



บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ข้อสรุปปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของผิวเคลือบแล็กเกอร์ในการเคลือบแล็กเกอร์

จากการออกแบบการทดลองด้วยการพิจารณาปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยและไปดำเนินการทดลอง และวิเคราะห์ผลตัวแปรตอบสนองทั้ง 4 ผลการทดสอบ สามารถสรุปตามการวิเคราะห์ความแปรปรวน ($\alpha = 0.05$) ได้ว่า

1. ปัจจัยที่มีผลต่อความยืดหยุ่น (Flexibility) ของผิวเคลือบแล็กเกอร์
 - ชนิดของแล็กเกอร์
 - น้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่
 - อุณหภูมิบ่ม
 - เวลาที่ใช้ในการบ่ม
 - ปัจจัยร่วมของชนิดของแล็กเกอร์กับน้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่
 - ปัจจัยร่วมของชนิดของแล็กเกอร์ กับอุณหภูมิบ่ม
 - ปัจจัยร่วมของน้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่ กับอุณหภูมิบ่ม
 - ปัจจัยร่วมของอุณหภูมิบ่ม กับเวลาที่ใช้ในการบ่ม
2. ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทนต่อการขีดข่วน (Scratch Resistance) ของผิวเคลือบแล็กเกอร์
 - ชนิดของแล็กเกอร์
 - น้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่
 - อุณหภูมิบ่ม
 - ปัจจัยร่วมของชนิดของแล็กเกอร์ กับอุณหภูมิบ่ม
 - ปัจจัยร่วมของชนิดของแล็กเกอร์ กับเวลาที่ใช้ในการบ่ม
3. ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทนต่อการขัดถู (Rub) ของผิวเคลือบแล็กเกอร์
 - ชนิดของแล็กเกอร์
 - น้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่
 - อุณหภูมิบ่ม
 - เวลาที่ใช้ในการบ่ม
 - ปัจจัยร่วมของชนิดของแล็กเกอร์ กับอุณหภูมิบ่ม

4. ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ (Blushing Resistance) ของผิวเคลือบแล็กเกอร์

- ชนิดของแล็กเกอร์
- น้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่
- อุณหภูมิอบ
- ปัจจัยร่วมของชนิดของแล็กเกอร์ กับน้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่

ส่วนผลการทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแล็กเกอร์กับเนื้อเหล็ก (Adhesion test) และการหลุดลอกของแล็กเกอร์จากการต้มฆ่าเชื้อ (Cooking Resistance Test) ไม่พบการหลุดลอกของแล็กเกอร์

อิทธิพลของปัจจัยและเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเคลือบแล็กเกอร์

1. ชนิดของแล็กเกอร์

จากกราฟและการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าปัจจัยชนิดของแล็กเกอร์จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อผลการทดสอบคุณลักษณะของผิวเคลือบแล็กเกอร์ในด้านต่าง ๆ โดย

แล็กเกอร์ Z

- มีผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ดีที่สุด
- มีผลการทดสอบการทนการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ดีที่สุด
- มีผลการทดสอบการทนต่อการขัดถูของผิวเคลือบแล็กเกอร์ดีที่สุด
- มีผลการทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบ

แล็กเกอร์ดีที่สุด

2. น้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่

ปัจจัยน้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณลักษณะของผิวเคลือบแล็กเกอร์ ซึ่งจากกราฟและการวิเคราะห์เชิงสถิติจะพบว่า เมื่อน้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น

- ความสามารถในการยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์
- ความสามารถในการทนการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์
- ความสามารถในการทนต่อการขัดถูของผิวเคลือบแล็กเกอร์
- ความสามารถในการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแล็กเกอร์ จะเพิ่มขึ้นตามหรือแปรผันตรงกับน้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่

3. อุณหภูมิอบ

ปัจจัยอุณหภูมิอบจะมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะผิวเคลือบแล็กเกอร์ แต่มีอิทธิพลน้อยกว่าปัจจัยชนิดของแล็กเกอร์ และปัจจัยน้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่

ระดับอุณหภูมิบ่มสูงสุด 215 °C

- มีผลการทดสอบการทนการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ดีที่สุด
- มีผลการทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบ

แล็กเกอร์ดีที่สุด

ระดับอุณหภูมิบ่ม 205 °C

- มีผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ดีที่สุด
- มีผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ดีที่สุด

4. เวลาที่ใช้ในการบ่ม

ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการบ่ม จะไม่มีผลหรือผลกระทบน้อยมากกับผลการทดสอบการทนการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ และการทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแล็กเกอร์ และที่ระดับเวลาที่ใช้ในการบ่ม 13 นาที ความสามารถในการยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ และความสามารถในการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ผลตัวแปรตอบสนอง หรือผลการทดสอบทั้ง 4 การทดสอบ คือ การทดสอบความยืดหยุ่น การทดสอบการทนต่อการขีดข่วน การทดสอบการทนต่อการขีดข่วน และการทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแล็กเกอร์ จะเห็นว่าผลของปัจจัยต่างๆ จะมีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองไม่เหมือนกัน จึงทำการประเมินในรูปของคะแนนรวม เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม รวมทั้งพิจารณาผลการทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแล็กเกอร์กับเนื้อเหล็ก และการหลุดลอกของแล็กเกอร์จากการค้ำฆ่าเชื้อประกอบ ทำให้ได้เงื่อนไขที่เหมาะสมดังนี้

- ชนิดของแล็กเกอร์	แล็กเกอร์ชนิด Z
- น้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่	$8.5 \pm 0.5 \text{ g./m.}^2$
- อุณหภูมิบ่ม	205 °C
- เวลาที่ใช้ในการบ่ม	13 นาที

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมิบ่ม จะเห็นได้ว่าการแบ่งระดับของปัจจัยออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ 195 °C ระดับกลาง 205 °C และระดับสูง 215 °C โดยมีช่วงห่างของแต่ละระดับเพียง 10 °C และปัจจัยเวลาที่ใช้ในการบ่ม มีการแบ่งระดับของปัจจัยออกเป็น 7 นาที 10 นาที และ 13 นาที ซึ่งมีช่วงห่างของเวลาที่ใช้ในการบ่มเพียง 3 นาที ฉะนั้นควรมีการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมิบ่ม และเวลาที่ใช้ในการบ่มเพิ่มเติม โดยการกำหนดช่วงอุณหภูมิบ่ม และเวลาที่ใช้ในการบ่มในการทดลองให้มากกว่านี้

2. ในกรงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบสีบุก และเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการออกแบบการทดลองที่ทำให้การเคลือบแลกเกอร์ที่ได้มีคุณภาพดี โดยในการวิเคราะห์หาเงื่อนไขไม่ได้พิจารณาเปรียบเทียบถึงค่าใช้จ่ายในแต่ละเงื่อนไขว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ฉะนั้นในการกำหนดสถานะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตในอุตสาหกรรม จึงควรทำการวิเคราะห์ในส่วนค่าใช้จ่ายต้นทุนมาประกอบเพื่อการตัดสินใจในการกำหนดสถานะและการเลือกใช้ในการผลิต

3. งานวิจัยฉบับนี้ นับเป็นเพียงก้าวแรกในการวิจัยและพัฒนา ฉะนั้นจึงควรมีการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติม โดยทำการเพิ่มระดับของแต่ละปัจจัยในการทดลองให้มากขึ้น และทำการวิเคราะห์หาจุดที่เหมาะสม (Optimization)

4. นำการออกแบบการทดลองที่เรียกว่า การออกแบบมั่นคง (Robust Design) เพื่อให้ได้กระบวนการเคลือบแลกเกอร์ที่มีอิทธิพลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factor) น้อยที่สุด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย