

การนำความร้อนทิ้งจากน้ำล้างขวดกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อลดการใช้พลังงาน BOTTLE WASHING WASTE WATER HEATER RECOVERY SYSTEM

นายพิพัฒน์ อนันตโสภณ, นายกุลพิณัฐ ชุกกลิ่น, นายเทอดศักดิ์ มะลาซาลี¹⁾ และ อาจารย์ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ^{*2)}

1) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา* Email : pawinee@buu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการปรับปรุงระบบการทำน้ำร้อนเพื่อจ่ายให้แก่เครื่องล้างขวดในโรงงาน น้ำปลาพิไชย ซึ่งเดิมเมื่อจ่ายน้ำร้อนผ่านเครื่องล้างขวดแล้วทางโรงงานได้ปล่อยน้ำร้อนซึ่งยังมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงไปทิ้ง ประกอบกับคณะผู้ทำวิจัยได้สำรวจพบว่ายังมีน้ำร้อนจากคอนเดนเสทในบริเวณใกล้เคียงถูกปล่อยทิ้ง จึงได้ออกแบบโดยนำความร้อนที่ยังเหลืออยู่จากน้ำล้างขวด และน้ำจากคอนเดนเสท กลับมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่จะทำความร้อนด้วยไอน้ำก่อนส่งเข้าเครื่องล้างขวด นอกจากการออกแบบระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว คณะผู้ทำวิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน(Heat Exchanger)ที่ใช้ในระบบใหม่ ซึ่งเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell and tube

จากการประเมินเบื้องต้นพบว่าหากโรงงานทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าไปในระบบจะสามารถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำได้ 12,578 วัตต์ คิดเป็นต้นทุนที่ประหยัดได้ต่อวันเป็น 1,232 บาท/วัน คิดเป็นระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน โดยการศึกษาการทำงานของระบบนี้เป็นการจำลองการทำงานของระบบ เนื่องจากข้อจำกัดในการสร้างอุปกรณ์ และโรงงานยังไม่พร้อมที่จะปรับปรุงได้ในขณะนี้

1. บทนำ

ในปัจจุบัน โรงงาน น้ำปลาพิไชย จำกัด ใช้น้ำร้อนมาทำความสะอาดขวดบรรจุน้ำปลา โดยในกระบวนการใช้น้ำของเครื่องล้างขวดนั้น ไอน้ำที่ออกจากหม้อต้มไอน้ำถูกส่งไปใช้ในกระบวนการล้างขวดบรรจุน้ำปลา โดยในสภาพปัจจุบันทางโรงงานได้นำไอน้ำในส่วนนี้ มาทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็น 38 องศาเซลเซียส ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดคอยล์ให้น้ำมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจากนั้นนำน้ำร้อนนี้ ส่งเข้าสู่เครื่องล้างขวด เมื่อผ่านเครื่องล้างขวดแล้วน้ำร้อนจะมีอุณหภูมิ 69 องศาเซลเซียส และ ถูกปล่อยทิ้งไป นับเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อนเนื่องจากการปล่อยน้ำร้อนทิ้งโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์

นอกจากนี้คณะผู้ทำวิจัยยังพบอีกว่าไอน้ำหลังจากแลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยน

ความร้อนชนิดคอยล์มีอุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส ได้ถูกนำมารวมกับน้ำที่ควบแน่นจากน้ำอ้อมตัวและปล่อยทิ้งสู่ธรรมชาตินับเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยเปล่าประโยชน์อีกครั้ง

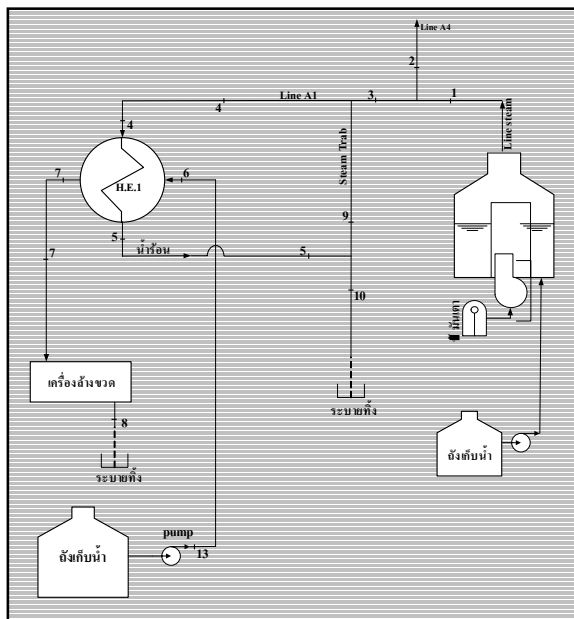
จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นคณะผู้ทำวิจัยจึงได้มีความคิดที่จะนำความร้อนทิ้งจากน้ำล้างขวดในส่วนนี้กลับมาใช้ประโยชน์เพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการต้มน้ำโดยนำความร้อนจากน้ำที่ปล่อยทิ้งมาอุ่นหรือแลกเปลี่ยนความร้อนโดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ก่อนป้อนน้ำเข้าเครื่องล้างขวดต่อไป

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 ศึกษาชนิดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) และทฤษฎีหลักการคำนวณ รวมถึงศึกษาเงื่อนไขการออกแบบและ

การเลือกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ที่จะสร้าง

2.2 เข้าไปเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของระบบการใช้ไอน้ำของเครื่องล้างขวดของโรงงาน โดยข้อมูลที่ได้ทำการเก็บจากโรงงานจะอธิบายโดยการแสดงเป็นไดอะแกรมของระบบการใช้ไอน้ำของเครื่องล้างขวด ดังนี้



รูปที่ 1. แสดงไดอะแกรมของระบบการใช้ไอน้ำของเครื่องล้างขวดในปัจจุบัน

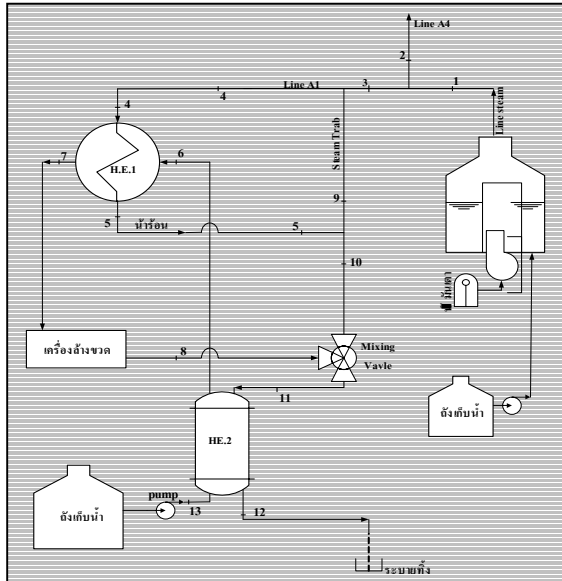
จากไดอะแกรมของระบบการใช้ไอน้ำของเครื่องล้างขวด ไอน้ำที่ออกจากหม้อต้มไอน้ำถูกนำมาใช้งานสองส่วน คือ ส่วนแรกนำไอน้ำไปใช้ในกระบวนการล้างขวดบรรจุน้ำปลาขนาดใหญ่ (Line A 4) ส่วนที่สองคือส่วนที่ได้นำมาศึกษาในโรงงานนี้เป็นการนำไอน้ำมาใช้ในกระบวนการล้างขวดบรรจุน้ำปลาขนาดเล็กกว่าโดยในสภาพปัจจุบันทางโรงงานได้นำไอน้ำในส่วนนี้ (ตำแหน่งที่ 4) ซึ่งมีอุณหภูมิ $T_4 = 135$ องศาเซลเซียส ความดัน 3 bar มาทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็น $T_6 = 38$ องศาเซลเซียส ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดคอยล์ (H.E.1) ตำแหน่งที่ 7 ให้น้ำมีอุณหภูมิ $T_7 = 70$ องศาเซลเซียส จากนั้นนำน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มาล้างขวดและถูกปล่อยทิ้งที่ตำแหน่งที่ 8 (ตำแหน่งที่

เป็นเส้นปะ) ซึ่งที่ตำแหน่งนี้น้ำทิ้งมีอุณหภูมิ $T_8 = 69$ องศาเซลเซียส และอัตราการไหลเชิงปริมาตร $\dot{V}_8 = 104.17 \times 10^{-6}$ เมตร³/วินาที ซึ่งตำแหน่งที่ 8 นี้เองเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อนเนื่องจากการปล่อยน้ำร้อนทิ้งโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์

นอกจากนี้คณะผู้ทำวิจัยยังพบอีกว่าไอน้ำหลังจากแลกเปลี่ยนความร้อนตำแหน่งที่ 5 มีอุณหภูมิ $T_5 = 83$ องศาเซลเซียส ได้ถูกนำมารวมกับน้ำที่ควบแน่นจากน้ำอ้อมตัวตำแหน่งที่ 9 และปล่อยทิ้งสู่ธรรมชาติที่ตำแหน่ง 10 (ตำแหน่งที่เป็นเส้นปะ) นับเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยเปล่าประโยชน์โดยอีกตำแหน่งและที่ตำแหน่ง 10 มีอัตราการไหลเชิงปริมาตร $\dot{V}_{10} = 12.67 \times 10^{-6}$ เมตร³/วินาที

2.3 การวางแผนปรับปรุงระบบการใช้ไอน้ำของเครื่องล้างขวดเพื่อการประหยัดพลังงานในการต้ม น้ำ จากค่าความร้อนของระบบที่สูญเสียโดยการปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งความร้อนดังกล่าวไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้มองเห็นประโยชน์ของความร้อนที่ทิ้งนี้จึงได้ทำการปรับปรุงระบบ (Line A1) นี้ โดยจุดที่สามารถปรับปรุงได้นั้นคือจุดน้ำป้อนก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (H.E.1) ซึ่งปัจจุบันทางโรงงานใช้น้ำป้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ไปรับความร้อนจากไอน้ำที่มาจากตำแหน่งที่ 4

เมื่อน้ำป้อนที่จะนำไปล้างขวดนี้มีอุณหภูมิได้ 70 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิได้ 70 องศาเซลเซียส จะมีการหยุดป้อนน้ำตำแหน่งที่ 6. ดังนั้นหากสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนตำแหน่งที่ 6. นี้ได้ก็จะเป็นการประหยัดพลังงานไอน้ำที่เข้าจุดที่ 4 ได้ ดังนั้นคณะผู้จัดทำวิจัยเห็นว่าควรนำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (H.E.2) และ Mixing valve มาใช้เพื่อดึงค่าความร้อนทิ้งในตำแหน่งที่ 8 และตำแหน่งที่ 10 มาอุ่นน้ำป้อน ดังแสดงในไดอะแกรมในรูปที่ 2.



รูปที่ 2. แสดงไดอะแกรมของระบบการใช้ไอน้ำของเครื่องล้างขวดที่จะปรับปรุง

2.4 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อในเชลล์ (H.E.2) หลังจากที่ได้คณะผู้ทำวิจัยเข้าไปเก็บข้อมูลในโรงงานและข้อมูลบางส่วนได้จากการคำนวณเบื้องต้นและในขั้นตอนต่อไปนี้จะเป็นการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อในเชลล์ (Shell and tube, H.E. 2) เพื่อใช้ในการช่วยประหยัดพลังงาน

ขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ออกแบบได้กำหนดให้มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีค่าเท่ากับ $96.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ และค่าอุณหภูมิที่ออกแบบไว้ทั้งทางเข้าทางออกน้ำร้อนและน้ำเย็น มีค่าเท่ากับ 73.4, 49.3 และ 33.0, 60 องศาเซลเซียสตามลำดับ และจำนวนเที่ยวการไหลเป็นแบบที่เดียวกัน การไหลเป็นแบบสวนทางกัน

ดังนั้นจะได้ขนาดดังต่อไปนี้ท่อให้น้ำเย็นใช้ทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.01905 m หนา 0.0006 mm ยาว 1.5 m วิธีการเรียงท่อเป็นแบบสลับเหลี่ยมด้านเท่า ระยะพิทช์เท่ากับ 0.0245 m และจำนวนท่อทั้งหมด 91 ท่อ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเชลล์ 0.3048 m หนา 2 mm แผ่นกันมีพื้นที่เปิด 20 % ของวงกลม จำนวน 6 แผ่น วางห่างกัน 29 cm

2.5 ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากค่าที่ได้จากการคำนวณขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่แสดงไว้ในหัวข้อที่ผ่านมาและจากนั้นก็นำค่าเหล่านี้มาเขียนแบบและก็ทำการจัดซื้อวัสดุตามที่ต้องการและเมื่อได้วัสดุตามที่ต้องการแล้วก็ทำการสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างแสดงไว้ดังรูปที่ 3.



รูปที่ 3. แสดงลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้าง

3. ผลการดำเนินงาน

จากการจำลองระบบการใช้ไอน้ำของเครื่องล้างขวดในโรงงาน น้ำปลาพิจัยเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ที่สภาวะอุณหภูมิทางเข้าของน้ำเย็นมีค่าเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ที่สภาวะอุณหภูมิทางเข้าของน้ำร้อนมีค่าเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็นมีค่าเท่ากับ 7 ลิตร/นาที ผลการทดสอบที่ได้คือ อุณหภูมิของน้ำป้อนเพิ่มขึ้น 12 องศาเซลเซียส จาก 34 องศาเซลเซียส เป็น 46 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำทิ้งลดลง 9 องศาเซลเซียส จาก 70 องศาเซลเซียส เป็น 61 องศาเซลเซียส โดยที่สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่ได้คือ 59.69 วัตต์/เมตร²เคลวิน เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่ได้จริงนี้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ออกแบบไว้พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันเนื่องจากประสบการณ์และข้อจำกัดในการทำโครงงาน

จากการประเมินผลเบื้องต้นหากติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าไปในระบบจะสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนได้เป็นผลให้การใช้พลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำลดลง

นายพิพัฒน์ อนันตโสภณ
นายกมลพิชญ์ ชุกกลิ่น
นายเทอดศักดิ์ มะลาซาลี
29 มีนาคม 2547

4. สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการประเมินพบว่าหากโรงงานทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าไปในระบบจะสามารถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำได้ 12,578 วัตต์ คิดเป็นต้นทุนที่ประหยัดได้ต่อวันเป็น 1,232 บาท/วัน และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน

เนื่องจากประสบการณ์ในการสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การทดลองยังมีข้อจำกัดและทางโรงงานยังไม่สามารถที่จะนำเครื่องนี้เข้าไปติดตั้งในระบบได้ในขณะนี้

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการทางวิศวกรรมนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้รับความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโรงงานอุตสาหกรรม สำนักปริญญาดำเนินการประจำปี 2546

ขอขอบพระคุณ บริษัท น้ำปลาพิไชย จำกัด เป็นอย่างยิ่งที่ให้โอกาสในการทำโครงการ คุณธานีธรรมสุนทร ที่ให้ความรู้คำแนะนำตลอดและทั้งจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ ช่างเทคนิคประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่และให้ความรู้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำโครงการ

ตลอดจนได้รับความกรุณา และปรารถนาดีจาก อาจารย์ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้ความรู้คำแนะนำตลอดการทำโครงการ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ทั้งนี้หากรายงานมีข้อผิดพลาดประการใดคณะผู้ทำโครงการขออภัยและขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. วิศิษฐ์ จาตุรमान. *กลศาสตร์ของไหล*. แผนกวิชาช่างยนต์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ, 2544
2. มนตรี พิรุณเกษตร. *การถ่ายเทความร้อน ฉบับเตรียมสอบและเสริมประสบการณ์*. กรุงเทพฯ. วิทยพัฒน์, 2542
3. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล. *อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในอุตสาหกรรม*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งแรก, 2536
4. Janna, William S. Engineering. *Heat Transfer*. PWS Pubis hers. United States of America, 1986