

บทที่ 3

การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่

บทที่ 3 การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่	
3.1 ความร้อนเหลือทิ้ง(waste heat) ในโรงงานอุตสาหกรรม	หน้า 141
— ความร้อนเหลือทิ้งคืออะไร	หน้า 142
— ความร้อนเหลือทิ้งมีคุณภาพแตกต่างกันอย่างไร	หน้า 142
— ความร้อนเหลือทิ้งนำไปใช้ในรูปแบบใดบ้าง	หน้า 142
3.2 แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่	หน้า 143
— (1) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่	หน้า 143
— (2) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำร้อนหรือของเหลวร้อนกลับมาใช้ใหม่	หน้า 147
— (3) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่	หน้า 153
3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้เหมาะสมกับงาน	หน้า 157
3.4 แนวทางการตรวจวินิจฉัยและบำรุงรักษาเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	หน้า 158
— การตรวจวินิจฉัย เพื่อหาศักยภาพในการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ทำอะไร	หน้า 158
— การบำรุงรักษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานมีอะไรบ้าง	หน้า 159
3.5 กรณีตัวอย่าง	หน้า 159

3.1 ความร้อนเหลือทิ้ง(waste heat)ในโรงงานอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานความร้อน มักจะมีความร้อนที่ใช้ไม่หมด แล้วปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นโรงงานควรสำรวจแหล่งของความร้อนที่ปล่อยทิ้ง แล้วหาแนวทางนำกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการใช้พลังงานความร้อนลดต่ำลง

○ ความร้อนเหลือทิ้งคืออะไร?

พลังงานความร้อนที่ปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศหลังจากผ่านการใช้ประโยชน์แล้วซึ่งอาจอยู่ในรูปอากาศ ก๊าซ น้ำ หรือของเหลวอื่นที่มีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศ

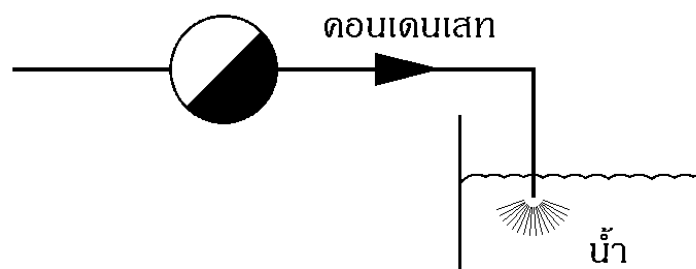
○ ความร้อนเหลือทิ้งมีคุณภาพแตกต่างกันอย่างไร?

อุณหภูมิเป็นตัวบอกระยะและคุณภาพของความร้อนเหลือทิ้ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพสูง มีอุณหภูมิในช่วง $600-1,600^{\circ}\text{C}$ มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปก๊าซไอเสียจากเตาเผา เหมาะที่จะนำไปใช้กับระบบผลิตกำลัง(power generation) ระบบผลิตกำลังงานและความร้อนร่วม(cogeneration) ระบบผลิตความเย็นแบบดูดกลืน(absorption chiller) หรือนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง เช่น อุ่นวัตถุดิบหรืออุ่นอากาศ
2. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพปานกลาง มีอุณหภูมิในช่วง $200-600^{\circ}\text{C}$ มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปก๊าซไอเสียจากหม้อไอน้ำ กังหันก๊าซ เครื่องยนต์ หรือเตาขึ้นรูปโลหะ เหมาะที่จะนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำความดันปานกลางหรือนำไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง
3. ความร้อนเหลือทิ้งคุณภาพต่ำ มีอุณหภูมิในช่วง $35-200^{\circ}\text{C}$ มักเป็นความร้อนทิ้งในรูปคอนเดนเสท น้ำและของเหลวที่ใช้ระบายความร้อน และอากาศระบายความร้อน เหมาะที่จะนำไปใช้ในการให้ความร้อนขั้นต้น เช่น อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ อุ่นของเหลว อุ่นอากาศ และทำน้ำร้อน หรือนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง

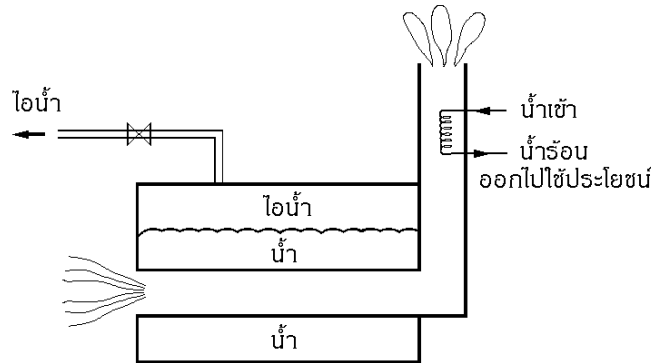
○ ความร้อนเหลือทิ้งนำไปใช้ในรูปแบบใดได้บ้าง?

1. นำไปใช้โดยตรง(direct heating) โดยการสัมผัสกับวัสดุอุปกรณ์โดยตรง หรือผสมคลุกเคล้ากับอากาศ ก๊าซ หรือของเหลวที่ต้องการให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความสะอาด



รูปที่ 3.1-1 การนำความร้อนเหลือทิ้งไปใช้โดยตรง

2. นำไปใช้โดยอ้อม(indirect heating) โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น ก๊าซกับก๊าซ ของเหลวกับก๊าซ หรือของเหลวกับของเหลว ดังนั้นปริมาณความร้อนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.1-2 การนำความร้อนเหลือทิ้งไปใช้โดยอ้อม

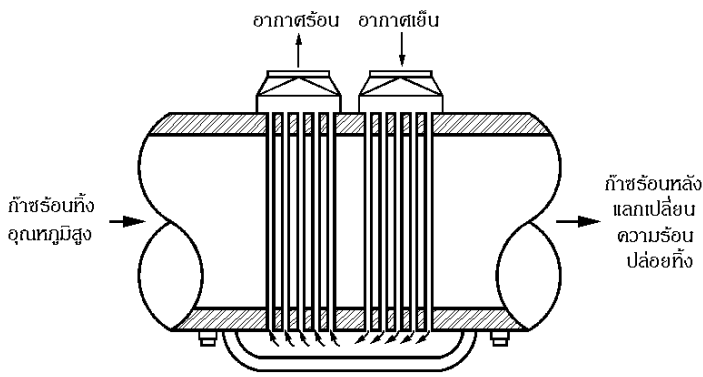
3.2 แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่

แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ สามารถสรุปได้ดังนี้

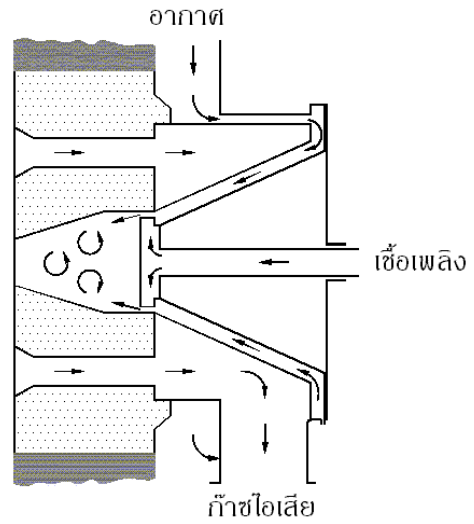
- (1) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่
- (2) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำร้อนหรือของเหลวร้อนกลับมาใช้ใหม่
- (3) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่

(1) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่

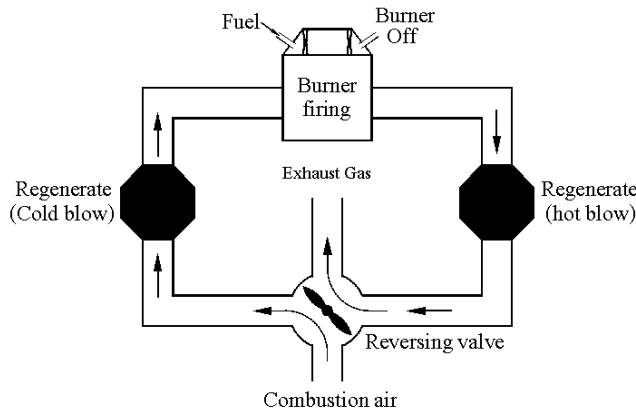
ก๊าซไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากหม้อไอน้ำหรือเตาเผา ถือเป็น การสูญเสียความร้อนในปริมาณที่มาก คือ ประมาณ 10-50 % ดังนั้น ควรนำกลับมาใช้ประโยชน์ในแนวทางดังต่อไปนี้ (1) นำมาใช้อุ่นอากาศก่อนเข้าเผาไหม้โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เช่น recuperator (รูปที่ 3.2-1 ก.) recuperative burner (รูปที่ 3.2-1 ข.) regenerative burner (รูปที่ 3.2-1 ค.) และ air preheater (รูปที่ 3.2-1 ง.) (2) นำมาใช้ผลิตไอน้ำโดยใช้ waste heat boiler (รูปที่ 3.2-1 จ.) (3) นำมาใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำโดยใช้ economizer (รูปที่ 3.2-1 ฉ.) (4) นำมาอุ่นชิ้นงานก่อนเข้าเตาเผาโดยเพิ่มบริเวณ preheating zone (รูปที่ 3.2-1 ช.) (5) นำอากาศร้อนจากบริเวณ cooling zone ไปใช้ในการอบแห้ง (รูปที่ 3.2-1 ซ.)



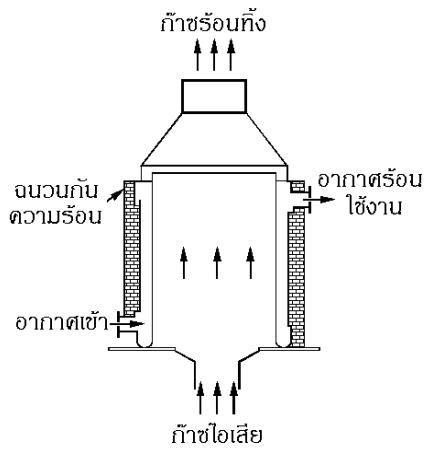
ก. Recuperator



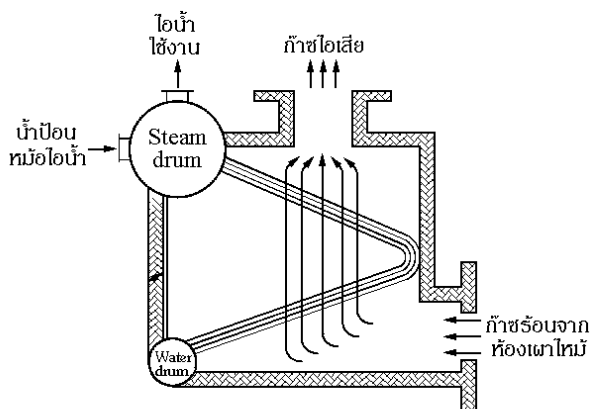
ข. Recuperative Burner



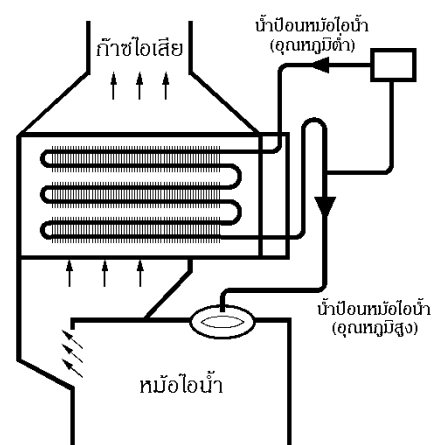
ค. Regenerative Burner



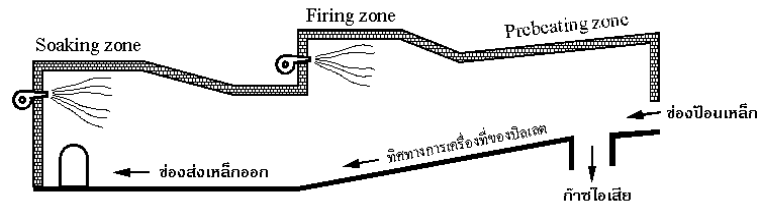
ง. Air Preheater



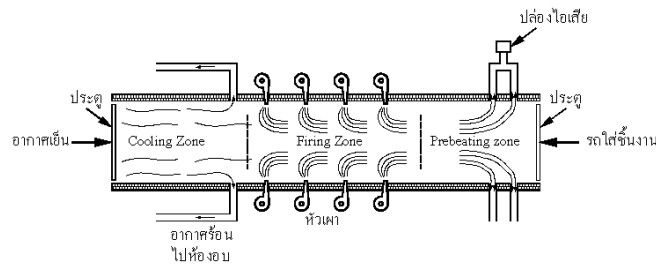
จ. waste heat boiler



ฉ. Economizer



ข. เพิ่มบริเวณ Preheating Zone เพื่ออุ่นชิ้นงาน



ช. นำอากาศร้อนจาก Cooling Zone ไปอบแห้ง

รูปที่ 3.2-1 แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่

○ การนำก๊าซไอเสียปล่อยทิ้งกลับมาใช้ควรพิจารณาอะไรบ้าง ?

การนำก๊าซไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่ จะนำมาใช้โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นโลหะที่สามารถทนต่ออุณหภูมิก๊าซไอเสียนั้นได้ ถ้าก๊าซไอเสียมีอุณหภูมิสูงมากอาจใช้เซรามิกส์ แต่ราคาจะสูงมาก นอกจากนี้การนำความร้อนจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ ควรคำนึงถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point) ของกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) ซึ่งเกิดจากเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของกำมะถัน ส่วนเชื้อเพลิงที่ไม่มีองค์ประกอบของกำมะถันสามารถนำก๊าซไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ ในการคำนวณจะใช้อุณหภูมิต่ำสุดของก๊าซไอเสียหลังจากนำกลับมาใช้ประโยชน์แล้วไม่ต่ำกว่า 180°C และประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน 70% นอกจากนี้ ปริมาณความร้อนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อย่างขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิของก๊าซไอเสีย และขนาดพิกัดของเตา ดังตารางที่ 3.2-1

ตารางที่ 3.2-1 ร้อยละการนำก๊าซไอเสียจากเตาอุตสาหกรรมกลับมาใช้

อุณหภูมิก๊าซไอเสีย ที่ออกจากเตาอุตสาหกรรม (°C)	ขนาดพิกัดเตาอุตสาหกรรม (GJ/h)		
	>84	21 - 84	4.2 - 21
< 600	25	25	-
600 - 800	35	30	25
800 - 900	40	30	25
> 900	45	35	30

○ คำนวณตามขั้นตอนดังนี้

1. ทราบชนิดเชื้อเพลิง หาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดทั้งปีจาก log sheet ที่โรงงานบันทึกไว้
2. วัดปริมาณออกซิเจนและอุณหภูมิในไอเสียโดยวัดตำแหน่งที่ก๊าซไอเสียออกจากห้องเผาไหม้

3. ใช้รูป 1.2-5, 2.2-4 หรือตาราง 1.2-3, 2.2-2 สำหรับน้ำมันเตาซี รูป 1.2-6, 2.2-5 หรือตาราง 1.2-4, 2.2-3 สำหรับถ่านหินบิทูมินัส และรูป 1.2-7, 2.2-6 หรือตาราง 1.2-5, 2.2-4 สำหรับก๊าซธรรมชาติ
4. หาร้อยละการสูญเสียความร้อนทางปล่องไอเสียเดิม โดยนำค่าปริมาณออกซิเจนส่วนเกินในก๊าซไอเสียและอุณหภูมิก๊าซไอเสีย ไปหาค่าตามตารางชนิดของเชื้อเพลิง
5. หาร้อยละการสูญเสียความร้อนทางปล่องไอเสียใหม่ โดยใช้ค่าปริมาณออกซิเจนส่วนเกินในก๊าซไอเสียเท่าเดิม และอุณหภูมิก๊าซไอเสียใหม่
6. นำร้อยละการสูญเสียที่ได้ทั้งสองค่าลบกัน แล้วคูณด้วยประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งใช้ค่า 70% จะได้ร้อยละของความร้อนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้
7. นำร้อยละของความร้อนที่นำกลับมาใช้ได้คูณด้วยปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งปี จะได้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้จากการนำความร้อนจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้

○ ตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจ

โรงงาน ECON ติดตั้งเตาเผาขึ้นรูปเหล็ก โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาซีปีละ 10 ล้านลิตร จากการตรวจวัดก๊าซไอเสียออกปล่อง พบว่ามีปริมาณออกซิเจนส่วนเกิน 4% และอุณหภูมิก๊าซไอเสีย 850°C อุณหภูมิอากาศในบรรยากาศ 35°C โรงงานคิดที่จะนำความร้อนจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์โดยนำมาอุ่นอากาศก่อนเข้าเผาไหม้ โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(recuperator) ซึ่งมีประสิทธิภาพ 70% โดยให้อุณหภูมิก๊าซไอเสียหลังจากแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วมีอุณหภูมิประมาณ 300°C จงหาว่าโรงงานสามารถนำความร้อนจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ได้เท่าใด และสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้เท่าใด

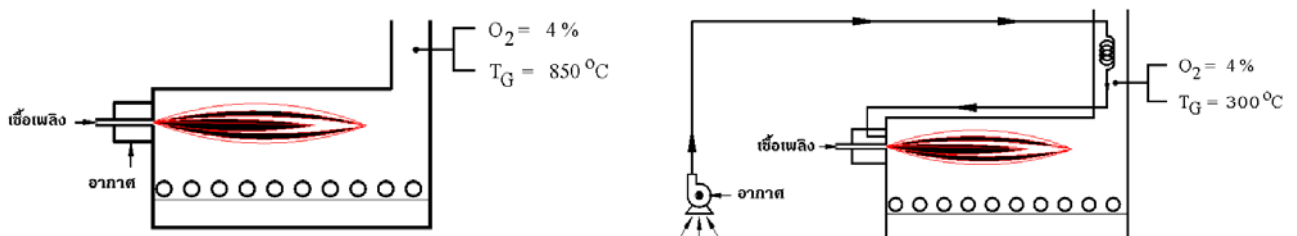
จากตาราง 2.2-2 หรือรูป 2.2-4 น้ำมันเตาซีที่ออกซิเจนส่วนเกินในก๊าซไอเสีย 4% และอุณหภูมิก๊าซไอเสีย 850°C พบว่ามีปริมาณความร้อนสูญเสียทางปล่อง 39.76% และอุณหภูมิก๊าซไอเสีย 300°C พบว่ามีปริมาณความร้อนสูญเสียทางปล่อง 12.11%

ร้อยละของความร้อนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้

$$= (39.76 - 12.11) \times (\text{ประสิทธิภาพอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ } 70\%) = 19.36 \%$$

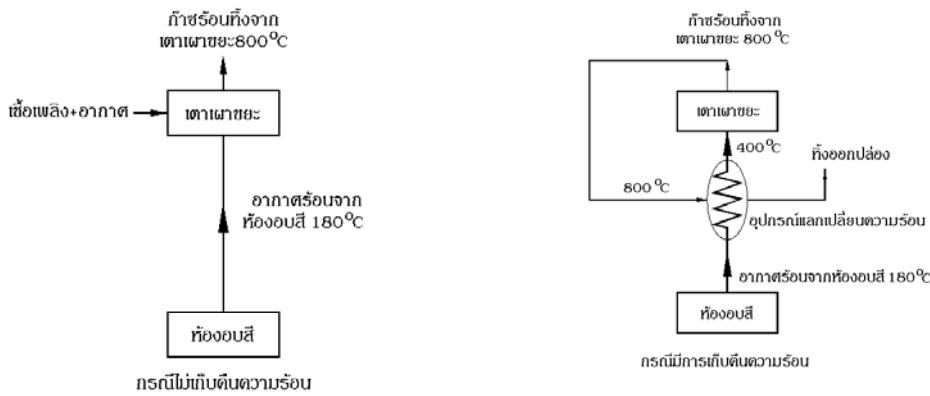
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง = (ร้อยละของความร้อนที่สูญเสียลดลง/100) x ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี

$$= (19.36/100) \times 10,000,000 = 1,936,000 \text{ ลิตร/ปี}$$



ตัวอย่างที่ 2

โรงงานมีห้องอบสีที่มีอุณหภูมิอากาศร้อนทิ้งที่ 180°C ต้องการนำอากาศร้อนดังกล่าวไปเผาในเตาเผาขยะเพื่อทำลายกลี้นและสารไวไฟ และอุณหภูมิก๊าซร้อนทิ้งของเตาเผาอยู่ที่ 800°C จึงคิดจะนำก๊าซร้อนทิ้งจากเตาเผาขยะกลับมาใช้ โดยนำไปแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับอากาศร้อนที่ออกจากห้องอบสี ซึ่งคิดว่าจะเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 180°C เป็น 400°C จงหาว่าโรงงานจะลดการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาขยะได้เท่าใด



พลังงานความร้อนที่ใช้ในการเผาขยะในกรณีไม่มีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

$$= \dot{m} \times C_p \times (800 - 180) = 620 \dot{m} C_p$$

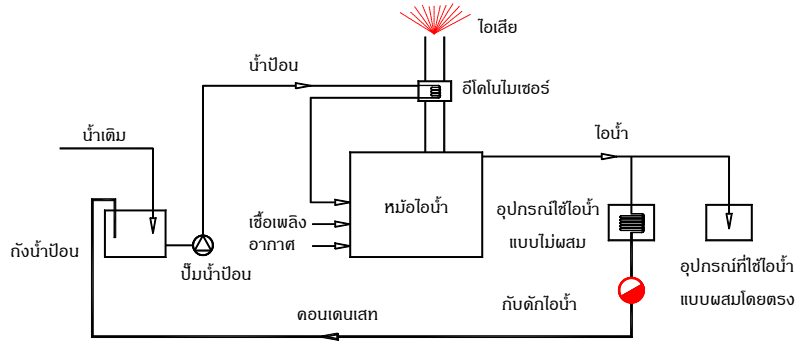
พลังงานความร้อนที่ใช้ในการเผาขยะในกรณีมีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

$$= \dot{m} \times C_p \times (800 - 400) = 400 \dot{m} C_p$$

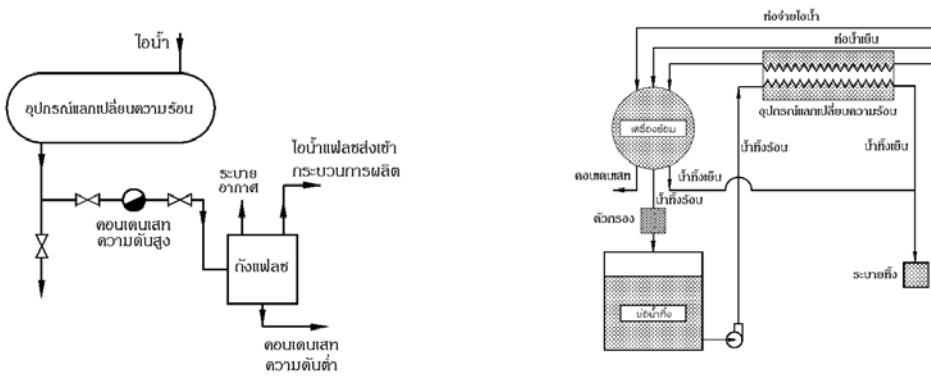
$$\text{โรงงานประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้} = \frac{620 - 400}{620} \times 100 = 35.48 \%$$

(2) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำร้อนหรือของเหลวร้อนกลับมาใช้ใหม่

น้ำหรือของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ ถือว่าเป็นของเหลวที่มีพลังงานอยู่ภายใน ซึ่งถ้าของเหลวนั้นสะอาด เช่น น้ำคอนเดนเสท หรือน้ำระบายความร้อนในกระบวนการผลิต ก็ควรนำกลับมาใช้โดยตรงกับหม้อไอน้ำ (รูปที่ 3.2-2 ก) หรือนำมาผลิตไอน้ำแฟลชเพื่อนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิต (รูปที่ 3.2-2 ข) แต่ถ้าของเหลวนั้นสกปรก เช่น น้ำร้อนในกระบวนการฟอกย้อม น้ำระบายของหม้อไอน้ำ หรือน้ำร้อนในกระบวนการผลิต การนำกลับจะต้องใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เช่น การนำความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำย้อมกลับมาใช้อุ่นน้ำก่อนเข้าเครื่องย้อม (รูปที่ 3.2-2 ค) หรือนำน้ำระบายที่มีความดันสูงมาผลิตไอน้ำแฟลชเพื่อนำไปอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (รูปที่ 3.2-2 ง) ประเภทของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้โดยทั่วไปมักจะเป็นแบบแผ่น (plate heat exchanger) (รูปที่ 3.2-3 ก.) และแบบถังและท่อ (shell and tube heat exchanger) (รูปที่ 3.2-3 ข) ซึ่งมักจะเป็นแบบไหลสวนทางกันเพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่า

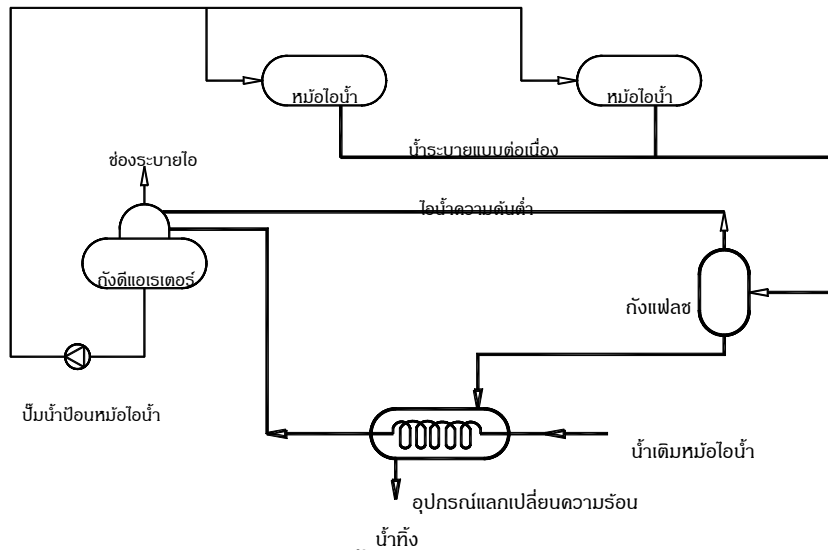


ก. การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้โดยตรงกับหม้อไอน้ำ



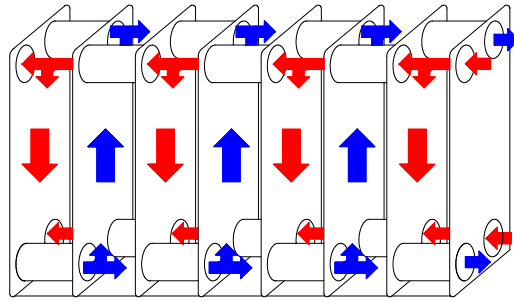
ข. การนำคอนเดนเสทกลับมาผลิตไอน้ำ

ค. การนำความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำย้อมผ้ากลับมาใช้อุ่นน้ำก่อนเข้าเครื่องย้อม

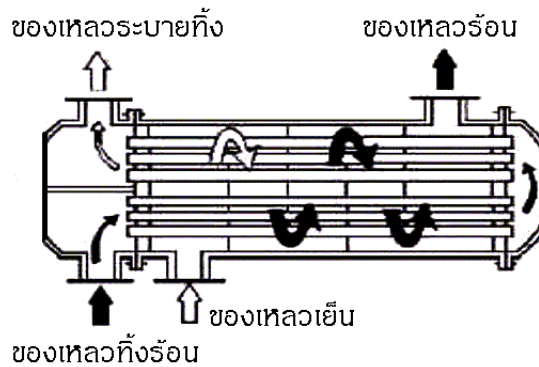


ง. การนำน้ำระบายกลับมาใช้

รูปที่ 3.2-2 แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำร้อนหรือของเหลวร้อนกลับมาใช้ใหม่



ก. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น



ข. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบถังและท่อ

รูปที่ 3.2-3 ประเภทของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

○ การนำน้ำร้อนหรือของเหลวร้อนกลับมาใช้ควรพิจารณาอะไรบ้าง

น้ำร้อนหรือของเหลวร้อนถือเป็นแหล่งพลังงานคุณภาพต่ำ ดังนั้นความคุ้มค่าในการลงทุนและเสถียรภาพในการนำกลับมาใช้ถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ จึงควรพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้คือ ความต่อเนื่องของความร้อนที่ปล่อยทิ้ง ระดับอุณหภูมิของของเหลวที่ปล่อยทิ้ง ปริมาณความร้อนที่ปล่อยทิ้ง ความสะอาด และจุดที่มีจะนำกลับมาใช้ประโยชน์

○ สามารถนำความร้อนจากน้ำร้อนหรือของเหลวร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ได้เท่าใด ?

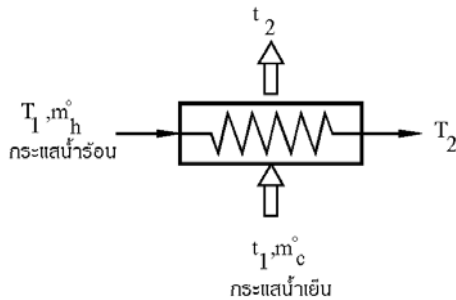
พลังงานความร้อนที่อยู่ในน้ำร้อนหรือของเหลวร้อนเป็นความร้อนสัมผัส สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad 3.2-1$$

เมื่อ

Q	=	อัตราความร้อนที่อยู่ในของเหลว	(kJ/h)
\dot{m}	=	อัตราการไหล	(kg/h)
C_p	=	ค่าความร้อนจำเพาะ	(kJ/kg/°C)
ΔT	=	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง	(°C)

$$\begin{aligned} \text{สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน} (\varepsilon_{\text{HX}}) &= \text{พลังงานความร้อนที่นำกลับ} / \text{พลังงานความร้อนสูงสุด} \\ &= \dot{m}_c C_{pc} (t_2 - t_1) / \dot{m}_h C_{ph} (T_1 - t_1) \end{aligned} \quad 3.2-2$$



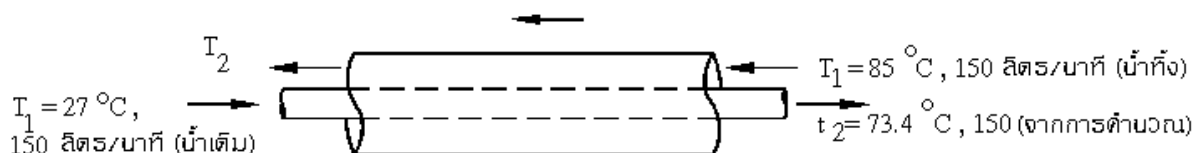
$$\begin{aligned} \text{อัตราการประหยัดเชื้อเพลิง} &= \text{อัตราความร้อนที่นำกลับ} / (\text{ค่าความร้อนต่ำของ} \\ &\quad \text{เชื้อเพลิง} \times \text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ}) \\ &= \dot{m}_c C_{pc} (t_2 - t_1) / (HL \times \eta_B) \end{aligned} \quad 3.2-3$$

○ ขั้นตอนการหาปริมาณความร้อนจากการนำน้ำร้อนหรือของเหลวร้อนกลับมาใช้

1. ใช้ตารางสำเร็จรูปเพื่อช่วยต่อการคำนวณ
2. กรอกข้อมูลต่างๆ ลงในส่วนข้อมูลเบื้องต้นให้ครบ
3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำตัวเลขในช่องข้อมูลของหัวข้อข้อมูลเบื้องต้น ไปแทนค่าในสมการตามรหัสที่แจ้งไว้ในช่อง แหล่งที่มาของข้อมูล
4. ดำเนินการต่อไปจนจบตารางการคำนวณ

○ ดูตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจ

โรงงาน ECON ใช้เครื่องล้างผ้าแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85°C ปล่อยทิ้งอยู่ตลอดเวลา ในอัตรา 150 ลิตรต่อนาที โดยมีการเติมน้ำที่อุณหภูมิ 27°C เข้าไปในถังเพื่อแทนที่น้ำร้อนที่ปล่อยทิ้ง หม้อไอน้ำใช้น้ำมันเตาซึ่งมีประสิทธิภาพ 70% โรงงานมีแนวคิดที่จะนำความร้อนทิ้งมาใช้โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีประสิทธิภาพ 80% ทำงานวันละ 12 ชั่วโมง จงหาอุณหภูมิของน้ำเติมที่สูงขึ้น และปริมาณความร้อนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์

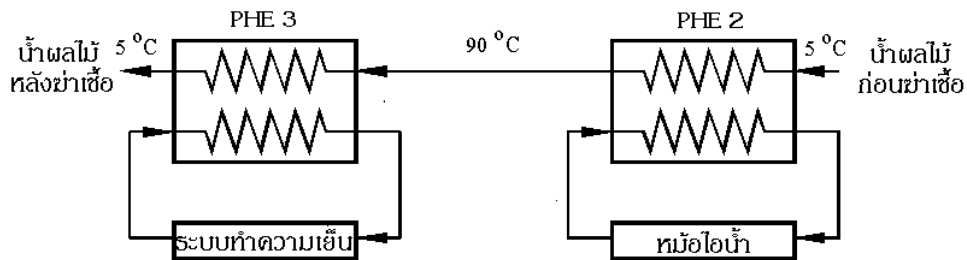


ตารางที่ 3.2-2 วิเคราะห์หาอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นและปริมาณความร้อนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
ข้อมูลเบื้องต้น				
(A) ชนิดเชื้อเพลิง	-	-	น้ำมันเตาซี	จากการใช้งานจริง
(B) ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง	-	-	-	จากตารางที่ 1.1-5
(C) เชื้อเพลิงเหลว	HL	MJ/L	38.17	
(D) เชื้อเพลิงแข็ง	HL	MJ/kg	-	
(E) เชื้อเพลิงก๊าซ	HL	MJ/Nm ³	-	
(F) ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	ζ_B	-	0.7	จากสมดุลความร้อนหรือประมาณ 70%
(G) สมรรถนะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	ϵ_{HX}	-	0.8	จากผู้ผลิตหรือประมาณ 80%
(H) อุณหภูมิน้ำร้อนที่ปล่อยทิ้ง	T_1	°C	85	จากเครื่องมือวัด
(I) อุณหภูมิน้ำร้อนหลังจากแลกเปลี่ยนความร้อน	T_2	°C	27	กำหนดให้เท่ากับอุณหภูมิ t_1
(J) อุณหภูมิน้ำที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน	t_1	°C	27	จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
(K) อัตราการไหลของน้ำร้อนที่ปล่อยทิ้ง	\dot{m}_h	kg/min	150	จากการตรวจวัดอัตราการไหล
(L) อัตราการไหลของน้ำที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน	\dot{m}_c	kg/min	150	จากการตรวจวัดอัตราการไหล
(M) ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	h	h/d	12	จากการใช้งานจริง
(N) ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำร้อนที่ปล่อยทิ้ง	C_{ph}	kJ/kg °C	4.2	จากตารางสารหรือของน้ำ 4.2 kJ/kg °C
(O) ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน	C_{pc}	kJ/kg °C	4.2	จากตารางสารหรือของน้ำ 4.2 kJ/kg °C
2. การวิเคราะห์ข้อมูล				
(2.1) ปริมาณน้ำร้อนทั้งต่อวัน $\dot{m}_h / d = \dot{m}_h \times h \times 60$	\dot{m}_h / d	kg/d	108,000	(K) x (M) x 60
(2.2) อุณหภูมิน้ำที่กระแสน้ำหลังจากรับความร้อน $t_2 = t_1 + (\epsilon_{HX} \times (\dot{m}_h C_{ph} \times (T_1 - t_1) / \dot{m}_c C_{pc}))$	t_2	°C	73.4	(J) + (G) x (K) x (N) x (H - I) / (L x O)
(2.3) อัตราความร้อนที่เก็บคืนได้ต่อวัน $Q = \dot{m}_h / d \times C_{pc} \times (t_2 - t_1) \times 10^{-3}$	Q	MJ/d	21,047.04	(2.1) x (O) x (2.2 - J) x 10 ⁻³
(2.4) เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ต่อวัน $Fuel = Q / (HLX \eta_B)$	Fuel			
2.4.1 เชื้อเพลิงเหลว		L/d	787.72	(2.3) / (C x F)
2.4.2 เชื้อเพลิงแข็ง		kg/d	-	(2.3) / (D x F)
2.4.3 เชื้อเพลิงก๊าซ		Nm ³ /d	-	(2.3) / (E x F)

ตัวอย่างที่ 2

โรงงาน ECON ทำการฆ่าเชื้อน้ำผลไม้โดยใช้ความร้อนจากหม้อไอน้ำที่ 110°C เพื่อทำให้น้ำผลไม้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 5°C เป็น 90 °C หลังจากนั้นทำการลดอุณหภูมิจาก 90 °C เป็น 5 °C โดยใช้เครื่องทำความเย็น

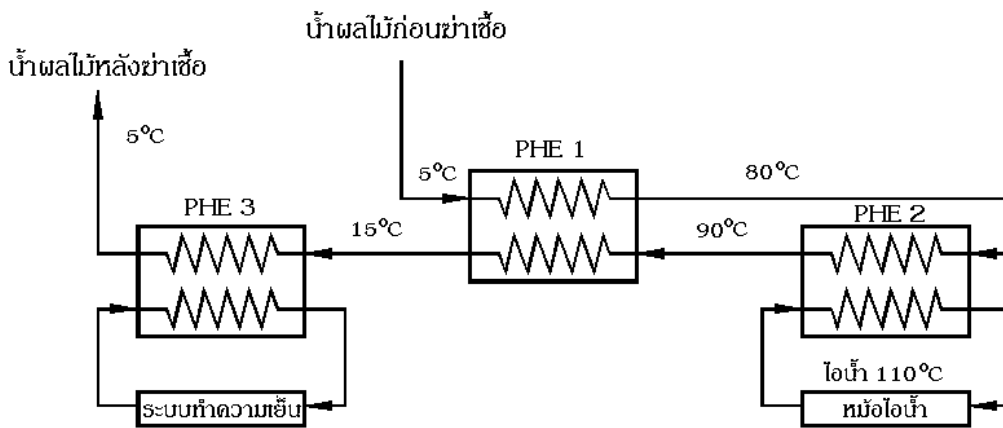


กรณีไม่มีการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้

$$\begin{aligned} \text{ความร้อนที่ทำให้น้ำผลไม้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก } 5^\circ\text{C} \text{ เป็น } 90^\circ\text{C} &= \dot{m} \times C_p \times (90 - 5) \\ &= 85 \dot{m} C_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเย็นที่ทำให้น้ำผลไม้มีอุณหภูมิลดลงจาก } 90^\circ\text{C} \text{ เป็น } 5^\circ\text{C} &= \dot{m} \times C_p \times (90 - 5) \\ &= 85 \dot{m} C_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{พลังงานที่ใช้ในการฆ่าเชื้อรวม} &= 170 \dot{m} C_p \end{aligned}$$



กรณีมีการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้

ทำการเพิ่มอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น(plate heat exchanger) 1 ชุด คือ PHE 1 เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำผลไม้ที่เย็นและร้อนก่อนเข้า PHE 2 และ PHE 3 ตามลำดับ ส่งผลให้ใช้ความร้อนจากหม้อไอน้ำลดลง และใช้ความเย็นจากระบบทำความเย็นลดลง

$$\begin{aligned} \text{ความร้อนจากหม้อไอน้ำที่ทำให้น้ำผลไม้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก } 80^\circ\text{C} \text{ เป็น } 90^\circ\text{C} &= \dot{m} \times C_p \times (90 - 80) \\ &= 10 \dot{m} C_p \end{aligned}$$

$$\text{ความเย็นจากเครื่องทำความเย็นที่ทำให้น้ำผลไม้มีอุณหภูมิลดลงจาก } 15^\circ\text{C} \text{ เป็น } 5^\circ\text{C}$$

$$= \dot{m} \times C_p \times (15 - 5) = 10 \dot{m} C_p$$

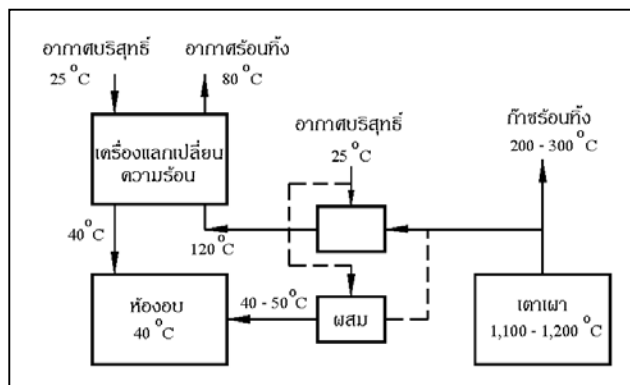
พลังงานที่ใช้รวมในการฆ่าเชื้อหลังจากติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน = $20 \dot{m} C_p$

พลังงานที่ใช้ลดลง = $170 \dot{m} C_p - 20 \dot{m} C_p = 150 \dot{m} C_p$

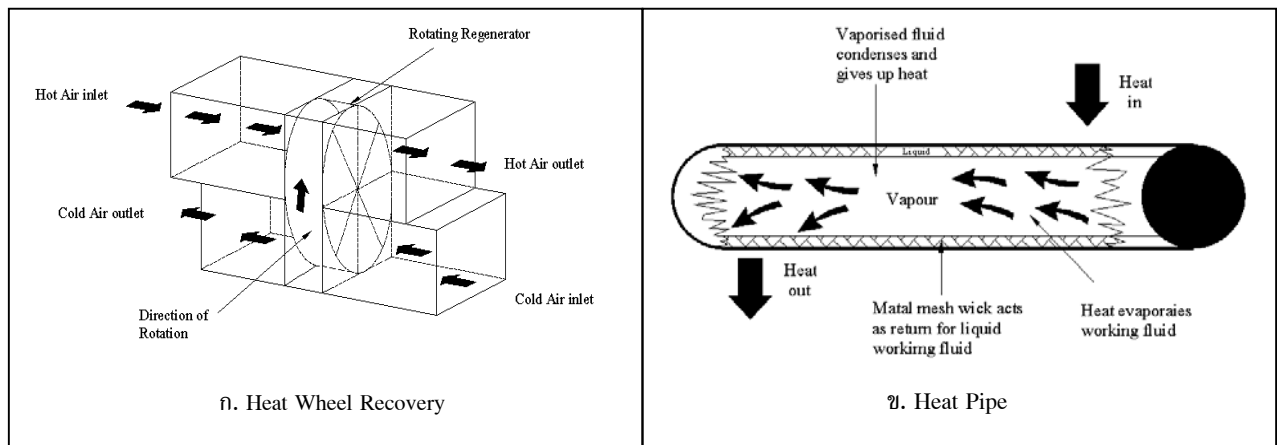
คิดเป็นร้อยละของพลังงานที่ใช้ลดลง = $150 / 170 = 88\%$

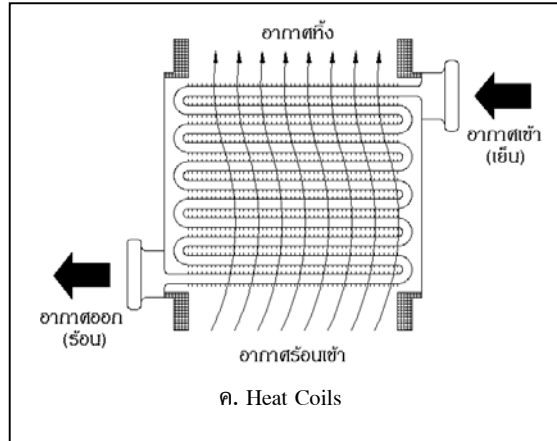
(3) แนวทางการนำความร้อนเหลือทิ้งจากอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่

อากาศร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ ถือว่าเป็นอากาศที่มีพลังงานอยู่ภายใน ดังนั้นควรหาแนวทางนำกลับมาใช้ ซึ่งถ้าอากาศนั้นสะอาดก็ควรนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยตรงในกระบวนการเดิมหรือกระบวนการใหม่ แต่ถ้าอากาศนั้นสกปรก เช่น มีฝุ่นละอองหรือมีสิ่งเจือปน การนำกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น ใช้บำบัดวัตถุดิบ(รูปที่ 3.2-4) จะต้องใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นแบบวงล้อความร้อน(heat wheels)(รูปที่ 3.2-5 ก) ท่อความร้อน(heat pipes)(รูปที่ 3.2-5 ข) และแบบขดความร้อน(heat coils)(รูปที่ 3.2-5 ค) อากาศร้อนที่มักเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การอบแห้งผักผลไม้ อบแห้งผ้า อบแห้งสี รวมทั้งความร้อนที่เกิดขึ้นจากการระบายความร้อนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น จากเครื่องอัดอากาศ และระบบทำความเย็นและปรับอากาศ



รูปที่ 3.2-4 การนำก๊าซร้อนที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผามาใช้ข้อสุกัณฑ์





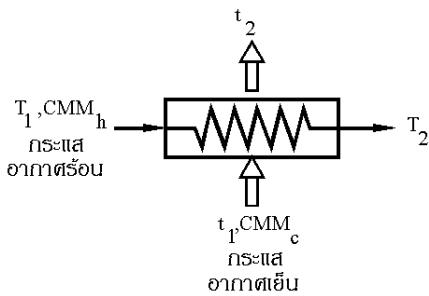
รูปที่ 3.2-5 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่นิยมใช้กับอากาศร้อน

○ การนำอากาศร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้ควรพิจารณาอะไรบ้าง?

พิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนและเสถียรภาพในการนำกลับมาใช้ เช่น ความต่อเนื่องของความร้อนที่ปล่อยทิ้ง อุณหภูมิของอากาศร้อน ปริมาณความร้อน ความสะอาดและจุดที่จะนำกลับไปใช้ประโยชน์

○ สามารถนำความร้อนจากอากาศร้อนกลับไปใช้ประโยชน์ได้เท่าใด?

พลังงานความร้อนที่อยู่ในอากาศร้อนจะเป็นความร้อนสัมผัส เพราะอัตราส่วนความชื้นในอากาศร้อนไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากที่นำความร้อนมาใช้ประโยชน์ ดังนั้นสมการที่ใช้ในการหาปริมาณความร้อน



$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$= 72 \times CMM \times \Delta T \tag{3.3-1}$$

- เมื่อ Q = อัตราความร้อนที่อยู่ในอากาศ (kJ/h)
- CMM = อัตราการไหลของอากาศ (m^3/min) = $V \times A$
- V = ความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์ (m/min)
- A = พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลผ่าน (m^2)
- ΔT = อุณหภูมิแตกต่างของอากาศที่เข้าและออก อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ($^{\circ}C$)

สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ϵ_{HX}) = พลังงานความร้อนที่นำกลับ / พลังงานความร้อนสูงสุด

$$= m_c C_{pc} (t_2 - t_1) / m_h C_{ph} (T_1 - t_1)$$

$$= 72 CMM_c (t_2 - t_1) / 72 CMM_h (T_1 - t_1) \tag{3.3-2}$$

อัตราประหยัดเชื้อเพลิง = อัตราความร้อนที่นำกลับ / (ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง x ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ)

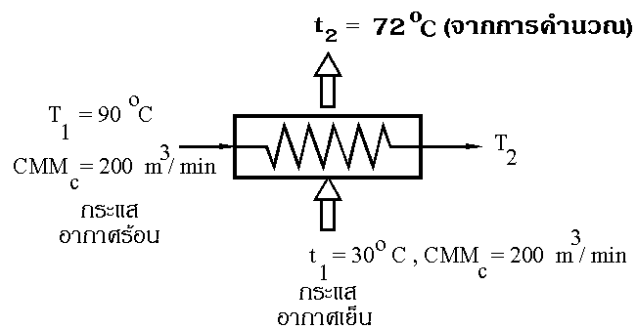
$$= m_c C_{pc} (t_2 - t_1) / (HL \times \zeta_B) \tag{3.3-3}$$

○ ขั้นตอนการหาปริมาณความร้อนจากการนำอากาศร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้

1. ใช้ตารางสำเร็จรูปเพื่อช่วยต่อการคำนวณ
2. กรอกข้อมูลต่าง ๆ ลงในส่วนข้อมูลเบื้องต้นให้ครบ
3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำตัวเลขในช่องข้อมูลของหัวข้อข้อมูลเบื้องต้น ไปแทนค่าในสมการตามรหัสที่แจ้งไว้ในช่องแหล่งที่มาของข้อมูล
4. ดำเนินการต่อไปจนจบตารางการคำนวณ

○ ตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจ

โรงงาน ECON ใช้เครื่องอบแห้งผ้าแบบต่อเนื่องใช้งานวันละ 12 ชั่วโมง อากาศร้อนปล่อยทิ้งจากเครื่องมีอุณหภูมิ 90°C ในอัตรา $200\text{ m}^3/\text{min}$ โดยมีอากาศใหม่ซึ่งมีอุณหภูมิ 30°C เข้ามาแทนที่ เครื่องอบแห้งได้รับความร้อนจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาซี ประสิทธิภาพ 70% โรงงานมีแนวคิดที่จะนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีประสิทธิภาพ 70% จงหาอุณหภูมิของอากาศหลังจากรับความร้อนและปริมาณความร้อนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์



ตารางที่ 3.2-3 การวิเคราะห์หาอุณหภูมิของอากาศหลังจากรับความร้อนและปริมาณความร้อนที่นำกลับ

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
(A) ชนิดเชื้อเพลิง	-	-	น้ำมันเตาซี	จากการใช้งานจริง
(B) ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง	-	-	-	จากตารางที่ 1.1-5
(C) เชื้อเพลิงเหลว	HL	MJ/L	38.17	
(D) เชื้อเพลิงแข็ง	HL	MJ/kg	-	
(E) เชื้อเพลิงก๊าซ	HL	MJ/Nm ³	-	
(F) ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	ζ_B	-	0.7	จากสมดุลความร้อนหรือประมาณ 70%
(G) สมรรถนะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	ϵ_{HX}	-	0.7	จากผู้ผลิตหรือประมาณ 70%
(H) อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ปล่อยทิ้ง	T_1	°C	90	จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
(I) อุณหภูมิของอากาศเย็นที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน	t_1	°C	30	จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
(J) อัตราการไหลของอากาศร้อนที่ปล่อยทิ้ง	CMM_h	m ³ /min	200	จากเครื่องมือวัด
(K) อัตราการไหลของอากาศเย็นที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน	CMM_c	m ³ /min	200	จากเครื่องมือวัด
(L) ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	h	h/d	12	จากการใช้งานจริง
2. การวิเคราะห์ข้อมูล				
(2.1) ปริมาณอากาศร้อนทั้งต่อวัน $CMM_h/d = CMM_h \times h \times 60$	CMM_h/d	m ³ /d	144,000	(J) x (L) x 60
(2.2) อุณหภูมิอากาศเย็นหลังจากรับความร้อน $t_2 = t_1 + (\epsilon_{HX} \times (CMM_h \times (T_1 - t_1)) / CMM_c)$	t_2	°C	72.0	(I) + ((G) x ((J) x (H) (I))) / (K)
(2.3) อัตราความร้อนที่เก็บคืนได้ต่อวัน $Q = 72 \times CMM_c \times (t_2 - t_1) \times h \times 10^{-3}$	Q	MJ/d	7,257.60	72x (K) x h x ((2.2) - (I)) x 10 ⁻³
(2.4) เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ต่อวัน $Fuel = Q / (HLX \eta_B)$ 2.4.1 เชื้อเพลิงเหลว 2.4.2 เชื้อเพลิงแข็ง 2.4.3 เชื้อเพลิงก๊าซ		L/d kg/d Nm ³ /d	271.63 - -	(2.3) / ((C) x (F)) (2.3) / ((D) x (F)) (2.3) / ((E) x (F))

3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้เหมาะสมกับงาน

อุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดในการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ก็คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งมีให้เลือกใช้อย่างมากมายหลากหลายชนิด โดยทั่วไปปัจจัยที่พิจารณาได้แก่ ภาระทางความร้อน สมบัติของของไหล ความดันและอุณหภูมิทำงาน เงื่อนไขเกี่ยวกับการบำรุงรักษา และราคา

ตารางที่ 3.3-1 ลักษณะสมบัติของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแต่ละชนิด

ชนิด	ความดันสูงสุด (MPa)	ช่วงอุณหภูมิ (°C)	ข้อจำกัดของของไหล	ขนาดพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนต่อเครื่อง (m ²)	ข้อสังเกต
ถังและท่อ	30.7	-200 ถึง 600	ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้	10 ถึง 1,000	มีความยืดหยุ่นมาก ใช้ได้กับงานแทบทุกประเภท
ท่อสองชั้น	> 30.7 (ด้านถัง) > 140 (ด้านท่อ)	-100 ถึง 600	ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้	0.25 ถึง 200	เหมาะสมเป็นพิเศษสำหรับขนาดความจุต่ำ มีการสร้างเป็นโมดูลมาตรฐาน
ก๊าซสู่ก๊าซ	ด้านเปลือกไกล์ บรรยากาศ ด้านท่อสูงชัน	ทั่วไป 250 บางแบบสูงกว่านี้	เป็นก๊าซตามปกติเป็นก๊าซไอเสีย	ที่อุณหภูมิต่ำ 6 ถึง 100 แบบเหล็กหล่อ 1,200 - 3,000	มีแบบให้เลือกอย่างกว้างขวาง การเลือกขึ้นอยู่กับสภาพการกัดกร่อนของก๊าซ
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	สูงทางด้านท่อ	สูงทางด้านท่อ	ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้	5 ถึง 200	มีการกำหนดแบบเป็นมาตรฐาน
แผ่นเพลต	2.5	-25 ถึง 175 (-40 ถึง 200 สำหรับแบบพิเศษ)	ไม่เหมาะกับก๊าซหรือการไหลสองเฟส ข้อจำกัดอยู่ที่ปะเก็น	1 ถึง 1,200	มีโครงสร้างเป็นแบบโมดูลมักเป็นแบบที่ประหยัดที่สุดถ้าสามารถใช้ได้
โรตารีรีเจนเนอเรเตอร์	ไกล์ความดันบรรยากาศ	สูงสุด 980	ก๊าซความดันต่ำ	-	มีการรื้อปนกันของของไหล

ตารางที่ 3.3-2 เปรียบเทียบความยากง่ายในการตรวจสอบและบำรุงรักษา

รายการตรวจสอบและบำรุงรักษา	ชนิดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน		
	แบบแผ่น	แบบแผ่นม้วน	แบบถังและท่อ
1. การตรวจสอบหาความสกปรก			
ด้านใดด้านหนึ่ง	A	B	B
ทั้งสองด้าน	A	B หรือ D	B หรือ D
2. การตรวจสอบหารอยรั่วซึม			
ด้านใดด้านหนึ่ง	B	A หรือ B	A
ทั้งสองด้าน	B	A หรือ B	A
3. การตรวจสอบหาการกัดกร่อน			
ด้านใดด้านหนึ่ง	A	A หรือ C	B
ทั้งสองด้าน	A	B หรือ D	B หรือ D
4. การทำความสะอาดทางเคมี			

รายการตรวจสอบและบำรุงรักษา	ชนิดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน		
	แบบแผ่น	แบบแผ่นม้วน	แบบถังและท่อ
ด้านใดด้านหนึ่ง	A	A	B
ทั้งสองด้าน	A	A	B หรือ C
5. การทำความสะอาดทางกล			
ด้านใดด้านหนึ่ง	A	B หรือ C	B
ทั้งสองด้าน	A	B หรือ D	B หรือ D

หมายเหตุ: A = ทำได้ง่าย, B = พอทำได้, C = ทำได้ยาก, D = ทำไม่ได้

3.4 แนวทางการตรวจวินิจฉัยและบำรุงรักษาเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

(1) การตรวจวินิจฉัย เพื่อหาค่าศักยภาพในการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ได้อย่างไร

รายการตรวจ	หน่วย	แหล่งความร้อนเหลือทิ้ง		
		ก๊าซไอเสีย (Flue Gas)	น้ำหรือของเหลวร้อน (Hot Liquid)	อากาศร้อน (Hot Air)
1. มีความร้อนเหลือทิ้งอะไรบ้าง	-			
2. อุณหภูมิที่ปล่อยทิ้งแก่ใด	°C			
3. ปล่อยทิ้งต่อเนื่องหรือไม่	ต่อเนื่อง/ ไม่ต่อเนื่อง			
4. ปล่อยทิ้งวันละกี่ชั่วโมง	h/d			
5. มีความสะอาดหรือไม่	สะอาด/ สกปรก			
6. ปริมาณความร้อนเหลือทิ้งต่อวัน	MJ/d			
7. นำกลับไปใช้โดยตรง (direct heating) ได้หรือไม่	ได้/ไม่ได้			
8. นำกลับไปใช้ทำอะไรได้บ้าง	-	<ul style="list-style-type: none"> อุ่นอากาศก่อนเข้าเผาไหม้ (air preheater) อุ่นน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำ (economizer) อุ่นชิ้นงานก่อนเข้าเตา (material preheat) อุ่นหรือไล่ความชื้นจากเชื้อเพลิง อุ่นอากาศก่อนเข้า 	<ul style="list-style-type: none"> นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่นโดยตรง (ถ้าสะอาดเพียงพอ) รวมคอนเดนเสทแล้ว นำกลับเข้าถังดีแอเรเตอร์ นำกลับไปใช้ในรูป ไอน้ำ แพลช นำน้ำระบาย ไปอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ นำไปแลกเปลี่ยน 	<ul style="list-style-type: none"> นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่นโดยตรง (ถ้าสะอาดเพียงพอ) นำกลับไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ ก่อนเข้าตู้อบหรืออุปกรณ์ หมุนเวียนกลับมาใช้กับอุปกรณ์เดิม

รายการตรวจ	หน่วย	แหล่งความร้อนเหลือทิ้ง		
		ก๊าซไอเสีย (Flue Gas)	น้ำหรือของเหลวร้อน (Hot Liquid)	อากาศร้อน (Hot Air)
		หัวเผา(recuperative burner and regenerative burner)	ความร้อนให้กับน้ำที่จะใช้ในกระบวนการผลิต	
		<ul style="list-style-type: none"> ● ผลิตไอน้ำ(waste heat boiler) ● ผลิตกำลังงานหรือความร้อนร่วม (power generation and cogeneration) ● ผลิตความเย็นแบบดูดกลืน (absorbion chiller) ● ใช้ในกระบวนการผลิตอื่น 		

(2) การบำรุงรักษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานมีอะไรบ้าง

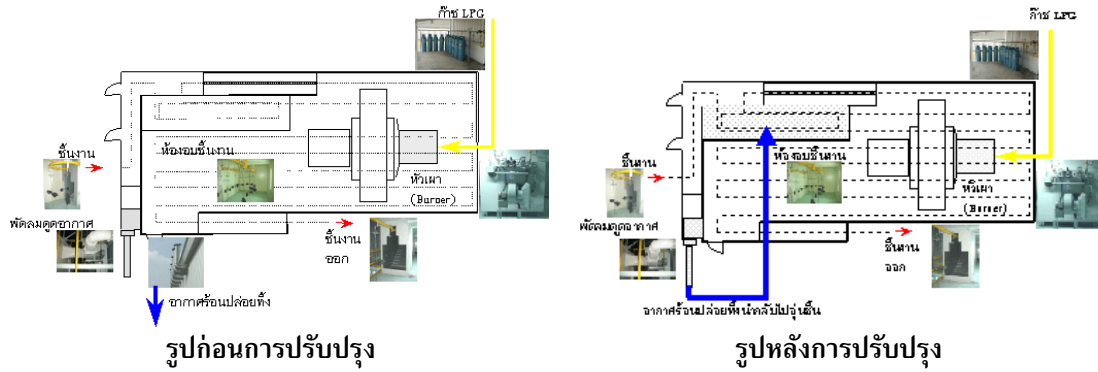
การดำเนินการ	ระยะเวลาที่เหมาะสม	แผนบำรุงรักษาของโรงงานปัจจุบัน
1. ตรวจสอบอุณหภูมิแตกต่างระหว่างของไหลร้อนที่ออกและของไหลเย็นที่ออก	ทุกวัน	
2. ทำความสะอาดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน	ทุก 6 เดือน	
3. ตรวจสอบหารอยรั่วซึม	ทุกเดือน	
4. ตรวจสอบการกัดกร่อน	ทุก 6 เดือน	
5. ตรวจสอบพลังไฟฟ้าของพัดลมหรือปั๊ม	ทุกวัน	
6. ตรวจสอบความดันตกของอุปกรณ์	ทุกวัน	

3.5 กรณีตัวอย่าง

การนำความร้อนทิ้งจากเตาอบชิ้นงานนำมาอุ่นชิ้นงานก่อนเข้าเตาอบ

บริษัท เอเบิล โพรเกรส อินดัสทรี จำกัด

โรงงานมีการใช้ก๊าซ LPG ในการอบชิ้นงานที่พ่นสีแล้ว ประมาณ 950 kg/เดือน อุณหภูมิที่ใช้ในการอบชิ้นงาน 80-85°C ซึ่งในการอบชิ้นงานมีการปล่อยอากาศร้อนออกทิ้งสู่บรรยากาศส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จึงได้นำความร้อนส่วนนี้มาอุ่นชิ้นงานให้ร้อนก่อนป้อนเข้าเตาอบชิ้นงาน เพื่อลดการใช้พลังงานความร้อนในเตาอบ ลดการใช้เชื้อเพลิงและลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมลงได้อีกด้วย



ผลตอบแทน

เงินลงทุน 30,000 บาท

ผลประหยัดพลังงาน

อัตราการประหยัดเชื้อเพลิง 9,462 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ 170,316 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน 0.18 ปี

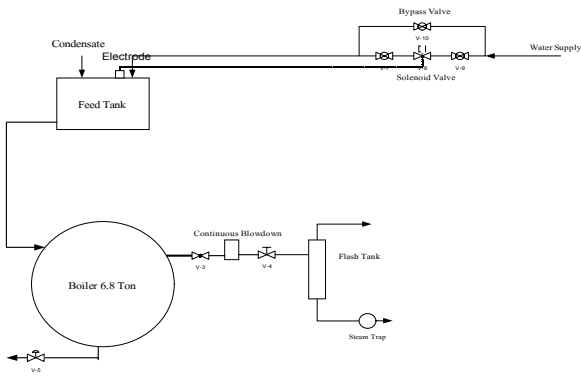
ข้อมูลบริษัท	บริษัท เอเบิล โพรเกรส อินดัสทรี จำกัด 16 หมู่ 2 ซ.วัดเจติยหอย ถ.ปทุมธานี- ลาดหลุมแก้ว ต.คูข่าง อ.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี
ความคืบหน้าการดำเนินการ	มีแผนที่จะดำเนินการ

การนำความร้อนทิ้งจากน้ำระบายทิ้งของหม้อไอน้ำมาอุ่นน้ำป้อน

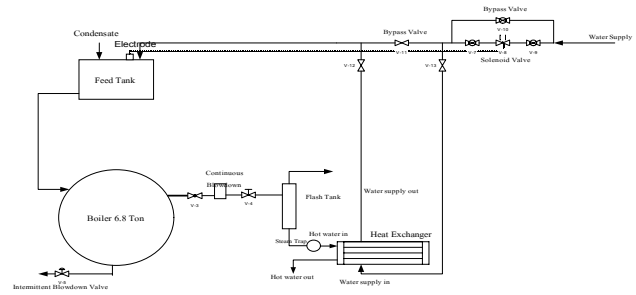
บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิง จำกัด

โรงงานมีหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเตาเกรด C เป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตโดยที่มีการผลิตไอน้ำที่ความดันสูงสุดเท่ากับ 10 barg โดยหม้อไอน้ำมีกำลังการผลิตเท่ากับ 6.8 ตันต่อชั่วโมง มีการใช้น้ำซอพท์ในการป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ และจะมีการระบายน้ำทิ้งออกจากหม้อไอน้ำแบ่งเป็น 2 ส่วน จากการระบายน้ำทิ้งแบบต่อเนื่อง (continuous blow down) และระบายน้ำทิ้งเป็นช่วง ๆ (intermittent blow down) ซึ่งการระบายน้ำทิ้งจะขึ้นอยู่กับสารประกอบของน้ำซอพท์ที่ป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ ซึ่งจากการตรวจวัดค่าสารประกอบแขวนลอยในน้ำ พบว่ามีค่าประมาณ 300 ppm ซึ่งเราจะต้องทำการระบายน้ำทิ้งออกจากหม้อไอน้ำเพื่อให้คุณภาพน้ำภายในหม้อไอน้ำอยู่เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการจับตัวเป็นตะกรันของสารประกอบของน้ำ

โรงงานจึงศึกษาการนำความร้อนทิ้งจากน้ำระบายทิ้งแบบต่อเนื่อง มาใช้งานให้เป็นประโยชน์โดยการนำไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำเพื่อให้อุณหภูมิของน้ำป้อนสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการเผาไหม้เพื่อผลิตไอน้ำ โดยก่อนทำการติดตั้งระบบแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้จะต้องระบายน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถึง 88°C ทิ้งส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่เมื่อมีการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิของน้ำปล่อยทิ้งเหลือเพียง 49°C และสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำจากอุณหภูมิ 35°C เป็น 42°C



รูปก่อนการปรับปรุง



รูปหลังการปรับปรุง

ผลตอบแทน

เงินลงทุน 50,000 บาท

ผลประหยัดพลังงาน

ปริมาณเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดได้ 1.6 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นเงิน 163,800 บาทต่อปี

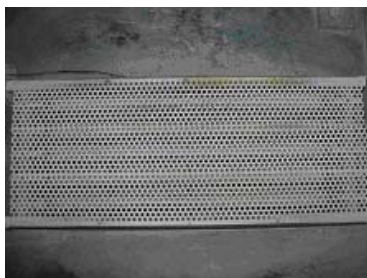
ระยะเวลาคืนทุน 0.3 ปี

ข้อมูลบริษัท	บริษัท อ้าพลฟูลส์ โพรเซสซิง จำกัด 57 หมู่ที่ 3 ต.กระทุ่มล้ม อ.สามพราน จ.นครปฐม 73220
ความคืบหน้าการดำเนินการ	ดำเนินการแล้ว

การนำลมร้อนที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่

บริษัท ไทยนิปปอนรับเบอร์ อินดรัสตรี จำกัด

เพื่อต้องการลดพลังงานไฟฟ้าที่ตู้อบถุงยางเนื่องจากอุณหภูมิของลมร้อนที่ปล่อยทิ้งไปขณะอบชิ้นงาน ประมาณ 60°C ซึ่งน่าจะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โรงงานจึงนำลมร้อนที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่ โดยเริ่มจาก (1) ลดจำนวนฮีตเตอร์จาก 15 ตัว เหลือ 12 ตัว เนื่องจากฮีตเตอร์มีมากเกินไปจนความจำเป็น ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 1.89 kWh/bin คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 220,040 บาทต่อปี โดยไม่มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ (2) หลังจากนั้นได้ติดตั้งท่อดักลมร้อนในบริเวณก่อนเข้าเครื่อง cyclone เพื่อนำลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการอบถุงยาง ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 4.56 kWh/bin หรือ 503,890 บาท ซึ่งมีลงทุน 65,000 บาท และ (3) ติดตั้งท่อดักลมร้อนที่ปล่อยออกหลังตู้อบถุงยางแล้วนำกลับมาเป่าผ่านชุด heater แล้วผ่านไปอบถุงยางทำให้ Heater ร้อนเร็วขึ้นและลดการทำงานของ heater ลง ซึ่งทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงด้วย คือ 2.67 kWh/bin หรือ 310,850 บาท ซึ่งมีค่าลงทุน 180,330 บาท



รูปตู้อบถุงยางรูป และ Heater ในตู้อบถุงยางก่อนการปรับปรุง



รูปหลังการปรับปรุง

ผลตอบแทน

เงินลงทุน 245,330 บาท

ผลประหยัดพลังงาน 1,034,790 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน 0.23 ปี

ข้อมูลบริษัท	บริษัท ไทยนิปปอนรับเบอร์ อินดัสตรี จำกัด 49-49/1ม.5 เขตส่งออก1 นิคมอุตสาหกรรม แหลมฉบัง ต.ทุ่งศุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
ความคืบหน้าการดำเนินการ	ดำเนินการแล้ว

Waste Heat Recovery**บริษัท HOSPITALITY จำกัด**

เป็นโรงงานอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ มีหม้อไอน้ำขนาด 7 ตัน และขนาด 5 ตัน ผลิตไอน้ำที่ความดัน 7.5 barg ความร้อนทิ้งที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้จากน้ำคอนเดนเสทและจากไอเสียของหม้อไอน้ำ จากกรณีศึกษาโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนจากปล่องไอเสีย และน้ำจากคอนเดนเสท จึงนำมาอุ่นน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 32°C เป็น 80°C ซึ่งจะสามารถทำให้ประหยัดเชื้อเพลิง พร้อมทั้งสามารถลดมลพิษจากไอเสียลง จึงเป็นการคุ้มค่าเป็นอย่างมาก

**ผลตอบแทน**

เงินลงทุน 980,000 บาท

ผลประหยัดพลังงาน 730,290 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน 1.34 ปี

ข้อมูลบริษัท	บริษัท HOSPITALITY จำกัด 100 ม. 3 ต. คูคต อ. ลำลูกกา จ. ปทุมธานี 12130
ความคืบหน้าการดำเนินการ	ดำเนินการแล้ว