หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่1

การทำงานของระบบปรับอากาศแบบดูดกลืน

ระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนมี 2 ความดันในระบบคือด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำ ซึ่งใช้ความร้อนทำงานให้กับระบบโดยจะทำให้สารที่สามารถระเหยได้ง่ายระเหยเป็นสารทำความเย็น(Refrigerant) ส่วนสารที่เหลือเป็นสารดูดกลืน(Absorbent) ระบบการทำงานสามารถเข้าใจได้โดยง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

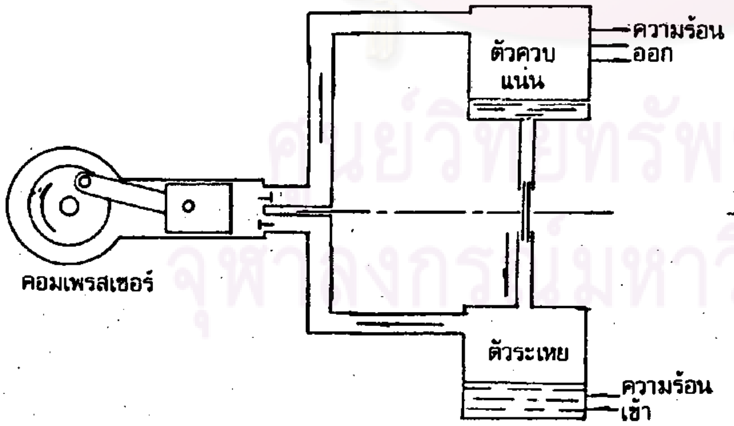
1.1 เปรียบเทียบการทำงานกับระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์

ระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ

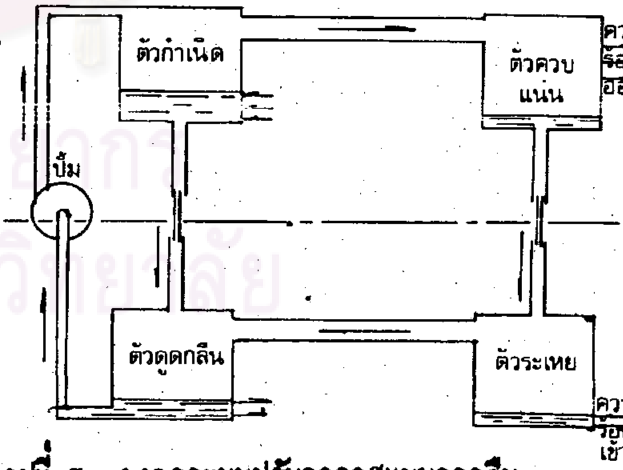
1 คอมเพรสเซอร์(Compressor)

2 ตัวควบแน่น(Condenser)

3 ตัวระเหย(Evaporator)



รูปที่ 2 วงจรระบบปรับอากาศแบบใช้คอมเพรสเซอร์



รูปที่ 3 วงจรระบบปรับอากาศแบบดูดกลืน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในระบบแบบใช้คอมเพรสเซอร์นี้จะมีสารเพียงชนิดเดียวซึ่งเป็นตัวทำความเย็น โดยสารนั้นที่เป็นของเหลวจะระเหยในตัวระเหยและดึงความร้อนออกมาด้วยที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะถูกอัดโดยคอมเพรสเซอร์ที่ต้องให้พลังงานกลจากภายนอกจนกระทั่งมีความดันถึงจุดกลั่นตัวที่อุณหภูมิสูงและกลั่นตัวที่ตัวควบแน่น ระบบนี้มี 2 ความดันในระบบเช่นกัน โดยตัวควบแน่นจะทำงานที่ความดันสูงกว่าตัวระเหยซึ่งความดันทั้งสองนี้จะถูกแยกโดยคอมเพรสเซอร์ซึ่งเปลี่ยนจากความดันต่ำเป็นความดันสูงและวาล์วควบคุมความดัน (Expansion Valve) ซึ่งจะควบคุมด้านความดันสูงไปเป็นด้านความดันต่ำ

ส่วนระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนจากรูปที่ 3 จะประกอบด้วย

1 ตัวดูดกลืน (Absorber)

2 ตัวกำเนิด (Generator)

3 ตัวควบแน่น (Condenser)

4 ตัวระเหย (Evaporator)

จะเห็นได้ว่าตัวควบแน่นและตัวระเหยมีเหมือนกับระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์ โดยสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจะระเหยในตัวระเหยและดึงความร้อนออกมาที่อุณหภูมิต่ำระเหยกลายเป็นไอซึ่งจะถูกดูดกลืนให้กลั่นตัวกลับเป็นของเหลวด้วยสารดูดกลืนในตัวดูดกลืน เปรียบเทียบได้กับการใช้ความดันให้กลั่นตัวที่อุณหภูมิสูงในตัวควบแน่นของระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์ ระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำจะถูกแบ่งแยกโดยวาล์วควบคุมความดันซึ่งควบคุมการไหลของสารทำความเย็น และการอัดจากช่วงตัวดูดกลืนไปยังตัวกำเนิด

ดังนั้นข้อแตกต่างระหว่างระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนกับระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์คือ ตัวดูดกลืนและตัวกำเนิดเทียบได้กับตัวคอมเพรสเซอร์ และระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนใช้พลังงานความร้อนส่วนระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์ต้องใช้พลังงานกล

1.2หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบดูดกลืน

การทำงานของระบบนี้ได้นำเสนอไว้ในรูปที่ 3 โดยมีสารสองชนิดทำงานร่วมกันซึ่งจะพิจารณาแต่ละตัวกล่าวคือ สารทำความเย็นจะหมุนเวียนจากตัวควบแน่นไปยังตัวระเหยถึงตัวดูดกลืนเข้าสู่ตัวกำเนิดและกลับมาที่ตัวควบแน่นใหม่ ในขณะที่สารที่สองคือสารดูดกลืนจะหมุนเวียนจาก

ตัวกำเนิดไปที่ตัวดูดกลืนและกลับมาที่ตัวกำเนิดใหม่

ที่ตัวควบแน่นความร้อนจะถูกระบายออกจากสารทำความเย็นที่เป็นไอซึ่งมาจากตัวกำเนิด ทำให้กลั่นตัวลง สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวก็จะไหลผ่านวาล์วควบคุมความดันไปที่ตัวระเหย ซึ่งมีความดันต่ำพอที่จะทำให้สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการระเหย(heat of vaporization) ได้มาจากการดึงความร้อนออกจากสารที่ต้องการทำให้เย็น จากนั้นไอของสารทำความเย็นก็จะไหลเข้าสู่ตัวดูดกลืน

การทำงานของตัวดูดกลืนคือ

1 รักษาความดันด้านความดันต่ำ

2 ดูดกลืนไอของสารทำความเย็นให้เป็นของเหลวโดยไม่ต้องใช้พลังงานกลมาเพื่ออัดไอให้กลั่นตัวดังเช่นในระบบปรับอากาศแบบใช้คอมเพรสเซอร์

ซึ่งการทำงานทั้งสองเกี่ยวข้องกับไอของสารทำความเย็น ดังนั้นสารดูดกลืนควรที่จะสามารถดูดกลืนหรือละลายไอของสารทำความเย็นได้เป็นอย่างดี ซึ่งสภาพความดันจะคงที่ได้นั้นจะต้องให้ปริมาณของสารดูดกลืนคงที่ ความเข้มข้นคงที่ และอุณหภูมิคงที่ด้วย

ในตัวดูดกลืน กระบวนการดูดกลืนเป็นปฏิกริยาคายความร้อนซึ่งความร้อนที่ปล่อยออกมาคือความร้อนจากการกลั่นตัวของไอของสารทำความเย็นและความร้อนจากการเจือจางลง(heat of dilution) ของสารดูดกลืน ดังนั้นการทำงานของตัวดูดกลืนจะคงที่อยู่ได้จะต้องมีการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นออกอย่างต่อเนื่อง โดยถ่ายเทออกที่อุณหภูมิที่สูงพอที่จะถ่ายเทไปสู่ตัวถ่ายเทความร้อนได้ โดยทั่วๆไปตัวถ่ายเทความร้อนสามารถใช้รวมได้ทั้งในตัวควบแน่นและในตัวดูดกลืน

หลังจากสารดูดกลืนได้ดูดกลืนไอของสารทำความเย็นแล้วจะกลับเข้าสู่ตัวกำเนิดซึ่งเป็นด้านความดันสูงดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ปั๊ม(Pump) หรือในระบบขนาดเล็กจนถึงขนาด 25 ตันความเย็นอาจอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกดันก็ได้(2) ตัวกำเนิดจะทำหน้าที่แยกสารทำความเย็นออกจากสารดูดกลืนโดยทำให้สารทำความเย็นระเหยเป็นไอแยกออกไปซึ่งต้องอาศัยพลังงานความร้อนจากภายนอก สารดูดกลืนซึ่งอยู่ในสภาพที่เข้มข้นขึ้นจะไหลเข้าสู่ตัวดูดกลืนส่วนไอของสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่ตัวควบแน่นต่อไป

ดังแสดงในรูปที่ 3 ความร้อนที่ให้กับระบบมีอยู่สองแห่งคือ ให้กับตัวกำเนิดและให้กับตัวระเหย ส่วนความร้อนที่ออกจากระบบออกจากตัวควบแน่นและตัวดูดกลืน

ระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนอาศัยพลังงานความร้อนทำงานในการทำความเย็นซึ่งในระบบอุดมคติ(ideal system) ตามกฎข้อที่ 2 ของเทอร์โมไดนามิคส์(second law) งานที่ให้กับระบบสามารถคำนวณได้จาก

$$W = Q_g\left[\frac{T_g - T_c}{T_g}\right] \qquad \text{-------- (1)}$$

และงานที่ได้คือ

$$W = Q_e\left[\frac{T_a - T_e}{T_e}\right] \qquad \text{-------- (2)}$$

เนื่องจากอยู่ในระบบอุดมคติดังนั้นงานที่ให้กับระบบเท่ากับงานที่ได้จากระบบ

ค่าสัมประสิทธิ์ในการทำความเย็น (Coefficient of Performance,COP) คิดจากอัตราส่วนของการทำความเย็นต่อความร้อนที่ให้

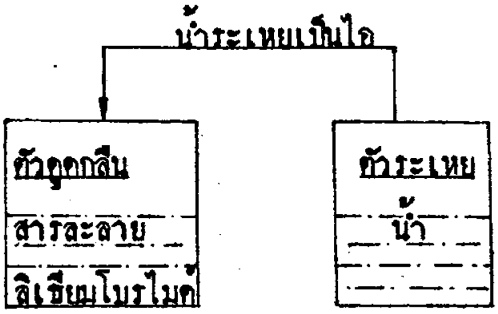
$$(COP) = \frac{Q_e}{Q_g} = \frac{T_e}{T_g}\left[\frac{T_g - T_c}{T_a - T_e}\right] \qquad \text{-------- (3)}$$

1.3วัฏจักรของลิเธียมโบรไมด์-น้ำ

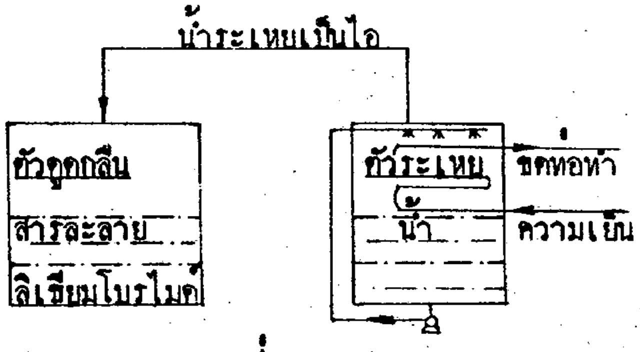
จากคุณสมบัติของสารลิเธียมโบรไมด์ที่สามารถละลายน้ำได้ดีและลดความดันไอเหนือสารละลาย ดังนั้นในรูปที่ 4 ภายใต้ระบบสุญญากาศซึ่งมีสารละลายลิเธียมโบรไมด์และน้ำแยกกันอยู่ ไอของน้ำที่เกิดขึ้นในตัวระเหยจะถูกดูดกลืนโดยสารละลายลิเธียมโบรไมด์ในตัวดูดกลืน ซึ่งน้ำที่อยู่ในตัวระเหยจะถูกทำให้เย็นลงโดยการดึงความร้อนออกไปเพื่อใช้ในการระเหยเป็นไอ

ดังนั้นจึงใช้สารที่ต้องการทำให้เย็นไหลอยู่ภายในขดท่อ (coil) ในตัวระเหย ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยมีปั๊ม(pump) หมุนเวียนสารทำความเย็นคือน้ำ ฉีดกระจายรอบๆขดท่อนั้น ซึ่งการระเหยของสารทำความเย็นจะทำให้ขดท่อเย็นและนำสารที่ถูกทำให้เย็นออกไปสู่แผงทำความเย็นของระบบปรับอากาศต่อไปได้ เนื่องจากการดูดกลืนไอน้ำของสารละลายลิเธียมโบรไมด์มีตลอดเวลา จึงทำให้สารละลายเจือจางลงซึ่งความสามารถในการดูดกลืนก็ลดลงด้วย ดังนั้นในรูปที่ 6 จึงมีตัวกำเนิดเพิ่มขึ้นเพื่อทำให้สารละลายเข้มข้นขึ้น โดยใช้ความร้อนจากภายนอกทำให้น้ำระเหยออกไปและต่อเข้ากับตัวควบแน่นเพื่อทำให้กลั่นตัวเป็นของเหลวไหลกลับเข้าสู่ตัวระเหยใหม่ดังแสดงในรูปที่ 7

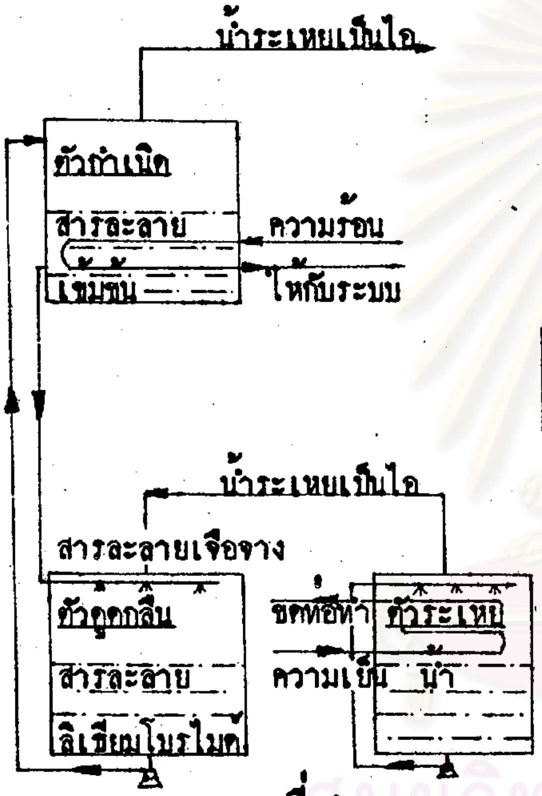
ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนได้ติดตั้งเพิ่มขึ้นในระบบเพื่อให้สารละลายเข้มข้นจากตัวกำเนิดซึ่ง



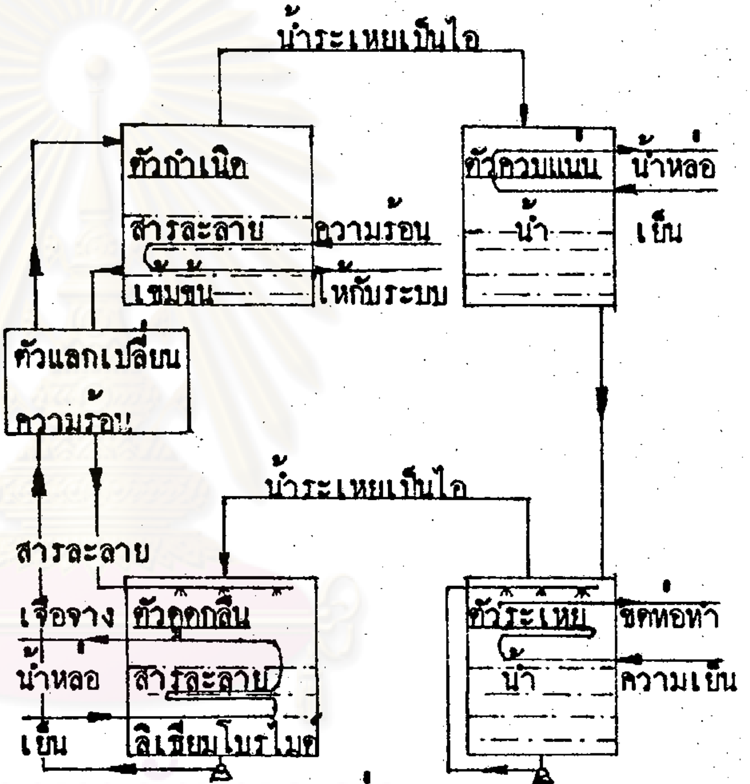
รูปที่ 4



รูปที่ 5



รูปที่ 6



รูปที่ 7

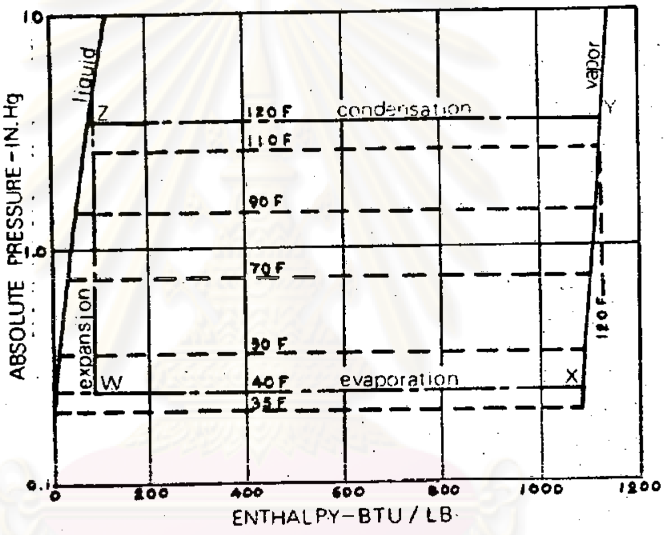
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ร้อนนั้นเย็นลงและทำให้สารละลายเจือจางระหว่างสารดูดกลืนกับสารทำความเย็นที่ออกจากตัวดูดกลืนร้อนขึ้นก่อนเข้าตัวกำเนิด ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบได้และในขณะเดียวกันก็ไม่ต้องใช้น้ำระบายความร้อนกับสารละลายเข้มข้นที่จะเข้าสู่ตัวดูดกลืนด้วย แต่น้ำระบายความร้อนจะใช้กับตัวดูดกลืนและตัวควบแน่นเพื่อดึงความร้อนที่เกิดขึ้นออกจากระบบ

เมื่อพิจารณาวัฏจักรของลิเธียมโบรไมด์–น้ำทางด้านเทอร์โมไดนามิกส์(Thermodynamics) ของระบบสามารถแยกได้เป็น

1.3.1วัฏจักรของน้ำ

เนื่องจากน้ำใช้เป็นสารทำความเย็นให้กับระบบซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าเอนธาลปี (enthalpy) และความดันภายในระบบดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงค่าความดัน–เอนธาลปี ของน้ำ

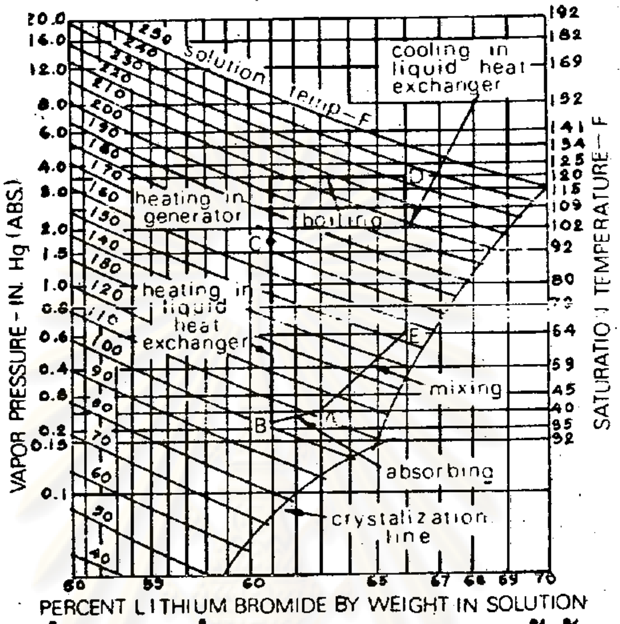
จากเส้นW-X น้ำจะระเหยกลายเป็นไอที่ความดันต่ำในตัวระเหย ไอของน้ำที่จุดX นี้จะถูกดูดกลืนด้วยสารละลายลิเธียมโบรไมด์ที่ตัวดูดกลืนและถูกแยกออกจากสารละลายกลายเป็นไอที่ความดันสูงในตัวกำเนิดที่จุด Y เส้นY-Z จะแสดงการกลั่นตัวของไอกลายเป็นของเหลวที่ตัวควบแน่นและจะถูกส่งกลับเข้าสู่ตัวระเหยใหม่โดยค่าเอนธาลปีคงที่ในเส้นZ-W ครบวงจรดังรูป

1.3.2วัฏจักรของสารละลายลิเธียมโบรไมด์

ที่จุด Xในรูปที่ 8 จะถูกดูดกลืนด้วยสารละลายลิเธียมโบรไมด์ในตัวดูดกลืนตามเส้นE-A-B ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งทำให้สารละลายเจือจางลงแล้วถูกส่งเข้าสู่ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิและความดันสูงขึ้นตามเส้น B-Cที่จุด C เข้าสู่ตัวกำเนิดสารละลายจะถูกทำให้ร้อนขึ้นและ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดือดเพื่อแยกเอาน้ำออกทำให้สารละลายเข้มข้นขึ้นตามเส้น C–D ซึ่งจะส่งเข้าตัวแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิและความดันลดลงตามเส้น D–E จนครบวงจรดังรูป



รูปที่ 9 แสดงค่าความดัน–อุณหภูมิ–ความเข้มข้นของ LiBr

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย