



บทที่ 4

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ขั้นตอนการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้
 - 1.1 จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง
 - 1.2 การเคลือบแล็กเกอร์
 - 1.3 จัดแบ่งแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบเป็น 6 ส่วน
 - 1.4 การทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ (Flexibility Test) ของแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 1
 - 1.5 การทดสอบการทนการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ (Scratch Resistance Test) ของแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 2
 - 1.6 การทดสอบการทนต่อการขัดถูของผิวเคลือบแล็กเกอร์ (Rub Test) ของแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 3
 - 1.7 การทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแล็กเกอร์ (Blushing Resistance Test) ของแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 4
 - 1.8 การทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแล็กเกอร์กับผิวเหล็ก (Adhesion Test) ของแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 5
 - 1.9 การทดสอบการหลุดลอกของแล็กเกอร์จากการต้มมาเชื้อ (Cooking Resistance Test) ของแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 6
2. การจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง
 - 2.1 แล็กเกอร์
แล็กเกอร์ที่นำมาใช้ทดลองทั้ง 3 ชนิด ต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติตามเงื่อนไขก่อนการใช้งาน (ข้อมูลทางด้านเทคนิคและข้อกำหนดเฉพาะแสดงในภาคผนวก ข) คือ
 - 1 การตรวจสอบสภาพทั่วไปของภาชนะบรรจุ
 - 2 การตรวจสอบหมายเลขลำดับ (Batch No.) และวันผลิตของผู้ผลิตและอายุ (Shelf Life)
 - 3 การตรวจสอบลักษณะปรากฏ ได้แก่ สี ฝุ่นผงเจือปน อื่นๆ

4 การตรวจสอบคุณสมบัติ ได้แก่ ความหนืด(Viscosity) %เนื้อแล็กเกอร์ (%Solid) เป็นต้น

2.2 แผ่นเหล็กเคลือบตีบุก

แผ่นเหล็กเคลือบตีบุกผ่านการตรวจสอบข้อบกพร่อง และไม่พบข้อบกพร่องในการตรวจรับ

3. การเคลือบแล็กเกอร์

3.1 ทำความสะอาดแผ่นเหล็กเคลือบตีบุกที่ใช้ในการทดลอง

3.2 ทำการเคลือบแล็กเกอร์โดยใช้แท่งเหล็กปาดเบอร์ต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่ ตามความต้องการที่ได้กำหนดไว้ในแผนการทดลอง

3.3 นำมาอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิบ่มตามที่กำหนด โดยใช้เวลาในการบ่มตามสภาวะในการทดลองนั้น ๆ

3.4 ทำการทดลองจนครบจำนวนระดับของปัจจัยที่ทดลอง และเขียนหมายเลขกำกับสภาวะในการทดลอง ซึ่งหมายเลขต่างๆ แสดงสภาวะในการทดลองแสดงในตารางที่ 3.4 ก็จะได้แผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ

4. แบ่งแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบออกเป็น 6 ส่วน

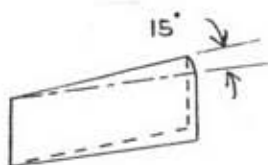
เมื่อได้แผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบครบตามจำนวนทั้งหมดแล้ว ให้แบ่งออกเป็น 6 ส่วนขนาดต่างๆ กัน ดังนี้ คือแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ

ส่วนที่ 1 (Flexibility Test)	ขนาด	8 x 10	ซ.ม.
ส่วนที่ 2 (Scratch Resistance Test)	ขนาด	4.5 x 11	นิ้ว
ส่วนที่ 3 (Rub Test)	ขนาด	3.5 x 11	นิ้ว
ส่วนที่ 4 (Blushing Resistance Test)	ขนาด	4.0 x 11	นิ้ว
ส่วนที่ 5 (Adhesion Test)	ขนาด	10 x 10	ซ.ม.
ส่วนที่ 6 (Cooking Resistance Test)	ขนาด	4.0 x 11	นิ้ว

5. การทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์

5.1 พับแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 1 ตามยาว โดยให้รอยพับอยู่กึ่งกลาง

5.2 นำชิ้นงานทดสอบที่พับแล้ว ไปพับด้วยเครื่องทดสอบความยืดหยุ่น ซึ่งทำให้แผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ มีสันพับเป็นมุม 15 องศา จากปลายด้านหนึ่งถึงปลายอีกด้านหนึ่ง (ดังรูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 ชิ้นงานทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์

5.3 นำแผ่นเหล็กเคลือบแลกเกอร์ทดสอบที่ผ่านการพับแล้ว ไปแช่ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต(CuSO_4) ความเข้มข้น 200 กรัม ต่อ น้ำ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยให้บริเวณสันพับจุ่มอยู่ในสารละลายประมาณ 2 นาที เพื่อให้บริเวณที่แลกเกอร์หลุดล่อนไปเกิดสนิม

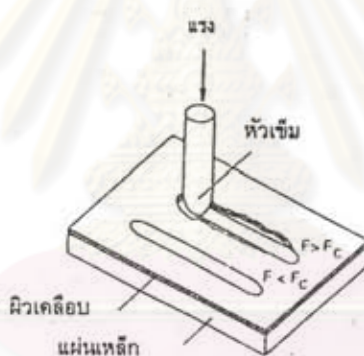
5.4 ใช้กล้องจุลทรรศน์ช่วยในการวัดระยะความยาวของรอยแตก

5.5 บันทึกผลเป็นค่าอัตราส่วนร้อยละของความยาวรอยแตกของแลกเกอร์ ต่อความยาวของรอยพับทั้งหมด

6. การทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแลกเกอร์

6.1 นำแผ่นเหล็กเคลือบแลกเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 2 มาจับยึดที่เครื่องทดสอบการทนการขีดข่วน(Sheen Scratch Tester)

6.2 ทำการขีดด้วยหัวเข็มทั้งสแตน เลนผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร โดยผ่านกระแสไฟฟ้า 2 โวลต์ที่หัวเข็ม หากไฟฟ้าครบวงจร แสดงว่าหัวเข็มขีดผ่านผิวเคลือบแลกเกอร์ (ดังรูปที่ 4.2) บันทึกน้ำหนักกดของหัวเข็มที่ใช้



รูปที่ 4.2 ลักษณะการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบ

7. การทดสอบการทนต่อการขีดถูของผิวเคลือบแลกเกอร์

7.1 นำแผ่นเหล็กเคลือบแลกเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 3 มาจับยึดที่เครื่องทดสอบการทนการขีดถู

7.2 ทำการขีดถูด้วยน้ำยาเมทิลเอทิลคีโตน (Methyl Ethyl Ketone) สูตรเคมี $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ โดยมีน้ำหนักกด 3 กิโลกรัม

7.3 บันทึกจำนวนคู่ของการถูไปกลับจนผิวเคลือบแลกเกอร์หลุดลอก

8. การทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแลกเกอร์

8.1 นำแผ่นเหล็กเคลือบแลกเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 4 มาขึ้นรูปเป็นฝาเปิดแบบง่าย(Easy Open End)

8.2 นำฝาที่ใช้ทดสอบ มาจัดวางเรียงกันในหม้อนึ่งอัด (Autoclave)

8.3 ทำการนึ่งที่สภาวะ

อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส
 ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว
 เวลา 30 นาที



8.4 ประเมินขนาดของพื้นที่ และความรุนแรงของการเกิดฝ้าไอน้ำ และให้คะแนนตามเกณฑ์ในการประเมินผลการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ

เกณฑ์ในการประเมินผลการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ	
คะแนน	ลักษณะ
7	เกิดการแทรกซึมของไอน้ำ >20% ของพื้นที่ และมองเห็นชัดเจน
6	เกิดการแทรกซึมของไอน้ำ 10-20% ของพื้นที่ และมองเห็นชัดเจน
5	เกิดการแทรกซึมของไอน้ำ <10% ของพื้นที่ และมองเห็นชัดเจน
4	เกิดการแทรกซึมของไอน้ำ >20% ของพื้นที่ และมองเห็นไม่ชัดเจน
3	เกิดการแทรกซึมของไอน้ำ 10-20% ของพื้นที่ และมองเห็นไม่ชัดเจน
2	เกิดการแทรกซึมของไอน้ำ <10% ของพื้นที่ และมองเห็นไม่ชัดเจน
1	ไม่เกิดการแทรกซึมของไอน้ำ

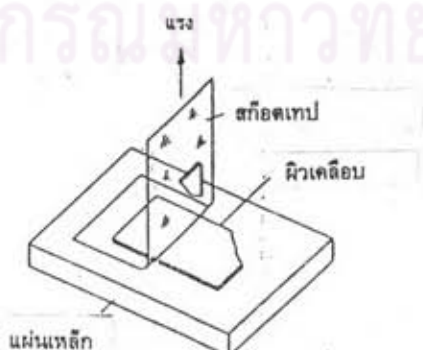
9. การทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแลกเกอร์กับผิวเหล็ก

9.1 นำแผ่นเหล็กเคลือบแลกเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 5 มาทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแลกเกอร์กับผิวเหล็กโดยทำการ กรีดคัตเตอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบแลกเกอร์ทดสอบ เป็นเส้นตรงในแนวตั้งยาวประมาณ 15 มิลลิเมตร ห่างกันเส้นละ 1 มิลลิเมตร จำนวน 11 เส้น จากนั้นให้กรีดในแนวอนลักษณะเดียวกัน ก็จะได้ช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตรจำนวน 100 ช่อง

9.2 ใช้สก็อตเทป(3M No.016) ปิดให้ทั่ว

9.3 ดึงสก็อตเทปออกอย่างรวดเร็ว ทำมุมประมาณ 30 องศากับแนวระดับ

9.4 บันทึกผลที่ได้ โดยบันทึกผลเป็นอัตราส่วนร้อยละของพื้นที่ที่แลกเกอร์หลุดลอกต่อพื้นที่ทดสอบทั้งหมด



รูปที่ 4.3 ลักษณะการทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะของผิวเคลือบ

10. การทดสอบการหลุดลอกของแล็กเกอร์จากการต้มฆ่าเชื้อ

10.1 นำแผ่นเหล็กเคลือบแล็กเกอร์ทดสอบ ส่วนที่ 6 มาซึ่งรูปเป็นฝาเปิดแบบง่าย

10.2 เมื่อได้จำนวนฝาครบแล้วนำไปต้มในอ่างน้ำ (Water Bath) ด้วยสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โดยทำการเติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ลงไปในน้ำและทำการวัดค่า pH จนได้สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มี pH10 ทำการต้มที่สภาวะ

อุณหภูมิ	100 องศาเซลเซียส
pH	10
เวลา	40 นาที

10.3 หลังจากผ่านการต้มแล้วทำการวัดเปอร์เซ็นต์การหลุดลอกของแล็กเกอร์ โดยเป็นอัตราส่วนร้อยละของพื้นที่ที่เกิดการหลุดลอกต่อพื้นที่ทั้งหมด

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบแล็กเกอร์
 - 1.1 บีกเกอร์ หรือภาชนะบรรจุแล็กเกอร์
 - 1.2 แท่งเหล็กปาด (Bar Coat) พร้อมกระดานรอง
 - 1.3 เต้าอบ
 - 1.4 นาฬิกาจับเวลา
 - 1.5 น้ำยาเมทิลเอทิลคีโตน ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$) พร้อมสำลี
2. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ (Flexibility Test)
 - 2.1 เครื่องทดสอบความยืดหยุ่น (Flexibility Tester)
 - 2.2 กล้องจุลทรรศน์
 - 2.3 นาฬิกาจับเวลา
 - 2.4 คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4)
3. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบการทนการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ (Scratch Resistance Test)
 - 3.1 เครื่องทดสอบการทนต่อการขีดข่วน
4. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบการทนต่อการขัดถูของผิวเคลือบแล็กเกอร์ (Rub Test)
 - 4.1 เครื่องทดสอบการทนต่อการขัดถู

- 4.2 น้ำยาเมทิลเอทิลคีโตน (Methyl Ethyl Ketone) พร้อมสำลี
5. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแล็กเกอร์ (Blushing Resistance Test)
 - 5.1 หม้อนึ่งอัด (Autoclave)
 - 5.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการขึ้นรูปฝา
 - 5.3 น้ำ
6. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแล็กเกอร์กับผิวเหล็ก (Adhesion Test)
 - 6.1 มีดตัดเตอร์
 - 6.2 สก็อตเทป (3M No.016)
 - 6.3 ไม้บรรทัด
7. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบการหลุดลอกของแล็กเกอร์จากการต้มฆ่าเชื้อ (Cooking Resistance Test)
 - 7.1 อ่างน้ำ (Water Bath)
 - 7.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการขึ้นรูปฝา
 - 7.3 กระดาษลิตมัส
 - 7.4 นาฬิกาจับเวลา
 - 7.5 โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์
 - 7.6 น้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย