

ETM-14

การประหยัดพลังงานโดยการนำความร้อนจากการระบายความร้อนเกลือมาใช้อุ่นอากาศก่อนเข้า

เครื่องอบเกลือ: กรณีศึกษา

Energy saving by air preheating before inlet the salt dryer with heat recovery from cooling

salts process: case study

สาธิต ทูลไธสง^{*}, สัณชัย รำเพยพัฑ, อภิเดช บุญเจือ และ นพรัตน์ อมัตริรัตน์

สาขาวิชาการทำความเย็นและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000

*ติดต่อ: toolthaisong@gmail.com, โทร. 044-233073

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาศักยภาพการประหยัดพลังงานด้วยการอุ่นอากาศก่อนเข้าเครื่องอบเกลือโดยใช้ความร้อนทิ้งจากการระบายความร้อนเกลือ จากการประเมินโดยใช้ข้อมูลสภาพการทำงานของการอบเกลือที่อัตราการผลิตเกลือ 2.6-4.5 Ton/hr และอุณหภูมิความร้อนทิ้ง 55-65 °C พบว่าปริมาณการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นตามอัตราการผลิตเกลือ โดยสามารถประหยัดเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว 19,022 kg/ปี และพลังงานไฟฟ้าของพัดลมร้อน 40,320 kWh/ปี คิดเป็นเงินรวม 520,430 บาท/ปี โดยมีระยะเวลาการคืนทุนในการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ 0.1 ปี

คำหลัก: การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้; การอนุรักษ์พลังงาน; กระบวนการผลิตเกลือ

Abstract

Potential of energy saving with preheat air by waste heat recovery from salt cooling process was study in this paper. From the working conditions of the salt drying process of 2.6-4.5 Ton/hr of quantity salts and the waste hot air 55-65 °C found that the energy saving was increase with increasing of salt production rate, which can save the LPG 19,022 kg/year and blower electricity 40,320 kWh/year, the money save 520,430 Bath/year. The payback period of the investment of implement is 0.1 year.

Keywords: heat recovery; energy conservation; salt production process.

1. บทนำ

จากการขยายตัวของเศรษฐกิจและสังคม ทำให้ความต้องการใช้พลังงาน มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสวนทางกับปริมาณของพลังงานที่นับวันยังมีปริมาณลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานประเภทฟอสซิลที่ถือเป็นพลังงานหลักของโลก อีกทั้งการใช้พลังงานที่ไม่สมดุลกับสภาพแวดล้อมยังส่งผลให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนอันเป็นสาเหตุของการเกิดภัยธรรมชาติต่างๆ มากมาย จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงทำให้หลาย ประเทศทั่วโลก รวมทั้ง

ประเทศไทยได้หันมาให้ความสำคัญ ต่อการลดการใช้พลังงานด้วยแนวทาง ต่างๆ เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ การปรับปรุงกระบวนการผลิต การสร้างจิตสำนึกอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น

Amon et al. [1] ได้ทำการประเมินการนำความร้อนทิ้งของคอนเดนเสทในกระบวนการผลิตมันฝรั่งนำกลับมาใช้ใหม่โดยการนำไปอุ่นมันฝรั่งก่อนให้ความร้อนด้วยไอน้ำจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าสามารถลด

ETM-14

การใช้พลังงานในฤดูกาลผลิตของปี 2012 ได้ประมาณ 7.3 GWh คิดเป็นเงิน 166,000 \$

Varma and Srinivas [2] ทำการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานความร้อนทั้งจากกระบวนการผลิตของโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และค่าตัวแปรที่สภาพการทำงาน of โรงงานพบว่าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 12.5 MW ในขณะที่ความต้องการไฟฟ้าของโรงงานเท่ากับ 15 MW สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้

Yang et al. [3] ได้นำเสนอการปรับปรุงระบบนำความร้อนทั้งกลับมาใช้ของระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 1,000 MW ด้วยหม้อไอน้ำจากเดิมโดยการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศแบบอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ จากการประเมินด้วยแบบจำลองพบว่าสามารถเพิ่มพลังงานได้ 13.3 MW ในขณะที่สามารถลดค่าเอกเซอร์จีลจากเดิม 49.9 MW เหลือเพียง 39.6 MW

Sapali et al. [4] ทำการทดลองนำความร้อนทั้งของเครื่องทำน้ำเย็นไปใช้ทำน้ำร้อน โดยการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อระหว่างเครื่องอัดไอกับคอนเดนเซอร์ จากการทดลองพบว่าสามารถนำความร้อนทั้งในช่วงไอแดงและความร้อนแฝงกลับมาใช้ได้ ในปริมาณ 35% และสามารถเพิ่มค่า COP จาก 3 เป็น 4.8

Jia and Lee [5] ทำการประเมินการนำความร้อนทั้งของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมาผลิตน้ำร้อนสำหรับอาคารที่พักอาศัยในฮ่องกง โดยการติดตั้งถังน้ำระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ จากการใช้แบบจำลองพบว่าสามารถช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 9.3%

Ma et al [6] ทำการทดสอบการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ความร้อนทั้งจากเครื่องผลิตก๊าซชีวมวล ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิของแก๊สซีไฟเออร์ 623-773 °K สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 6.1 W คิดเป็น 193.1 W/m²

Zhu et al. [7] ใช้แบบจำลองประเมินศักยภาพการนำความร้อนทั้งจากแก๊สไอเสียของหม้อไอน้ำกลับมาใช้เป็นแหล่งความร้อนให้กับปั๊มความร้อนแบบดูดซึม ผลการศึกษาพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน

ของระบบประมาณ 12% ในขณะที่สามารถลดอุณหภูมิไอเสียทิ้งได้ต่ำกว่า 30°C

Sun et al. [8] ได้ศึกษาการนำความร้อนของไอน้ำความดันต่ำที่ออกจากเทอร์ไบน์ไปใช้ให้ความร้อนแก่ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม ผลการทดลองพบว่าสามารถนำความร้อนทั้งของไอน้ำกลับมาใช้ได้จำนวน 25 MW ในขณะที่ค่า COP ของปั๊มความร้อนเท่ากับ 1.74

จากการศึกษางานวิจัยที่ ผ่านมาพบว่า การนำความร้อนทั้งกลับมาใช้แบ่งได้เป็นสองแนวทางคือ ความร้อนทั้งจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักร ความร้อน และความร้อนทั้งจากกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีทั้งความร้อนแหล่งอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ จากสองแนวทางดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ทำการประเมินศักยภาพการนำความร้อนทั้งจากกระบวนการผลิตเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ ผลจากการศึกษาดังกล่าวจะสามารถช่วย เป็นแนวทาง การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมได้

2. กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตเกลือ ของโรงงานแสดงดังในรูปที่ 1 (a) โดยมีการใช้พลังงานความร้อนในขั้นตอนการผลิตสองขั้นตอนคือขั้นตอนการต้มน้ำเกลือและขั้นตอนการอบแห้ง พลังงานความร้อนที่ใช้ ขั้นตอนการต้มเกลือ นั้นได้มาจากหม้อไอน้ำ ที่ใช้ชั้นไม้สับเป็นเชื้อเพลิง ส่วน ขั้นตอน การอบแห้งเกลือจะเป็นแบบต่อเนื่องโดยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีร่วมกับ ลมร้อนที่อุณหภูมิ 210 °C ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่าง อากาศกับน้ำมันร้อนที่อุณหภูมิ 250 °C จากหม้อน้ำร้อนที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง เกลือที่ออกจากเครื่องอบแห้งจะมีอุณหภูมิประมาณ 97 °C จากนั้นจะถูกลดอุณหภูมิลงให้เหลือประมาณ 60 °C – 65 °C โดยการใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนผ่านทางครีบที่ติดตั้งอยู่ตามแนวของสกรูลำเลียงเกลือ อากาศที่ได้รับความร้อนจากเกลือจะมีอุณหภูมิประมาณ 55 °C – 65 °C และถูกปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาอากาศร้อนที่ถูกปล่อยทิ้งพบว่ามีความสะอาดสามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รูปที่ 1 (b) แสดงการนำอากาศร้อนทั้งจากขั้นตอนการลดอุณหภูมิมาใช้อุ่นอากาศโดยการผสมกับอากาศที่เข้าเครื่องอบแห้ง

ETM-14

v_a คือ ความเร็วการไหลของอากาศ (m/s)

C_{p_a} คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ
(kJ/kg °C)

$T_{a,o}$ คือ อุณหภูมิอากาศทิ้งจากการระบายความร้อน
เกลือ (°C)

T_{amb} คือ อุณหภูมิบรรยากาศ (°C)

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้สำหรับการอบแห้ง
เกลือสามารถคำนวณโดยการเปรียบเทียบกับค่าความ
ร้อนของเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวและประสิทธิภาพ
ของหม้อน้ำมันร้อนดังแสดงในสมการที่ (2)

$$F_s = \frac{3600\dot{Q}}{HV\eta} \quad (2)$$

กรณีคิดในรูปของพลังงานความร้อนจะได้

$$E_F = F_s \times HV \quad (3)$$

เมื่อ

F_s คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ (kg/hr)

E_F คือ พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ประหยัด
ได้ (MJ/hr)

HV คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

η คือ ประสิทธิภาพของหม้อน้ำมันร้อน

การนำอากาศร้อนที่ได้จากการลดอุณหภูมิเกลือมา
ผสมกับอากาศเย็น ในห้องผสมจะช่วยให้สามารถลด
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลมร้อน (Hot
Blower) ลงได้ โดยสามารถแสดงในรูปของพลังงาน
ความร้อนได้ดังนี้

$$E_E = 3.6P \times hr \quad (4)$$

เมื่อ

E_E คือ พลังงานไฟฟ้า เทียบเท่าความร้อนที่
ประหยัดได้ (MJ/hr)

P คือ กำลังไฟฟ้าตรวจวัดของพัดลมร้อน (kW)

hr คือ เวลาการทำงานของพัดลมร้อน (hr)

ความคุ้มค่าของการลงทุนสามารถประเมินโดยใช้
ระยะเวลาคืนทุนดังแสดงในสมการที่ (5)

$$PBP = \frac{Inv}{Ms} \quad (5)$$

เมื่อ

PBP คือ ระยะเวลาคืนทุน (Year)

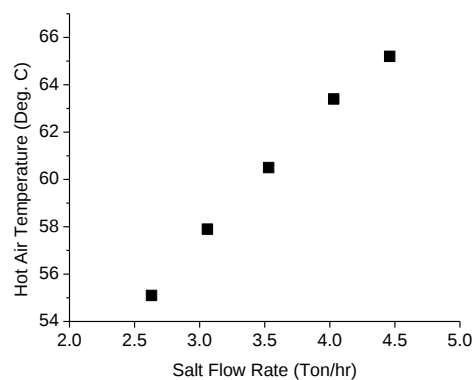
Inv คือ มูลค่าการลงทุน (Baht)

Ms คือ มูลค่าการประหยัด (Baht/Year)

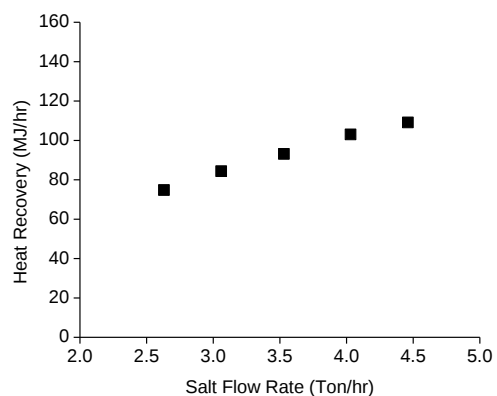
4. การประเมินศักยภาพ

4.1 การประหยัดพลังงาน

อากาศร้อนทั้งที่เป็นแหล่งความร้อนทั้งอุณหภูมิค่า
และปริมาณการผลิตเกลือที่นำมาประเมินศักยภาพการ
ประหยัดพลังงานแสดงดังในรูปที่ 3 โดยอุณหภูมิอากาศ
ร้อนมีค่าระหว่าง 55 °C – 66 °C ปริมาณการผลิตเกลือ
2.6 - 4.5 Ton/hr และปริมาณอากาศระบายความร้อน
เกลือ 0.94 kg/s จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมิน
ปริมาณความร้อนทั้งที่สามารถ ถนากลับมาใช้ได้แสดงดัง
ในรูปที่ 4 จะเห็นว่ามีส่วนตามปริมาณการผลิตเกลือ
อย่างไรก็ตามเมื่อ อัตราการผลิตเกลือ เพิ่มขึ้นกว่า 4
Ton/hr อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อนทั้งที่มี
แนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากว่า ประสิทธิภาพของการ
แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับเกลืออาจไม่ดี
มากนัก



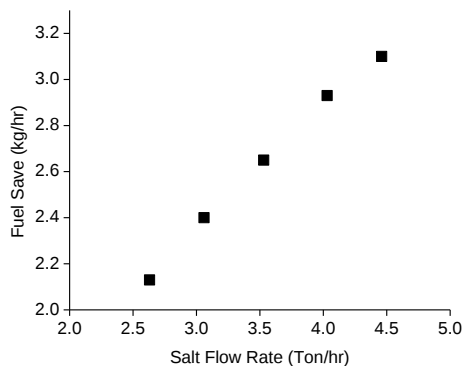
รูปที่ 3 ปริมาณความร้อนทั้งที่สามารถถนากลับมาใช้ได้



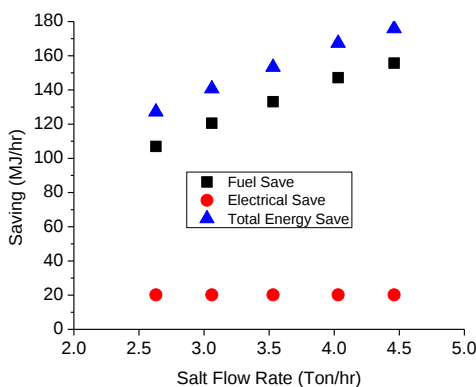
รูปที่ 4 ปริมาณความร้อนทั้งที่สามารถถนากลับมาใช้ได้

ETM-14

เมื่อนำปริมาณความร้อนทั้งมาประเมินเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดได้พบว่า ประสิทธิภาพของหม้อน้ำร้อน 70% และชั่วโมงการทำงาน 7200 hr/year สามารถประหยัดเชื้อเพลิง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้เฉลี่ย 2.64 kg/hr หรือ 19,022 kg/year คิดเป็น 10.63% ของปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 5 นอกจากนี้เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้แล้วการนำอากาศร้อนมาผสมกับอากาศเย็นเดิมยังช่วยให้สามารถลดปริมาณอากาศเย็นลง ซึ่งส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าของ พัดลมร้อนลดลงจากเดิม 5.6 kW ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 40,320 kWh/ปี รวมพลังงานที่ประหยัดได้เฉลี่ย 152.87 MJ/hr หรือ 1,100,635 MJ/ปี ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้นั้นส่งผลต่อการประหยัดพลังงานรวมน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากการอบเกลือมีการใช้พลังงานความร้อนเป็นพลังงานหลัก เมื่อใช้ราคาของเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว 24.16 บาท/kg และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน 3.00 บาท/kWh พบว่า สามารถประหยัด เงินค่าพลังงาน ได้รวมเฉลี่ย 581,585 บาท/ปี



รูปที่ 5 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้



รูปที่ 6 พลังงานรวมที่ประหยัดได้

ความสัมพันธ์ของพลังงานรวมที่ประหยัดได้กับอัตราการผลิตเกลือ จากรูปที่ 6 แสดงดังในสมการที่ (5) โดยมีค่า R^2 0.9953

$$E_{\text{save}} = 96.176\dot{m}_s + 58.229 \quad (5)$$

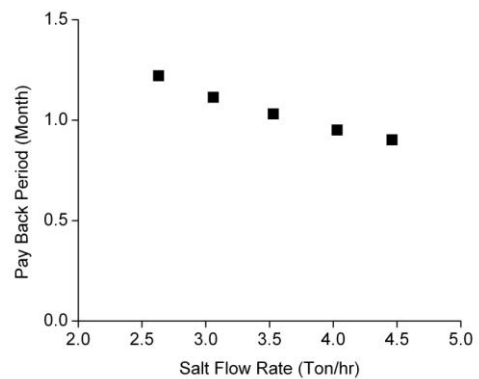
เมื่อ

E_{save} คือ พลังงานรวมที่ประหยัดได้ (MJ/hr)

$\dot{m}_s$ คือ อัตราการผลิตเกลือ (Ton/hr)

4.2 การลงทุน

ศักยภาพการลงทุน แสดงดังในรูปที่ 7 พบว่าระยะเวลาการคืนทุนเฉลี่ย 1 เดือน โดยคิดค่าลงทุนการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพิ่มเติมจำนวน 50,000 บาท



รูปที่ 7 ระยะเวลาการคืนทุน

5. สรุปผลการทดลอง

การ ประเมินศักยภาพการนำความร้อนที่ ึ่งจากกระบวนการผลิตน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยการนำอากาศร้อนจากการระบายความร้อนเกลือนำม่อุ่นอากาศก่อนใช้อบเกลือสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวและพลังงานไฟฟ้า รวม 152.87 MJ/hr คิดเป็นมูลค่า 581,585 บาท/ปี และด้วยการลงทุน 50,000 บาท สามารถคืนทุนในระยะเวลาเพียง 1 เดือน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Amon R., Maulhardt M., Wong T., Kazama D. and Simons C.W. (2014). Waste heat and water recovery opportunities in California tomato paste processing, *Applied Thermal Engineering*, vol. 78, December 2014, pp. 525-532.

ETM-14

- [2] Varma P.G.V. and Srinivas T. (2014). Design and analysis of a cogeneration plant using heat recovery of a cement factory, *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 5, December 2014, pp. 24-31.
- [3] Yang Y., Xu C., Xu G., Han Y., Fang Y. and Zhang D. (2014). A new conceptual cold-end design of boilers for coal-fired power plants with waste heat recovery, *Energy Conversion and Management*, vol. 89, October 2014, pp. 137-146.
- [4] Sapali S.N., Pise S.M., Pise A.T. and Ghewade D.V. (2014). Investigations of waste heat recovery from bulk milk cooler, *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 4, October 2014, pp. 136-143.
- [5] Jia J. and Lee W.L. (2014). Applying storage-enhanced heat recovery room air-conditioner (SEHRAC) for domestic water heating in residential buildings in Hong Kong, *Energy and Buildings*, vol. 78, March 2014, pp. 132-142.
- [6] Ma H.K., Lin C.P., Wu H.P., Peng C.H. and Hsu C.C. (2014). Waste heat recovery using a thermoelectric power generation system in a biomass gasifier, *Applied Thermal Engineering*.
- [7] Zhu K., Xia J., Xie X. and Jiang Y. (2014). Total heat recovery of gas boiler by absorption heat pump and direct contact heat exchanger, *Applied Thermal Engineering*, vol. 71, July 2014, pp. 213-218).
- [8] Sun J., Fu L., Sun F. and Zhang S. (2014). Study on a heat recovery system for the thermal power plant utilizing air cooling island, *Energy*, vol. 74, August 2014, pp. 836-844.