

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้มี 3 ส่วน ได้แก่ การออกแบบและสร้างเครื่องเคเลียม การทดสอบระบบสุญญากาศของเครื่องเคเลียม และ การทดสอบการเคเลียมฟิล์มของเครื่องเคเลียม ซึ่งมีผลสรุปดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องเคเลียม

เครื่องเคเลียมในสุญญากาศแบบระเหยสารที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วนคือ (1) ภาชนะสุญญากาศ/ห้องเคเลียม ประกอบด้วย ภาชนะสุญญากาศ ฝาปิดบน ชุดแผ่นฐาน ช่องเปิดและหน้าแปลนต่างๆ (2) ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ ประกอบด้วย เครื่องสูบลไกโรตารี เครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมัน มาตรวัดความดัน วาวด์และข้อต่อ (3) ระบบเคเลียม ประกอบด้วย ชุดระเหยสาร ชุดวางวัสดุรองรับ และ (4) ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องเคเลียม โดยแต่ละส่วนสรุปได้ดังนี้

1. ภาชนะสุญญากาศ ทำจากสเตนเลสเป็นทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 205 mm ความสูงขนาด 285 mm มีช่องเปิดสำหรับสังเกตปรากฏการณ์ในภาชนะสุญญากาศขนาด 65 mm จำนวน 1 ช่อง ด้านบนของห้องเคเลียมมีแผ่นปิดขนาด 285 mm ชุดแผ่นฐานทำจากสเตนเลสหนา 10 mm มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 205 mm ความสูงเท่ากับ 135 mm มีช่องเปิดสำหรับต่อกับเครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมันพร้อมหน้าแปลนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 70 mm สำหรับต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำนวน 6 ช่อง

2. ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ เพื่อสร้างสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศ (ระดับ 10^{-5} mbar) ประกอบด้วยเครื่องสูบลสุญญากาศ 2 ชนิดคือ (1) เครื่องสูบลแบบโรตารีของ Edwards รุ่น E2M8 และ (2) เครื่องสูบบแบบแพร่ไออัตรานิว (N₂) ประมาณ 200 l/s ผลิตทำงาน 10^{-2} - 10^{-6} mbar ชุดวัดความดันเป็นของ Balzers TPG300 ใช้มาตรแบบเพนนิ่งคือรุ่น IKR050 และมาตรแบบฟิรานคือรุ่น TPR010 สำหรับวาวด์และข้อต่อทั้งหมดทำจากสเตนเลส

3. ระบบเคเลียม ประกอบด้วย ลวดต้านทานสำหรับระเหยสาร ขั้วไฟฟ้า ชุดวางชิ้นงาน แหล่งจ่ายไฟฟ้า ระบบจ่ายไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเคเลียมเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับแบบความถี่ต่ำ กระแสสูง โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะปรับความถี่ได้ในช่วง 0-70 V

4. ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องเคเลียม เป็นชุดสำหรับควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบแบ่งเป็นส่วนควบคุมระบบสุญญากาศ ส่วนควบคุมการเคเลียม และส่วนควบคุมหลัก

2. การทดสอบระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบ

1. เมื่อใช้เครื่องสุญญากาศโรตารี พบว่าสามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศ/ห้องเคลือบ จาก $1.2 \times 10^{+3}$ mbar เป็น 7.2×10^{-1} mbar ในเวลาประมาณ 1 นาที และสามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศได้ประมาณ 5.2×10^{-2} mbar ในเวลาประมาณ 3 นาที และเมื่อใช้เครื่องสุญญากาศโรตารีสุญญากาศทำงานต่อเนื่องนาน 5 นาที พบว่า ภาชนะสุญญากาศมีความดันต่ำสุดเท่ากับ 4.0×10^{-2} mbar

2. เมื่อใช้เครื่องสูบลมแบบแฟรไอ พบว่าสามารถลดความดันในภาชนะสุญญากาศ/ห้องเคลือบจาก 5.0×10^{-2} mbar เป็น 9.9×10^{-5} mbar ในเวลาประมาณ 2 นาที (ตั้งแต่เปิดเพดทวารวาล์ว) และสามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศได้ถึง 4.5×10^{-5} mbar ในเวลาประมาณ 10 นาที

3. การทดสอบการเคลือบฟิล์มของเครื่องเคลือบ

ฟิล์มที่ได้เมื่อใช้เวลาเคลือบนาน 2 นาที ฟิล์มที่ได้สะท้อนแสงสีเทา มีการส่งผ่านแสงดี และเมื่อใช้เวลาเคลือบนาน 4 นาที ฟิล์มที่ได้มีลักษณะทึบแสงและสะท้อนแสงเป็นสีเงินของสารเคลือบ เมื่อทดสอบการยึดติดของฟิล์มโดยการขีดถูด้วยนิ้วมือ พบว่ามีฟิล์มหลุดลอกบางส่วนเนื่องจากพลังงานของอะตอมสารเคลือบจากการระเหยสารไม่มากพอทำให้ การยึดติดกับชิ้นงานไม่ดี และเมื่อปล่อยให้ฟิล์มที่ได้นี้ในบรรยากาศปกติพบว่าฟิล์มที่ได้คงสภาพเหมือนเดิม จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เครื่องเคลือบที่ออกแบบสร้างขึ้นในโครงการนี้สามารถเคลือบฟิล์มบางได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงในส่วนของที่จับชิ้นงานให้มีหลายแบบ เช่น สำหรับกระจกแผ่นเล็ก หรือ มีลักษณะโค้งเพื่อให้การวัดสุรองรับทุกชิ้นมีความหนาเท่ากัน

2. ควรพัฒนาส่วนตรวจวัดความหนา (thickness monitor) เพื่อช่วยให้สามารถควบคุมความหนาของฟิล์มได้ดีขึ้น

3. การเปิดห้องเคลือบของเครื่องที่สร้างในโครงการนี้ยังใช้วิธีการยก ซึ่งอาจไม่สะดวกและเหมาะสมส่วนที่ควรพัฒนาต่อคือการออกแบบส่วนการยกห้องเคลือบให้อัตโนมัติหรือสะดวกมากขึ้น

4. ควรพัฒนาส่วนประกอบอื่นๆ ของเครื่องเคลือบเพิ่มเติม เช่น ระบบ load lock ซึ่งเป็นระบบส่งชิ้นงานเข้าห้องเคลือบแบบสุญญากาศ กรณีนี้จะทำให้เครื่องเคลือบไม่จำเป็นต้องเปิดออกซึ่งจะช่วยทำให้ระบบสุญญากาศของห้องเคลือบสะอาดตลอดเวลา

5. ควรมีการทดลองเคลือบฟิล์มบางโลหะบนวัสดุชิ้นต่างๆ