

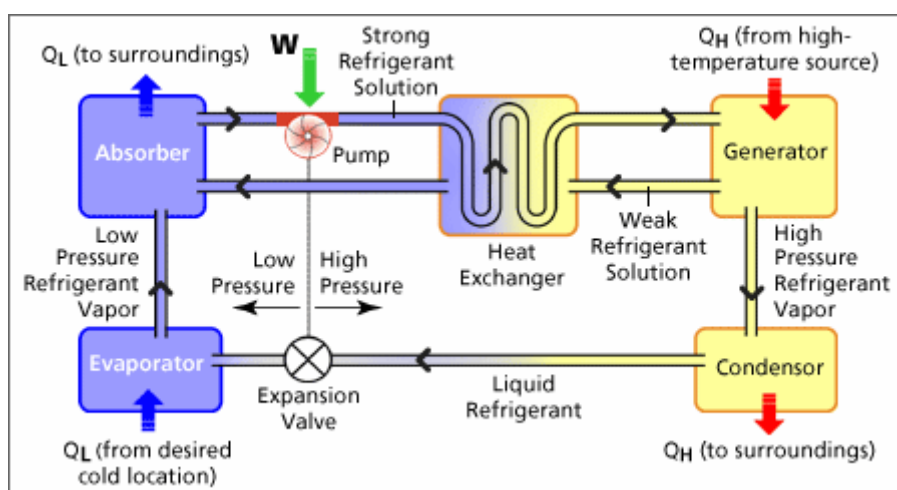
ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึก ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump)

1. หลักการทำงานของเทคโนโลยี

ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) คืออะไร

ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม ทำงานโดยการดึงความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส) ร่วมกับแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง เพื่อผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานในการผลิตน้ำร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงเพียงอย่างเดียวได้

การทำงานของปั๊มความร้อนแบบดูดซึม ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ Evaporator, Absorber, Generator และ Condenser โดยปั๊มความร้อนแบบดูดซึมจะรับความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำที่ Evaporator และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเพื่อผลิตเป็นน้ำร้อนที่ Absorber ในขณะที่ความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงจะเข้าสู่ปั๊มความร้อนแบบดูดซึมที่ Generator และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเพื่อผลิตเป็นน้ำร้อนที่ Condenser และ Absorber ดังแสดงในรูปที่ 1 ต่อไปนี้



รูปที่ 1 ไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของปั๊มความร้อนแบบดูดซึม

สำหรับรายละเอียดการแลกเปลี่ยนความร้อนและความเย็นของสารทำงาน (ลิเทียมโบรไมด์กับน้ำ) ในส่วนประกอบทั้ง 4 ส่วนที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

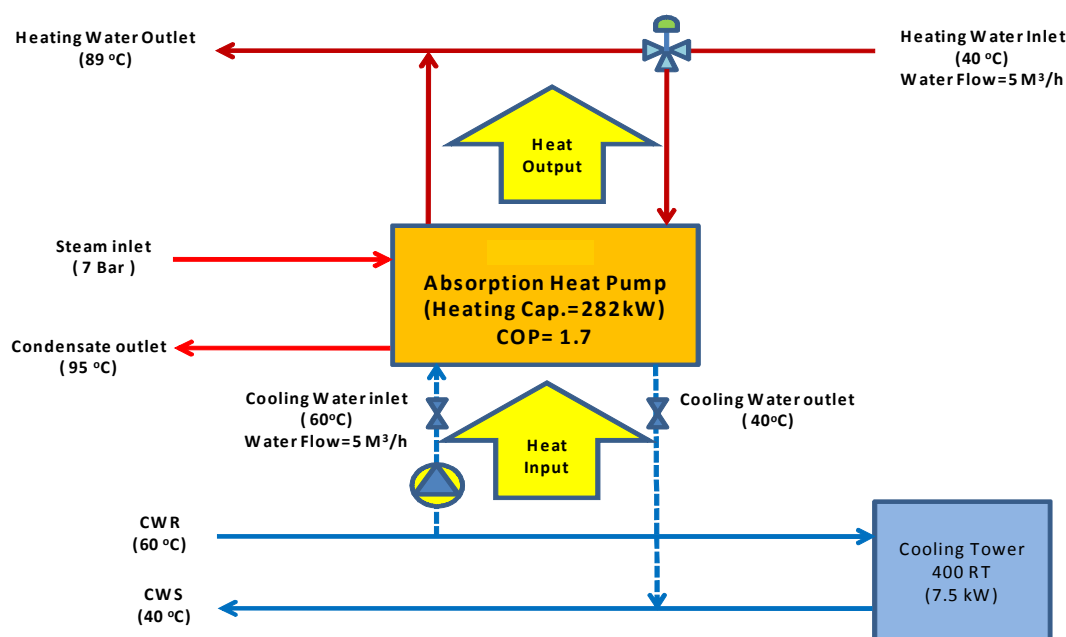
1. Generator จะทำหน้าที่แยกสารละลายลิเทียมโบรไมด์ (LiBr) ออกจากน้ำโดยแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ไอน้ำ หลังจากที่ได้รับความร้อน สารทำความเย็น (น้ำ) ก็จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอที่แรงดันสูง ไหลไปคายความร้อนที่เครื่องควบแน่น (Condenser)

2. Condenser จะทำหน้าที่ควบแน่นสารทำความเย็น (น้ำ) โดยสารทำความเย็นจะคายความร้อนให้แก่ น้ำที่เข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อนและระบายทิ้งผ่านทางหอระบายความร้อน (Cooling Tower) หลังจากนั้นสารทำความเย็นก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวไหลไปรับความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ ที่ชุด Evaporator โดยน้ำร้อนที่ได้จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 80 ถึง 95 °C

3. Evaporator จะทำหน้าที่ดูดความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยอุณหภูมิของแหล่งความร้อนจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 30 ถึง 50 °C ซึ่งแหล่งความร้อนที่ใช้อาจจะเป็นน้ำที่ระบายความร้อนจากระบบหรือเป็นความร้อนทิ้งที่อุณหภูมิต่ำ ความร้อนทั้งหมดจะไปถ่ายเทความร้อนที่ Absorber

4. Absorber จะทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและความร้อนที่อยู่ในสารทำงาน ทำให้สารละลายลิเทียมโบรไมด์ (LiBr) มีความเข้มข้นสูงขึ้นก่อนที่จะถูกปั๊มไปที่ Generator และการทำงานของระบบก็จะเริ่มต้นหมุนเวียนขึ้นใหม่

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสภาวะต่างๆ ที่กล่าวมา สามารถแสดงได้ดังไดอะแกรมในรูปที่ 2 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 ไดอะแกรมแสดงการเปลี่ยนแปลงสภาวะอุณหภูมิของเทคโนโลยีปั๊มความร้อนแบบดูดซึม

จากรูปที่ 2 เป็นการทำน้ำร้อนโดยปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) ซึ่งจะรับความร้อนจากแหล่งความร้อนสองส่วนด้วยกัน คือ ความร้อนอุณหภูมิต่ำจากน้ำระบายความร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C และไอน้ำที่ระดับแรงดัน 7 บาร์ (อุณหภูมิน้ำประมาณ 180 °C) โดยแหล่งความร้อนทั้งสองจะคายความร้อนให้แก่สารทำงานที่ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน โดยอุณหภูมิของน้ำเข้า 40 °C รับความร้อนจากสารทำงานที่ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำ

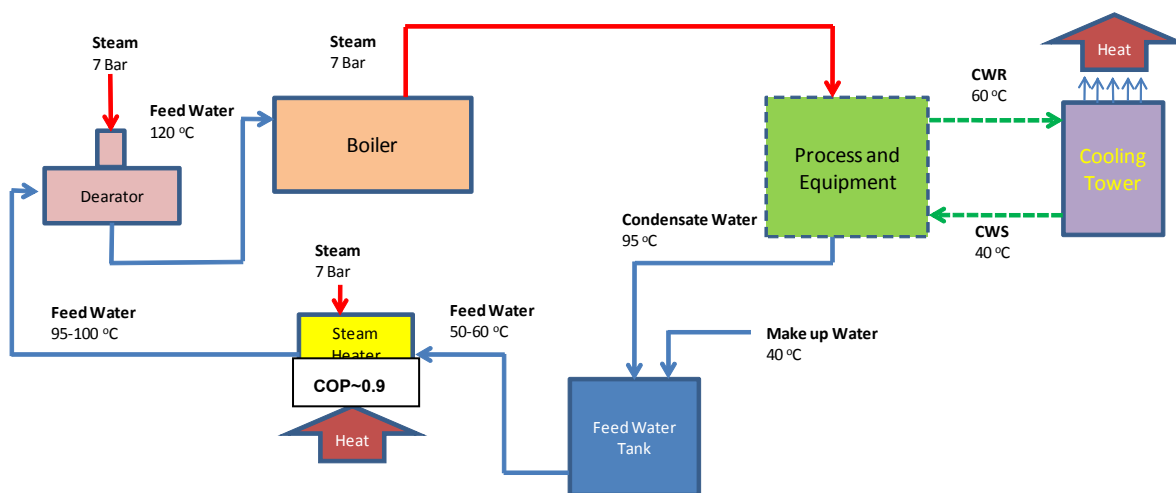
เพิ่มเป็น 89°C โดยความร้อนที่ได้จากไอน้ำและน้ำจากระบบระบายความร้อนจะคายความร้อนให้แก่น้ำที่เข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ระบบมีค่า COP = 1.7

การใช้งานปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump)

จากหลักการทำงานของปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) ที่เป็นระบบที่มีการใช้ความร้อนจากไอน้ำและความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ซึ่งจะสามารถนำกลับมาใช้ในการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูงแทนการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการใช้ไอน้ำโดยตรง โดยน้ำร้อนที่ได้จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 80 ถึง 95 องศาเซลเซียส สำหรับน้ำร้อนที่ได้อาจจะนำไปใช้เป็นน้ำป้อนสำหรับหม้อไอน้ำหรือใช้ในกระบวนการผลิตในส่วนอื่น ๆ

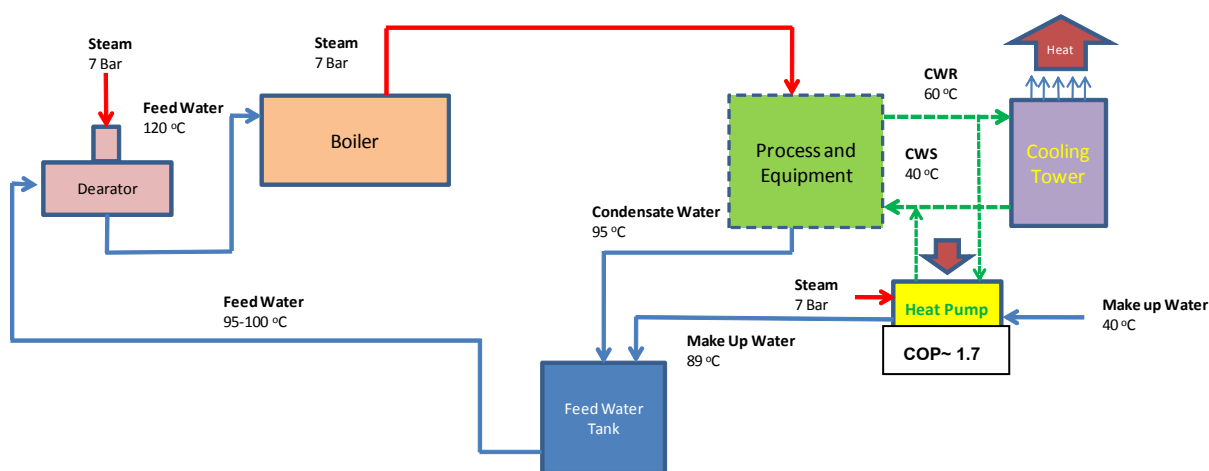
2. การใช้ทดแทนเทคโนโลยีเดิม

ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับกระบวนการผลิต ในส่วนของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเดิม เช่น Plate Heat Exchanger, Shell and Tube ที่ใช้ไอน้ำมาทำน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80 ถึง 95°C โดยที่ระบบจะต้องมีแหล่งความร้อนอื่นเข้ามาเสริม



ระบบหม้อไอน้ำเดิม

การประยุกต์การใช้งานก่อนการปรับปรุง ระบบเดิมมีการใช้น้ำระบายความร้อนออกจากระบบโดยที่อุณหภูมิน้ำเข้า 40°C และน้ำออก 60°C น้ำป้อนที่เข้าหม้อไอน้ำจะมีการใช้น้ำคอนเดนเสทเข้ามาผสมกับน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 95°C และอุณหภูมิของน้ำป้อนอยู่ที่ 40°C หลังจากผสมที่ถึงน้ำป้อนจะได้น้ำป้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50 ถึง 60°C หลังจากนั้นจะใช้ไอน้ำที่ระดับแรงดัน 7 บาร์ มาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำป้อนผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจนได้อุณหภูมิของน้ำที่ 95 ถึง 100°C หลังจากนั้นน้ำป้อนจะเข้าถึง Deaerator เพื่อลดปริมาณออกซิเจนที่เจือปนอยู่ในน้ำโดยการใช้ไอน้ำในการลดปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในน้ำป้อนโดยใช้ไอน้ำที่ระดับแรงดัน 7 บาร์ ในการลดปริมาณออกซิเจนในน้ำป้อน น้ำป้อนหลังจากที่ผ่านระบบ Deaerator จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 120°C เข้าสู่หม้อไอน้ำ



ระบบหม้อไอน้ำหลังปรับปรุง

หลังการปรับปรุงโดยการใช้ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) เข้ามาใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ Make Up แทนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเดิม สำหรับการทำงานของระบบจะใช้ความร้อนจากระบบระบายความร้อนที่มีอุณหภูมิ 60°C เข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อนในชุด Evaporator โดยอุณหภูมิของน้ำหลังจากที่ได้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนจะอยู่ที่ประมาณ 40°C และใช้น้ำที่ระดับแรงดัน 7 บาร์ ในส่วนของ Generator เพื่อให้ความร้อนแก่สารทำงาน โดยความร้อนที่ใช้ในระบบทั้งหมดจะคายความร้อนให้แก่ น้ำที่เข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อน โดยอุณหภูมิ น้ำ Make Up เข้าจะอยู่ที่ 40°C หลังจากที่ได้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนในชุด Condenser อุณหภูมิของน้ำ Make up จะอยู่ที่ 89°C และเข้าไปผสมกับน้ำคอนเดนเสทที่อุณหภูมิ 95°C จะได้น้ำที่อุณหภูมิ 95 ถึง 100°C หลังจากนั้นน้ำป้อนจะเข้าถัง Deaerator เพื่อลดปริมาณออกซิเจนที่เจือปนอยู่ในน้ำโดยการใช้ไอน้ำในการลดปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในน้ำป้อน โดยใช้น้ำที่ระดับแรงดัน 7 บาร์ ในการลดปริมาณออกซิเจนในน้ำป้อน โดยน้ำป้อนหลังจากที่ผ่านระบบ Deaerator จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 120°C เข้าสู่หม้อไอน้ำ จากหลักการทำงานจะเห็นได้ว่าระบบ Absorption Heat Pump จะช่วยในการลดการใช้พลังงานความร้อนในการทำน้ำร้อนโดยการใช้พลังงานความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำเข้ามาช่วยในการแลกเปลี่ยนความร้อน

3. ศักยภาพการประหยัดพลังงาน

จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า COP โดยความร้อนขาออกที่ได้จะมากกว่าความร้อนขาเข้าที่ป้อนเข้าสู่ระบบประมาณ 1.7 เท่า และมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ประมาณ **30-45%**

4. สภาพที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยี

จากกระบวนการผลิตที่มีความร้อนเหลือทิ้งและมีการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูง การใช้ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ โดยน้ำร้อนที่ผลิตได้จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 80 ถึง 95 °C จึงเหมาะสำหรับโรงงานที่มีความต้องการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูง เช่น น้ำป้อนหม้อไอน้ำ การทำความสะอาวัตถุติบ (โรงงานที่มีหม้อไอน้ำขนาดตั้งแต่ 10 ตัน ขึ้นไป และต้องมีแหล่งความร้อนเสริม) ดังนั้นการใช้ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) ในกระบวนการผลิตแทนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเดิมจะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในภาพรวมได้

5. กลุ่มเป้าหมายการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ได้แก่

- โรงงานผลิตไฟฟ้า
- โรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม
- โรงงานเคมี
- โรงงานเหล็ก

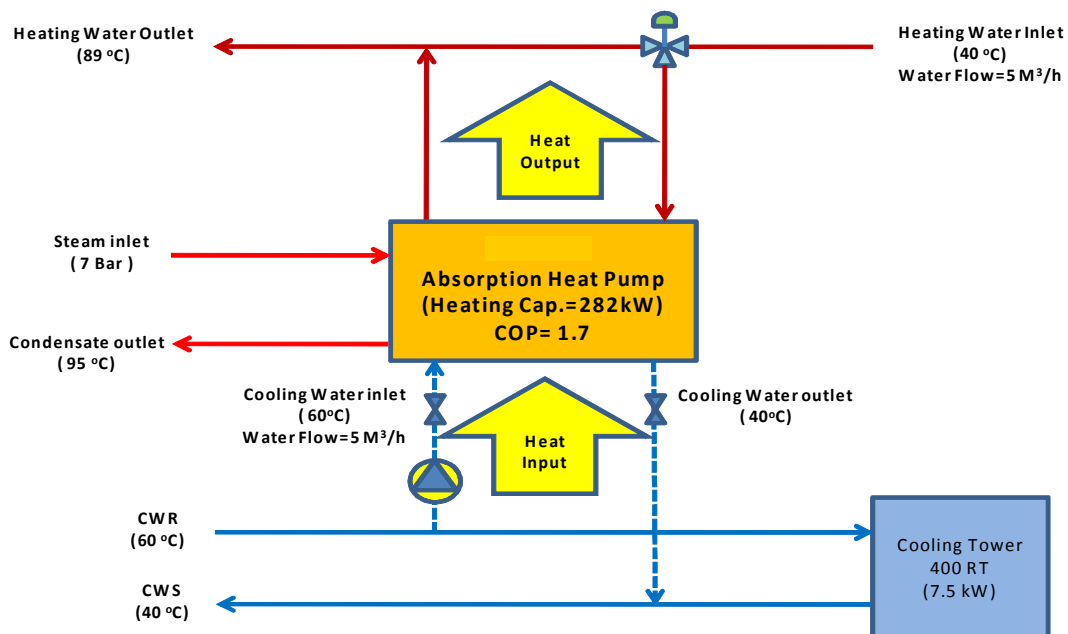
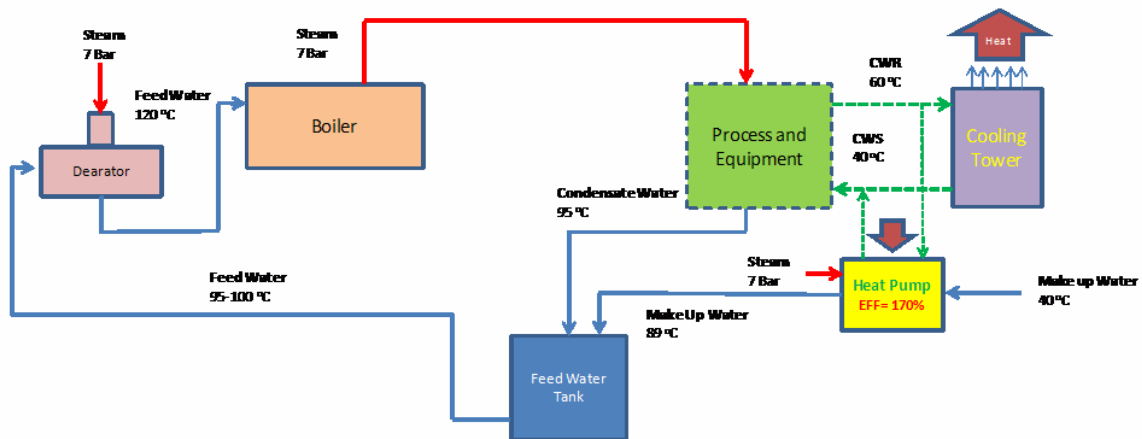
6. ราคาของเทคโนโลยี

ราคาของปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) จะขึ้นอยู่กับขนาดของความร้อนที่ต้องการโดยประเมินจาก kWt โดยเฉลี่ยราคาจะอยู่ที่ประมาณ 6,000 – 7,000 บาท/kWt (ขนาดต่ำสุดที่ระบบทำได้อยู่ที่ 200 kWt โดยจะทำน้ำร้อนได้ที่อุณหภูมิประมาณ 80 ถึง 95 °C ที่อัตราการไหลของน้ำร้อน 4 ตันต่อชั่วโมง)

7. ระยะเวลาคืนทุนของเทคโนโลยี

จากข้อมูลกรณีศึกษาของ ราคาของปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) สามารถให้ผลประหยัดซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 – 4 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งความร้อนและความร้อนเหลือทิ้ง ถ้ามีมากพอก็จะสามารถคืนทุนได้เร็ว

กรณีศึกษาผลการประหยัดพลังงานของ Absorption Heat Pump



จากรูปเป็นการทำน้ำร้อนโดยระบบ Absorption Heat Pump ซึ่งจะรับความร้อนจากแหล่งความร้อนสองส่วนด้วยกัน คือ ความร้อนอุณหภูมิต่ำจากน้ำระบายความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60°C และไอน้ำที่ระดับแรงดัน 7 บาร์ (อุณหภูมิต่ำกว่า 180°C) โดยแหล่งความร้อนทั้งสองก็จะคายความร้อนให้แก่สารทำงานที่เข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อน ในที่นี้ น้ำเข้าจาก 40°C มารับความร้อนจากสารทำงานทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มเป็น 89°C แล้วใช้เป็นน้ำป้อนในระบบหม้อไอน้ำ โดยความร้อนที่ได้จากไอน้ำและน้ำจากระบบระบายความร้อนก็จะคายความร้อนให้แก่สารทำงานที่เข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด แหล่งความร้อนที่ได้จะมาจากไอน้ำ 100% และน้ำจากระบบระบายความร้อน 70% ซึ่งก็จะทำให้ค่า COP อยู่ที่ประมาณ 170%

การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

กรณีที่ใช้เชื้อเพลิง NG

Absorption Heat Pump		
Heat Flow Rate for Cooling tower		
Input		
water flow rate	L/h	5,000.00
Temp. water inlet	oC	60
Temp. water outlet	oC	40
Diff. Temp. water	oC	20
Heat Capacity	kJ/kg.oC	4.186
Heat flow rate	MJ/h	418.6
	kWth	116.28
Total heat require	kWth	282
	kJ/h	1,015,200.00
Steam flow rate exiting	kg/h	366.83
Heat Steam require	kWth	165.72
	kJ/h	596,600.00
enthalpy of steam at 7 bar	kJ/kg	2,767.46
Steam flow rate after	kg/h	215.58
Saving Steam flow rate	kg/h	151.26

ข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณ

อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน (m_c)	5,000	L/h
อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนเข้า (t_{ci})	60	°C
อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนออก (t_{co})	40	°C
ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (C_p)	4.186	kJ/kg.°C
Enthalpy of steam at 7 barg	2,767.46	kJ/kg
ปริมาณความร้อนที่ต้องการทั้งหมด	282	kWth
อัตราการไหลของไอน้ำก่อนปรับปรุง	366.83	kg/h
LHV of NG	1,055	MJ/MBtu
ราคา NG เฉลี่ย	400	Baht/MBtu
ชั่วโมงการทำงาน	8,760	h/yr
ราคาต้นทุนในการผลิตไอน้ำเฉลี่ย	1.50	Baht/kg

$$\begin{aligned}
 \text{Heat Flow Rate of Cooling Water} &= m_c \times C_p \times (t_{ci} - t_{co}) \\
 &= 5,000 \times 4.186 \times (60 - 40) / 1,000 \\
 &= 418.6 \quad \text{MJ/h} \\
 &= 418.6 \times 1,000 / 3,600 \\
 &= 116.28 \quad \text{kWth}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณความร้อนที่ต้องการเพิ่มจากไอน้ำ 7 barg} & \\
 &= 282 - 116.28
 \end{aligned}$$

$$= 165.72 \text{ kWth}$$

$$= 165.72 \times 3,600$$

$$= 596,600 \text{ kJ/h}$$

คิดเป็นปริมาณไอน้ำที่ใช้หลังปรับปรุง = $596,600 / 2,767.46$

$$= 215.58 \text{ kg/h}$$

ดังนั้นคิดเป็นปริมาณไอน้ำที่ใช้ลดลง = $366.83 - 215.58$

$$= 151.26 \text{ kgh}$$

Output (NG Fuel)		
LHV of NG	MJ/MBtu	1,055.00
NG Saving	MBtu/h	0.40
Operation per yr	h/yr	8,760.00
	MBtu/yr	3,475.77
NG Price	Baht/MBtu	400
Cost saving from cooling tower	Baht/yr	1,390,307.49
Steam flow rate saving	kg/yr	1,325,018.61
Steam Price	Baht/kg	1.5
Steam cost saving	Baht/yr	1,987,527.91
Total cost saving	Baht/yr	3,377,835.40
Investment		
Absorption heat pump capacity	kWth	282
Price per thermal	Baht/kWt	9,000.00
Total investment	Baht	2,538,000.00
Cost saving	Baht	3,377,835.40
Payback	yr	0.75

ผลการประหยัดเชื้อเพลิง NG = $418.60 / 1,055$

$$= 0.40 \text{ MBtu/h}$$

$$= 0.40 \times 8,760$$

$$= 3,475.77 \text{ MBtu/yr}$$

$$= 3,475.77 \times 400$$

$$= 1,390,307.49 \text{ Baht/yr}$$

ผลการประหยัดไอน้ำ = $151.26 \times 8,760$

$$= 1,325,018.61 \text{ kg/yr}$$

$$= 1,325,018.61 \times 1.5$$

$$= 1,987,527.91 \text{ Baht/yr}$$

รวมผลการประหยัดทั้งหมด = $1,390,307.49 + 1,987,527.91$

$$= 3,377,835.40 \text{ Baht/yr}$$

จากผลการคำนวณพบว่า การติดตั้งเครื่อง Absorption Heat Pump สามารถช่วยลดการใช้ไอน้ำในระบบเดิมลงได้ประมาณ 40% และความร้อนที่ได้รับจากน้ำระบายความร้อนสามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงในการทำน้ำร้อนลงได้โดยที่ระบบยังสามารถทำงานได้ตามปกติ โดยเครื่อง Absorption Heat Pump สามารถผลิตน้ำร้อนได้ที่อุณหภูมิ 89 °C จากน้ำอุณหภูมิ 40 °C

เงินลงทุน

- ราคา Absorption Heat Pump ขนาด 282 kWth	2,530,000	บาท
- ผลการประหยัด	3,377,835.40	บาทต่อปี
- ระยะเวลาในการคืนทุนเบื้องต้น	0.75	ปี

8. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม (Absorption Heat Pump) จะใช้แหล่งความร้อนที่เหลือทิ้งจากระบบเข้ามาช่วยเสริมในการผลิตน้ำร้อน ดังนั้นจึงเป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตลงได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

9. ความแพร่หลายและศักยภาพการขยายผลในประเทศไทย

จากการตรวจสอบกับผู้จำหน่ายและฐานข้อมูลโรงงานอาคารควบคุมของ พพ. พบว่ายังไม่มีการนำเทคโนโลยีนี้ไปประยุกต์ใช้แล้วกับสถานประกอบการใดๆ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากเป้าหมายการใช้เทคโนโลยีนี้ ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพแล้วพบว่า เทคโนโลยีนี้สามารถขยายผลในสถานประกอบการที่มีการใช้พลังงานรวมกันประมาณ 6,444 ktoe ตามข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศในปี 2553 ⁽⁶⁾ และจากการประมาณการในกรณีนี้ 20% ของสถานประกอบการที่มีศักยภาพเหล่านี้นำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้จะทำให้เกิดผลประหยัดพลังงานให้กับประเทศได้ปีละประมาณ 2,221 ล้านบาท

10. ตัวอย่างกรณีศึกษา

N/A

11. แหล่งข้อมูลอ้างอิง

- (1) www.ecsthai.co.th
- (2) www.nwt.co.th
- (3) www.eng.su.ac.th
- (4) www.boonyium.com
- (5) www.leonics.co.th
- (6) รายงานพลังงานของประเทศไทย ปี 2553