บทที่ ๖

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในงานวิจัยเรื่องตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัตินี้ เป็นแบบแผ่นราบโดยมีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ ๓๒ ตารางฟุต (๒.๘๘ ตารางเมตร) ใน collector มี NH_3-H_2O solution ซึ่งมีความเข้มข้น ๐.๕ และหนัก 67.2 lb (30 kg) ระบบการทำงานของตู้เย็นเป็นแบบดูดละลาย การทำงานเป็นจังหวะและใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น วัฏจักรการทำงานเริ่มจาก solution ใน collector ได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอผ่าน check valve ไปควบแน่นที่ condenser แล้วไหลลงสู่ receiver ในตอนกลางคืนเมื่อระบายความร้อนออกจาก collector แล้ว solenoid valve ที่ถูกควบคุมโดย thermostat จะปล่อยแอมโมเนียเหลวจาก receiver ผ่าน expansion valve (ในการทดลอง solenoid valve เปิดที่อุณหภูมิ collector ต่ำกว่า 78°F) แล้วเข้าไประเหยใน evaporator coil ฝอยละอองของแอมโมเนียจะดูดความร้อนรอบ ๆ evaporator coil ซึ่งอยู่ใน cooling box มีผลให้ cooling box เย็นลงแล้วไอของแอมโมเนียจะกลับไปถูกดูดละลายปนกับ solution ใน collector .

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ได้ดังนี้

๑. การนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้

เนื่องจากในช่วงที่ทำการทดลองเป็นฤดูฝน แม้ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสยังมีเมฆมาบังแสงอาทิตย์เป็นครั้งคราว ทำให้อุณหภูมิของ collector ไม่สามารถสูงขึ้นได้เร็ว ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการกลั่นตัวจึงน้อยลง และได้แอมโมเนียเหลวน้อยกว่าที่ออกแบบไว้

๒. การผลิตแอมโมเนียเหลว

จากการทดลองพบว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการควบแน่นของไอแอมโมเนียคือ อุณหภูมิของน้ำใน condenser tank และความดันของไอแอมโมเนีย ถ้าอุณหภูมิของน้ำใน condenser tank ต่ำลง จะทำให้การกลั่นตัวเป็นไปได้ดี เพราะสามารถกลั่นตัวได้ที่

ความดันต่ำ

๓. การทำความเย็น

อุณหภูมิของแอมโมเนียที่ผ่าน evaporator coil แปรโดยตรงกับค่าความดันของสารละลายใน collector นั่นคือถ้าความดันของ solution ใน collector ลดต่ำลงก็สามารถดึงอุณหภูมิของแอมโมเนียที่ผ่าน evaporator coil ให้ต่ำลง ค่าอุณหภูมิของแอมโมเนียนี้ยังขึ้นอยู่กับการปรับ expansion valve และ thermostat ที่เหมาะสมอีกด้วย

๔. ความเข้มข้นของแอมโมเนีย

ความเข้มข้นของ solution ใน collector มีค่าไม่คงที่ กล่าวคือเมื่อมีการควบแน่นของแอมโมเนียใน condenser ความเข้มข้นของ solution จะลดลง มีผลทำให้อุณหภูมิสมดุลย์ที่แอมโมเนียจะระเหยเป็นไอแยกตัวจากสารละลายมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ

๕. Cooling ratio และ solar COP

จากการทดลองแบบอัตโนมัติพบว่า ค่าเฉลี่ยของ cooling ratio มีค่า ๐.๓๔ และ solar coefficient of performance มีค่าเฉลี่ย ๐.๐๘ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับของ สมหมาย ครสาคู ทำไว้ที่ AIT ในปี ๑๙๗๖ (๖) ซึ่งเป็นแบบใช้คนบังคับซึ่งให้ค่า solar coefficient of performance ๐.๐๙

ปัญหาและข้อคิดเห็น

๑. การไหลย้อนกลับของแอมโมเนีย

เมื่อความร้อนที่ให้กับ collector ลดลง อัตราการควบแน่นของแอมโมเนียก็จะลดลงด้วย ความดันไอของแอมโมเนียใน condenser อาจสูงกว่าค่าความดันของ solution ใน collector ทำให้แอมโมเนียไหลย้อนกลับสู่ collector แม้ว่า check valve จะปิดแล้วก็ตามแต่ก็ยังมีการรั่วไหลกลับได้ ปัญหาการรั่วของ check valve นี้จะเกิดขึ้นมากในเวลาระบายความร้อนออกจาก collector เพราะไอแอมโมเนียที่รั่วกลับมานี้จะทำให้ความดันของ solution ใน collector ไม่ค่อยยอมลดลง อันเป็นผลทำให้อุณหภูมิของแอมโมเนียที่ผ่าน evaporator coil ไม่สามารถลดต่ำลงได้มาก

๒. การสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม

ในตอนกลางวันอุณหภูมิของ collector จะสูงกว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิแวดล้อมภายนอกและเวลาทำงานก็นานหลายชั่วโมง จึงมีปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์จำนวนมาก แม้ว่าจะได้มีการคำนวณถึงปริมาณความร้อนส่วนนี้แล้ว แต่การทดลองทำในฤดูฝน บางครั้งฝนตกลงมาจึงต้องเสียพลังงานส่วนหนึ่งในการระเหยน้ำฝน ผลการทดลองที่ได้จึงผิดจากที่คำนวณไว้ เพราะประสิทธิภาพของ collector ต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ กล่าวคือออกแบบให้ collector มีประสิทธิภาพ ๓๐.๖% แต่จากการทดลองให้ประสิทธิภาพเพียง ๒๔.๗% เท่านั้น

๓. เหตุผลในการเลือกใช้การควบคุมด้วยอุณหภูมิแทนการควบคุมด้วยความดัน

การทำงานของตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัตินี้ ส่วนที่จะถูกควบคุมคือ solenoid valve C (ดังรูปที่ ๘) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการเริ่มต้นของขบวนการทำความเย็นในวัฏจักร ก่อนอื่นต้องทราบเสียก่อนว่า จุดที่ต้องการทำให้ขบวนการทำความเย็นเริ่มนั้น คือจุดที่ความดันของ solution ใน collector มีค่าต่ำสุด เพราะอุณหภูมิของแอมโมเนียที่ผ่าน evaporator coil แปรผันตามความดันของ solution ใน collector

เหตุที่ไม่ใช้ความดันมาควบคุมการทำงานของ solenoid valve เพราะกำหนดไม่ได้ว่า ความดันของ solution ในแต่ละวันจะเป็นเท่าใด แม้จะทราบอุณหภูมิของ collector และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เนื่องจากค่าความดันของ solution ใน collector แปรผันตามอุณหภูมิและความเข้มข้น ความเข้มข้นนี้จะกำหนดไม่ได้เพราะจะขึ้นอยู่กับแอมโมเนียที่สามารถระเหยจาก solution ใน evaporation process เช่น ถ้าตั้ง pressurestat ให้ solenoid valve เปิดที่ความดัน ๔๕ psia และอุณหภูมิของ solution ใน collector สามารถลดได้ต่ำสุด ๗๗ °F (เป็นอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตลอดปี) สมมุติความเข้มข้นของ solution หลัง evaporation process เป็น ๐.๓๔ จาก P-T-X diagram ของน้ำกับแอมโมเนียจะเห็นว่า solenoid valve จะเปิดที่อุณหภูมิของ solution ๑๐๓ °F ทำให้ได้อุณหภูมิที่ evaporator coil ๑๘ °F แต่ถ้าตั้ง thermostat ให้ solenoid valve เปิดที่ ๗๗ °F จะได้ความดันของ solution ก่อนเริ่มขบวนการทำความเย็นเป็น ๒๔ psia ซึ่งจะได้

อุณหภูมิที่ evaporator coil -๑๐°F ทำให้ได้ cooling effect สูงขึ้น และมี heat transfer ที่ evaporator coil ดีขึ้น ถ้าตั้ง pressurestat ที่ ๒๔ psia ก็จะได้ cooling effect เท่ากับเมื่อตั้ง thermostat ไว้ที่อุณหภูมิ ๗๗°F แต่ถ้าพิจารณาในทางตรงกันข้ามคือ หากวันใดกลั่นแอมโมเนียได้น้อย ทำให้ความเข้มข้นของ solution ที่เหลือหลัง evaporation process ยังสูงกว่า ๐.๓๙ เช่นเป็น ๐.๔๐ สามารถหล่อเย็นให้อุณหภูมิของสารละลายลดลงได้เพียง ๗๗°F แล้ว ความดันของสารละลายจะลดลงได้เพียงแค่ ๒๖ psia เท่านั้น หมายความว่า solenoid valve จะไม่เปิดเลย อันเป็นเหตุให้ขบวนการทำความเย็นไม่เกิดขึ้น ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงควบคุม solenoid valve ด้วย thermostat

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

๑. เรื่องน้ำหล่อเย็น

การใช้น้ำหล่อเย็นเพื่อเป็นการระบายความร้อนออกจากแหล่งดูดละลาย (ในการทดลองครั้งนี้ใช้ collector ทำหน้าที่เป็นแหล่งดูดละลายด้วย) ยังคงต้องอาศัยการทำงานด้วยคนอยู่ โดยการตรวจสอบค่าความเข้มข้นของ solution จาก P-T-X diagram ของน้ำกับแอมโมเนีย ว่าความเข้มข้นของ solution ใน collector เพิ่มขึ้นจากเดิมหรือไม่ ถ้าเพิ่มแสดงว่ามีแอมโมเนียไหลกลับจาก receiver ก็เริ่มขบวนการหล่อเย็นได้ เพื่อจะให้ระบบทั้งหมดเป็นแบบอัตโนมัติจะต้องติด solenoid valve เข้ากับระบบน้ำหล่อเย็น โดยใช้ความแตกต่างของความดันคร่อม check valve A (จากรูปที่ ๘) มาบังคับการเปิด-ปิด กล่าวคือเมื่อความดันใน condenser มีค่าสูงกว่าความดันของ solution ใน collector (ซึ่งแสดงว่าไอแอมโมเนียไม่สามารถเข้าไปควบแน่นใน condenser ได้อีก) จึงเริ่มหล่อเย็น collector เพื่อเตรียมเป็นแหล่งดูดละลายต่อไป

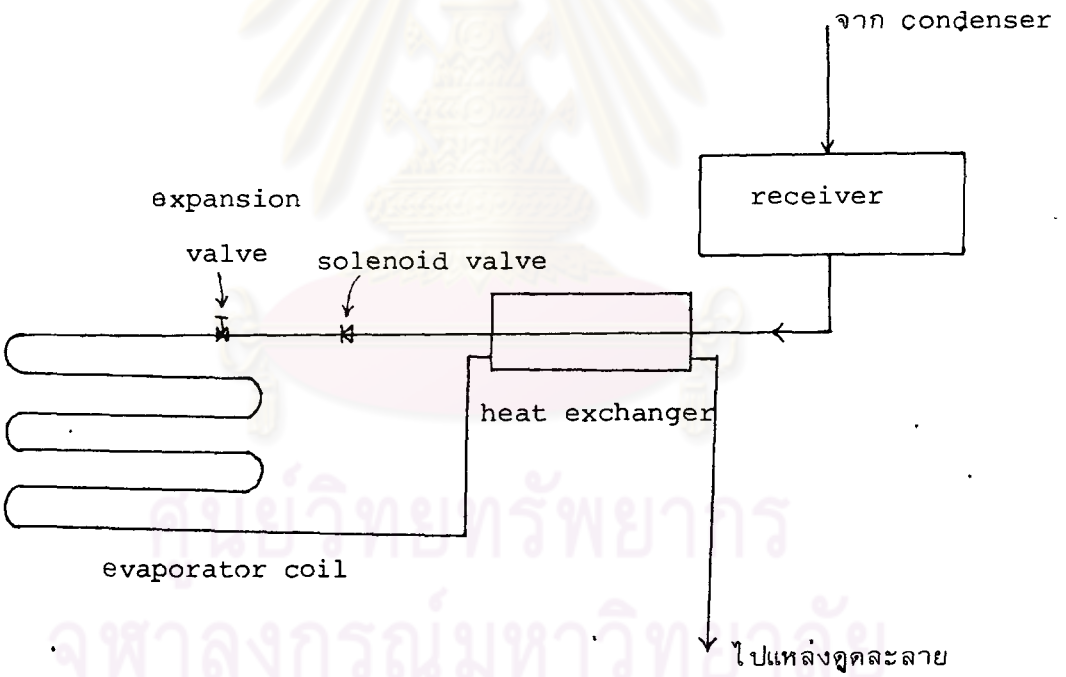
๒. การใช้ pressure gauge

pressure gauge ที่ใช้ควรจะมี scale ที่ละเอียด เพราะความเข้มข้นของแอมโมเนียใน solution ขึ้นกับความดันมาก โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า ๔๐°F ลงมา ความดันที่เปลี่ยนแปลงเพียง ๒ psi จะทำให้ความเข้มข้นของ solution เปลี่ยนแปลง

ได้ถึง ๐๐๑ ซึ่งถ้าคิดเป็นปริมาณของแอมโมเนียที่กลั่นได้ก็มีค่ามาก เช่นในการทดลองครั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้น ๐.๐๑ นั้น จะทำให้การคำนวณปริมาณของแอมโมเนียที่กลั่นได้เปลี่ยนแปลงไป ๐.๑ ปอนด์ทีเดียว

๓. ควรหา check valve และ solenoid valve ที่สามารถกันรั่วได้อย่างแท้จริง เพื่อให้การลดความดันในแหล่งดูดละลายเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

๔. ควรเพิ่ม heat exchanger เข้าไป โดยให้มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างแอมโมเนียเหลวที่ออกจาก receiver ก่อนเข้า solenoid valve และไอของแอมโมเนียที่ออกจาก evaporator coil เพื่อเพิ่ม cooling ratio ของวัฏจักรดังรูป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย