บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การทำความเย็นระบบดูดกลืนเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำพลังงานความร้อนมาทำความเย็น ซึ่งในต่างประเทศได้มีการศึกษาและพัฒนามาเป็นเวลานานแล้ว แต่ส่วนใหญ่ได้ออกแบบให้ใช้กับพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิสูง จนเมื่อเกิดความตื่นตัวในการประหยัดพลังงานจึงได้เริ่มมีการศึกษาค้นคว้าให้สามารถใช้ได้กับพลังงานความร้อนอุณหภูมิต่ำ ซึ่งอาจได้มาจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานความร้อนอุณหภูมิต่ำอื่นๆ แต่การใช้งานยังไม่แพร่หลายและเหมาะสมเท่าที่ควรเนื่องจากราคาของเครื่องมือสูงมาก จาก(17) ซึ่งได้ทำการศึกษาในปีพ.ศ. 2524 พบว่า ระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนขนาด 2 ตันมีราคาถึง 341,040 บาท ในขณะที่ระบบธรรมดาในขนาดเดียวกันมีราคา 50,000 บาท แต่จากการคิดค่าปฏิบัติงานต่อปี(annual operating cost) ระบบนี้เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าระบบธรรมดาที่ใช้คอมเพรสเซอร์ถึง 2.07 เท่า ซึ่งจากการเปรียบเทียบรวมทั้งหมดพบว่าระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าระบบธรรมดาเป็นจำนวน 36,253 บาทต่อปี ทั้งนี้เนื่องจากราคาของเครื่องมือสูงมากนั้นเอง

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การนำมาใช้แทนระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์มีโอกาสเป็นไปได้ถ้าเราสามารถลดราคาของเครื่องมือให้ต่ำลง ซึ่งก็อาจนำมาใช้งานได้อย่างคุ้มทุนภายในเวลาไม่นานนัก ทั้งนี้เนื่องจากค่าปฏิบัติงาน(operating cost) และค่าบำรุงรักษา(maintenance cost) ต่ำกว่า

แต่ปัญหาสำคัญคือ เทคนิคและวิธีการคำนวณในการออกแบบสร้างยังไม่เป็นที่เปิดเผย จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงปัญหารายละเอียดและเทคนิควิธีการต่างๆดังที่ได้กระทำในงานวิจัยนี้ ซึ่งบางอย่างไม่สามารถหาข้อมูลและทฤษฎีที่เหมาะสมมาใช้ได้ ต้องอาศัยการอนุโลมใช้และการตั้งสมมุติฐานประกอบ รวมทั้งระบบนี้ทำงานที่ความดันต่ำมาก(high vacuum) ซึ่งเป็นความยากลำบากอย่างยิ่งในทางปฏิบัติที่จะกระทำได้ ต้องอาศัยเทคนิคในการสร้างและออกแบบอย่างมาก ดังที่จะได้กล่าวถึงเป็นหน่วยๆไป

<u>ตัวกำเนิด</u> จากความต้องการประหยัดสารลิเธียมโบรไมด์ ซึ่งมีราคาแพง จึงได้ออกแบบให้

สารละลายไหลอยู่ในชดท่อแทนการออกแบบ แบบหม้อต้มซึ่งต้องใช้สารมาก จาก(21) ซึ่งได้เสนอเทคนิคในการทำให้สารเดือดแบบบับเบิล (bubble) โดยการสร้างออริฟิส (orific) บริเวณทางเข้าที่จะให้เกิดการเดือดขึ้น ดังนั้นของเหลวที่อยู่ก่อนถึงออริฟิสจะถูกทำให้เกิดความร้อนยิ่งยวด (superheat) และเมื่อผ่านออริฟิสออกไปซึ่งจะเกิดความดันลดอย่างมากจึงเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว (flashing) เดือดเป็นบับเบิลออกไป ซึ่งในการทดลองสร้างครั้งแรกได้ออกแบบสร้างดังแสดงในรูปที่ 21 พบว่าได้ผลดีแต่มีปัญหาตามมาคือ จะมีบับเบิลบางส่วนเกิดขึ้นก่อนถึงออริฟิส ทำให้เกิดการดันย้อนกลับไหลไปมาซึ่งยากต่อการควบคุม ดังนั้นในการออกแบบสร้างต่อมาจึงไม่ใช้ออริฟิสแต่ได้ออกแบบให้มีความดันลดทันที่ โดยใช้ท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้ว ต่อขยายกับท่อขนาด 1 นิ้ว ซึ่งการทำงานประสบผลดีไม่มีปัญหาการไหลย้อนกลับและสารละลายเกิดการเดือดอย่างรุนแรงสามารถขึ้นไปตามท่อนำสารถึงตัวแยกได้

แต่ผลจากการออกแบบนี้ ก่อให้เกิดความเร็วของสารละลายเดือดในท่อนำสารสูงมาก ซึ่งไปสร้างปัญหาในการแยกสารดูดกลืนออกจากสารทำความเย็นที่ตัวแยก ดังนั้นในการออกแบบสร้างต่อไปอาจให้ขนาดของท่อนำสารใหญ่ขึ้นหรือให้มีหลายท่อ ทั้งนี้เพื่อลดความเร็วของสารละลายที่เดือดลง แต่ควรคำนึงถึงความดันลดที่จะเกิดขึ้น ซึ่งมีผลต่อสารละลายที่เดือดในการที่จะสามารถขึ้นไปถึงตัวแยกได้หรือไม่ต่อไป

<u>ตัวแยก</u> จากการทดลอง เนื่องจากความเร็วของสารละลายเดือดในท่อนำสารสูงมาก จึงเกิดการกระแทกกับที่ตักในตัวแยกอย่างรุนแรงและความเร็วของไอที่ตัวแยกมีค่าสูงด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้สารดูดกลืนมีโอกาสปะปนออกไปกับไอของสารทำความเย็นได้ โดยเฉพาะในขณะที่อุณหภูมิที่ตัวกำเนิดมีค่าสูง ในการทดลองครั้งนี้พบว่าถ้าอุณหภูมิที่ตัวกำเนิดสูงถึง 191.3 องศาฟาเรนไฮน์จะไม่มีการระเหยของสารทำความเย็นที่ตัวระเหย ทั้งนี้จากการวิเคราะห์โดยใช้กราฟรูปที่ 16-12 หน้า 566 ของ(8) พบว่าต้องมีสารดูดกลืนปะปนไปกับสารทำความเย็นทำให้มีสารลิเธียมโบรไมด์ปนออกไปมากกว่า 20% โดยน้ำหนัก

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Sensitivity Analysis โดยคิดเทียบจากค่าที่ใช้ในการออกแบบพบว่า ถ้ามีสารลิเธียมโบรไมด์ปนออกไป 3.04% จะเป็นสาเหตุให้ค่าสัมประสิทธิ์ในการทำความเย็นลดลง 5.88% ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูญเสียไป ดังนั้นในการออกแบบควรคำนึงถึงประเด็นนี้ด้วย

<u>ตัวควบแน่น</u> เดิมตัวควบแน่นได้ออกแบบไว้ให้ไอไหลอยู่ภายในท่อและมีน้ำหล่อเย็นไหลอยู่รอบๆ

ภายในตัวถังดังแสดงในรูปที่ 22 แต่เพื่อความกระทัดรัดและสะดวกในการสร้างได้ให้ตัวแยกและตัวควบแน่นอยู่ภายในตัวถังอันเดียวกัน โดยให้ไอมากลั่นตัวรอบๆขดท่อระบายความร้อนของน้ำหล่อเย็น จากการทดลองพบว่าตัวควบแน่นทำงานได้ดีไม่มีปัญหาอะไร

<u>ตัวระเหย</u> ที่ตัวระเหยนี้เป็นแหล่งทำความเย็นของระบบ ซึ่งตัวทำความเย็นจะมาระเหยที่หน่วยนี้ สภาพการระเหยขึ้นอยู่กับความดันของระบบ เมื่อความดันของระบบสูงอุณหภูมิที่ระเหยก็จะสูงตามไปด้วย ถ้าความดันของระบบต่ำอุณหภูมิในการระเหยของตัวระเหยก็จะต่ำลง แต่สำหรับระบบสารละลายลิเธียมโบรไมด์-น้ำ อุณหภูมิในการระเหยจะต้องสูงกว่า 32 องศาฟาเรนไฮต์ เนื่องจากจุดนี้เป็นจุดเยือกแข็งของน้ำซึ่งเป็นสารทำความเย็น

จากการทดลอง เนื่องจากไม่สามารถลดความดันของระบบให้ต่ำเท่ากับค่าที่ได้ออกแบบไว้ ด้วยการวิเคราะห์ตามวิธี **Sensitivity Analysis** โดยคิดจากค่าที่ใช้ในการออกแบบ พบว่าถ้าความดันด้านความดันต่ำเพิ่มขึ้นเป็น 21.7 มิลลิเมตรปรอท(เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง) จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในการทำความเย็นลดลง 70.04% จากค่าเดิมที่ความดัน 6.3 มิลลิเมตรปรอท จากสาเหตุนี้จะเห็นได้ว่า ถึงแม้มีสารทำความเย็นที่แยกได้ออกมา ที่ตัวระเหย แต่เนื่องจากความดันของระบบสูงทำให้อุณหภูมิในการระเหยสูงขึ้น จึงทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนไม่ดีพอและทำให้สารทำความเย็นระเหยได้ไม่หมด ความเย็นที่ทำได้จึงลดลงอย่างมาก ดังนั้นในการออกแบบสร้างควรหาทางป้องกันไม่ให้มีปัญหาการรั่วซึมเกิดขึ้นได้ เนื่องจากระบบต้องการความดันที่ต่ำมาก ซึ่งต้องอาศัยเทคโนโลยีของระบบสูญญากาศมาช่วยในการออกแบบและสร้างอย่างมาก

<u>ตัวดูดกลืน</u> ได้ออกแบบสร้างอยู่ภายในตัวถังเดียวกันกับตัวระเหย จากการทดลองพบว่ามีความร้อนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากค่าทางทฤษฎี ทั้งนี้จากการคำนวณพบว่าค่าความร้อนจากการเจือจางลงของสารดูดกลืนมีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี ดังนั้นค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากความร้อนจากการกลั่นตัวของไอของสารทำความเย็นบางส่วนเกิดการระเหยขึ้นภายนอกตัวระเหย ดังนั้นในการออกแบบสร้างตัวระเหยควรระมัดระวังให้สารทำความเย็นระเหยที่ตัวระเหยให้หมด

ตัวดูดกลืนที่สร้างนี้ มีความลำบากในการสร้างคือ ช่วงรอยต่อระหว่างท่อขนาด 1/2 นิ้ว 1 ท่อ กับท่อขนาด 1/4 นิ้ว 4 ท่อ ทำได้ยากมากต้องใช้หัวจ่ายของระบบปรับอากาศทั่วไปมาใช้และเชื่อมปิดรูที่ไม่ต้องการออก และสำหรับการขดให้ท่อขนาด 1/4 นิ้ว 4 ท่อ ขดวางขนานในแนวราบชิดกันตลอด ทำได้ลำบากต้องใช้วิธีเชื่อมแต้มเพื่อยึดกันไว้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าตัวดูดกลืนสามารถทำงานได้ดี

<u>ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน</u> ในการสร้างใช้เทคนิคเดียวกับตัวดูดกลืน โดยใช้หัวจ่ายของระบบปรับอากาศทั่วไปมาใช้เช่นกัน ซึ่งไม่ยุ่งยากมากเพราะไม่ต้องการให้ท่อขนาด 1/2 นิ้ว 3 ท่อต้องวางชิดกันตลอด ทั้งนี้เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้รอบๆท่อตลอดแนว จากการทดลองพบว่าการทำงานไม่มีปัญหาอะไร แต่ข้อควรระวังคือภายหลังการเชื่อมควรไล่เศษผงที่เกิดขึ้นออกให้หมดเพื่อไม่ให้มีปัญหาอุดตันขึ้นในท่อ เนื่องจากการอุดตันมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นบริเวณนี้ซึ่งเป็นท่อขนาดเล็กที่สุดและอยู่ในระดับต่ำทำให้มีการตกตะกอนของผงเกิดขึ้นได้

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาโดยไม่ต้องใช้ปั๊มเพื่อทำให้สารละลายหมุนเวียนแต่อย่างใด และสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 156.2-178.7 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถใช้กับน้ำร้อนที่ได้จากแผงรับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้เป็นอย่างดี และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนต่อหน่วยพื้นที่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้สารละลายลิเธียมโบรไมด์เข้มข้น 55% ภายใต้ความดัน 45-62 ทอร์ เดือดและทำให้ระบบสามารถทำงานได้

แม้ว่าประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องสูญเสียไปจากการที่ไม่สามารถทำให้ความดันลดต่ำลงได้และอาจมีสารดูดกลืนบางส่วนปะปนออกไปกับสารทำความเย็นได้ แต่จากการศึกษาก็ได้พบข้อมูลและกลไกในการที่จะทำให้ระบบสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิต่ำอย่างต่อเนื่องและไม่ต้องใช้ปั๊มในการหมุนเวียนสารละลายแต่อย่างใด ซึ่งถ้าได้มีการศึกษาและพัฒนาต่อไปการทำความเย็นระบบนี้จะเหมาะสมและแพร่หลายในอนาคตต่อไปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย