

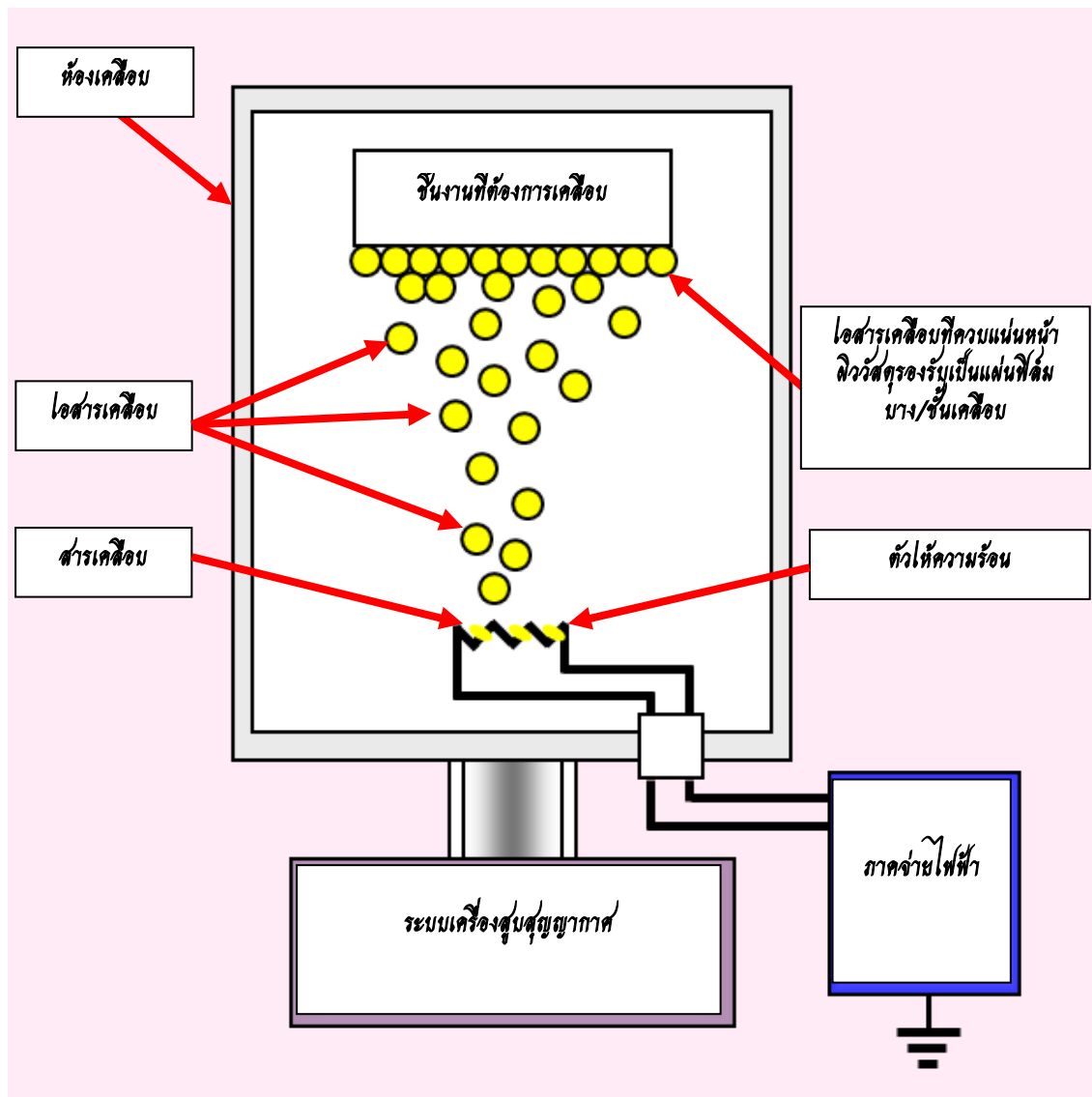
บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 การออกแบบสร้างเครื่องเคลือบ

เครื่องเคลือบในสุญญากาศที่จะสร้างขึ้นในโครงการนี้เป็นระบบระเหยสาร ทั้งนี้โดยพื้นฐานแล้วเครื่องเคลือบในสุญญากาศด้วยวิธีระเหยสารประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนดังนี้คือ

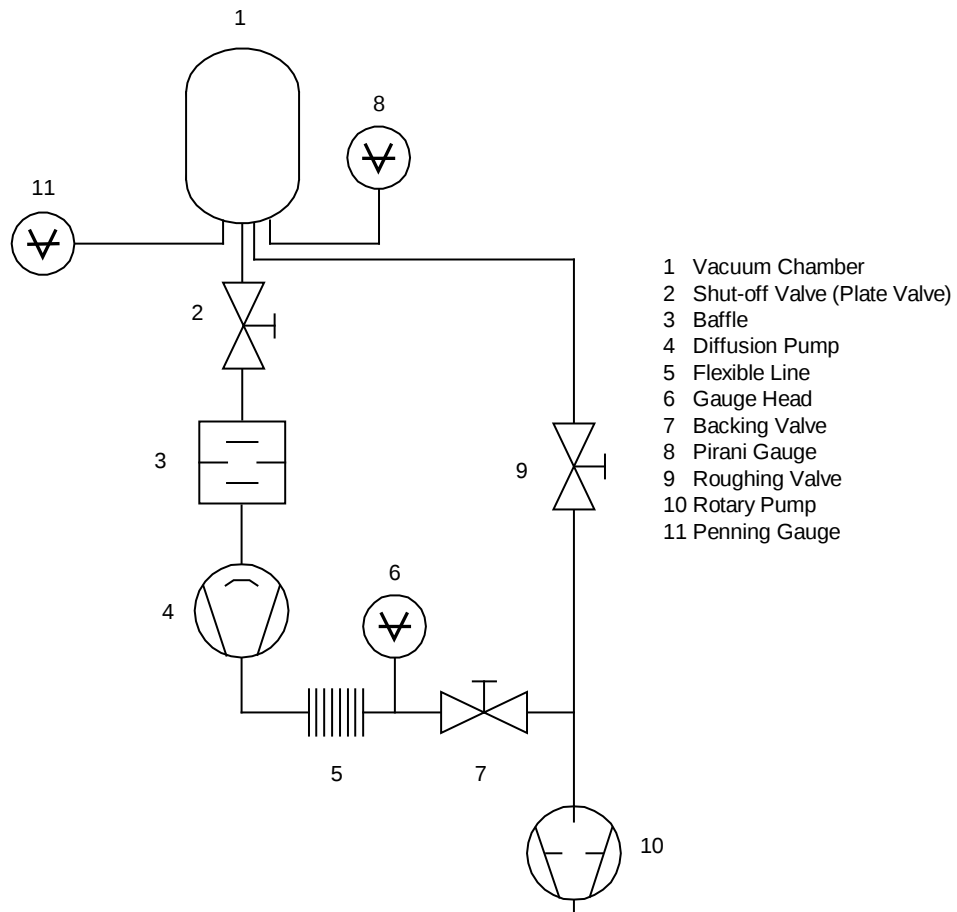
1. ภาชนะสุญญากาศ (Vacuum Chamber) หรือ ห้องเคลือบ เป็นบริเวณที่ว่างสำหรับสร้างสุญญากาศและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ห้องเคลือบอาจมีหลายรูปแบบ ในโครงการนี้กำหนดให้เป็นรูปทรงกระบอก และมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ ห้องเคลือบทรงกระบอก ฝาปิดบน แ่นฐาน ช่องเปิดและหน้าต่างต่างๆ โดยภาชนะสุญญากาศ คือ ต้องสามารถลดความดันให้อยู่ในระดับ $\leq 10^{-5}$ mbar ได้
2. ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ (Vacuum Pump System) ทำหน้าที่ลดความดันหรือสร้างภาวะสุญญากาศในห้องเคลือบ โดยทั่วไประบบสุญญากาศนี้มีหลายแบบ โดยระบบที่เหมาะสมโครงการนี้ประกอบด้วย เครื่องสูบลสุญญากาศ 2 ชนิด คือ (1) เครื่องสูบลโรตารี สำหรับสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น ($\sim 10^{-2}$ mbar) และทำหน้าที่เป็นเครื่องสูบลหนุนหลัง (Backing Pump) ของเครื่องสูบลแบบแพร่ไอน้ำมัน และ (2) เครื่องสูบลแบบแพร่ไอน้ำมัน สำหรับสร้างภาวะสุญญากาศสูง ($\sim 10^{-5}$ mbar) รวมถึง มาตรการลดความดัน ท่อ วาล์วและข้อต่อต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ระบบเคลือบ (Coating System) ทำหน้าที่ในการสร้างสารเคลือบ แนวคิดเกี่ยวกับการเคลือบด้วยวิธีระเหยสาร คือการทำให้สารเคลือบกลายเป็นไอโดยการให้ความร้อนแก่สารเคลือบ ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น ความร้อนจากหลอดต้านทาน ความร้อนจากการอาร์ค ความร้อนจากเลเซอร์ เป็นต้น สำหรับระบบเคลือบของเครื่องเคลือบในสุญญากาศที่สร้างในโครงการนี้ ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขั้วไฟฟ้า หลอดต้านทานสำหรับให้ความร้อน ที่วางชิ้นงาน
4. ระบบควบคุมการทำงานของเครื่อง (Control System) ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องเคลือบซึ่งประกอบด้วย ชุดควบคุมระบบสุญญากาศ และ ชุดควบคุมระบบเคลือบ



ภาพที่ 3-1 ลักษณะพื้นฐานของเครื่องเคาะในสุญญากาศด้วยวิธีระเหยสาร

3.2 ระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบ

ระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบในโครงการนี้ ประกอบด้วยเครื่องสูบลสุญญากาศ 2 ชนิด คือ (1) เครื่องสูบลแบบโรตารี และ (2) เครื่องสูบลแบบแพร่ไอน้ำมัน โดยต่อเข้ากับภาชนะสุญญากาศตามแผนภาพระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบดังแสดงในภาพที่ 3-2 โดยเครื่องสูบลโรตารีที่ใช้สามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศจากความดันบรรยากาศลงมาถึงค่าประมาณ 10^{-2} mbar ซึ่งสามารถอ่านความดันได้จากหัววัดแบบพิรานี ส่วนเครื่องสูบลแบบแพร่ไอน้ำมันสามารถลดความดันได้ $10^{-3} - 10^{-5}$ mbar และอ่านค่าความดันได้จากหัววัดแบบเพนนิง

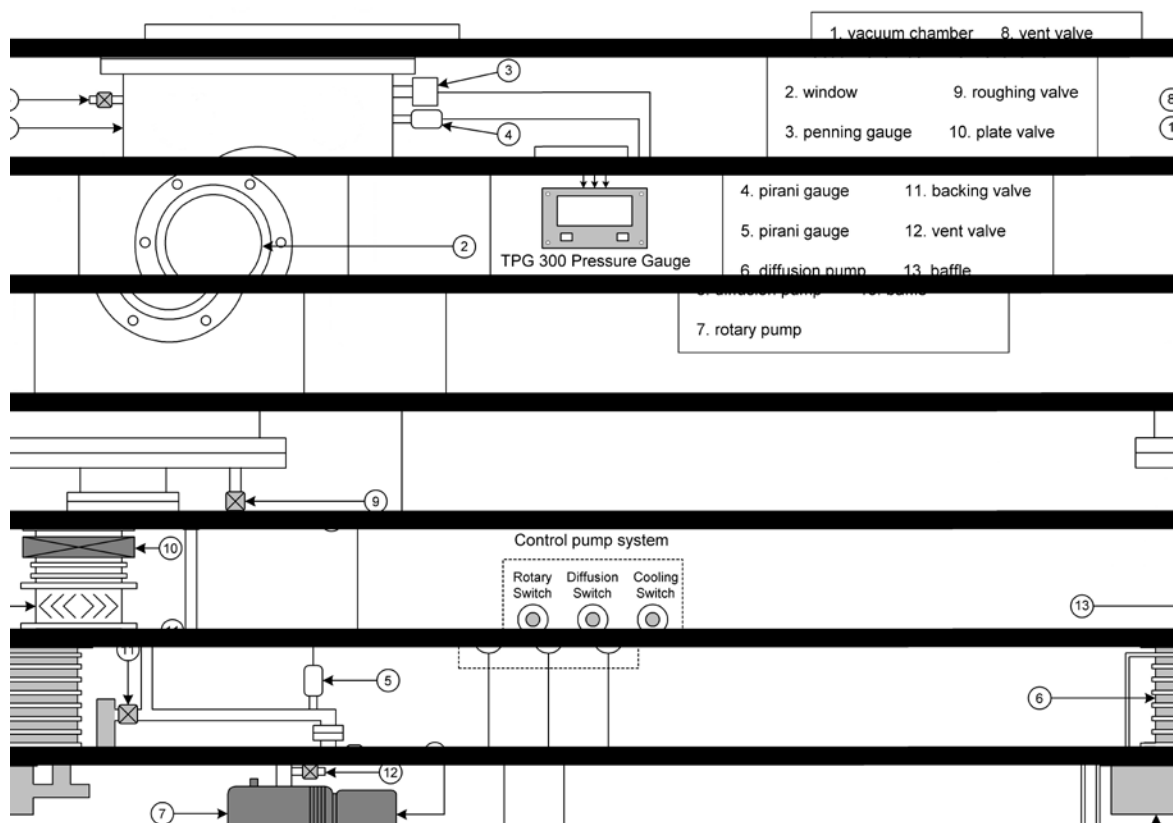


ภาพที่ 3-2 แผนภาพของระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบ

3.3 การสร้างภาวะสุญญากาศ

เครื่องเคลือบในสุญญากาศด้วยวิธีระเหยสาร ในโครงการนี้ต้องลดความดันในห้องเคลือบให้อยู่ในภาวะสุญญากาศสูง (High Vacuum) ความดันประมาณ 10^{-5} mbar เพื่อลดการปนเปื้อนของฟิล์มที่เคลือบได้จากแก๊สคงค้าง (Residual Gas) ในห้องเคลือบ การสร้างภาวะสุญญากาศของเครื่องเคลือบในโครงการนี้ใช้ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมัน (Diffusion Pump; DP) หนุนหลังด้วยเครื่องสูบกกลโรตารี (Rotary Pump; RP) ภาพที่ 3-3 แสดงรายละเอียดของระบบสุญญากาศซึ่งมีลำดับขั้นตอนการสร้างสุญญากาศดังนี้

1. ตรวจสอบเช็ควาล์วหยาบ (หมายเลข 9) วาล์วท้าย (หมายเลข 11) และวาล์วสุญญากาศสูง (หมายเลข 10) ให้อยู่ในสภาพปิดทั้งหมด
2. เปิดสวิทช์หลัก เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้แก่ระบบต่าง ๆ ของเครื่อง เช่น ระบบวัดความดันและระบบควบคุมการทำงานของระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ เป็นต้น หลังจากนั้นเปิดสวิทช์ Rotary เพื่อให้เครื่องสูบกกลโรตารี (RP) (หมายเลข 7) ทำงาน
3. สูบลอากาศออกจากเครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมัน (DP) ด้วยเครื่องสูบกกลโรตารี (RP) โดยเปิดวาล์วท้าย (BV) เพื่อให้เครื่องสูบกกลโรตารีสูบลอากาศออกจากเครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมัน (หมายเลข 6) จนความดันในเครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมัน เมื่ออ่านจากพิราณีเกจ (หมายเลข 4) มีค่าน้อยกว่า 10^{-2} mbar ซึ่งเป็นความดันที่เครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมัน สามารถทำงานได้ พร้อมทั้งเปิดสวิทช์ Diffusion เพื่อให้ตัวทำความร้อนของเครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมันทำงานเป็นการเริ่มต้มน้ำมัน ใช้ประมาณ 20 นาที
4. ระหว่างการต้มน้ำมันนำวาล์วสุญญากาศที่ต้องการเคลือบวางในห้องเคลือบ โดยต้องเช็คความดันในห้องเคลือบให้อยู่ในภาวะเป็นสุญญากาศหรือไม่ ถ้าเป็นสุญญากาศให้เปิดวาล์วล้อย (VV) เพื่อให้อากาศเข้าสู่ห้องเคลือบ จนความดันในห้องเคลือบเท่ากับความดันบรรยากาศ หลังจากนั้นทำการเปิดห้องเคลือบแล้วนำวาล์วสุญญากาศที่ต้องการเคลือบไปติดตั้งที่ชุดจับชิ้นงาน จากนั้นปิดห้องเคลือบและเปิดวาล์วล้อย (VV)
5. สร้างสุญญากาศขั้นต้นในห้องเคลือบด้วยเครื่องสูบกกลโรตารี โดยการปิดวาล์วท้าย (BV) แล้วเปิดวาล์วหยาบ (RV) เพื่อให้เครื่องสูบกกลโรตารีสูบลอากาศออกจากห้องเคลือบ จนความดันมีค่าประมาณ 10^{-2} mbar
6. เมื่อต้มน้ำมันครบ 20 นาที จึงสร้างภาวะสุญญากาศสูงด้วยเครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมัน โดยเริ่มจากปิดวาล์วหยาบ (RV) แล้วเปิดวาล์วท้าย (BV) จากนั้นเปิดวาล์วสุญญากาศสูง (HV) เพื่อให้เครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมันสูบลอากาศออกจากห้องเคลือบเพื่อลดความดันในห้องเคลือบให้อยู่ในระดับภาวะสุญญากาศสูง ความดันประมาณ 10^{-5} mbar
7. จมเวลาและรอจนความดันในห้องเคลือบ มีค่าประมาณ 5×10^{-5} mbar ซึ่งกำหนดให้เป็นค่าความดันพื้น (P_0) ก่อนเริ่มกระบวนการเคลือบฟิล์มบางต่อไป



ภาพที่ 3-3 ไดอะแกรมระบบเครื่องสูบลู่วสุญญากาศของเครื่องเคลือบ

- | | |
|---|---|
| 1. ภาชนะสุญญากาศ (Vacuum Chamber) | 2. หน้าต่าง (Window) |
| 3. มาตรวัดความดันแบบเพนนิง (Penning Gauge) | 4. มาตรวัดความดันแบบพิรานี (Pirani Gauge) |
| 5. มาตรวัดความดันแบบพิรานี (Pirani Gauge) | 6. เครื่องสูบลู่วแบบแพร่ไอ (Diffusion Pump; DP) |
| 7. เครื่องสูบลู่วกลโรตารี (Rotary Pump; RP) | 8. วาล์วลู่ว (Vent Valve; VV) |
| 9. วาล์วหยาบ (Roughing Valve; RV) | 10. วาล์วสุญญากาศสูง (High Vacuum Valve; HV) |
| 11. วาล์วท้าย (Backing Valve; BV) | 12. วาล์วลู่ว (Vent Valve; VV) |
| 13. แบริเยร์ (Baffle) | |

3.4 ขั้นตอนการเคลือบฟิล์มบาง

การเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีระเหยสาร มีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมชิ้นงานและสารเคลือบ : เริ่มจากนำวัสดุรองรับ (substrate) ที่ต้องการเคลือบเข้าห้องเคลือบ โดยวางบนแท่นวางชิ้นงานซึ่งปรับระยะห่างของวัสดุรองรับให้ห่างจากแหล่งกำเนิดสารเคลือบ (d_{s-v}) ตามต้องการ นำสารเคลือบติดกับลวดต้านทาน จากนั้นติดลวดต้านทานเข้ากับขั้วไฟฟ้า แล้วปิดห้องเคลือบ
2. การสร้างสุญญากาศ : ขั้นนี้เป็นการสร้างสุญญากาศในห้องเคลือบ เริ่มจากใช้เครื่องสูบลดความดันในห้องเคลือบจนมีค่าประมาณ 10^{-2} mbar จากนั้นใช้เครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำลดความดันในห้องเคลือบจนมีค่าประมาณ 5×10^{-5} mbar กำหนดให้เป็นค่าความดันพื้น (P_0)
3. การเคลือบฟิล์มบาง : ขั้นนี้เป็นการเคลือบฟิล์ม เมื่อลดความดันภายในห้องเคลือบจนมีค่าเท่ากับค่าความดันพื้นตามต้องการแล้ว ให้จ่ายไฟฟ้าแก่ลวดต้านทาน (Heater) เพื่อให้ลวดต้านทานเกิดความร้อนแล้วส่งผ่านไปยังสารเคลือบซึ่งติดอยู่กับลวดต้านทานจน สารเคลือบร้อน (ช่วงนี้ใช้ค่ากระแสไฟฟ้าประมาณ 50-70 A นาน 2-3 นาที : ขึ้นกับชนิดของสารเคลือบ กรณีนี้เป็นอะลูมิเนียม) จากนั้นเป็นช่วงสารเคลือบหลอม/ไหล (ในช่วงนี้ให้เพิ่มค่ากระแสไฟฟ้าเป็น 90-100 A : ขึ้นกับชนิดของสารเคลือบ กรณีนี้เป็นอะลูมิเนียม) เมื่อสารเคลือบร้อนจนหลอมไหลมารวมกัน ต่อมาเป็นช่วงที่สารเคลือบระเหยกลายเป็นไอฟุ้งกระจายไปทั่วห้องเคลือบซึ่งส่วนหนึ่งกระจายไปติดที่ผิวหน้าของชิ้นงานและควมแน่นเป็นชั้นเคลือบ/ฟิล์มบางเกาะติดที่ผิวของชิ้นงาน (ในช่วงนี้ให้คงค่ากระแสไฟฟ้าประมาณ 100-120 A : ขึ้นกับชนิดของ สารเคลือบ กรณีนี้เป็นอะลูมิเนียม) เมื่อครบกำหนดเวลาให้ปิดภาคจ่ายไฟฟ้า แล้วปล่อยอากาศเข้าห้องเคลือบผ่านวาล์วล้อย เพื่อนำชิ้นงานออกจากห้องเคลือบ ในขั้นนี้อาจมีการอบชิ้นงานหลังการเคลือบเพื่อให้ฟิล์มบางมีโครงสร้างผลึกหรือมีการยึดติดดีขึ้น
4. การวิเคราะห์ฟิล์มบางเบื้องต้น : ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบเช็คสภาพของฟิล์มด้วยสายตา เพื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพ เช่น สี การกระจายตัวของสารเคลือบ ฯลฯ ก่อนส่งไปวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะเฉพาะด้านอื่นๆ ต่อไป

3.5 แนวทางการศึกษา

แนวทางการศึกษาในโครงการนี้แบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบ จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของเครื่องเคลือบตามแบบที่กำหนดไว้ โดยเน้นการสร้างชิ้นส่วนและอุปกรณ์ขึ้นเองจากวัสดุที่มีอยู่ในประเทศเป็นหลัก
2. การทดสอบเครื่องเคลือบ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเคลือบใน 2 ด้านหลักคือ (1) ด้านสุญญากาศ ห้องเคลือบของเครื่องเคลือบต้องสามารถลดความดันให้อยู่ในระดับ $\leq 10^{-5}$ mbar ได้ และ (2) ด้านการเคลือบ เครื่องเคลือบต้องสามารถเคลือบฟิล์มโลหะบนกระจกสไลด์ได้