หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การทำความเย็นระบบดูดกลืนด้วยสารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

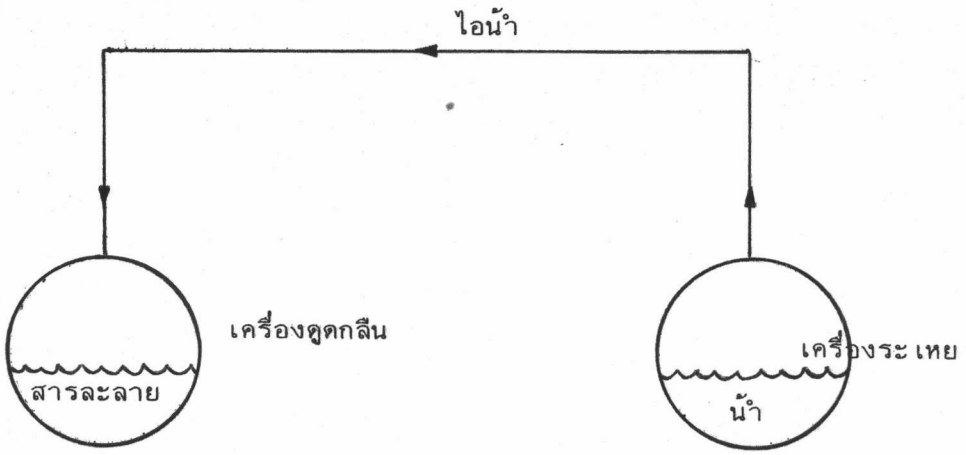
การทำความเย็นระบบดูดกลืนประกอบด้วยการทำงานของสาร 2 ชนิดร่วมกัน ชนิดแรกเรียกว่า ตัวทำความเย็น (REFRIGERANT) ซึ่งเป็นของเหลว เมื่อได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมข้างเคียงก็จะระเหยกลายเป็นไอ ทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเย็นลง จากนั้นไอของตัวทำความเย็นจะถูกดูดกลืน (ABSORB) ด้วยของเหลวชนิดที่สองซึ่งเรียกว่า ตัวดูดกลืน (ABSORBENT) สารทั้ง 2 ชนิดจะรวมตัวเข้าด้วยกันเป็นสารละลาย แล้วถูกนำไปแยกออกจากกันอีกโดยใช้ความร้อน ทำให้ตัวทำความเย็นระเหยออกมาจากสารละลาย ซึ่งเมื่อผ่านเครื่องควบแน่นก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลว ทำให้ครบวงจร ส่วนสารละลายที่เหลือก็คือตัวดูดกลืนนั่นเอง

ตัวอย่างของสารที่นิยมใช้กันในการทำความเย็นระบบนี้ได้แก่

ตัวดูดกลืน	ตัวทำความเย็น
น้ำ	แอมโมเนีย
โซเดียมไทโอไซยาเนต	"
สารละลายลิเทียมโบรไมด์	น้ำ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวดูดกลืนเป็นสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl - SOLUTION) ส่วนตัวทำความเย็นคือ น้ำ เหตุผลที่ใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์เพราะสารนี้มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับสารละลายลิเทียมโบรไมด์ แต่มีราคาถูก [2] หาซื้อได้ง่าย และกัดกร่อนโลหะน้อยกว่าลิเทียมโบรไมด์ นอกจากนี้สารลิเทียมคลอไรด์ยังไม่ได้รับความสนใจมากพอ

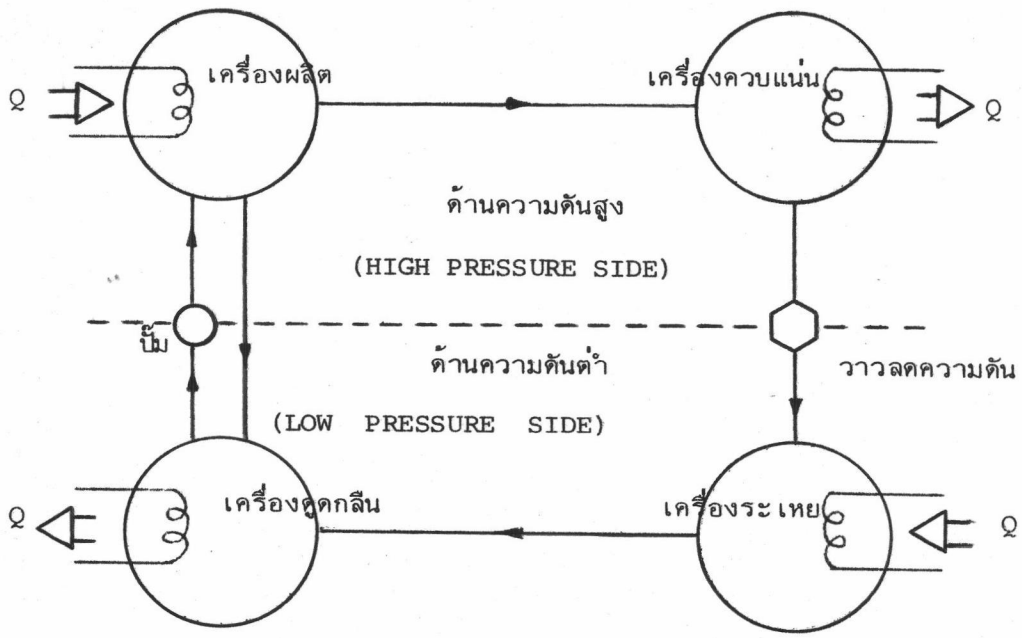
หลักการทำงานของการทำความเย็นระบบดูดกลืนอธิบายพอสังเขปโดยพิจารณารูปที่ 1 (3) ซึ่งเป็น เครื่องทำความเย็นระบบดูดกลืนอย่างง่าย (ICY BALL) ประกอบด้วยภาชนะปิด 2 ใบ เชื่อมต่อด้วยท่อนำก๊าซ อากาศซึ่งเป็นตัวเฉื่อย (INERT) จะถูกดูดออกไปให้หมดภาชนะใบหนึ่งบรรจุน้ำ อีกใบหนึ่งบรรจุด้วยสารละลายลิเทียมคลอไรด์ ซึ่งจะดูดกลืนไอน้ำที่



รูปที่ 1 เครื่องมืออย่างง่ายที่เรียกว่า ICY BALL

ระเหยออกจากภาชนะใบแรกซึ่งทำหน้าที่เป็น เครื่องระเหย (EVAPORATOR) เนื่องจากน้ำที่ระเหยขึ้นไปจะดึงความร้อนจากสิ่งข้างเคียง ทำให้สิ่งนั้นเย็นลง ส่วนสารละลายลิเทียมคลอไรด์ซึ่งดูดกลืนไอน้ำอยู่ในภาชนะที่เรียกว่า เครื่องดูดกลืน (ABSORBER) เมื่อดูดกลืนไอน้ำมากขึ้นทำให้ความเข้มข้นลดลง เป็นเหตุให้อัตราการดูดกลืนลดลง ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้อัตราการดูดกลืนไม่ลดลงจนต่ำเกินไป จึงต้องมีส่วนแยกเอาน้ำออกจากสารละลายที่เจือจางดังกล่าว โดยใช้ความร้อนส่วนนี้จะเรียกว่า เครื่องผลิต (GENERATOR) สารละลายที่แยกเอาน้ำออกแล้วจะมีความเข้มข้นสูงขึ้น และถูกนำมายัง เครื่องดูดกลืนใหม่ ส่วนน้ำซึ่งถูกแยกออกจะอยู่ในสภาพเป็นไอ จะถูกนำผ่าน เครื่องควบแน่น (CONDENSER) ให้กลั่นตัวเป็นของเหลว

จากนั้นน้ำจะผ่าน วาวลดความดัน (EXPANSION VALVE) ไปยังเครื่องระเหย เพื่อดึงความร้อนจากสิ่งแวดล้อมจนระเหยกลายเป็นไอใหม่ เป็นอันครบวัฏจักรของการทำงานดังรูปที่ 2 จะเห็นว่าในระบบนี้มีการนำความร้อนออกจากระบบ 2 แห่ง คือที่เครื่องควบแน่น และที่เครื่องดูดกลืน เพื่อนำความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำมาเป็นน้ำ และความร้อนที่เกิดจากการเจือจางของสารละลายออกจากระบบตามลำดับ และมีส่วนที่ให้ความร้อนแก่ระบบ 2 แห่งคือที่เครื่องผลิตเพื่อแยกน้ำออกไป กับเครื่องระเหยซึ่งเป็นส่วนทำความเย็นนั่นเอง



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของการทำความเย็นระบบดูดกลืน

ส่วนประกอบอื่นที่ควรกล่าวถึงก็คือ

<u>เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน</u> (HEAT EXCHANGER) ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารละลายลิเทียมคลอไรด์เข้มข้นจากเครื่องผลิตซึ่งมีอุณหภูมิสูง กับสารละลายลิ-เทียมคลอไรด์เจือจางจากเครื่องดูดกลืนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ การมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จะ

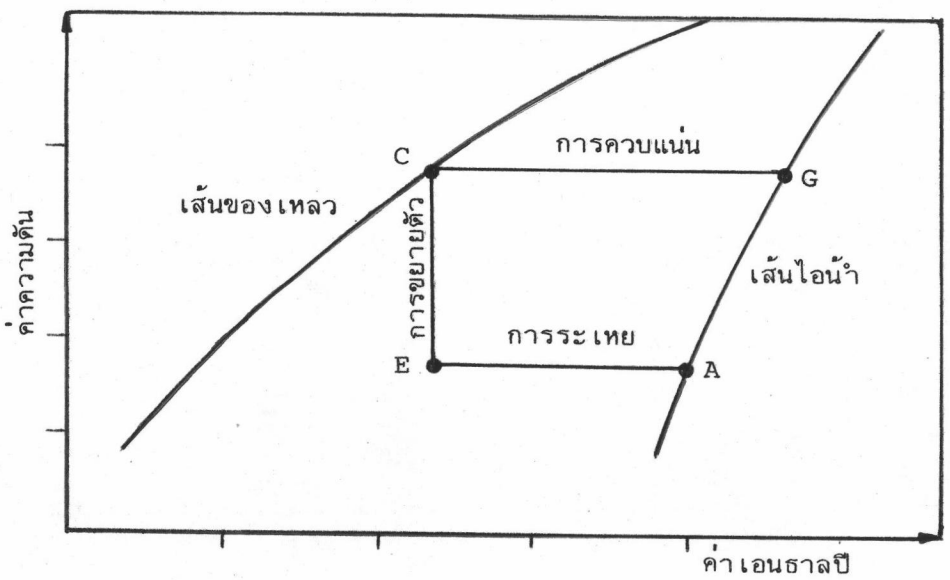
ช่วยลดปริมาณความร้อนที่ต้องให้กับเครื่องผลิต ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องมือสูงขึ้น และขณะเดียวกันก็ลดปริมาณน้ำที่ใช้ระบายความร้อนในเครื่องดูดกลืนด้วย

<u>ปั๊ม</u> (PUMP) สำหรับส่งสารละลายที่เจือจางจากเครื่องดูดกลืน เข้าสู่เครื่องผลิตซึ่งมีความดันสูงกว่า ถ้าไม่ใช้ปั๊มก็อาจใช้ผลจากการเดือดอย่างรุนแรง (PERCULATION EFFECT) ได้

<u>วาวลดความดัน</u> (EXPANSION VALVE) ทำหน้าที่ลดความดันและควบคุมการไหลของน้ำจากเครื่องควบแน่นซึ่งมีความดันสูง กับเครื่องระเหยซึ่งมีความดันต่ำ

ถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของระบบทาง เทอร์โมไดนามิค (THERMODYNAMIC) อาจแยกพิจารณาเป็น 2 วัฏจักร คือ

1. <u>วัฏจักรของน้ำ</u> ดังรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า "เอนธาลปี" (ENTHALPY) และความดันของน้ำ เส้น GC แสดงการควบแน่นของไอน้ำ จากเครื่องผลิต (G) กลายเป็นหยดน้ำในเครื่องควบแน่น (C) ณ ความดันและอุณหภูมิคงที่ จากเครื่องควบ-

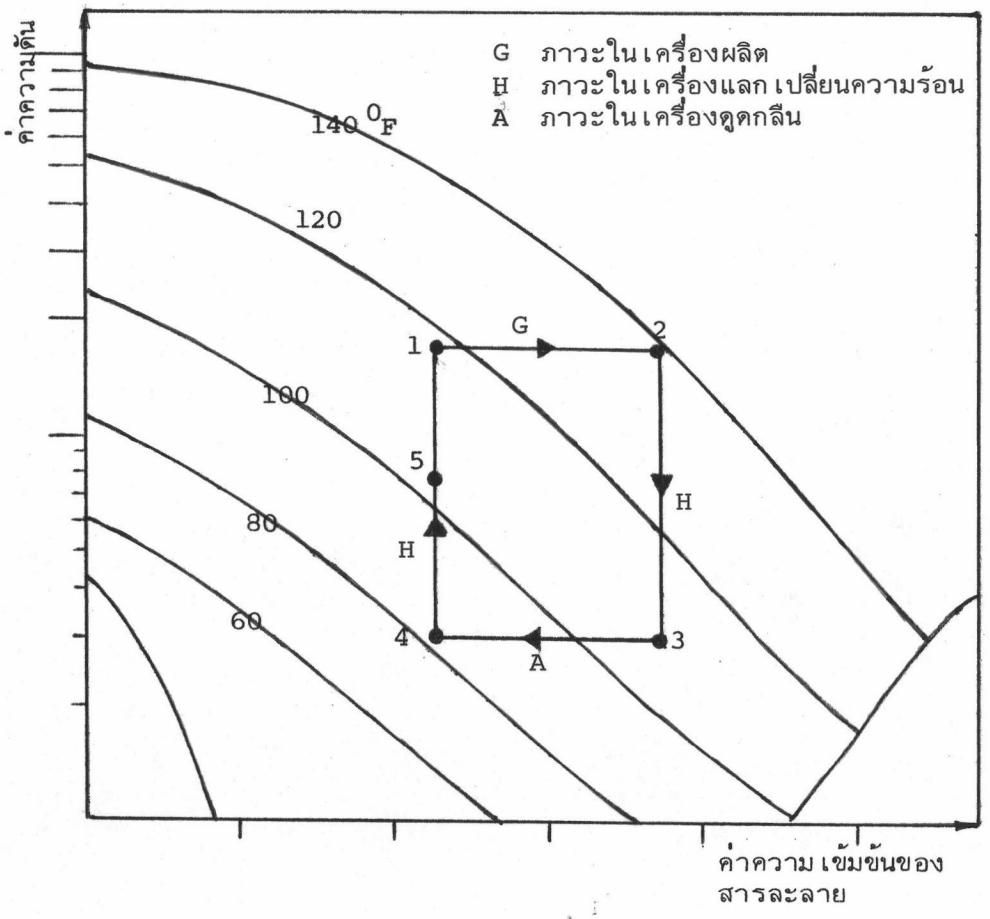


รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอนธาลปีและความดันของน้ำ

แน่น (C) น้ำจะผ่านวาวซึ่งลดความดันและภายใต้สมมุติฐานว่าค่า เอนธาลปีไม่ เปลี่ยนแปลง น้ำส่วนหนึ่งจะกลาย เป็นไอน้ำไปทันที ส่วนที่ เหลือจะมีอุณหภูมิต่ำลงถึงจุด E ซึ่ง เป็นสภาวะใน เครื่องระ เหย จากนั้นน้ำจะระ เหยกลาย เป็นไอจาก เครื่องระ เหยไปยัง เครื่องดูดกลืน (A) ตาม เส้น EA

2. <u>วัฏจักรของสารละลายลิ เทียมคลอไรด์</u> มีการ เปลี่ยนแปลงดังนี้ (ดูรูปที่ 4)

เส้น 1 - 2 แสดงการ เดือดของสารละลาย ไอน้ำจะถูกแยกออกไป ส่วนสารละลายก็ เข้มข้นขึ้น ดังนั้นจะ เห็นว่าจุด เดือดจะสูงขึ้นโดยความดันคงที่ เนื่องจากการ เปลี่ยนแปลงความ เข้มข้นของสารละลาย



รูปที่ 4 แสดงการ เปลี่ยนแปลงของสารละลายลิ เทียมคลอไรด์ในระบบ

เส้น 2 – 3 แสดงการสูญเสียความร้อนของสารละลาย เข้มข้น จาก เครื่องผลิต ที่จุด 2 เมื่อผ่าน เครื่องแลก เปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิของสารละลายจะลดลงแต่ความ เข้มข้น ยังคงที่

เส้น 3 – 4 แสดงการดูดกลืนไอน้ำของสารละลาย เข้มข้นภายใน เครื่องดูดกลืน ซึ่งมีผลทำให้ความ เข้มข้นลดลงจากจุดที่ 3 จนกระทั่งถึงจุดที่ 4

เส้น 4 – 5 แสดงการรับความร้อนของสารละลาย เจือจางที่ถูกปั๊มผ่าน เครื่องแลก เปลี่ยนความร้อน (กับ 2 – 3) ทำให้อุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้นจนถึงจุดที่ 5 ซึ่ง เป็น สภาวะใน เครื่องผลิต

เส้น 5 – 1 แสดงการได้รับความร้อนของสารละลายภายใน เครื่องผลิตจนถึงจุด เดือด (1)

<u>ประสิทธิภาพของ เครื่องมือ</u> (UNIT EFFICIENCY)

ในทางปฏิบัติประสิทธิภาพของ เครื่องมือสามารถหาได้จากค่า สัมประสิทธิ์ของการ ทำงาน (COEFFICIENT OF PERFORMANCE , COP) ซึ่งมีค่าดังนี้

$$COP = Q_E/Q_G$$

Q_E = ปริมาณความร้อนที่ถูกถ่าย เท เพื่อให้ เกิดความ เย็นใน เครื่องระ เหย

Q_G = ปริมาณความร้อนและกำลังงานที่ต้องให้กับระบบ ซึ่งก็คือปริมาณความ ร้อนที่ต้องให้แก่ เครื่องผลิต และกำลังงานที่ให้กับปั๊ม ซึ่งโดยทั่วไป แล้วกำลังงานที่ให้กับปั๊มจะมีค่าน้อย เมื่อ เทียบกับความร้อนที่ต้องให้แก่ เครื่องผลิต ดังนั้นจึงไม่คำนึงถึงกำลังงานส่วนนี้

บทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการทำความเย็นได้มีผลงานวิจัยของประเทศต่าง ๆ ตีพิมพ์เผยแพร่หลายฉบับ แต่จะคัดมาเฉพาะผลงานที่มีลักษณะใกล้เคียง และเป็นแนวทางสำหรับงานวิจัยนี้เท่านั้น

ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัย WISCONSIN สหรัฐอเมริกา (2) ได้ทำการทดลองโดยนำเครื่องปรับอากาศระบบดูดกลืนด้วยสารละลายลิเทียมโบรไมด์-น้ำ แบบ SERVEL ซึ่งใช้ความร้อนจากไอน้ำ มาดัดแปลงโดยใช้ความร้อนจากน้ำร้อน อุณหภูมิ 170°- 180° ฟ หรืออากาศร้อนอุณหภูมิ 250° ฟ ซึ่งได้จากแผ่นรับแสงอาทิตย์ เป็นผลสำเร็จโดยสามารถให้อุณหภูมิของความเย็นอยู่ในช่วง 40° - 50° ฟ

ผลงานวิจัยของสถาบัน PHYSICOTECHNICAL INSTITUTE OF THE TURKMEN ACADEMY OF SCIENCE แห่งสหภาพโซเวียตรุสเซีย (2) ซึ่งได้ออกแบบเครื่องปรับอากาศระบบดูดกลืนแบบเปิด (OPEN - TYPE) ด้วยสารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ โดยใช้ความร้อนจากแผ่นรับแสงอาทิตย์แบบราบที่อุณหภูมิ 113° -140° ฟ และความเย็นที่ได้มีอุณหภูมิ 45° - 54° ฟ ในระบบแบบเปิดนี้ตัวทำความเย็นซึ่งเป็นน้ำจะไม่ถูกนำมาใช้ใหม่ในระบบดังเช่นระบบปิด (CLOSED-TYPE) โดยทั่วไป

ผลงานวิจัยของบริษัทยาซากิ (YAZAKI) แห่งประเทศญี่ปุ่น (4) บริษัทนี้ได้ทำการทดลองโดยสร้าง บ้านแสงอาทิตย์ (SOLAR HOUSE) ซึ่งมีเครื่องปรับอากาศระบบดูดกลืนขนาด 2 ตันความเย็นด้วยสารละลายลิเทียมโบรไมด์-น้ำ โดยใช้ความร้อนจากแผ่นรับแสงอาทิตย์แบบราบ และในเวลาต่อมาทางบริษัทได้ผลิตเครื่องปรับอากาศในลักษณะนี้ออกจำหน่าย และได้มอบให้กับสำนักงานการพลังงานแห่งชาติของประเทศไทยได้ทำการศึกษาด้วย