

การใช้ปั๊มความร้อนในขบวนการทางอุตสาหกรรม

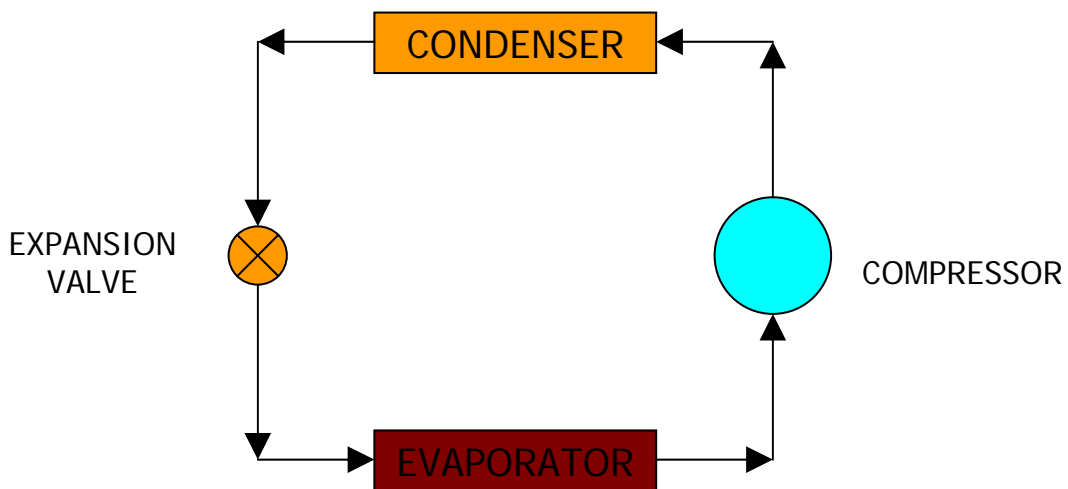
โดย นายปรเมธ ประเสริฐยิ่ง วก.485

ปั๊มความร้อน.(Heat Pump)เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มศักยภาพของความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำเช่นจากแหล่งความร้อนสูญเสียซึ่งปกติไม่สามารถนำกลับไปใช้ได้ด้วยขบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนธรรมดาทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนสามารถนำกลับไปใช้ได้ ปั๊มความร้อน.จึงเป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการลดต้นทุนในงานอุตสาหกรรม

บทความนี้จะแนะนำเทคโนโลยีของปั๊มความร้อน. ตลอดจนแนวทางการใช้โดยทั่วไป และการศึกษาโอกาสในการนำเทคโนโลยีปั๊มความร้อน.มาใช้งานอื่นที่ซับซ้อนขึ้นในอนาคต

หลักการทำงานของปั๊มความร้อน.

ปั๊มความร้อนมีการทำงานตามวงจรทางเทอร์โมไดนามิกที่รู้จักกันว่า Carnot Cycle เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นก็คือปั๊มความร้อน.มีหลักการทำงานเหมือนกับวงจรของเครื่องทำความเย็นนั่นเอง



รูปที่ 1.วงจรการทำงานของปั๊มความร้อน.

อีวาพอเรเตอร์ ทำหน้าที่ดึงความร้อนจากภายนอกเข้าสู่วงจรปั๊มความร้อน. โดยสารทำความเย็นที่ความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกจะดึงความร้อนจากภายนอกและเปลี่ยนสถานะเป็นไอ

คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่เพิ่มความดันให้สารทำความเย็นในสถานะไอที่อุณหภูมิต่ำให้มีความดันและอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกและส่งต่อไปที่คอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่ระบายความร้อนจากสารทำความเย็นที่ความดันและอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก ทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวที่ความดันสูงไหลต่อไปยังเอ็กซ์แพนดิชันวาล์ว

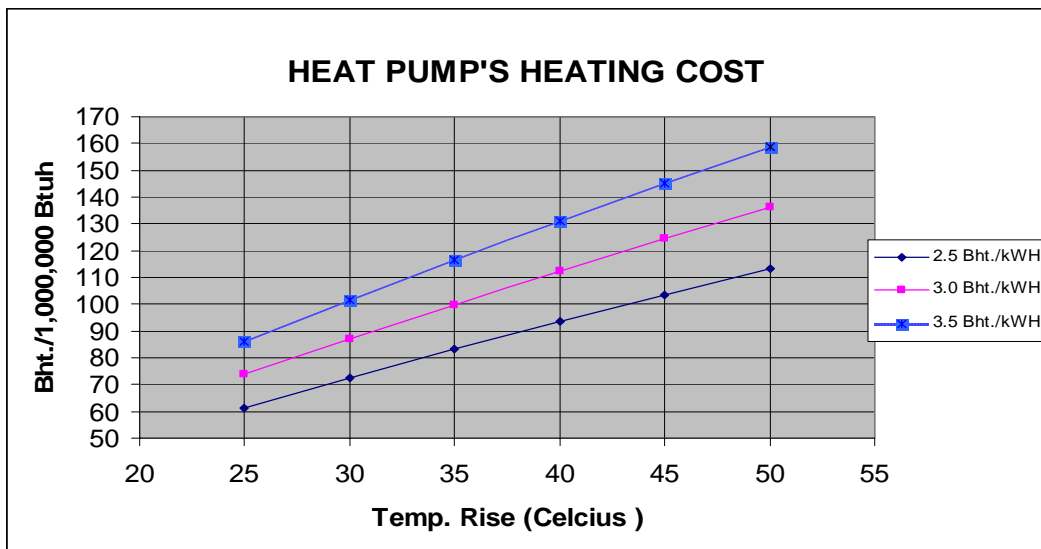
เอ็กซ์แพนดิชันวาล์ว ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นเพื่อป้อนให้กับอีวาพอเรเตอร์ สารทำความเย็นจึงหมุนเวียนพาความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำมาให้แก่ด้านที่ต้องการอุณหภูมิสูงได้โดยใช้พลังงานจากคอมเพรสเซอร์

ความร้อนที่ได้จากปั๊มความร้อน เท่ากับ ความร้อนที่ดึงจากอีวาพอเรเตอร์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่ให้กับคอมเพรสเซอร์ ซึ่งในทางเทอร์โมไดนามิกนั้นค่าอัตราส่วนความร้อนสูงสุดที่ได้จากปั๊มความร้อนต่อพลังงานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์เท่ากับอัตราส่วนของอุณหภูมิตามสมการต่อไปนี้

$$Q/W = T_c / (T_c - T_e) \dots\dots\dots(1)$$

- เมื่อ
- Q = ความร้อนสูงสุดที่ได้จากปั๊มความร้อน
 - W = พลังงานไฟฟ้าที่ให้กับคอมเพรสเซอร์
 - T_c = อุณหภูมิสมบูรณ์ที่คอนเดนเซอร์
 - T_e = อุณหภูมิสมบูรณ์ที่อีวาพอเรเตอร์

ในกรณีที่ปั๊มความร้อนให้พลังงานความร้อน 1,000,000 BTUH และให้ปั๊มความร้อนมีประสิทธิภาพ 65% ของค่าสูงสุดทางเทอร์โมไดนามิก อุณหภูมิอีวาพอเรเตอร์ 20 เซลเซียส จะสร้างกราฟแสดงค่ากระแสไฟฟ้าของปั๊มความร้อนที่ค่ากระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิที่ปั๊มความร้อนเพิ่มให้ต่างกันได้ตามรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2

ในปัจจุบันก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่ประหยัดและมีราคาถูกที่สุด ก๊าซธรรมชาติมีราคาขายอยู่ที่ 240 บาทต่อ 1,000,000 Btu เมื่อประสิทธิภาพการเผาไหม้และส่งความร้อน 80% ต้นทุนความร้อนจากก๊าซธรรมชาติจะเป็น 300 บาทต่อ 1,000,000 Btu ซึ่งแพงกว่าต้นทุนความร้อนจากปั๊มความร้อนตามรูปที่ 2 แต่เมื่อต้องการอุณหภูมิสูงขึ้นต้นทุนความร้อนจากปั๊มความร้อนก็จะสูงขึ้น ขณะเดียวกันถ้าค่ากระแสไฟฟ้าสูงขึ้นต้นทุนความร้อนก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งต้นทุนความร้อนที่ลดลงนี้จะนำมาจ่ายให้กับการลงทุนซื้อปั๊มความร้อน

ระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนในงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่โดยปกติจะอยู่ในช่วง 2-5 ปี

ประเภทของปั๊มความร้อน

คำอธิบายประเภทของปั๊มความร้อนแบบต่างๆ และหลักการทำงานอย่างง่ายมีดังต่อไปนี้

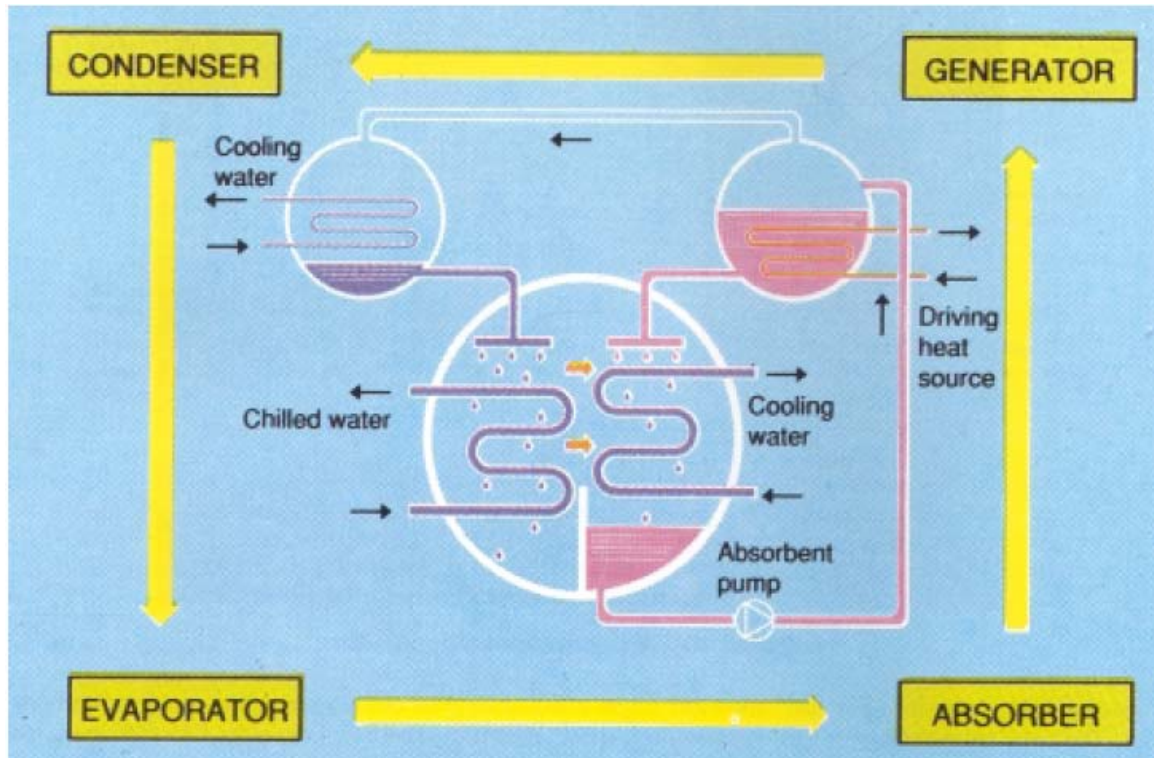
ปั๊มความร้อนเชิงกลแบบวงจรปิด (Closed-Cycle Mechanical Heat Pumps) เป็นวงจรการทำงานโดยใช้คอมเพรสเซอร์เชิงกล ขับด้วยไฟฟ้า หรือ เทอร์โบไอน้ำ เครื่องยนต์ หรือ เทอร์โบแก๊ส ขับสารทำความเย็นดูดความร้อนจากแหล่งความร้อนสูญเสียมาใช้งาน โดยไม่สัมผัสกับแหล่งความร้อนสูญเสีย ได้แก่ปั๊มความร้อนที่ใช้ทำน้ำร้อน

ปั๊มความร้อนเชิงกลแบบวงจรเปิด (Open-Cycle Mechanical Vapor Compression (MPV) Heat Pumps) ใช้คอมเพรสเซอร์เชิงกลเพิ่มความดันให้กับไอน้ำสูญเสียโดยตรง ซึ่งไอน้ำสูญเสียคือไอน้ำที่ความดันและอุณหภูมิต่ำไม่สามารถใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรมได้แล้ว

ปั๊มความร้อนเชิงความร้อนแบบวงจรเปิด (Open-Cycle Thermocompression Heat Pumps) ใช้พลังงานจากไอน้ำที่ความดันสูงเพิ่มความดันให้กับไอน้ำสูญเสียโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าอีเจกเตอร์ (Jet Ejector) เนื่องจากไอน้ำที่ใช้จะสัมผัสกับไอน้ำสูญเสียเช่นเดียวกับปั๊มความร้อนเชิงความร้อนแบบวงจรเปิด จึงเป็นระบบเปิด

ปั๊มความร้อนแอมโซบชันแบบวงจรปิด (Closed-Cycle Absorption Heat Pumps) มีหลักการทำงานเหมือนกับ เครื่องทำน้ำเย็นแบบแอมโซบชัน (Steam-Heated Absorption Chillers) คือใช้สาร 2 ชนิดได้แก่ ลิเทียมโบรไมด์ และน้ำ ซึ่งมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันทำให้สามารถแยกสารทั้ง 2 ออกจากกันได้ด้วยความร้อน

ข้อดีของปั๊มความร้อนแบบชอปปั้นคือสามารถเพิ่มอุณหภูมิเพื่อนำมาใช้ได้มากกว่าระบบอื่น ๆ โดยที่ประสิทธิภาพการทำงานไม่ตกมากที่อุณหภูมิสูง และยังสามารถออกแบบให้ทำงานได้ทั้งความร้อนและ
ความเย็นพร้อมกันอีกด้วย



รูปที่ 3 ภาพจากเคีตตาล็อก Dunham-Bush

ปั๊มความร้อนแบบชอปปั้นประกอบด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 4 ชุด ได้แก่ อีวาพอเรเตอร์แบบชอปปเบอร์ (Absorber) เย็นเนอร์เรเตอร์ (Generator) และคอนเดนเซอร์ ไอ้่น้ำหรือไอ้ร้อนจากการเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูงจะใช้เป็นพลังงานสำหรับต้มสารละลายของลิเทียมโบรไมด์และน้ำที่ความดันสูงในเย็นเนอร์เรเตอร์ ทำให้น้ำกลายเป็นไอ้่น้ำแยกตัวออกจากสารละลาย ไอ้่น้ำจะคายความร้อนแฝงให้แก่ตัวกลางที่จะนำความร้อนไปใช้ที่อุณหภูมิสูงที่คอนเดนเซอร์ และกลายเป็นของเหลวไหลไปยังอีวาพอเรเตอร์ น้ำจะถูกลดความดันทำให้มีจุดเดือดต่ำและดึงความร้อนจากแหล่งความร้อนสูญเสียและเปลี่ยนสถานะเป็นไอ้่น้ำที่ความดันต่ำในอีวาพอเรเตอร์ จากนั้นไอ้่น้ำจะถูกสารละลายเข้มข้นของลิเทียมโบรไมด์และน้ำจากเย็นเนอร์เรเตอร์ละลายในแบบชอปปเบอร์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดความร้อนจึงสามารถคายความร้อนแฝงให้แก่ตัวกลางที่จะนำความร้อนไปใช้ที่อุณหภูมิสูงที่แบบชอปปเบอร์ได้ด้วย

สรุปได้ว่าความร้อนสูญเสียที่อุณหภูมิต่ำจะถูกดึงเข้ามาในวงจรที่อีวาपोเรเตอร์ และพลังงานความร้อนอุณหภูมิสูงที่ใช้ขับเคลื่อนจะนำเข้ามาในวงจรที่เย็นเนอร์เรเตอร์ ความร้อนที่อุณหภูมิกลางจะนำไปใช้ทางแอบซอบเบอร์ และคอนเดนเซอร์ โดยมีปริมาณรวมเท่ากับความร้อนที่เข้ามาในวงจรทางอีวาपोเรเตอร์และเย็นเนอร์เรเตอร์ จึงสามารถใช้ความร้อนได้มากกว่าความร้อนที่ใช้ที่เย็นเนอร์เรเตอร์ บั๊มพ์ความร้อนแอบซอบชันสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ 100-150 C เนื่องจากใช้บั๊มพ์ส่งสารละลายในสถานะของเหลวจึงไม่เสียพลังงานมาก ในขณะที่บั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบวงจรปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ 10-25 C เท่านั้น ส่วนบั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบวงจรปิด สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดแค่ 80 C เนื่องจากเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่คอมเพรสเซอร์สามารถทำงานได้

ระหว่างการทำงานของบั๊มพ์ความร้อนแอบซอบชัน จะต้องรักษาความดันในอีวาपोเรเตอร์ให้เป็นสูญญากาศเพื่อรักษาอุณหภูมิในอีวาपोเรเตอร์ โดยการเปลี่ยนไอน้ำที่เกิดที่อีวาपोเรเตอร์ให้เป็นน้ำที่แอบซอบเบอร์ และดูดก๊าซที่ไม่เปลี่ยนสถานะออกเป็นระยะๆ

แนวทางการใช้บั๊มพ์ความร้อน

ตารางต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการใช้บั๊มพ์ความร้อนในงานอุตสาหกรรมและชนิดของบั๊มพ์ความร้อนที่น่าจะใช้ การอบแห้งไม้เป็นขบวนการที่สามารถใช้บั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบวงจรปิดดึงความร้อนจากอากาศชั้นที่ออกจากเตาอบแห้งเนื่องจากรับน้ำจากไม้มาแล้วมาให้ความร้อนกับอากาศที่จะเข้าเตาอบ ซึ่งมีข้อดีคือนอกจากจะประหยัดค่าพลังงานแล้ว ยังใช้อุณหภูมิต่ำกว่าทำให้คุณภาพไม้ดีกว่า ไม่ทำให้เกิดก๊าซและสารระเหยที่มีผลต่อสภาพสิ่งแวดล้อม

การเก็บไอน้ำสูญเสียจะนิยมใช้บั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบวงจรปิด หรือ เทอร์โมคอมเพรสเซอร์ ตัวอย่างเช่น การอบแห้งกระดาษจะใช้ เทอร์โมคอมเพรสเซอร์ เก็บไอน้ำที่เกิดจากคอนเดนเซทจากเตาอบ

จากตารางจะเห็นได้ว่าใช้บั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบวงจรปิดแทบทั้งหมด ส่วนบั๊มพ์ความร้อนแอบซอบชันจะใช้ทำความเย็นมากกว่าที่จะใช้เป็นบั๊มพ์ความร้อน

ตารางที่ 1. ตัวอย่างการใช้บั๊มพ์ความร้อนในขบวนการอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	กิจกรรม	ขบวนการผลิต	ประเภทบั๊มพ์ความร้อน
โรงกลั่นน้ำมันและปิโตรเคมีคัล	กลั่นน้ำมันและผลิตปิโตรเคมี	แยกโพรเปน/หรือพีรีน บูเทน/บูทีลีน และอีเทน / เอททีลีน	-บั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรปิด

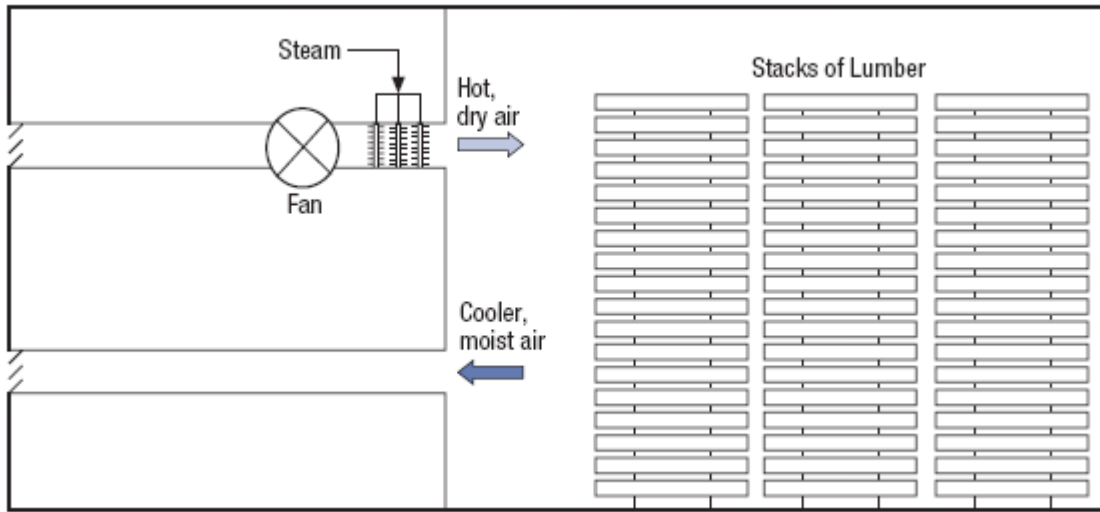
อุตสาหกรรมเคมี	ผลิตเกลืออนินทรีย์รวมทั้งเกลือ โซเดียมซัลเฟต โซเดียมคาร์โบเนต กรดบอริก	ทำสารละลายเกลือเข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
อุตสาหกรรมเคมี	บำบัดของเสียจากขบวนการผลิต	ลดปริมาณของเสียโดยทำให้เข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
อุตสาหกรรมเคมี	รวบรวมความร้อนสูญเสีย	เพิ่มความดันให้อุณหภูมิสูญเสียเพื่อใช้เป็นแหล่งความร้อน	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
อุตสาหกรรมเคมี	แก๊สธรรมชาติ	ให้ความร้อนน้ำในขบวนการผลิต	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
ผลิตภัณฑ์ไม้	ผลิตเยื่อไม้	ทำน้ำเยื่อเข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
ผลิตภัณฑ์ไม้	ผลิตกระดาษ	ให้ความร้อนน้ำในขบวนการผลิต	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
ผลิตภัณฑ์ไม้	ผลิตกระดาษ	เก็บไอน้ำแฟลช	-เทอร์โมคอมเพรสชั่น
ผลิตภัณฑ์ไม้	ผลิตไม้	อบแห้ง	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
อาหารและเครื่องดื่ม	ผลิตสุรา	ลดปริมาณของเสียโดยทำให้เข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
อาหารและเครื่องดื่ม	ผลิตเบียร์	ลดปริมาณของเสียโดยทำให้เข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด
อาหารและเครื่องดื่ม	ผลิตข้าวโพดเหลว/ซูปข้าวโพด	ทำให้เข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด -เทอร์โมคอมเพรสชั่น
อาหารและเครื่องดื่ม	ผลิตน้ำตาล	ทำสารละลายเข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด -เทอร์โมคอมเพรสชั่น
อาหารและเครื่องดื่ม	ผลิตนม	ทำนมเข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด -เทอร์โมคอมเพรสชั่น
อาหารและเครื่องดื่ม	ผลิตน้ำผลไม้	ทำน้ำผลไม้เข้มข้น	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกล แบบวงจรถัด

อาหารและเครื่องต้ม	ผลิตอาหาร	ให้ความร้อนน้ำใน ขบวนการผลิตและน้ำล้าง	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
อาหารและเครื่องต้ม	ผลิตเครื่องต้ม	ลดปริมาณของเสียโดยทำ ให้เข้มข้น	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
โรงไฟฟ้า	ปรมาณู	ลดปริมาณของเสีย(กาก) โดยทำให้เข้มข้น	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
โรงไฟฟ้า	ปรมาณู	ลดปริมาณน้ำทิ้งห่อฝังน้ำ โดยทำให้เข้มข้น	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
อื่นๆ	ผลิตน้ำดื่ม	กลั่นน้ำทะเล	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
อื่นๆ	ซูปโลหะ	ให้ความร้อนสารละลาย	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
อื่นๆ	ซูปโลหะ	ทำสารละลายเข้มข้น	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
อื่นๆ	ทอผ้า	ให้ความร้อนน้ำใน ขบวนการผลิตและน้ำล้าง	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
อื่นๆ	ทอผ้า	ดึงน้ำออก ทำให้เข้มข้น	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด
อื่นๆ	การผลิตทั่วไป	ทำน้ำร้อนในขบวนการ ผลิตและการล้าง	-ปั๊มความร้อนเชิงกล แบบวงจรมัด

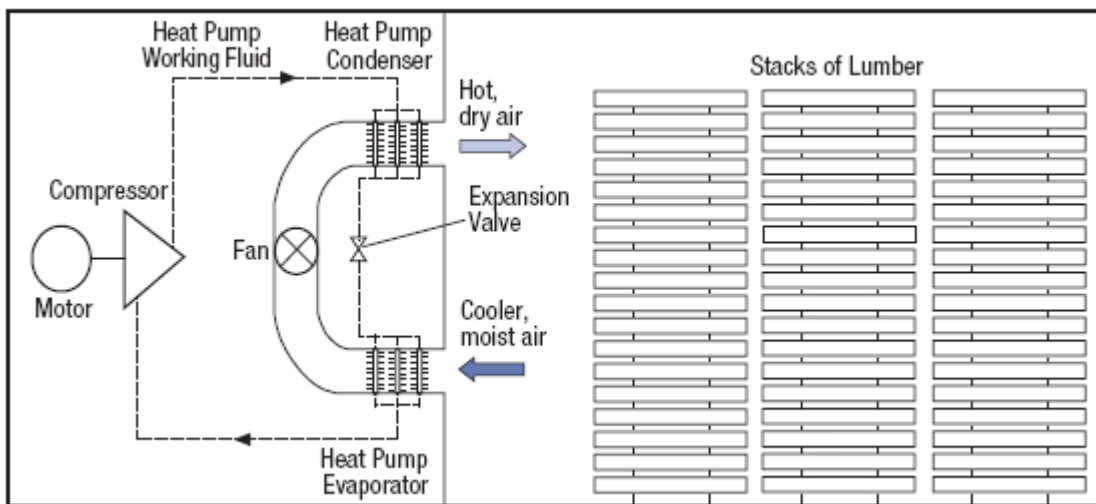
ตัวอย่างการใช้ปั๊มความร้อน

การอบแห้งไม้แปรรูป โดยทั่วไปการอบแห้งไม้แปรรูปจะใช้ไอน้ำเป็นแหล่งความร้อน ไม้แปรรูปจะถูกเรียงเป็นชั้นอยู่ในห้องอบไม้ อากาศภายนอกจะได้รับความร้อนจากไอน้ำเพื่อให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์น้อยลงแล้วจึงปล่อยเข้าไปรับความชื้นออกจากไม้แปรรูป แล้วจึงปล่อยออกไปภายนอกห้องอบไม้ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องอบจะถูกควบคุมมิให้ไม้แห้งเร็วเกินไปซึ่งจะทำให้ไม้แตกได้

รูปที่ 5 เป็นห้องอบไม้แปรรูปที่ใช้ปั๊มความร้อนให้ความร้อนกับอากาศในห้องอบที่ผ่านคอนเดนเซอร์ และดึงความชื้นออกจากอากาศที่เข้าสู่ปั๊มความร้อนจึงไม่จำเป็นต้องใช้อากาศภายนอก อุณหภูมิที่ใช้ต่ำกว่าทำให้ไม้ไม่แตก ค่าไฟฟ้าถูกกว่าการใช้เชื้อเพลิงอื่นๆเพื่อผลิตไอน้ำ



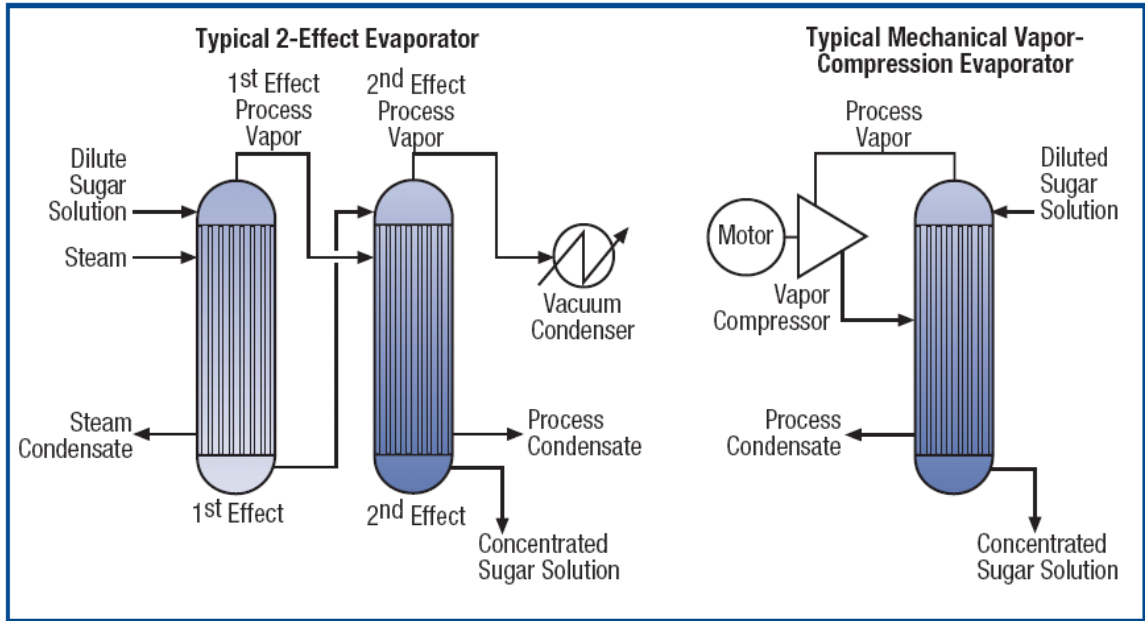
รูปที่ 4 ห้องอบไม้แปรรูปใช้ไอน้ำ



รูปที่ 5 ห้องอบไม้แปรรูปใช้ปั๊มความร้อน

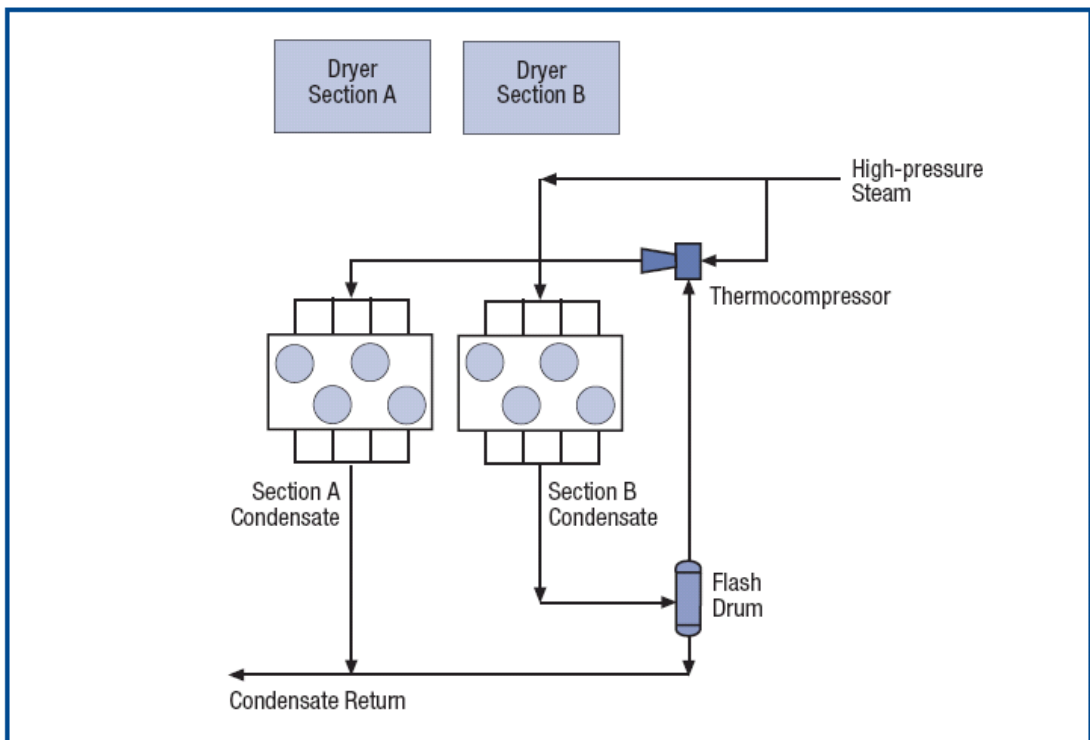
การดึงน้ำจากสารละลายน้ำตาล ในอุตสาหกรรมน้ำตาลจะต้องดึงน้ำออกจากสารละลายน้ำตาลเป็นจำนวนมากก่อนที่จะให้น้ำตาลตกผลึกเป็นเม็ด โดยทั่วไปจะใช้ไอน้ำต้มในถังแรกและใช้ไอน้ำที่ได้จากถังแรกไปให้ความร้อนกับถังต่อไปที่ลดความดันลงเพื่อให้ น้ำในสารละลายกลายเป็นไอง่ายขึ้นดังในรูปที่ 6

ปั๊มความร้อนเชิงกลแบบวงจรเปิดจะนำมาใช้ดังในรูปที่ 6 โดยจะอัดไอที่เกิดจากสารละลายทำให้มีความดันและอุณหภูมิสูงเพื่อให้ความร้อนแก่สารละลายอีกทีหนึ่ง ซึ่งค่าไฟฟ้าสำหรับปั๊มความร้อนเชิงกลแบบวงจรเปิดนั้นถูกกว่าการใช้ไอน้ำดึงน้ำจากสารละลายที่ใช้กันอยู่



รูปที่ 6 การดึงน้ำออกจากสารละลายด้วยไอน้ำและด้วยปั๊มความร้อน

อุตสาหกรรมกระดาษ ใช้เทอร์โมคอมเพรสชันเพื่อดึงเอาไอน้ำแฝงจากการไล่น้ำด้วยไอน้ำ ความดันสูงกลับมาใช้อีกครั้งหนึ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามรูปที่ 7 ส่วน A จะใช้ไอน้ำที่ความดันต่ำลงมาเนื่องจากเป็นไอน้ำที่เกิดจากการใช้ไอน้ำความดันสูงผ่านอีเจกเตอร์เพื่อดึงเอาไอน้ำแฝงจากส่วน B ที่ใช้ไอน้ำความดันสูงมาผสมทำให้สามารถใช้ไอน้ำได้ประโยชน์สูงสุด



รูปที่ 7 การดึงน้ำออกจากสารละลายด้วยไอน้ำและด้วยเทอร์โมคอมเพรสเซอร์

การประเมินการใช้ปั๊มความร้อน

การประเมินการใช้ปั๊มความร้อนมี 4 ขั้นตอนได้แก่

- ดูความเหมาะสมที่จะใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการนำพลังงานในขบวนการกลับมาใช้
- เลือกประเภทของปั๊มความร้อนที่จะนำมาใช้
- วิเคราะห์ราคาและค่าใช้จ่ายเบื้องต้น
- ศึกษาความคุ้มค่าของโครงการอย่างละเอียด

ความเหมาะสมที่จะใช้ปั๊มความร้อน ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องรู้คือมีความร้อนที่สามารถนำกลับมาใช้ที่จุดใดบ้าง ความร้อนนี้จะใช้ได้ทีใดบ้าง เมื่อนำมาใช้จะประเมินค่าได้อย่างไรและจะประหยัดพลังงานได้เท่าไร และมีประโยชน์อื่นนอกเหนือไปจากด้านพลังงานเช่นมีผลต่อคุณภาพสินค้า ผลต่อสภาพแวดล้อมหรือไม่

ตารางที่ 2 & 3 ต่อไปนี้แสดงข้อดีและข้อเสียของปั๊มความร้อนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการใช้ปั๊มความร้อนและความเหมาะสม

ตารางที่ 2. ข้อดีของการใช้ปั๊มความร้อน

		เหตุผล
ขบวนการผลิต		
1	ขบวนการกลายเป็นไอ	โอกาสสูงที่จะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2	มีของไหลที่อุณหภูมิ 70-100 C ที่ต้องการระบายความร้อนหรือต้องทิ้ง	ที่อุณหภูมินี้สามารถใช้เป็นแหล่งความร้อนเพื่อนำกลับมาใช้ได้ง่าย
3	ต้องใช้ความร้อนให้ของไหลเพื่อสร้างอุณหภูมิ 65-120 C	ปั๊มความร้อนสามารถให้ความร้อนที่อุณหภูมินี้ได้ง่าย
4	มีไอน้ำความดันต่ำปล่อยทิ้ง มีไอน้ำที่ความดันสูงกลับตัว	ปั๊มความร้อนสามารถดึงกลับมาใช้ได้ง่าย
5	มีขบวนการกลั่นที่ช่วงอุณหภูมิแคบๆ	ปั๊มความร้อนมีประสิทธิภาพสูงมากที่ช่วงอุณหภูมิแคบๆ
6	ความร้อนที่สามารถใช้ได้ >150kW	ขนาดใหญ่พอที่จะมีความคุ้มค่าได้เร็ว
7	แหล่งความร้อนสะอาด	ทำให้นำความร้อนกลับมาใช้ได้ง่าย
8	ขบวนการผลิตใช้เวลานานและต่อเนื่อง	ทำให้ประหยัดพลังงานได้มากและคุ้มค่าเร็ว

ค่าพลังงาน		
1	ค่าไฟฟ้า/ค่าเชื้อเพลิง < 3	ค่าไฟฟ้าของบิ๊มพ์จะต่ำกว่าค่าเชื้อเพลิง
2	ค่าไฟฟ้าและค่าเชื้อเพลิงมีราคาแพง	ทำให้การลงทุนมีการคุ้มทุนเร็ว ลงทุนง่ายขึ้น
ระบบเสริม		
1	ลดการใช้ไอน้ำหรือเชื้อเพลิงเพื่อทำความร้อน แต่จะต้องเพิ่มการใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก	ลดการทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และเมื่อใช้ไฟฟ้าไม่เพิ่มขึ้นมากก็จะทำให้คืนทุนเร็วยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3. ข้อเสียของการใช้บิ๊มพ์ความร้อน

		เหตุผล
ขบวนการผลิต		
1	อุณหภูมิแตกต่างของจุดใช้งานกับแหล่งความร้อนสูงกว่า 28 C	อุณหภูมิแตกต่างสูงจะทำให้ต้นทุนของบิ๊มพ์ความร้อนสูงขึ้น
2	แหล่งความร้อนสูญเสียมีน้อย	บิ๊มพ์ความร้อนไม่สามารถให้ความร้อนได้ตามต้องการ
3	ค่าบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น	เนื่องจากมีอุปกรณ์เพิ่ม
ค่าพลังงาน		
1	ค่าไฟฟ้า/ค่าเชื้อเพลิง > 6	ทำให้ค่าไฟฟ้าสำหรับบิ๊มพ์ความร้อนสูงขึ้น
2	ค่าไฟฟ้าและค่าเชื้อเพลิงต่ำ	ค่าพลังงานต่ำทำให้มูลค่าของการประหยัดพลังงานลดลง
ระบบเสริม		
1	ลดการใช้ไอน้ำหรือเชื้อเพลิงเพื่อทำความร้อน แต่กระทบกับการที่ต้องเพิ่มการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น	ลดการทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เมื่อใช้ไฟฟ้ามากขึ้นมาก จะทำให้มูลค่าการประหยัดพลังงานลดลง

เลือกประเภทของบิ๊มพ์ที่จะนำมาใช้ เมื่อมีความเป็นไปได้ที่จะใช้บิ๊มพ์ความร้อน ต่อไปก็จะต้องเลือกประเภทของบิ๊มพ์ความร้อนที่จะนำมาใช้โดยมีเงินลงทุนและประสิทธิภาพการทำงานที่เหมาะสม บิ๊มพ์ความร้อนส่วนใหญ่จะทำงานยกอุณหภูมิได้ไม่เกิน 38 C สำหรับอุณหภูมิสูงกวานี้จะเป็นแบบที่ออกแบบพิเศษ ตารางที่ 4 ต่อไปนี้เป็นแนวทางขั้นต้นในการเลือกบิ๊มพ์ความร้อนแบบต่างๆที่อธิบายไว้ทั้งหมด 4 แบบในตอนต้น

ตารางที่ 4. แนะนำการเลือกประเภทของบิ๊มพ์ความร้อน

อุณหภูมิเพิ่มขึ้น	แหล่งความร้อน	จุดที่ใช้ความร้อน	ปั๊มพ์ความร้อนที่แนะนำ
<38 C	-ระบายความร้อนให้น้ำ	-ให้ความร้อนน้ำหรือก๊าซ -ต้มน้ำ ของเหลว	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบ วงจรถัด -ปั๊มพ์ความร้อนแอบ ชอบชั้นแบบวงจรถัด
<38 C	-กลั่นไอเป็นบางส่วน	-ให้ความร้อนน้ำหรือก๊าซ -ต้มน้ำ ของเหลว	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบ วงจรถัด -ปั๊มพ์ความร้อนแอบ ชอบชั้นแบบวงจรถัด
<38 C	-ไอน้ำอิมตัว	-ต้มน้ำเป็นไอ	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบ วงจรถัด -เทอร์โมคอมเพรสชั่น
<38 C	-ไอน้ำอิมตัว(ไม่ใช่ไอน้ำ)	-ต้มของเหลว -อุ่นก๊าซหรือของเหลว	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบ กึ่งวงจรถัด
>38 C	-แหล่งความร้อนอื่นๆที่ไม่ใช่ไอน้ำ	-จุดใช้ความร้อนอื่นๆที่ไม่ใช่ไอน้ำ	-ปั๊มพ์ความร้อนแอบ ชอบชั้นแบบวงจรถัดที่ใช้ สารอุณหภูมิสูง -ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบ วงจรถัดหลายชั้น
>38 C	-ไอน้ำความดันต่ำ	-ไอน้ำความดันสูงกว่า	-ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบ วงจรถัด -ปั๊มพ์ความร้อนแอบ ชอบชั้นแบบวงจรถัดที่ใช้ สารอุณหภูมิสูง -ปั๊มพ์ความร้อนเชิงกลแบบ วงจรถัดหลายชั้น

วิเคราะห์ราคาและค่าใช้จ่ายเบื้องต้น

การศึกษาโครงการประหยัดพลังงานจะต้องคำนวณการประหยัดพลังงานที่ได้หรือค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ลดได้จากการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานแบบใหม่กับระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งค่าใช้จ่ายของระบบความร้อนจากเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่เป็นข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ส่วนค่าพลังงานของปั๊มพ์ความร้อนนั้น

ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน ซึ่งตัวอย่างต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการประมาณค่าพลังงานของปั๊มความร้อนแบบเชิงกล ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้คำนวณสร้างกราฟแสดงค่ากระแสไฟฟ้าของปั๊มความร้อนที่ค่ากระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิที่ปั๊มความร้อนเพิ่มให้ต่างกันได้ตามรูปที่ 2

ประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน COP(Co-efficient of Performance) คืออัตราส่วนของความร้อนที่ได้จากปั๊มความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

$$\text{COP} = \frac{Q}{W} \dots\dots\dots(2)$$

เมื่อ

$$\text{COP} = \frac{\text{ประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน}}{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้}}$$

$$Q = \text{ความร้อนที่ได้จากปั๊มความร้อน}$$

$$W = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้}$$

ในทางทฤษฎี การทำงานของปั๊มความร้อนเป็นวงจรการทำงานเทอร์โมไดนามิกที่เรียกว่า Carnot Cycle ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดเป็นอัตราส่วนของอุณหภูมิตามสมการที่ 1 โดยที่ประสิทธิภาพของปั๊มความร้อนจะมีค่า 65-75% ของประสิทธิภาพสูงสุดตามทฤษฎี

รูปที่ 8 ปั๊มความร้อนที่ดึงความร้อนจากอากาศมาทำน้ำร้อน อากาศที่อุณหภูมิ 35 C จะถูกดึงความร้อนที่อัตรา 1.0 MM BTUH โดยมีอุณหภูมิเหลือ 25 C โดยสารทำความเย็นที่ใช้ดึงความร้อนจะมีอุณหภูมิ 20 C และน้ำที่อุณหภูมิ 30 C จะได้รับความร้อนจากคอนเดนเซอร์ที่มีอุณหภูมิ 60 C โดยสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิ 65 C ความร้อนที่ได้จากปั๊มความร้อน 1.0 MM BTUH

$$\text{จากสมการที่ 1 } \text{COP} = \frac{273+65}{(273+65)-(273+20)}$$

$$= 7.5$$

$$\text{ประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน } 65\% \text{ ของประสิทธิภาพสูงสุดทางทฤษฎี}$$

$$= 4.9$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้าของปั๊มความร้อนที่ใช้}$$

$$= \frac{\text{ความร้อนที่ได้จากปั๊มความร้อน}}{\text{COP}}$$

$$= \frac{1.0 \text{ MM BTUH}}{4.9}$$

$$= 0.204 \text{ MM BTUH}$$

$$= 59.75 \text{ kW}$$

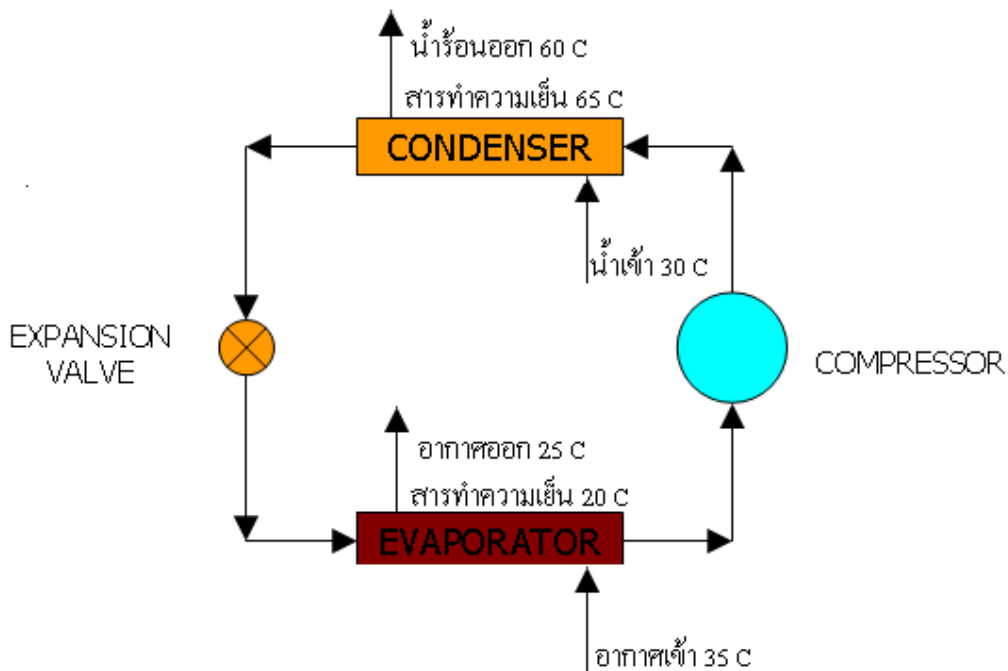
ค่ากระแสไฟฟ้า 3 บาท/kW-hr ในขณะที่ค่าก๊าซธรรมชาติ 240 บาทต่อ 1 MM Btu ประสิทธิภาพการเผาไหม้ 90%

เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ก๊าซธรรมชาติจะสามารถประหยัดได้

$$= 1.0 \cdot 240 / 0.9 - 59.75 \cdot 3$$

$$= 87.42 \text{ บาท/ชั่วโมง}$$

ถ้าเครื่องทำงาน 8,500 ชั่วโมง/ปี จะประหยัดได้ 0.74 ล้านบาท/ปี ซึ่งเป็นแนวทางที่จะนำมาใช้ตัดสินใจใช้ปั๊มความร้อนในด้านเศรษฐศาสตร์



รูปที่ 8 การทำงานของปั๊มความร้อนตัวอย่าง

นอกจากด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว ยังจะต้องคำนึงถึงข้อดีข้อเสียอื่นๆ ได้แก่

- คุณภาพของงานที่ได้ ซึ่งในกรณีที่ใช้อบแห้งไม้แปรรูป อบแห้งผลไม้ หรือผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่สูญเสียคุณภาพเพราะปั๊มความร้อนให้อุณหภูมิต่ำกว่า
- การใช้ปั๊มความร้อนจะช่วยลดการลงทุนซื้อหม้อไอน้ำ ลดการเผาไหม้ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซต่างๆ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อบรรยากาศ

แต่ปั๊มความร้อนก็มีต้นทุนในการทำงานอื่นๆที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่

- ค่าไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำ และพัดลมซึ่งต้องใช้พร้อมกับปั๊มความร้อน ซึ่งในการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติก็ต้องใช้พัดลมเช่นเดียวกัน

- ค่าบำรุงรักษาของปั๊มความร้อนซึ่งมีการบำรุงรักษาเช่นเดียวกับการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำหรือหัวเผาก็มีความยุ่งยากและค่าใช้จ่าย ซึ่งสำหรับหม้อไอน้ำจะมีค่าบำรุงรักษามากกว่าปั๊มความร้อนอีกด้วย สำหรับปั๊มความร้อนประเภทอื่นได้แก่ เทอร์โมคอมเพรสชั่น นั้นจะต้องศึกษาการทำงานจากผู้ผลิต เทอร์โมคอมเพรสชั่น แต่ละราย

ราคาของปั๊มความร้อน

สำหรับปั๊มความร้อนเชิงกลแบบวงจรปิดมีราคาอยู่ระหว่าง 12,000-28,000 บาท/kW ความร้อน หรือ 3,500,000-8,200,000 บาท/MM Btu แต่สำหรับปั๊มความร้อนแบบอื่น ๆ นั้นไม่มีแนวทางตายตัว ไม่สามารถจะประมาณราคาได้ จำเป็นที่จะต้องสอบถามจากผู้ผลิตเป็นกรณีๆ ไป

ระยะเวลาคุ้มทุนโดยทั่วไปสำหรับงานอุตสาหกรรมควรอยู่ระหว่าง 2-5 ปี ซึ่งในบางกรณีปั๊มความร้อนอาจให้ระยะเวลาคุ้มทุนไม่ถึง 1 ปี

สรุปขั้นตอนการพิจารณาโครงการที่ใช้ปั๊มความร้อน

สำหรับโครงการที่ใช้ความร้อน เมื่อพบว่ามีแนวโน้มที่จะสามารถใช้ปั๊มความร้อนได้ ควรที่จะทำการศึกษาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ และรายละเอียดการออกแบบทางวิศวกรรม โดยจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษในหัวข้อต่อไปนี้

- ขนาดเครื่องปั๊มความร้อน ควรเลือกเครื่องขนาดเล็กเพื่อให้การทำงานสม่ำเสมอ ต่อเนื่องเป็นเวลานาน ดีกว่าเลือกเครื่องขนาดใหญ่เกินความจำเป็นทำให้เครื่องเดินไม่เต็มที่
- การสำรองเครื่อง เพื่อให้สามารถให้ความร้อนกับขบวนการผลิตได้แม้เครื่องปั๊มความร้อนจะไม่สามารถทำงานได้ การสำรองนี้อาจเลือกขนาดของเครื่องปั๊มความร้อน 2 เครื่องให้มีขนาดเพียงพอสำหรับทั้งขบวนการหรือให้สามารถใช้ในขบวนการบางส่วนที่มีความสำคัญเมื่อปั๊มความร้อนเครื่องใดเครื่องหนึ่งขัดข้อง
- เครื่องปั๊มความร้อนมักจะมีราคาแพง จึงควรที่จะแหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่นเพื่อใช้ทดแทนตามความเหมาะสม

ถึงแม้ว่าการศึกษาโครงการจะได้ผลว่าการใช้ปั๊มความร้อนเป็นวิธีการที่ดีที่สุด แต่ก็ไม่ควรมองข้ามขั้นตอนโดยไม่คำนึงถึงแหล่งความร้อนหรือการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยวิธีการอื่นๆ ด้วย ซึ่งจะเป็นการทำให้เสียโอกาสไป

บทความนี้้นำเค้าโครงมาจาก Industrial Heat Pumps for Steam and Fuel Savings, A
BestPractces Steam Technical Brief, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and
Renewable Energy