UX-100" เป็นการสร้างประวัติศาสตร์ของบ. ฮิซากะ เวิร์ค เรียกได้ว่าเป็น "Pioneer of JUMBO PHE".ภาพ 2.8 จะเห็นได้ว่า มูลค่าของ Heat Exchanger เป็นกลุ่มที่เพิ่มขึ้นในปี 2016 ยอดขายรวมเพิ่มขึ้น 4.1% จากปีก่อนหน้า 25,393 ล้านเยน (ฮิซากะ, 2560)

2. บริษัท 2PT จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตของไทยที่มีชื่อ 3Q Brand ผลิตเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ระบบทำความเย็น ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร, อุตสาหกรรมเหล็ก, อุตสาหกรรมประมง, อุตสาหกรรมสิ่งทอ, อุตสาหกรรมเคมี มีโรงงานในเขตประเวศ กรุงเทพฯ เนื่องจากเป็นบริษัทขนาดเล็ก จึงไม่มีข้อมูลทางการเงินที่เปิดเผยต่อสาธารณะชน ภาพ 2.9 จะเห็นได้ว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell & Tube 3Q Brand เป็นรุ่นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมปิโตเลียม เคมี เครื่องทำความร้อน และเครื่องทำความเย็น เครื่องรุ่นนี้มีน๊อตเป็นจำนวนมาก หากต้องล้างทำความสะอาด ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการดำเนินงาน มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง

ภาพ 2.9 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบ Shell & Tube 3Q Brand ของบริษัท 2PT จำกัด
ที่มา: 2PT catalogue

การศึกษาเทคโนโลยีเพื่อการผลิต

1. กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ (First Law of Thermodynamics) หรือกฎอนุรักษพลังงาน มีหลักการว่า “พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปหรือถูกถ่ายโอนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ แต่ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ หรือทำลายให้สูญสลายไปได้” ดังนั้นเมื่อพิจารณาการถ่ายโอนพลังงานระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมแล้ว จะพบว่าพลังงานรวมของระบบกับสิ่งแวดล้อมจะมีค่าคงที่ ตัวอย่างเช่น ในกระบวนการที่ระบบได้รับพลังงานจากสิ่งแวดล้อมนั้น ปริมาณพลังงานที่ระบบได้รับจะเท่ากับปริมาณพลังงานที่สิ่งแวดล้อมสูญเสีย (สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560)

2. กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ (Second Law of Thermodynamics) กล่าวไว้ว่า กระบวนการจะเกิดขึ้นในทิศทางที่แน่นอน และพลังงานค่าที่มีทั้งคุณภาพ และปริมาณ กระบวนการจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ถ้าไม่เป็นไปตามทั้ง กฎข้อที่หนึ่ง และสองของเทอร์โมไดนามิกส์ เพื่อที่จะทำให้ความร้อนและงานสามารถเปลี่ยนแปลงไปมาหากันได้ อย่างต่อเนื่อง ทำให้ของไหลมีการเปลี่ยนสภาวะอย่างต่อเนื่องเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงในหนึ่งวัฏจักรนั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดคือระบบจะต้องกลับมาสู่สภาวะเดิมตอนเริ่มต้น การเปลี่ยนแปลงครบหนึ่งรอบแบบนี้ จะเรียกว่า วัฏจักร ส่วนของไหลที่ได้รับการเปลี่ยนสภาวะแบบนี้จะเรียกวา “ของไหลทำงาน (Working fluid)” วัฏจักรตั้งแต่ 2 วัฏจักรซึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องกัน และการเปลี่ยนแปลงสภาวะทั้งหมดเป็นแบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงย้อนกลับได้ วัฏจักรแบบนี้จะถูกเรียกว่า “วัฏจักรที่ย้อนกลับได้ (Reversible cycle)” แต่ถ้ามีสภาวะใดสภาวะหนึ่งไม่สามารถย้อนกลับได้ วัฏจักรนั้นจะถูกเรียกว่า “วัฏจักรย้อนกลับไม่ได้ (Irreversible cycle)” (สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560)

3. ประเมินศักยภาพในเบื้องต้นของการอนุรักษพลังงานในด้านเทคนิคและการลงทุนของเครื่องจักรอุปกรณ์ และระบบต่าง ๆ ในเรื่องดังต่อไปนี้

ก. การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ข. การป้องกันการสูญเสียพลังงาน

ค. การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

ง. การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง

จ. จากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ในช่วงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของระบบ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เหมาะสมกับภาระ และวิธีการอื่น

ฉ. การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษพลังงาน

ช. การอนุรักษพลังงานโดยวิธีอื่น (สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560)

2.3 การทบทวนวรรณกรรม

บทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551, หน้า 47) หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง บทความเรื่อง ตัวอย่างที่ 1 การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเสียกับน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำเย็นโดยใช้ Plate heat exchanger (PHE) จาก หลักการและเหตุผล น้ำเสียจากกระบวนการผลิตซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำดิบสามารถนำมาลดอุณหภูมิน้ำดิบก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำเย็นได้โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำพลังงานที่เหลือในน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์แล้ว อุณหภูมิของน้ำเสียที่สูงขึ้น ยังเกิดผลพลอยได้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น โดยที่ หากอุณหภูมิของน้ำเสียเพิ่มจาก 15°C เป็น 25°C จะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนในแง่ของการเพิ่มอัตราการเกิดมีเทน และลดเวลากักเก็บที่ต้องการ ได้มากถึงเท่าตัว

(กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551, หน้า 66) หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง บทความเรื่อง ตัวอย่างการใช้จริงที่ 2 การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเสียกับน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำเย็นโดยใช้ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน จาก หลักการและเหตุผล สถานประกอบการมีกำลังการผลิตเฉลี่ย 15 ตันซูริมิ/วัน ใช้น้ำเย็นประมาณ 20 ลบ.ม./ตันซูริมิ สถานประกอบการต้องเตรียมน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิ 7–8 °C ปริมาณ 400 ลบ.ม./วัน และน้ำเย็นที่ผ่านการใช้ใน กระบวนการผลิตแล้วพบว่ายังมีอุณหภูมิต่ำ สถานประกอบการจึงนำไปลดอุณหภูมิน้ำดิบโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Plate heat exchanger, PHE) ก่อนนำไปทำน้ำเย็น แต่ PHE มีความสามารถในการทำงานที่จำกัด สามารถแลกเปลี่ยนความเย็นได้สูงสุด 15 ลบ.ม./ชั่วโมง ดังนั้นจะมีน้ำเสียที่ยังมีอุณหภูมิต่ำ อยู่ปริมาณ 100 ลบ.ม./วัน จากการตรวจวัดอุณหภูมิในคูระบายน้ำซึ่งรวบรวมน้ำเสียหลังจากการแลกเปลี่ยน ความร้อนด้วย PHE น้ำเสียที่เย็นจัด และน้ำเสียอื่น ๆ พบว่ามีอุณหภูมิประมาณ 22 องศาเซลเซียส จึงมีแนวคิดที่จะดึงความเย็นของน้ำเสียในคูระบายน้ำนี้มาใช้ลดอุณหภูมิของน้ำดิบที่จะทำน้ำเย็นโดยใช้ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนก่อน ที่จะเข้าเครื่อง PHE

สภาพก่อนปรับปรุง สถานประกอบการใช้น้ำเย็นอุณหภูมิ 7-8 องศาเซลเซียส ปริมาณ 400 ลบ.ม./วัน ในกระบวนการผลิต จึงมีน้ำเสียที่เย็นจัด (อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส) ปล่อยทิ้งจำนวนมาก สถานประกอบการจึงได้นำน้ำเสียบางส่วนมาใช้ลดอุณหภูมิน้ำดิบก่อนเข้าระบบทำน้ำเย็นโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (PHE) พบว่า สามารถใช้น้ำเสียมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำดิบได้เพียง 300 ลบ.ม. เนื่องจาก PHE มีขนาดเล็ก จึงยังมีน้ำเสียที่เย็นจัดเหลือปล่อยลงคูระบายน้ำไปรวมกับน้ำเสียที่ออกมาจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้น้ำเสียในคูระบายมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ประมาณ 22 องศาเซลเซียส

สภาพหลังปรับปรุง หลังจากการติดตั้งท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในคูระบายน้ำ พบว่าการแลกเปลี่ยนความร้อน ของน้ำเสียที่เย็นกับน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำเย็น เมื่อติดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน 3 ชุดใส่ลงไปในคูระบายน้ำที่เย็น แล้วปล่อยน้ำดิบผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อนได้อุณหภูมิของน้ำในแต่ละจุด ประโยชน์ที่ได้รับ ด้านเศรษฐศาสตร์ ลดค่าไฟฟ้าในการผลิตน้ำเย็น 157,872 บาท/ปี

ด้านสิ่งแวดล้อม - ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีเสถียรภาพ และมีประสิทธิภาพดีขึ้น
- ลดการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 37,656 กิโลกรัม/ปี
- ลดการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 31.6 กิโลกรัม/ปี

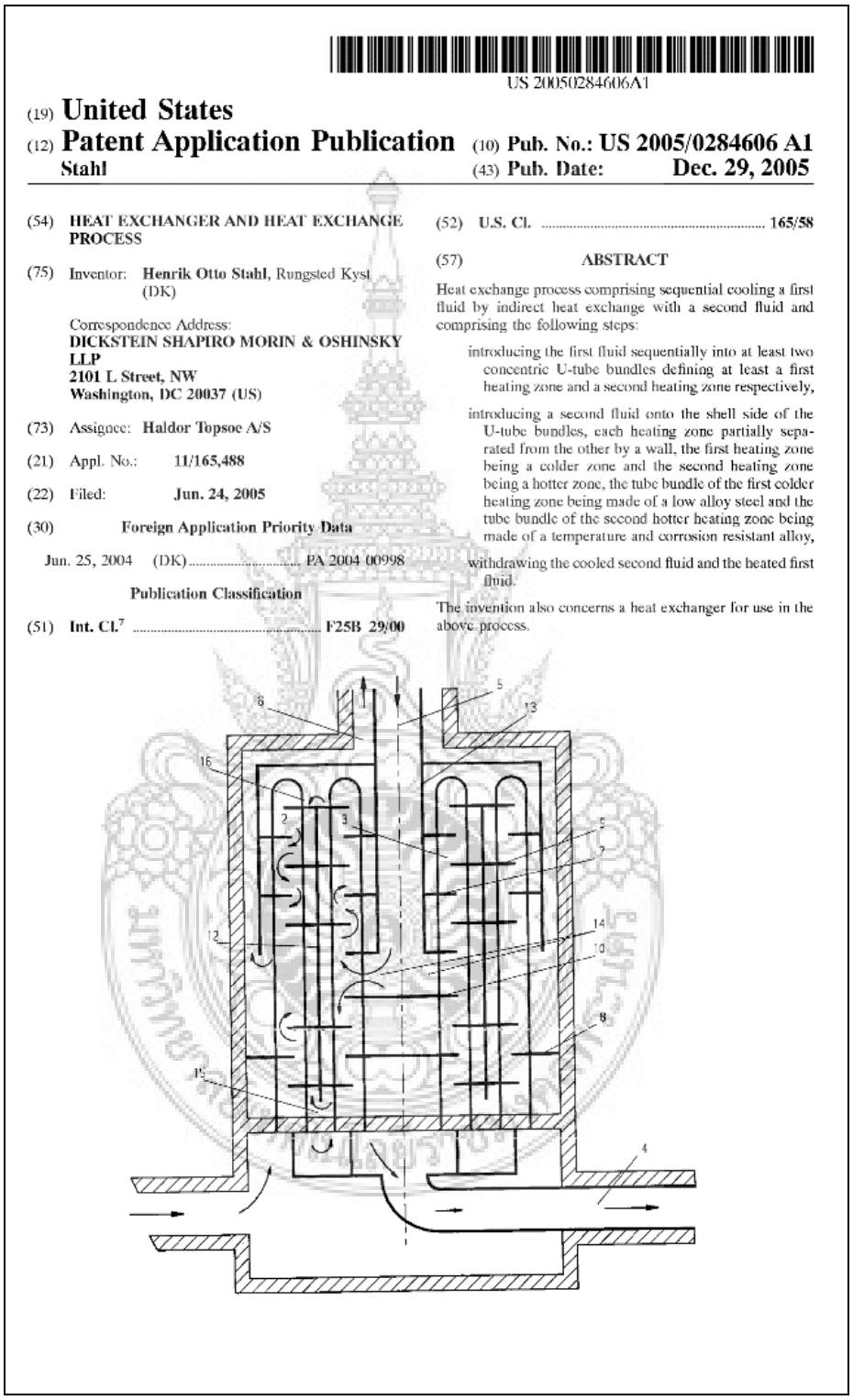
ผลการจดสิทธิบัตร

1. สิทธิบัตร United States Patent Application Publication เลขที่ US2005/0284606 A1 ได้รับสิทธิบัตรในวันที่ 29 ธันวาคม 2548. กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนประกอบด้วยการทำความเย็นเป็นลำดับแรกของของไหลโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยทางอ้อมกับของไหลที่สองและประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

การนำของเหลวครั้งแรกตามลำดับเป็นอย่างน้อยสองชุด U-tube ศูนย์กลางที่กำหนดอย่างน้อยโซนร้อนแรกและเขตร้อนที่สองตามลำดับ

การนำของเหลวที่สองด้านเปลือกหอยของท่อ u-tube แต่ละเขตร้อนแบ่งออกเป็นส่วน ๆ จากผนังด้านอื่นโซนบำบัดแรกเป็นเขตที่เย็นกว่าและเขตร้อนที่สองเป็นโซนที่ร้อนขึ้น โซนความร้อนแรกที่เย็นกว่าทำจากเหล็กอัลลอยต่ำและชุดหลอดของเขตร้อนที่ร้อนขึ้นเป็นแห่งที่สองซึ่งทำด้วยอุณหภูมิและอัลลอยที่มีสารป้องกันการกัดกร่อน ทำให้เกิดการระบายความร้อนด้วยของเหลวตัวที่สองและของเหลวตัวแรกที่ให้ความร้อน

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับตัวแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการข้างต้น



US 20050284606A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2005/0284606 A1**

Stahl (43) **Pub. Date: Dec. 29, 2005**

(54) **HEAT EXCHANGER AND HEAT EXCHANGE PROCESS**

(75) Inventor: **Henrik Otto Stahl**, Rungsted Kyst (DK)

Correspondence Address:
DICKSTEIN SHAPIRO MORIN & OSHINSKY LLP
2101 L Street, NW
Washington, DC 20037 (US)

(73) Assignee: **Haldor Topsoe A/S**

(21) Appl. No.: **11/165,488**

(22) Filed: **Jun. 24, 2005**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Jun. 25, 2004 (DK) ..... PA 2004 00998

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**[7] **F25B 29/00**

(52) **U.S. Cl.** **165/58**

(57) **ABSTRACT**

Heat exchange process comprising sequential cooling a first fluid by indirect heat exchange with a second fluid and comprising the following steps:

introducing the first fluid sequentially into at least two concentric U-tube bundles defining at least a first heating zone and a second heating zone respectively,

introducing a second fluid onto the shell side of the U-tube bundles, each heating zone partially separated from the other by a wall, the first heating zone being a colder zone and the second heating zone being a hotter zone, the tube bundle of the first colder heating zone being made of a low alloy steel and the tube bundle of the second hotter heating zone being made of a temperature and corrosion resistant alloy,

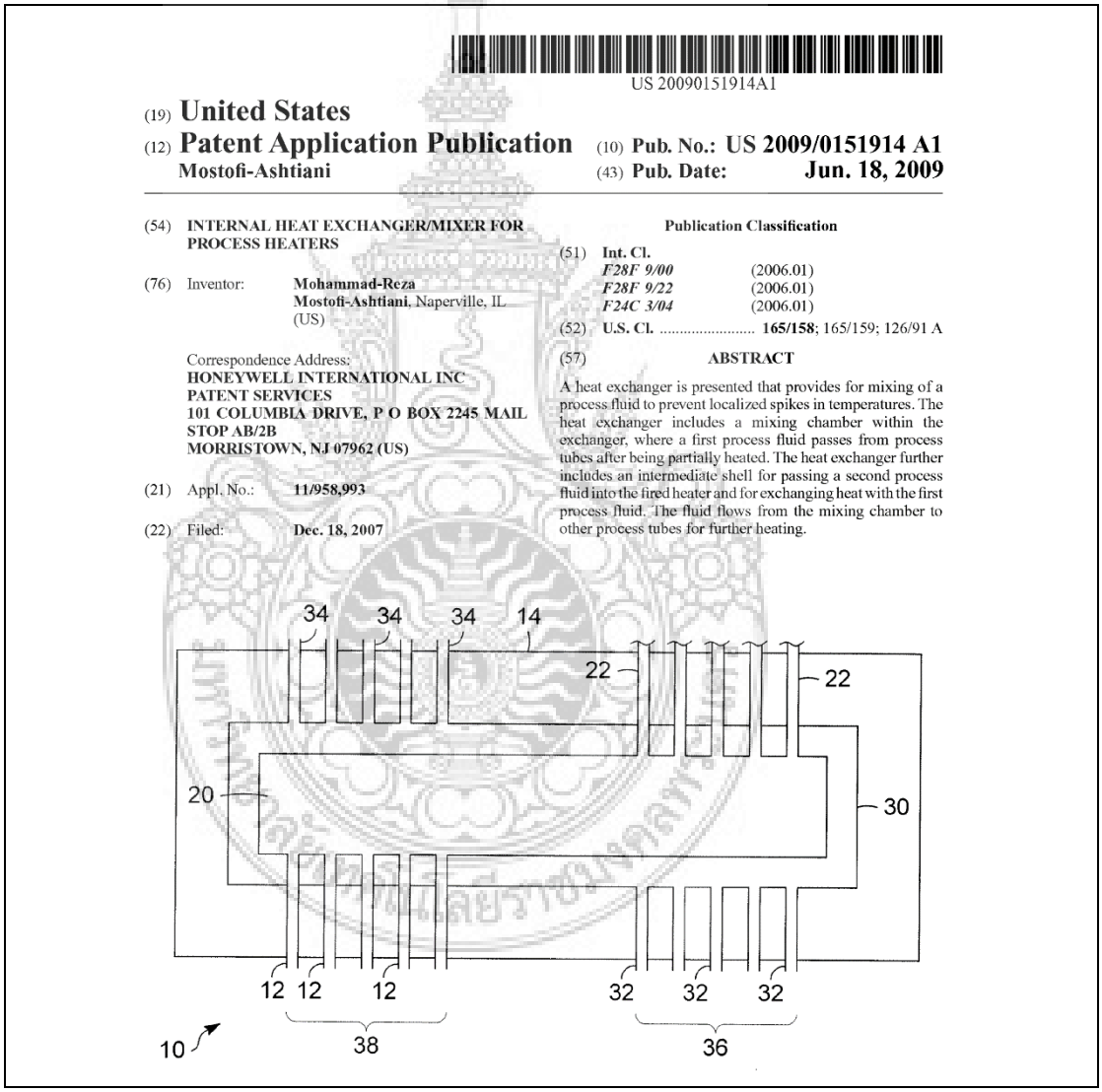
withdrawing the cooled second fluid and the heated first fluid.

The invention also concerns a heat exchanger for use in the above process.

ภาพ 2.11 สิทธิบัตรเลขที่ US 2005/0284606 A1

ที่มา: www. google. com/ patents

3. สิทธิบัตร United States Patent Application Publication เลขที่ US2009/0151914 A1 ได้รับสิทธิบัตรในวันที่ 18 มิถุนายน 2552 การนำเสนอเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้มีการผสมของของเหลวเพื่อป้องกันการเกิดอุณหภูมิสูงขึ้น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวมถึงห้องผสมภายในตัวแลกเปลี่ยน ซึ่งเป็นของเหลวกระบวนการแรกผ่านจากท่อกระบวนการหลังจากที่ได้รับความร้อนบางส่วน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวมถึงเปลือกชั้นกลางสำหรับส่งผ่านของเหลวที่สองลงในเครื่องทำความร้อนแบบใช้เชื้อเพลิงและเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับของเหลวกระบวนการแรกของเหลวจากห้องผสมกับท่อกระบวนการอื่น ๆ เพื่อให้ความร้อนมากขึ้น



US 20090151914A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**

Mostofi-Ashtiani

(10) **Pub. No.: US 2009/0151914 A1**

(43) **Pub. Date: Jun. 18, 2009**

(54) **INTERNAL HEAT EXCHANGER/MIXER FOR PROCESS HEATERS**

(76) Inventor: **Mohammad-Reza Mostofi-Ashtiani**, Naperville, IL (US)

Correspondence Address:
HONEYWELL INTERNATIONAL INC
PATENT SERVICES
101 COLUMBIA DRIVE, P O BOX 2245 MAIL STOP AB/2B
MORRISTOWN, NJ 07962 (US)

(21) Appl. No.: **11/958,993**

(22) Filed: **Dec. 18, 2007**

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**
F28F 9/00 (2006.01)
F28F 9/22 (2006.01)
F24C 3/04 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** ..... **165/158**; 165/159; 126/91 A

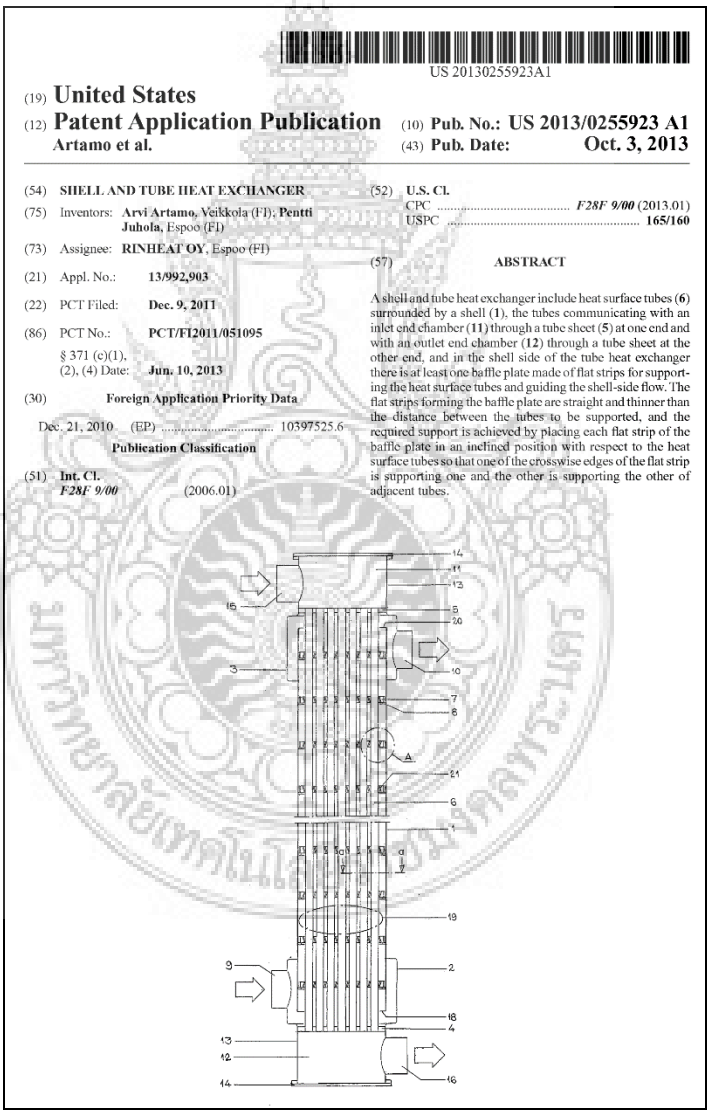
(57) **ABSTRACT**

A heat exchanger is presented that provides for mixing of a process fluid to prevent localized spikes in temperatures. The heat exchanger includes a mixing chamber within the exchanger, where a first process fluid passes from process tubes after being partially heated. The heat exchanger further includes an intermediate shell for passing a second process fluid into the fired heater and for exchanging heat with the first process fluid. The fluid flows from the mixing chamber to other process tubes for further heating.

ภาพ 2.12 US2009/0151914 A1

ที่มา: www.google.com/patents

3. สิทธิบัตร United States Patent Application Publication เลขที่ US2013/0255923 A1 ได้รับสิทธิบัตรในวันที่ 3 ตุลาคม 2556 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell and tube ประกอบด้วยท่อผิวความร้อน (6) ล้อมรอบด้วยเปลือก (1) ท่อที่เชื่อมต่อกับช่องปลายขาเข้า (11) ผ่านแผ่นหลอด (5) ที่ปลายด้านหนึ่งและมีช่องระบายออก (12) ผ่านแผ่นยางที่ปลายอีกด้านหนึ่งและด้านเปลือกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของท่อมีแผ่นกั้นที่ทำจากแผ่นแบนเพื่อรองรับ ท่อผิวความร้อนและนำทางการไหลของเปลือกหอยอย่างน้อยหนึ่งแผ่น แถบแบนที่สร้างแผ่นกั้นเป็นเส้นตรงและบางกว่าระยะห่างระหว่างท่อที่ได้รับการรองรับที่ต้องการจะทำได้โดยการวางแถบแบนของแผ่นกั้นไว้ในตำแหน่งที่เอียงกับท่อผิวความร้อนเพื่อให้ได้ ของขอบตัดขวางของแถบแบนเป็นตัวรองรับและอีกเส้นหนึ่งจะรองรับส่วนอื่น ๆ ของท่อที่อยู่ติดกัน



US 20130255923A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**

Artamo et al.

(10) **Pub. No.: US 2013/0255923 A1**

(43) **Pub. Date: Oct. 3, 2013**

(54) **SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER**

(75) Inventors: **Arvi Artamo**, Veikkola (FI); **Pentti Juhola**, Espoo (FI)

(73) Assignee: **RINHEAT OY**, Espoo (FI)

(21) Appl. No.: **13/992,903**

(22) PCT Filed: **Dec. 9, 2011**

(86) PCT No.: **PCT/FI2011/051095**

§ 371 (c)(1), (2), (4) Date: **Jun. 10, 2013**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Dec. 21, 2010 (EP) 10397525.6

Publication Classification

(51) **Int. Cl.** ***F28F 9/00*** (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**

CPC ***F28F 9/00*** (2013.01)

USPC **165/160**

(57) **ABSTRACT**

A shell and tube heat exchanger include heat surface tubes (**6**) surrounded by a shell (**1**), the tubes communicating with an inlet end chamber (**11**) through a tube sheet (**5**) at one end and with an outlet end chamber (**12**) through a tube sheet at the other end, and in the shell side of the tube heat exchanger there is at least one baffle plate made of flat strips for supporting the heat surface tubes and guiding the shell-side flow. The flat strips forming the baffle plate are straight and thinner than the distance between the tubes to be supported, and the required support is achieved by placing each flat strip of the baffle plate in an inclined position with respect to the heat surface tubes so that one of the crosswise edges of the flat strip is supporting one and the other is supporting the other of adjacent tubes.

ภาพ 2.13 สิทธิบัตรเลขที่ US2013/0255923 A1

ที่มา: www.google.com/patents

2.4 การพัฒนาโอกาส

โอกาสในการพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับโรงงานที่ยังไม่ได้เริ่มก่อสร้าง ควรมีการออกแบบการก่อสร้างให้เหมาะสมกับการดำเนินการ มีการจัดระบบน้ำเสียที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ให้อยู่คนละส่วน เพื่อให้ได้น้ำเสียที่มีพลังงานความร้อนหรือน้ำเสียที่มีความเย็นที่มีคุณภาพ นำกลับมาใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เพื่อความยั่งยืนของพลังงาน

1. หากน้ำเสียที่มีอุณหภูมิต่ำ ก็จะนำไปแลกเปลี่ยนกับน้ำดีเพื่อทำการ precool น้ำก่อนส่งเข้าเครื่องทำน้ำเย็น (water chiller)

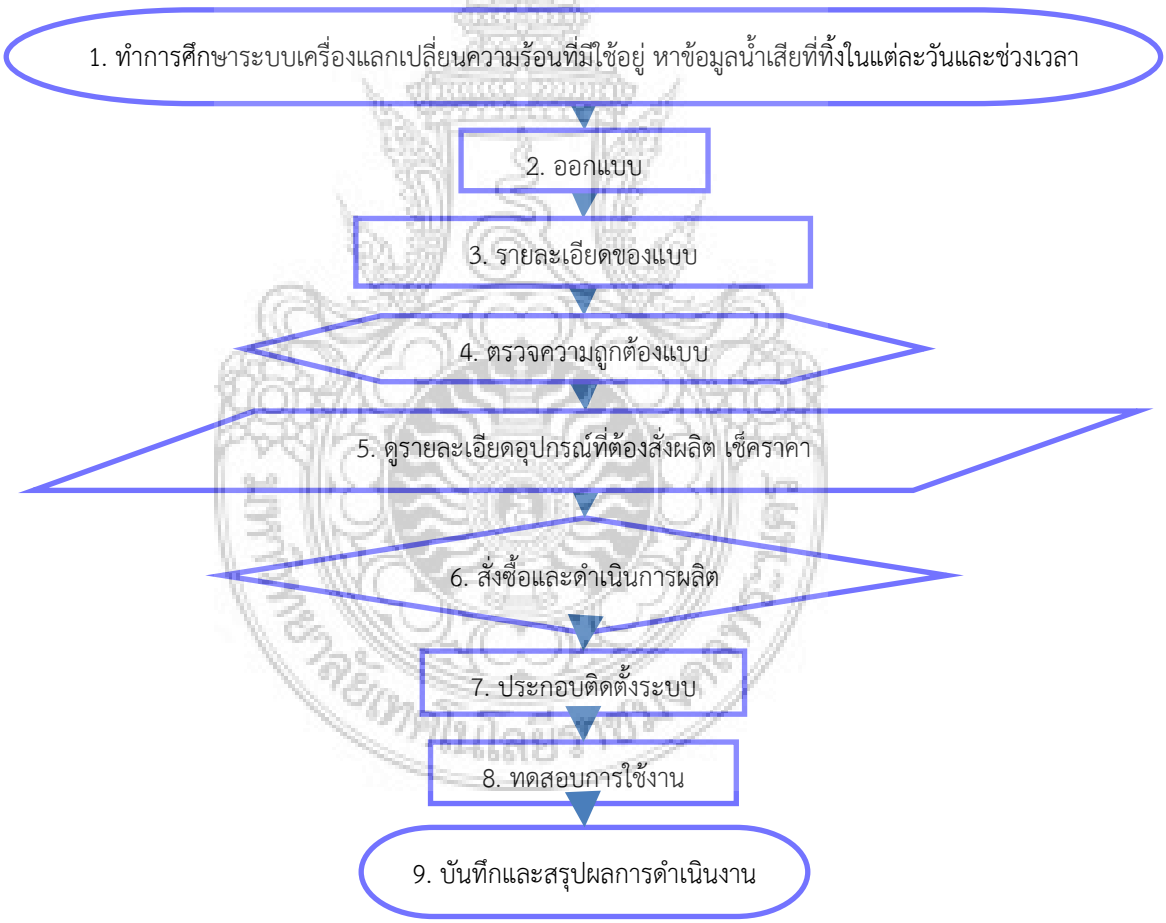
2. หากน้ำเสียที่มีอุณหภูมิสูง ก็จะนำไปแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับ pre heat น้ำก่อนส่งเข้าเครื่องต้มไอน้ำ boiler เพื่อลดพลังงานของเครื่องจักร

บทที่ 3

การออกแบบวิศวกรรมและการสร้างต้นแบบ

3.1 การกำหนดกรอบการออกแบบที่สำคัญ

กรอบการออกแบบที่สำคัญ เพื่อทดสอบแนวคิดที่ว่า หากอุณหภูมิน้ำดีลดลง จะทำให้การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นลดลง ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดจนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำเย็นจะลดลงด้วย เป็นการนำอุณหภูมิความเย็นที่ทิ้งไปกับน้ำเสียนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ มีกระบวนการศึกษาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดังภาพ 3.1



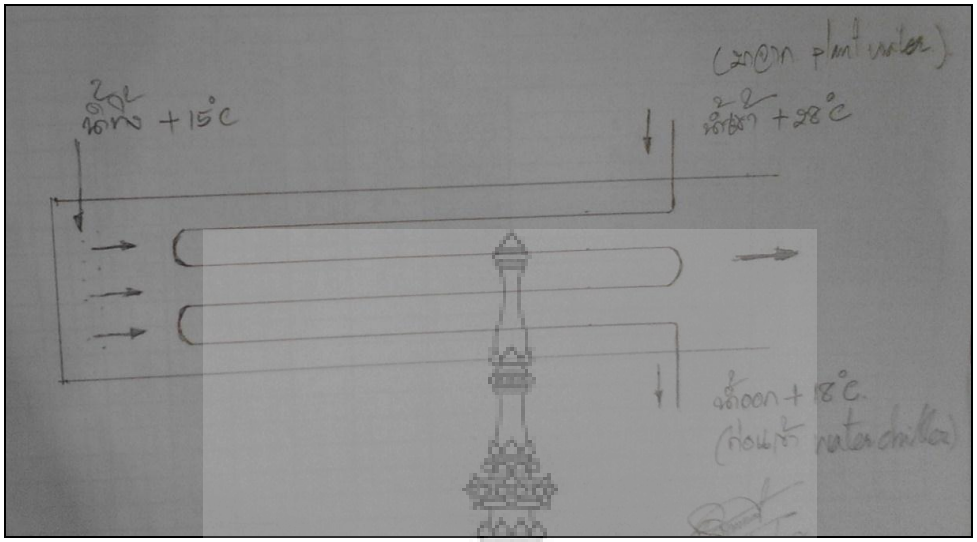
ภาพ 3.1 กระบวนการศึกษาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

3.2 การศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการดำเนินการ

ทำการศึกษาระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีใช้อยู่ หาข้อมูลน้ำเสียที่ทิ้ง ในแต่ละวันและช่วงเวลา ศึกษาวัดอุณหภูมิของน้ำเสียในแต่ละจุด ทุกจุด ตั้งแต่ น้ำเสียที่ทิ้งออกจากไลน์การผลิตมีเศษเนื้อเยื่อของกุ้งปนมากับน้ำ จนถึงบ่อพักน้ำเสีย วัดอุณหภูมิทั้งหมดทุกจุด ทำให้ทราบถึงบริเวณที่เหมาะสมที่จะติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ภาพ 3.2 คือจุดที่น้ำเสียทิ้งออกจากไลน์การผลิต มีอุณหภูมิประมาณ 10ºC

ภาพ 3.2 ศึกษาอุณหภูมิของน้ำเสียที่ทิ้งออกจากไลน์การผลิต มีอุณหภูมิประมาณ 10ºC จุดแรกที่น้ำเสียออกจากไลน์การผลิตก่อนทิ้งลงบ่อน้ำเสีย

ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาแนวคิดการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell & tube ทดสอบโดยร่างต้นแบบเพื่อทดสอบแนวคิด นำท่อสำหรับแลกเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำดีมาต่ออนุกรมกัน 4 เส้น วางลงตามรางระบายน้ำเสียที่มีความเย็น แล้วทำการวัดอุณหภูมิของน้ำได้ดังนี้ อุณหภูมิน้ำดีก่อนต่อเข้าท่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน 29˚C วนผ่านน้ำเสียอุณหภูมิ 15˚C น้ำดีที่ออกมามีอุณหภูมิ 19˚C เป็นการทดสอบเพื่อให้ได้แนวคิดของเครื่องต้นแบบ ตามภาพ 3.2 ถึง ภาพ 3.6



ภาพ 3.3 ร่างต้นแบบเพื่อทดสอบแนวคิด โดยใช้ท่อน้ำดีต่ออนุกรมกัน 4 เส้น

ภาพ 3.4 ศึกษาแนวคิดการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell & tube โดยใช้ท่อสแตนเลสขนาด ½ นิ้ว ต่ออนุกรมกัน 4 เส้น วางลงตามแนวรางระบายน้ำเสียที่มีอุณหภูมิ 15°C

ภาพ 3.5 วัดอุณหภูมิน้ำดีก่อนต่อเข้าท่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน 29°C

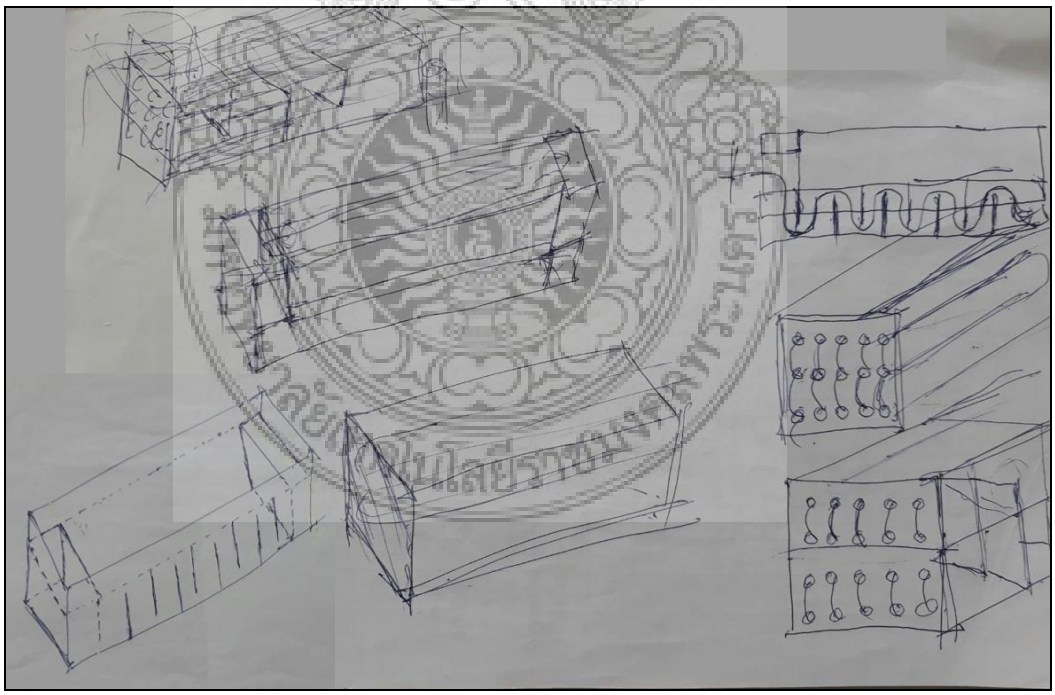
ภาพ 3.6 อุณหภูมิน้ำดีหลังจากไหลผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเสีย 19°C

3.3 ภาระหน้าที่

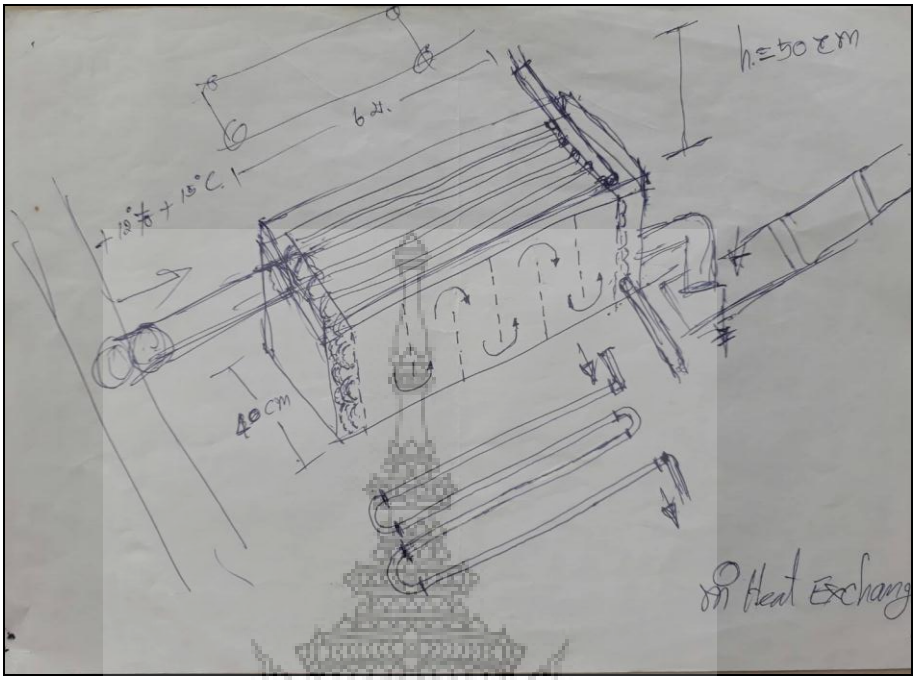
การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย กรณีศึกษาสายการผลิตกุ้งแช่แข็ง เป็นส่วนหนึ่งในการศึกษาปัญหาของ ระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีใช้อยู่ โดยรวบรวมข้อมูลน้ำเสียที่ทิ้ง ในแต่ละวันและช่วงเวลา รวมถึงการสอบถามผู้ปฏิบัติงาน ทำให้ทราบถึงกระบวนการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนแล้วจึง นำมาวิเคราะห์และออกแบบให้การไหลของน้ำเสีย ที่มีเศษเนื้อเยื่อของกุ้งปนมากับน้ำผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนไปได้ ไม่อุดตันง่ายทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดี สะดวกในการล้างทำความสะอาด

3.4 การออกแบบหลักการทำงานที่สำคัญ

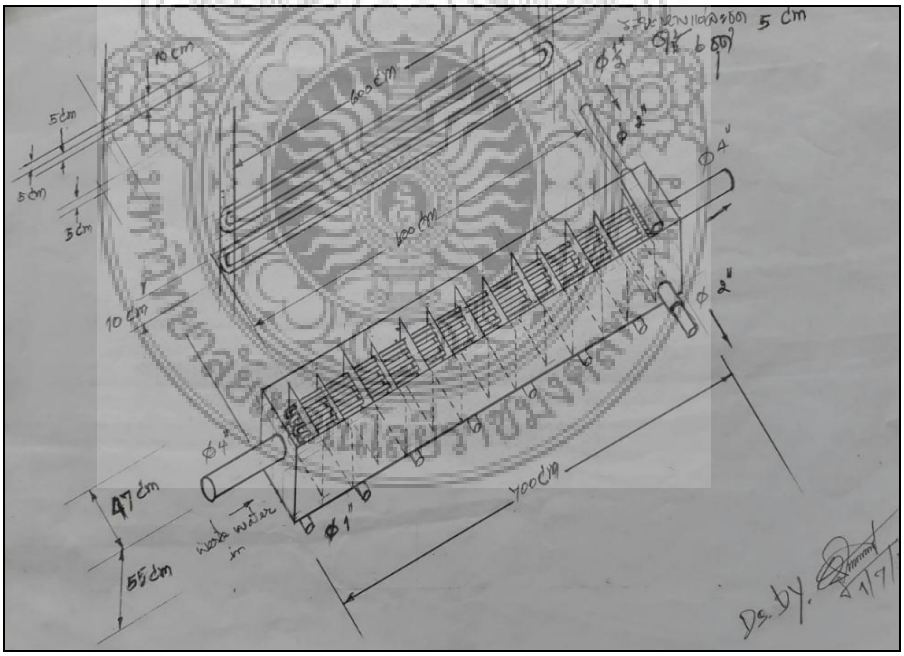
หลังจากนั้นได้ศึกษาแนวคิดการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว จึงได้ร่างออกแบบร่างออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบ Shell and tube มีทรงเหลี่ยมฝาปิดเปิดด้านบน มีแผ่นกั้นบังคับทิศทางการไหลของน้ำเสีย โดยให้ผ่านด้านล่างและด้านบนของแต่ละแผ่น สลับกันไป ส่วนน้ำดีกำหนดให้ไหลในอยู่ในท่อสแตนเลส ที่มีความหนา 2 mm. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ยาว 6 m. ทั้งหมด 6 ชุด ระยะห่างแต่ละชุด 5 cm. เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเสียที่ไหลผ่านด้านนอกของท่อ ภาพ 3.7 ถึง 3.9



ภาพ 3.7 ร่างออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม



ภาพ 3.8 ร่างออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ให้น้ำเสียมีการไหลจากบนลงล่างวนสลับไปมา

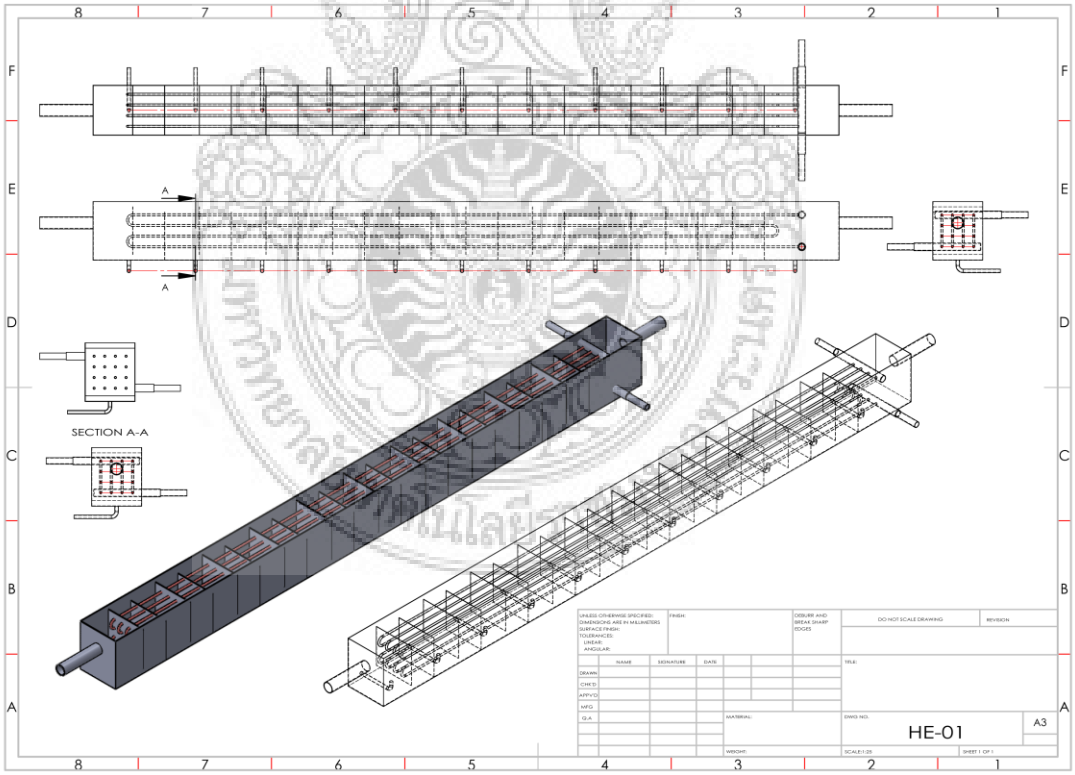


ภาพ 3.9 ออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน กำหนดน้ำดีให้ไหลในอยู่ในท่อสแตนเลส ที่มีความหนา 2 mm. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว ยาว 6 m. ทั้งหมด 6 ชุด ระยะห่างแต่ละชุด 5 cm.

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้ออกแบบใช้ท่อสแตนเลส ที่มีความหนากว่าในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นซึ่งอาจทำให้มีโอกาสรั่วได้ ทำให้มีความมั่นใจ เรื่องการปนเปื้อนจากน้ำเสีย ตัดปัญหาเรื่องการรั่วซึมของท่อน้ำดี และท่อน้ำดีไม่มีการเชื่อมต่อในส่วนที่สัมผัสกับน้ำเสีย จุดเชื่อมต่อมีเฉพาะส่วนหัวและท้ายของเครื่องเท่านั้น ทำให้ไม่มีการปนเปื้อน โดยทั่วไปเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หากซีนรั่วมีโอกาสปนเปื้อนเล็ดรอดจากซีน ซึมผ่านผนังอีกอันไปหาอีกอันหนึ่งได้ มีความเสี่ยงปนเปื้อนมากกว่า ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนลักษณะนี้จะมีความปลอดภัยมากกว่าซึ่งข้อนี้เป็นข้อดี

3.5 กระบวนการออกแบบต้นแบบ

หลังจากขั้นตอนการออกแบบ ระบุรายละเอียดของแบบ รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของแบบใช้ AutoCAD เพื่อดูองค์ประกอบโดยรวมของต้นแบบ จากภาพ 3.10 จะเห็นได้ว่า มีการออกแบบให้มีแผ่นกั้นในแต่ละห้อง และแผ่นกั้นนั้น ห้องหนึ่งจะติดพื้น ห้องหนึ่งจะยกขึ้น สลับกันไป โดยต้องการให้การไหลของน้ำเสีย จากด้านบนลงไปด้านล่าง สลับเป็นคลื่น เป็นการออกแบบการไหลน้ำเสียให้เป็นลักษณะคลื่น รวมถึงออกแบบการไหลของน้ำเสียจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ



ภาพ 3.10 ร่างแบบโดยใช้ AutoCAD การออกแบบให้มีแผ่นกั้น ห้องหนึ่งจะติดพื้น ห้องหนึ่งจะยกขึ้นสลับกันไป โดยต้องการให้การไหลของน้ำเสียจากด้านบนลงไปด้านล่างสลับเป็นคลื่น

บทที่ 4

กระบวนการทดสอบการใช้งาน

4.1 เครื่องมือในการทดสอบการใช้งาน

การเตรียมเพื่อการผลิตเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน กำหนดรายละเอียดอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ทำการเช็ดราคา เปรียบเทียบระหว่าง 3 ผู้ผลิต จึงดำเนินการสั่งผลิต อุปกรณ์จำเป็นมีดังนี้

ตาราง 4.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

รายการอุปกรณ์	**ราคา**	
ท่อพีวีซี, ข้องอ, ข้อต่อ, กาว, เทปพันท่อ	5,000	บาท
วาล์ว ระบายน้ำทิ้ง ขนาด 4 นิ้ว	20,000	บาท
วาล์วทองเหลือง ball valve ขนาด 2 นิ้ว	12,000	บาท
อุปกรณ์ใช้การเชื่อมงานสแตนเลส	15,000	บาท
จ้างผลิตเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	125,000	บาท
แผ่นฉนวนกันความร้อน หนา 20 มม.	96,000	บาท
รวมเป็นเงิน	177,096	บาท

การผลิต สั่งซื้อและดำเนินการผลิต โดยมีการติดตามการดำเนินการผลิตทุกขั้นตอน เพื่อให้ผลิตได้ตรงกับความต้องการ และลดข้อผิดพลาดจากการผลิต โดยเริ่มจากการเชื่อมต่อท่อ แผ่นกันและประกอบเชื่อมถังตามภาพ 4.1 ถึง 4.2

ภาพ 4.1 การเริ่มลงมือสร้างโดยเจาะแผ่นเพลทสำหรับเป็นรูร้อยท่อจำนวน 24 รู แล้วนำท่อสแตนเลสมาร้อยในแผ่นเพลท เพื่อทำการเชื่อมต่ออนุกรมกันจำนวน 4 เส้น 6 ชุด ด้านน้ำเข้าออกจะติดท่อ Header ไว้เพื่อรับน้ำแล้วจ่ายให้ท่อแต่ละชุด

ภาพ 4.2 การประกอบชุดท่อทั้งหมดที่ร้อยใส่เพลทแล้วลงใส่ในถังสี่เหลี่ยมที่ทำไว้เป็น shell ของ tube แล้วทำการเชื่อมแผ่นเพลทเข้ากับผนังของถังเพื่อความแข็งแรง

ภาพ 4.3 ทำการติดตั้งถังของตัวเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ใกล้กับท่อน้ำทิ้งจากโรงงานเพื่อให้น้ำเสียไหลเข้าเครื่อง ด้วยการไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ให้ด้านข้างออกไหลลงรางทิ้งน้ำเสีย โดยหันด้านรูน้ำทิ้งจากกการล้างไหลลงสู่รางด้านข้าง

ประกอบติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในบริเวณที่ติดกับบ่อพักน้ำเย็น และเครื่องทำน้ำเย็น ตามภาพ 4.3 ถึง 4.11 โดยที่น้ำดีก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิ 29.3°C ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว น้ำดีขาออกมีอุณหภูมิ 17.5°C ผ่านลงมาอยู่ในบ่อน้ำ นำน้ำจากบ่อไปเข้าเครื่องทำน้ำเย็น จากปกติที่ต้องทำจาก 29.3°C เพื่อมาให้ได้อุณหภูมิ 15°C แต่ตอนนี้จากอุณหภูมิ 20°C ลงมาอุณหภูมิ 15°C น้ำใหม่ที่เติมลงมาอุณหภูมิ 20°C ลงมาเรื่อย ๆ และจะมีปั้มอีกชุดหนึ่ง ซึ่งจะดูดน้ำจากบ่อที่มีอุณหภูมิ 15°C ส่งไปในกระบวนการผลิต ตามความต้องการใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 15°C

บ่อพักน้ำเย็น เดิมใช้สำหรับพักน้ำธรรมดา เนื่องจากบ่อนี้มีฉนวนป้องกันความร้อนอยู่ กรุไว้ลักษณะเหมือนถังตู้เย็น จึงได้นำกลับมาใช้งานให้เกิดประโยชน์ เป็นบ่อพักน้ำเย็น ประหยัดไม่ต้องลงทุนเพิ่มมาก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงาน เพื่อเก็บน้ำเย็นไว้ในเวลากลางคืนที่เป็นช่วง off peak ผลิตน้ำเย็นในเวลากลางคืน ทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้ในเวลากลางคืน บ่อพักน้ำเย็นนี้ความจุ 80 ลบ.ม. น้ำเย็นที่ใช้ในแต่ละวันโดยเฉลี่ยของบ่อนี้ ประมาณ 120 ลบ.ม. จะมีช่องว่างอยู่ 40 ลบ.ม. ในเวลากลางวัน หากมีการใช้น้ำไปมาก ๆ จะมีลูกลอยสำหรับควบคุมการปิดเปิด เพื่อรักษาระดับน้ำในบ่อ ให้น้ำเหลือ 3/4 ของบ่อ หากไลน์ผลิตหยุดใช้ น้ำเหลือ 3/4 ของบ่อ ลูกลอยจะตัดการทำงาน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะหยุดการทำงาน และน้ำอุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้ 15°C เครื่องทำน้ำเย็นจะหยุดการทำงาน หากน้ำในบ่อพักน้ำเย็นมีอุณหภูมิสูงกว่า 15°C เครื่องทำน้ำเย็นก็จะกลับมาทำงาน

สาเหตุที่มีเครื่องทำความเย็นไว้อยู่ใกล้ ๆ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน กับบ่อพักน้ำเย็น วัตถุประสงค์มี 2 อย่าง หนึ่งสำหรับการทำงานตอนกลางคืน เนื่องจากค่าไฟฟ้าตอนกลางคืนหลังเวลา 22.00 น. ถึง 9.00 น. เป็นราคาลดลงเกือบครึ่งหนึ่ง เป็นช่วง off peak โดยที่เวลากลางคืนให้เครื่องทำความเย็น ทำน้ำเย็นเต็มบ่อพักน้ำเย็น เพื่อจะเตรียมน้ำเย็นไว้ สำหรับงานในช่วงเช้าที่มีปริมาณการใช้น้ำมาก

จากเดิมนำน้ำเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด มี 4 เครื่อง ทำงานเต็มที่ แต่เกินความสามารถของเครื่องทำน้ำเย็น ที่ไม่สามารถทำงานได้ทันความต้องการการใช้น้ำในช่วงเช้า และต้องควบคุมน้ำให้มีอุณหภูมิ 15°C ไม่ได้ บางครั้งฝ่ายผลิตแจ้งน้ำไม่เย็น น้ำมีอุณหภูมิ 18°C ถึง 20°C ซึ่งสูงเกินไป อาจมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามคุณภาพที่ต้องการได้

ในการดำเนินงาน มีการวางแผนการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน กับเครื่องทำน้ำเย็น โดยมีช่างผู้เชี่ยวชาญคอยตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ ให้ตรงตามความต้องการ

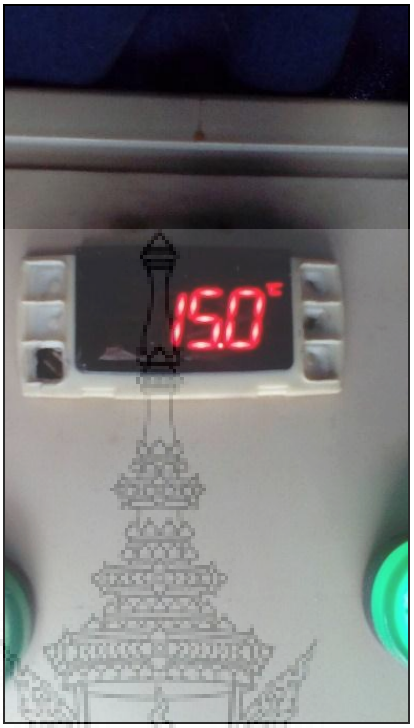
ภาพ 4.4 ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นกล่องสี่เหลี่ยม กรุฉนวนกันความร้อนไว้ด้านนอก เพื่อป้องกันความร้อนจากอากาศภายนอก ต่อท่อน้ำดีเข้าด้านข้างต่อเข้ากับท่อ Header ด้านในเพื่อให้น้ำดี ไหลวนไปตามท่อแลกเปลี่ยนความร้อน

ภาพ 4.5 การต่อท่อน้ำเสียโดยใช้ท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว ต่อมาจากรางริมน้ำเสียในไลน์ผลิต ตรงการของท่อจะใส่สามทางเพื่อต่อวาวส์ไว้เพื่อทำการปล่อยน้ำเสียลงรางได้โดยตรงไม่ต้องผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนได้

ภาพ 4.6 ตำแหน่งของเครื่องอยู่ใกล้กับบ่อพักน้ำเย็นที่เก็บน้ำเย็นไว้ที่ 15°C เพื่อส่งจ่ายให้กับไลน์ผลิต

ภาพ 4.7 บริเวณของเครื่องทำน้ำเย็น บ่อพักน้ำเย็น และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อยู่ในบริเวณเดียวกันเพื่อสะดวกในการทำงาน อยู่ใกล้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีปั๊มส่งน้ำจากบ่อพักน้ำเย็นมายังเครื่องทำน้ำเย็นแล้วไหลกลับไปเก็บไว้ในบ่อน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 15°C ก่อนส่งไปใช้ในไลน์ผลิต

ภาพ 4.8 ความดันในระบบเครื่องทำน้ำเย็น เป็นการตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น



ภาพ 4.9 เครื่องวัดอุณหภูมิของน้ำในระบบเครื่องทำน้ำเย็น 15ºC เป็นอุณหภูมิที่ต้องการนำไปใช้ในขั้นตอนการผลิต

ภาพ 4.10 มิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำ ตรวจสอบปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวัน

ภาพ 4.11 ขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน น้ำทิ้งลงทางระบายน้ำเสียมีการกรองเศษเนื้อกุ้งโดยใช้ตะกร้า

4.2 การทดสอบการใช้งาน

หลังจากขั้นตอนการติดตั้งเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการทดสอบการใช้งานโดยปล่อยให้น้ำเสียเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และน้ำดีเข้าสู่ท่อน้ำดีดังภาพที่ 4.12

ภาพ 4.12 ทดสอบการใช้งาน โดยปล่อยให้น้ำเสียเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และน้ำดีเข้าสู่ท่อน้ำดี

4.3 ผลการศึกษา

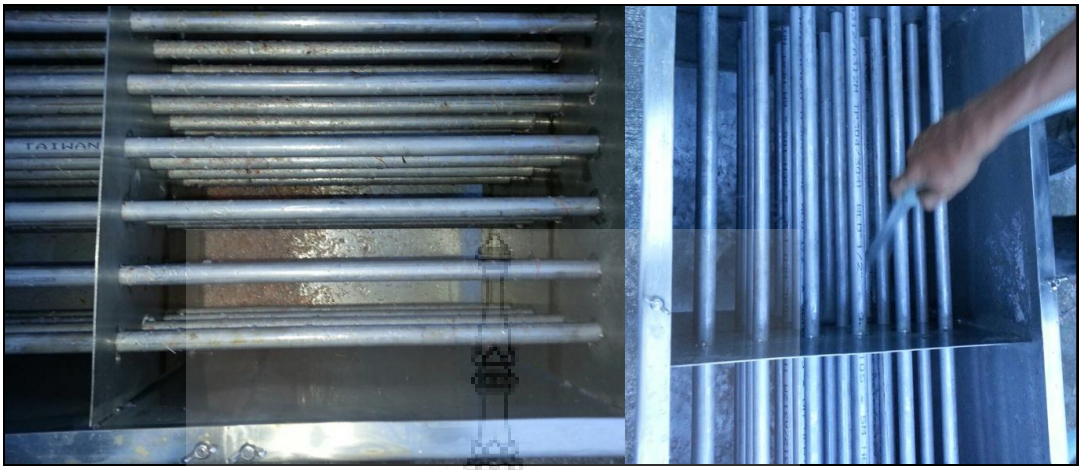
หลังจากขั้นตอนทดสอบการใช้งาน จะได้ผลการศึกษาได้ดังนี้ อุณหภูมิน้ำเสียจุดเริ่มต้นไหลเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 14.9°C อุณหภูมิน้ำเสียด้านขาออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 15.9°C อุณหภูมิน้ำดีก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 29.3°C อุณหภูมิน้ำดีออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 17.5°C ตามภาพ 4.13 ถึง 4.16 หลังจากนั้นทดสอบล้างทำความสะอาดโดยพนักงานสามารถทำได้ง่าย โดยใช้น้ำฉีดล้างทำความสะอาดเศษเนื้อเยื่อกุ้ง ตามภาพ 4.17 ถึง 4.18 และภาพ 4.19 เป็นการปรับปรุงระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ให้สามารถนำน้ำเย็นอุณหภูมิ 15°C ไปใช้ในงานในขั้นตอนการผลิต ได้เพียงพอกับปริมาณความต้องการใช้งาน

ภาพ 4.13 วัดอุณหภูมิน้ำเสียจุดเริ่มต้นไหลเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 14.9 ℃

ภาพ 4.14 วัดอุณหภูมิน้ำเสียด้านขาออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 15.9℃

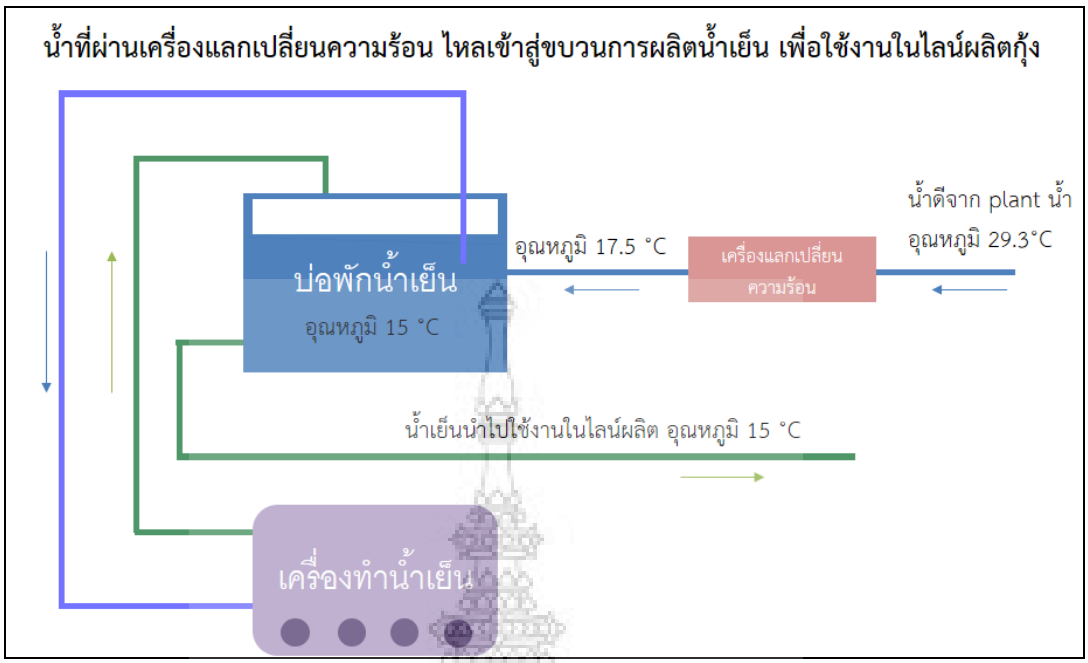
ภาพ 4.15 วัดอุณหภูมิน้ำดีก่อนเข้า เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 29.3ºC

ภาพ 4.16 วัดอุณหภูมิน้ำดีที่วัดได้หลังผ่าน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 17.5ºC



ภาพ 4.17 ขั้นตอนล้างทำความสะอาด โดยใช้สายยางฉีดน้ำ ล้างเศษเนื้อเยื่อกุ้ง

ภาพ 4.18 ขั้นตอนล้างทำความสะอาดทำได้ง่าย เปิดฝาด้านบน ใช้สายยางฉีดน้ำ ล้างเศษเนื้อกุ้งลงท่อระบายน้ำ



ภาพ 4.19 การปรับปรุงระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ให้สามารถนำน้ำเย็นอุณหภูมิ 15°C ไปใช้ในงานในไลน์ผลิต ได้เพียงพอกับปริมาณความต้องการใช้งาน

บทที่ 5

ผลการวิจัย

5.1 ผลทดสอบการใช้งานของต้นแบบ

หลังจากกระบวนการทดสอบการใช้งานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ได้บันทึกผลของการวัดอุณหภูมิของน้ำทิ้งของแต่ละช่วงเวลาในแต่ละวันในรอบ 1 สัปดาห์ ตามตาราง 4.1

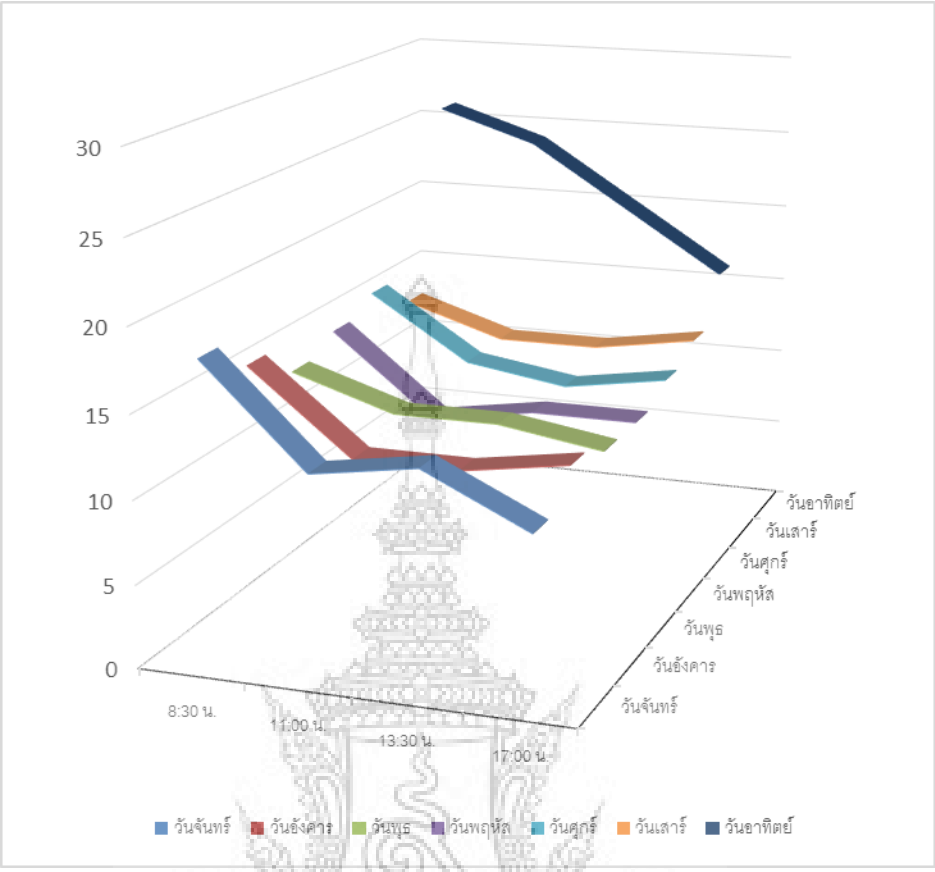
ตาราง 5.1 ผลของการวัดอุณหภูมิของน้ำทิ้งของแต่ละช่วงเวลาในแต่ละวันในรอบ 1 สัปดาห์

วัน / เวลา	8:30 น.	11:00 น.	13:30 น.	17:00 น.
วันจันทร์	18 ℃	12 ℃	13 ℃	10 ℃
วันอังคาร	16 ℃	11 ℃	11 ℃	12 ℃
วันพุธ	14 ℃	12 ℃	12 ℃	11 ℃
วันพฤหัส	15 ℃	10 ℃	11 ℃	11 ℃
วันศุกร์	16 ℃	12 ℃	11 ℃	12 ℃
วันเสาร์	14 ℃	12 ℃	12 ℃	13 ℃
วันอาทิตย์	26 ℃	24 ℃	20 ℃	16 ℃

จากตัวเลขที่ทำการสุ่มเช็คอุณหภูมิตรงจุดปล่อยน้ำเสียออกนอกไลน์ผลิตตรงใกล้จุดที่จะทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าในแต่ละช่วงเวลาของการผลิตจะมีอุณหภูมิน้ำทิ้งจากการผลิตใกล้เคียงกัน ในตอนช่วงเช้าที่เพิ่งเริ่มการผลิตน้ำเสียจะเป็นน้ำจากการล้างทำความสะอาดปนมาบ้าง ทำให้อุณหูมิสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ซึ่งจะเป็นช่วงที่มีน้ำเย็นปนมามากจนถึงตอนเย็นจะมีการต่อกะของกะกลางคืน ทำให้บางจุดในไลน์มีการล้างไลน์ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นบ้างเล็กน้อย ส่วนวันอาทิตย์หยุดการผลิต น้ำเสียทิ้งจะมีอุณหภูมิสูงจนถึงช่วงบ่ายจะมีพนักงานเริ่มเข้ามาทำงานเพื่อรับวัตถุดิบเข้าทำการดองน้ำแข็งและเทน้ำแข็งที่ใส่มากับรถส่งวัตถุดิบทิ้ง จึงทำให้น้ำทิ้งอุณหภูมิลดลง

การใช้น้ำในช่วงวันจันทร์ถึงวันเสาร์เฉลี่ย 200 m^2/วัน ส่วนวันอาทิตย์ไม่มีการผลิตเฉลี่ยการใช้น้ำเย็นประมาณ 10-20 m^2/วัน ใช้สำหรับรับวัตถุดิบ หากมีการทำงานผลิตในวันอาทิตย์การใช้น้ำ ก็จะคล้ายกับวันจันทร์ถึงวันเสาร์ จากการสุ่มเช็ดอุณหภูมิน้ำทิ้งแล้วมีปริมาณ และอุณหภูมิความเย็นที่มากพอจะทำการสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้

จากข้อมูลดังกล่าวนำมาจัดทำแผนภูมิรูปแบบเส้นสามมิติ แสดงอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา ในวันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ ได้ตามภาพ 5.1



ภาพ 5.1 แผนภูมิรูปแบบเส้นสามมิติ แสดงอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา ในวันจันทร์ถึงวันอาทิตย์

จากผลการศึกษา การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย เพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น นำมาคำนวณการประหยัดพลังงานได้ดังนี้

หาค่าพลังงานที่ได้นำมาลดอุณหภูมิ ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

น้ำอุณหภูมิ 29 °C = 84.2 °F

น้ำอุณหภูมิ 19 °C = 66.2 °F

อุณหภูมิลดได้ 18 °F = 2,200 x 18 = 39,600 BTU

น้ำ 1 m^3 ลดลง 18 °F = 39,600 ÷ 12,000 = 3.3 RT/m^3

ค่าพลังงานที่ใช้ 12,000 BTU (1RT) = 1.5 x 746 = 1,119 W

ฉะนั้น = 3.3 x 1,119 = 3,692.7 ÷ 1,000 = 3.69 kW/m^3

ค่าพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น
น้ำอุณหภูมิ 29 ºC = 84.2 ºF
น้ำอุณหภูมิ 13 ºC = 55 ºF
เครื่องทำน้ำเย็นลดอุณหภูมิลง = 84.2 - 55 = 29.2 ºF
น้ำ 1 m^3 = 2,200 x 29.2 = 64,240 BTU/ m^3 /hr.
พลังงานที่ใช้ 64,240 ÷ 12,000 = 5.35 RT/ m^3
ฉะนั้น = 5.35 x 1,119 = 5,986.65 ÷ 1,000 = 5.99 kW/m^3

เครื่องทำน้ำเย็น M2
ผลิตน้ำเย็นอุณหภูมิ 13 ºC ได้ 220 m^3 /day = 5.99 x 220 = 1,317.8 kW/day
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถลดอุณหภูมิลงได้ 10 ºC = 3.69 kW/ m^3
ผลิตน้ำได้ 220 m^3 = 3.69 x 220 = 811.8 kW/day
ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำเย็น = 1,317.80 x 3.5 = 4,612.30 บาท/วัน
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ = 811.8 x 3.5 = 2,841.3 บาท

ดังนั้น ปริมาณการใช้น้ำเย็น 220 m^3 /วัน
สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 2,841.3 บาท/วัน
หากคิดที่วันทำงาน 26 วัน/เดือน
สามารถประหยัดค่าไฟฟ้า สำหรับเครื่องทำน้ำเย็น ได้เดือนละ
= 2,841.3 x 26 = 73,873.80 บาท/เดือน
สามารถประหยัดค่าไฟฟ้า สำหรับเครื่องทำน้ำเย็น
ได้ปีละ = 73,873.80 x 12 = 886,485.60 บาท/ปี
ฉะนั้นจากการคำนวณ สรุปได้ว่าสามารถประหยัดค่าไฟฟ้า
ได้ปีละ 886,485.60 บาท/ปี

ประสิทธิภาพในการใช้งานขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำเสียและน้ำดี ที่ไหลเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวัน ที่แตกต่างไป จะทำให้ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิของน้ำดี เท่ากับ 19°C ซึ่งประหยัดค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นประมาณปีละ 886,485 บาท และสามารถล้างทำความสะอาดง่ายขึ้น โดยไม่ต้องมีการถอดชิ้นส่วนของอุปกรณ์ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

บทที่ 6

อภิปรายผล

6.1 ด้านการส่งมอบที่สมบูรณ์

หลังจากได้ผลการวิจัย จึงได้สรุปรายการเอกสารที่จะต้องส่งมอบดังนี้

6.1.1 คู่มือการใช้งานเครื่องทำความเย็น 2 เครื่อง

6.1.2 คู่มือการใช้งานเครื่องปรับอากาศ 2 เครื่อง

6.1.3 คู่มือการใช้งานเครื่องลดความชื้น 1 เครื่อง

6.1.4 แบบห้องเย็นแผ่นฉนวน 1 ชุด ประตูโฟมพื้น + Topping

6.1.5 แบบระบบทำความเย็นและปรับอากาส เครื่องลดความชื้น Top view, front view side

6.1.6 แบบระบบไฟฟ้าในห้องเย็น ตู้ main แสงสว่าง ปลั๊ก วาวล์ปรับแรงดันอากาศ ไฟฉุกเฉิน ฮีตเตอร์ประตู alarm คนติด เครื่องเย็น ลดความชื้น ปรับอากาศ

6.1.7 หนังสือรับประกันผลงานพร้อมประทับตราลายเซ็นวิศวกร

อภิปรายผล จากการศึกษาพบว่า ขั้นตอนในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ มีเป็นการออกแบบที่แตกต่างจากการศึกษาอื่น ๆ ที่ผ่านมา โดยออกแบบการไหลของน้ำเสียให้เป็นลักษณะคลื่นวิ่งจากบนลงล่างสลับไปมาเพื่อการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.2 ด้านประสิทธิภาพ

จากการศึกษาที่ได้นำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย มาใช้งานพบว่ามีประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถตอบสนองความต้องการใช้น้ำเย็นของฝ่ายผลิตได้ทันและเพียงพอต่อการใช้งาน อุณหภูมิน้ำเสียที่สูงขึ้นทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียดีขึ้น หากเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ พบว่ามีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนไม่แตกต่างกัน

6.3 ด้านลดต้นทุน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย พบว่าสามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นของโรงงานได้เป็นจำนวนมาก และสามารถลดต้นทุนในการจัดซื้อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีราคาแพงและค่าบำรุงรักษาสูง หากเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ พบว่ามีการลดต้นทุนในการผลิตที่มากกว่า

6.4 ด้านลดเวลาและพลังงาน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย พบว่าสามารถลดเวลาในการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสียได้ และสามารถนำพลังงานความเย็น ที่เหลือจากการใช้ แล้วกลับมาใช้ใหม่ เป็นการช่วยอนุรักษพลังงานได้อีกทางหนึ่ง หากเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ พบว่ามีการลดเวลาการทำงาน และลดการใช้พลังงานได้ไม่แตกต่างกัน

บทที่ 7

สรุปผล

7.1 ด้านการส่งมอบที่สมบูรณ์

สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาพบว่า การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย ในโรงงานกุ้งแช่แข็ง ออกแบบให้การไหลของน้ำเสียที่มีเศษเนื้อเยื่อของกุ้งปนมากับน้ำนั้นออกแบบให้มีทรงเหลี่ยมแบบฝาเปิดสะดวก โดยไม่ต้องมีการถอดชิ้นส่วนของอุปกรณ์ ทำให้การล้างทำความสะอาดเศษเนื้อเยื่อของกุ้งทำได้ง่าย สามารถให้พนักงานล้างทำความสะอาดได้ง่าย ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

การออกแบบทำให้ได้น้ำดีที่มีอุณหภูมิต่ำลง ก่อนถูกส่งไปยังเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อเป็นการลดภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นลง ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น สามารถประหยัดค่าไฟฟ้า สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นได้ 1,704,000 บาท/ปี ประสิทธิภาพในการใช้งานขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำเสียและน้ำดี ที่ไหลเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันที่แตกต่างไป จะทำให้ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย

ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย ในโรงงานกุ้งแช่แข็ง เป็นการนำอุณหภูมิความเย็นที่ทิ้งไปกับน้ำเสียนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ช่วยให้เกิดแนวคิดกับช่างในองค์กรของบริษัทที่จะหาทางลดการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ สามารถนำแนวคิดนี้ไปต่อยอดในการออกแบบกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ และเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืน

7.2 ด้านประสิทธิภาพ

จากการศึกษาที่ได้นำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย มาใช้งาน พบว่ามีประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถตอบสนองความต้องการใช้น้ำเย็นของฝ่ายผลิตได้ทันและเพียงพอต่อการใช้งาน อุณหภูมิน้ำเสียสูงขึ้นทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ บำบัดน้ำเสียดีขึ้น

7.3 ด้านลดต้นทุน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย พบว่าสามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นของโรงงานได้เป็นจำนวนมาก และสามารถลดต้นทุนในการจัดซื้อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีราคาแพงและค่าบำรุงรักษาสูง

7.4 ด้านลดเวลาและพลังงาน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย พบว่าสามารถลดเวลาในการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสียได้ และสามารถนำพลังงานความเย็น ที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เป็นการช่วยอนุรักษ์พลังงานได้อีกทางหนึ่ง

บทที่ 8

แผนการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

8.1 แนวคิดการดำเนินธุรกิจ

สามารถนำไปดำเนินการทางธุรกิจ โดยเป็นผู้ประกอบการใหม่ ทำการประกอบธุรกิจขนาดเล็ก เพื่อให้เกิดความสะดวกในการดำเนินการ มี Business Concept มุ่งเน้นให้คำปรึกษา โดยใช้จริยธรรมกับลูกค้าทุกคน โดยให้บริการผ่านช่องทางการบริการที่ทันสมัย รวดเร็ว และสะดวก เพื่อตอบสนองความพึงพอใจสูงสุดของลูกค้าเป็นสำคัญ ด้วยการให้บริการที่มีคุณภาพ ทั้งนี้เพื่อบรรลุถึงผลตอบแทนจากการลงทุนที่เหมาะสม

กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย คือ โรงงานแช่เยือกแข็งในประเทศไทยทั้งหมด

กลุ่มเป้าหมายหลัก คือ โรงงานแช่เยือกแข็ง ที่เป็นสมาชิกของ สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย จำนวน 254 แห่ง

กลุ่มเป้าหมายรอง คือ อุตสาหกรรมอื่นที่มีการปล่อยทิ้งพลังงานความร้อน หรือพลังงานความเย็น

8.2 การวิเคราะห์ประมาณการรายได้

สินค้า เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย ราคา 5 แสนบาทต่อเครื่อง ราคานี้พร้อมติดตั้งช่องทางการจำหน่าย ผ่าน ฝ่ายจัดซื้อของโรงงานแช่เยือกแข็งการส่งเสริมการขาย ทำประชาสัมพันธ์กับเจ้าของโรงงาน หรือธุรกิจ

8.3 การวิเคราะห์ประมาณการต้นทุน

ตาราง ประมาณการต้นทุนสินค้าขาย (3 ปี)

ลำดับที่	รายการ	ประเภทต้นทุน	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
1	ค่าผลิตภัณฑ์	ต้นทุนแปรผัน	1,360,000	1,770,000	2,124,000
2	ค่าน้ำประปา	ต้นทุนคงที่	960	1,056	1,162
3	ค่าไฟฟ้า	ต้นทุนคงที่	3,000	3,300	3,630
4	ค่าโทรศัพท์	ต้นทุนคงที่	1,200	1,320	1,452
5	เงินเดือนพนักงาน	ต้นทุนคงที่	600,000	660,000	726,000
	รวมต้นทุนผันแปร		1,360,000	1,770,000	2,124,000
	รวมต้นทุนคงที่		605,160	665,676	732,244
	รวมต้นทุนทั้งหมด		1,965,160	2,435,676	2,856,244

8.4 การวิเคราะห์ประมาณการกำไร

ตาราง ประมาณการงบกำไร-ขาดทุน (3 ปี)

ลำดับที่	รายการ	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
1	ยอดขาย	4,000,000	5,000,000	6,000,000
2	หัก ต้นทุนแปรผัน	1,360,000	1,770,000	2,124,000
3	กำไร/ขาดทุน ขั้นต้น	2,640,000	3,230,000	3,876,000
4	หัก ต้นทุนคงที่	605,160	665,676	732,244
5	กำไร/ขาดทุน จากการดำเนินงาน	2,034,840	2,564,324	3,143,756
6	หัก ค่าเสื่อม	-	-	-
7	หัก ดอกเบี้ยจ่าย เงินกู้ระยะยาว	-	-	-
8	หัก ดอกเบี้ยจ่าย	-	-	-
9	เงินกู้ระยะสั้น	-	-	-
10	กำไร/ขาดทุน สุทธิก่อนหักภาษี	2,034,840	2,564,324	3,143,756
11	หัก ภาษีเงินได้	-	-	-
12	กำไร/ขาดทุน สุทธิ	2,034,840	2,564,324	3,143,756

8.5 การวิเคราะห์ประมาณการระยะเวลาคืนทุน

วิเคราะห์ประมาณการระยะเวลาคืนทุน
เงินลงทุน 5,000,000 บาท
กำไรเฉลี่ย 2,580,973 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน 1.93 ปี

8.6 สรุปผลการดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืน

การดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืนคือ ต้องมีการกำหนด ระบบการจัดการภายในการจัดตั้งองค์กร กรอบวิสัยทัศน์ของผู้นำ การจัดการกระบวนการผลิต การจัดการการตลาด การบริหารงานขาย การจัดการด้านการเงิน การทำระบบบัญชี การบริหารงานบุคคล ระยะเวลาคืนทุน การทำกำไรแต่ละช่วงเวลา

การดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืน คือมั่นคง อยู่รอดตลอดไป ไม่ทิ้งภาระให้กับคนรุ่นหลัง รู้ทันเทคโนโลยี ปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง

เอกสารอ้างอิง

กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2547. **กรณีศึกษา 018. โครงการที่ประสบผลสำเร็จด้านการอนุรักษ์พลังงาน.** โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

Hisaka Works, Ltd. ออนไลน์. **Corporate Profile 2016 Version Hisaka.** สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จาก http://www.hisaka.co.jp/english/phe/catalog/index.html

2PT.Co., Ltd. ออนไลน์. **2PTcatalogue**. สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จาก http://www.2pt3q.com/catalogue

ดร.ปุณณมี สัจจกมล และคณะ, 2558. **การประเมิน Water Footprint สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม.**Heat Exchanger.ออนไลน์.สืบค้นวันที่22 กุมภาพันธ์ 2560.จากhttps://en.wikipedia.org/wiki/Heat_exchanger

Sadik Kakaç,Hongtan Liu,Anchasa Pramuanjaroenkij, 2012. ออนไลน์. **Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, Third Edition.** สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จาก https://books.google.co.th/books?id=sJXpvP6xLZsC&lpg=PA576&ots=MJn4XKnCcD&dq=us%20patent%20free%20heat%20exchanger&hl=th&pg=PP1#v=onepage&q=us%20patent%20free%20heat%20exchanger&f=false

Solomon C. Hollister, 1966. ออนไลน์. **Shell and tube heat exchanger US3258068 A.** สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จากhttps://www.google.com/patents/US3258068

Addison Y. Gunter, 1968. ออนไลน์. **Plate fin tube heat exchanger US 3397741 A.** สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จาก https://www.google.com/patents/US3397741

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน. ออนไลน์. สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ผชพ) ด้านความร้อน. สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. กระทรวงพลังงาน ออนไลน์. สืบค้นวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2560. จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html

เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ออนไลน์. สืบค้นวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2560. จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/dataenergy/DocEnergy/energy saving technogy13.html

การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ (Heat Recovery). ออนไลน์. สืบค้นวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2560. จาก http://ienergyguru.com/2015/08/heat-recovery/

Shell and tube heat exchanger. ออนไลน์. สืบค้นวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2560. จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Shell_and_tube_heat_exchanger

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารตีพิมพ์

ภาพ ก-1 เกียรติบัตร การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ประจำปี พ.ศ.2560

ภาพ ก-2 หน้าปกเอกสารตีพิมพ์ การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ประจำปี พ.ศ.2560

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมทร.พระนคร ครั้งที่ 2

Proceedings of the 2nd RMUTP Conference of Engineering and Technology

การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย กรณีศึกษา สายการผลิตกุ้งแช่แข็ง

Design and Development of Heat Exchanger for Treated Tank Water and Cool Waste Water : The Case Study of The Frozen Shrimp Production Line

อรุณ เทพพันธุ์[1], ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล[1] และ ประภาพร พลอยยอด[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานครE-mail: aroontp@hotmail.com and natworapol.r@rmutp.ac.th

[2]สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: prapaphron.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ นำน้ำเสียที่มีอุณหภูมิความเย็น 12-20 °C นำมาแลกเปลี่ยนกับอุณหภูมิของน้ำดี 29°C ทำให้น้ำดีหลังจากผ่านเครื่อง heat exchanger แล้วอุณหภูมิลดลงเหลือ19°C ก่อนที่ถูกส่งเข้าไปยังเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อลดอุณหภูมิลงไปที่ 15°C ส่งเข้าไปใช้ในกระบวนการผลิตทำให้ลดการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นลง แต่เนื่องจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในปัจจุบันแบบ Plate Heat Exchanger มีปัญหาในเรื่อง การอุดตันของเศษเนื้อเยื่อกุ้งง่าย และล้างทำความสะอาดยาก ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการวิจัย ออกแบบพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้นมาใหม่ แบบ Shell and tube ทรงเหลี่ยมมีฝาปิด-เปิด มีแผ่นกั้นบังคับทิศทางการไหลของน้ำเสีย โดยให้ผ่านด้านล่างและด้านบนของแต่ละแผ่นสลับกันไป ส่วนน้ำดี กำหนดให้ไหลอยู่ในท่อสแตนเลสที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½นิ้ว ยาว 6 เมตร ทั้งหมด 6 ชุด ระยะห่างแต่ละชุด 5 เซ็นติเมตร เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเสียที่ไหลผ่านด้านนอกของท่อ

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิของน้ำดี เท่ากับ 19°Cซึ่ งประหยัดค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นประมาณปีละ 886,485 บาท และสามารถล้างทำความสะอาดง่ายขึ้น โดยไม่ต้องมีการถอดชิ้นส่วนของอุปกรณ์ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

คำสำคัญ: Heat exchanger แบบ Shell and tube, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย

Abstract

The research objective is to utilize the waste water at 12 °C to 20 °C in exchange with the process water at the temperature of 29 °C. After the process water enters the heat exchanger, its temperature is reduced to 19°C and then will be delivered to the cooler so the temperature of the process water will further be reduced to 15°C prior to entering the production process. Consequently, the cooler' s energy consumption turns lower. The cooler types commonly being used in these days have problems about the clogged system caused by shrimp residue so the system cleanup is difficult and the maintenance cost is high. Concerning to this problem, the research and developments of the new heat exchanger are continually carried out. One achievement is the Shell and Tube Heat Exchanger type with the angled lid and the waste water flow control pads allowing the water alternatingly running through the lower part and upper part of each pad. The process water will flow through 6 sets of the stainless tubes with 2 mm. thickness, ½ inch diameter and 6 meter length. The space between each set is 5 centimeters for exchanging heat with the waste water flowing outside the tubes.

The study conclusion is that the new heat exchanger can reduce the temperature of the process water to 19°C so it can save the electricity cost of the cooler for 886,485 baht per year. The new system also makes the cleanup easier without taking off the equipment parts so it minimizes the maintenance cost as well.

Keywords: Shell and Tube Heat Exchanger, Heat Exchanger for treated tank water and cool waste water

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแช่แข็งมีการขยายตัวขึ้นตลอดเวลา มีโรงงานกระจายอยู่ตามจังหวัดติดชายฝั่งทะเล และที่อยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ ขบวนการผลิตกุ้งแช่แข็งมีขั้นตอนการผลิตที่จะมุ่งเน้นในเรื่อง ความสะอาด ถูกสุขลักษณะ และปลอดภัยแก่ผู้บริโภค จึงทำให้มีการใช้น้ำในการผลิตปริมาณมาก โดยน้ำที่ใช้จะมีทั้งน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองอุณหภูมิปกติ และน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ 10-15°C เพื่อรักษาคุณภาพของวัตถุดิบ สำหรับใช้ในขั้นตอนการผลิต น้ำเย็นได้มาจากเครื่องทำน้ำเย็น และการใช้น้ำแข็งแช่ตองวัตถุดิบ เพื่อรักษาสภาพไม่ให้เกิดการเน่าเสีย หรือเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ดังนั้นจึงทำให้เกิดน้ำเสีย จากการผลิตในแต่ละวันมีจำนวนมากซึ่งน้ำเสียที่ปล่อยทิ้ง มีอุณหภูมิที่ต่ำประมาณ 12-20°C จึงคิดที่จะนำเอาน้ำเสียอุณหภูมิต่ำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำดีที่ผ่านการกรองแล้ว เพื่อลดอุณหภูมิลงก่อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น ทำให้ลดภาระเครื่องทำน้ำเย็นลง และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงด้วย จึงได้ทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบ Plate Heat Exchanger โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนค่าซ่อมบำรุง 1 แสนบาทต่อปี แต่หลังจากนำมาใช้งานแล้ว มีปัญหาในเรื่องการอุดตันของเศษเนื้อเยื่อกุ้งในแผ่น plate และแผ่นรั่วทะลุจากการกัดกร่อนของเกลือที่ปนมากับน้ำเสีย ล้างทำความสะอาดยาก ต้องใช้ช่างผู้ชำนาญในการถอดอุปกรณ์ และล้างทำความสะอาด ดังรูปที่ 1 และ 2 ในการถอดล้างแต่ละครั้งทำให้ซีนยาง ขอบ ปะเก็น ชำรุดต้องเปลี่ยน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาสูง

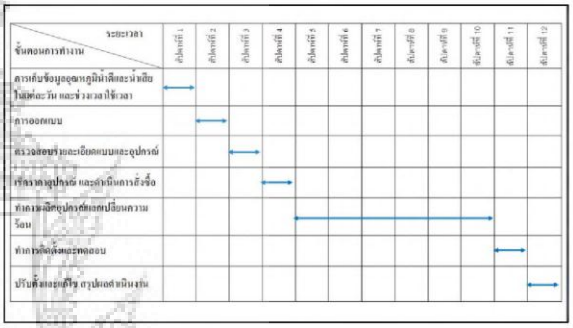
รูปที่ 1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีใช้อยู่ แบบ Plate Heat Exchanger

รูปที่ 2 การล้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Plate Heat Exchanger ที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการถอดล้างทำความสะอาด

จากปัญหาดังกล่าวได้มีแนวคิดทำการวิจัย ออกแบบพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้นมาใหม่ แบบ Shell and Tube Heat Exchanger ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถล้างทำความสะอาดง่าย และวิจัยหาความสัมพันธ์อัตราแลกเปลี่ยนความร้อน โดยการไหลของน้ำเสียจากที่สูงลง สู่ที่ต่ำ (Gravity) กับน้ำดีจากระบบกรองน้ำก่อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อหาอัตราความเร็วและปริมาณการไหลที่เหมาะสมในการใช้การจริง ละทำการปรับแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ในแต่ละช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิและปริมาณน้ำต่างกัน

2. วิธีการศึกษา

กำหนดระยะเวลา ในขั้นตอนการทำงาน ใช้เวลา 12 สัปดาห์ ดังรูปที่ 3

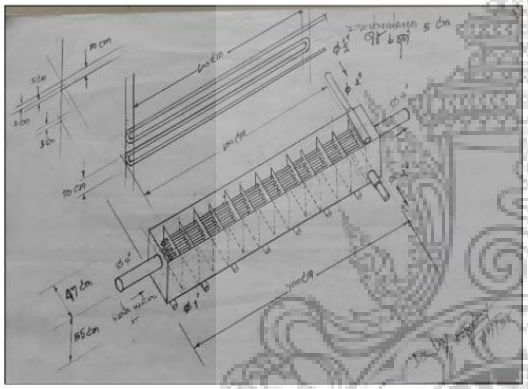


รูปที่ 3 ระยะเวลาในขั้นตอนการทำงานใช้ระยะเวลา 12 สัปดาห์

วิธีการศึกษาเริ่มจากทำการศึกษาระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 กระบวนการศึกษาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาแนวคิดการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell & tube ทดสอบโดย นำท่อสแตนเลสสำหรับแลกเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำดีมาต่อออนุกรมกัน 4 เส้น วางลงตามแนวรางระบายน้ำเสียที่มีความเย็น แล้วทำการวัดอุณหภูมิของน้ำได้ดังนี้ อุณหภูมิน้ำดีก่อนต่อเข้าท่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน 29°C วนผ่านน้ำเสียอุณหภูมิ 15°C น้ำดีที่ออกมามีอุณหภูมิ 19°C เป็นการทดสอบเพื่อให้ได้แนวคิดของเครื่องต้นแบบหลังจากนั้นจึงได้ร่างออกแบบร่างออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and tube มีทรงเหลี่ยมมีฝาปิดเปิดด้านบน มีแผ่นกั้นบังคับทิศทางการไหลของน้ำเสีย โดยให้ผ่านด้านล่างและด้านบนของแต่ละแผ่น สลับกันไป ส่วนน้ำดี กำหนดให้ไหลในอยู่ในท่อสแตนเลส ที่มีความหนา 2 mm. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½นิ้ว ยาว 6 m. ทั้งหมด 6 ชุด ระยะห่างแต่ละชุด 5 cm. เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเสียที่ไหลผ่านด้านนอกของท่อดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ร่างออกแบบแครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ท่อสแตนเลสในการแลกเปลี่ยนความร้อน

หลังจากขั้นตอนการออกแบบ ระบุรายละเอียดของแบบรวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของแบบ กำหนดรายละเอียดอุปกรณ์ที่ต้องสั่งผลิต ทำการเช็ดราคา เปรียบเทียบ ดำเนินการสั่งผลิต โดยมีการติดตามการดำเนินการผลิตทุกขั้นตอน เพื่อให้ผลิตได้ตรงกับความต้องการ และลดข้อผิดพลาดจากการผลิตแล้วดำเนินการนำเข้าไปตรงตำแหน่งประกอบติดตั้งระบบ ทดสอบ และบันทึกผลการศึกษา ได้ดังนี้ อุณหภูมิน้ำดีก่อนเข้าเครื่อง heat exchanger 29.3°C อุณหภูมิน้ำดีหลังจากผ่านเครื่อง heat exchanger 20.1°C มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย ดังรูปที่ 6 ดังนั้น เครื่อง heat exchanger สามารถทำให้อุณหภูมิน้ำดีลดลงได้ 9.2°C และทดสอบการใช้การพบว่าสามารถล้างทำความสะอาดได้ง่าย เพียงใช้น้ำฉีดล้าง ลดปัญหาการอุดตันของเศษเนื้อเยื่อกุ้ง ดังรูปที่ 7

รูปที่ 6 วัดอุณหภูมิน้ำดีที่วัดได้หลังผ่านเครื่อง heat exchanger แล้ว 20.1°C

รูปที่ 7 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดฝาเปิดสะดวก สามารถให้พนักงานล้างทำความสะอาดได้ง่าย

3. ผลการศึกษา

ผลการศึกษา การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย และการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิน้ำดี ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 การติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิน้ำดี

สรุปผลการศึกษานำมาคำนวณการประหยัดพลังงานโดยย่อได้ดังนี้

ปริมาณการใช้น้ำเย็น 220 m^3/วัน สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 2,841.3 บาท/วัน หากคิดที่วันทำงาน 26 วัน/เดือน สามารถประหยัดค่าไฟฟ้า สำหรับเครื่องทำน้ำเย็น ได้เดือนละ = 2,841.3 x 26 = 73,873.80 บาท/เดือน สามารถประหยัดค่าไฟฟ้า สำหรับเครื่องทำน้ำเย็น ได้ปีละ =

73,873.80 x 12 = 886,485.60 บาท/ปี ฉะนั้นจากการคำนวณ สรุปได้ว่าสามารถประหยัดค่าไฟฟ้า ได้ปีละ 886,485.60 บาท/ปี ต้นทุนค่าจัดทำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 177,096 บาท จุดคุ้มทุนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ = 177,096 ÷ 886,485.60 = 0.19 ปี ดังนั้นจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 2.3 เดือน อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน = (886,485.60 - 177,096) ÷ 886,485.60 x 100 = 80%

ประสิทธิภาพในการใช้งานขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำเสียและน้ำดี ที่ไหลเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวัน ที่แตกต่างไป โดยตามปกติอุณหภูมิน้ำเสียอยู่ที่ 12-20 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิน้ำดีอยู่ที่ 29 องศาเซลเซียส เมื่อผ่านท่อสแตนเลสของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell & tube ทำให้อุณหภูมิน้ำดีเหลือ 19 องศา

4. อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าขั้นตอนในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ เป็นการออกแบบที่แตกต่างจากการศึกษาอื่น ๆ ที่ผ่านมา โดยออกแบบการไหลของน้ำเสียให้เป็นลักษณะคลื่นวิ่งจากบนลงล่างสลับไปมาเพื่อการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell & tube สามารถลดอุณหภูมิของน้ำดีให้อยู่ที่ 19°C ทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นประมาณปีละ 886,485 บาท และสามารถล้างทำความสะอาดง่ายขึ้น เมื่อเทียบกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Plate โดยไม่ต้องมีการถอดชิ้นส่วนของอุปกรณ์ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา สามารถนำพลังงานความเย็น ที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เป็นการช่วยอนุรักษ์พลังงานได้อีกทางหนึ่ง

6. กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาหลักการค้นคว้าอิสระ คือ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และ ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรียะ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด และขอบพระคุณ บริษัท เมย์โอฟู้ดส์ จำกัด ในความร่วมมือ ของผู้บริหาร วิศวกรและพนักงานทุกท่าน ทำให้งานวิจัยบรรลุผลสำเร็จ และเกิดประโยชน์สูงสุดกับบริษัท

เอกสารอ้างอิง

[1] กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2551. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง. สุเทพการพิมพ์ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

[2] กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2547. กรณีศึกษา 018. โครงการที่ประสบผลสำเร็จด้านการอนุรักษ์พลังงาน. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

[3] Hisaka Works, Ltd. ออนไลน์. PHE Brochure. สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560 จาก http://www.hisaka.co.jp/english/phe/catalog/index.html

[4] 2PT.Co., Ltd. ออนไลน์. 2PTcatalogue.สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จาก http://www.2pt3q.com/catalogue

[5] ดร.ปุณณมี สัจจกมล และคณะ, 2558. การประเมิน Water Footprint สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม

[6] Heat Exchanger. ออนไลน์. สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_exchanger

[7] SadikKakaç,HongtanLiu,AnchasaPramuanjaroenkij, 2012. ออนไลน์. Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, Third Edition. สืบค้นวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560. จาก https://books.google.co.th/books?id=sJXpvP6xLZsC&lpg=PA576&ots=MJn4XKnCcD&dq=us%20patent%20free%20heat%20exchanger&hl=th&pg=PP1#v=onepage&q=us%20patent%20free%20heat%20exchanger&f=false

ประวัติผู้เขียนบทความ
นายอรุณ เทพพันธุ์ อายุ 54 ปี
การศึกษา
ปริญญาตรี เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม
ม.ราชภัฏธนบุรี
ประวัติการทำงาน
ผู้จัดการบริษัท ออลอูลเทคโนโลยี
ที่ปรึกษางานวิศวกรรมความเย็น บริษัทเมย์โอฟู้ดส์จำกัด
ที่ปรึกษางานวิศวกรรมความเย็น บริษัท เศรษฐชล จำกัด

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นายอรุณ เทพพันธุ์

วัน เดือน ปีเกิด 3 มกราคม 2506

ภูมิลำเนา เลขที่ 234/209 หมู่ 7 ถนนสุขุมวิท ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี	2557

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ผู้จัดการบริษัท ออลคูลเทคโนโลยี เลขที่ 234/209 หมู่ 7 ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280

ที่ปรึกษางานวิศวกรรมความเย็น บริษัท เมย์โอฟู้ดส์ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมบางปู หมู่ 2 ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280

ที่ปรึกษางานวิศวกรรมความเย็น บริษัท เศรษฐชล จำกัด เลขที่ 225 หมู่ 12 ถนนเทพารักษ์ ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540