บทที่ 4

อุปกรณ์การทดลองและขั้นตอนการทดลอง

4.1 อุปกรณ์การทดลอง

การชุบเคลือบผิวด้วยโลหะลงบนพลาสติกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ การชุบเคลือบผิวโดยไม่ใช้ไฟฟ้า และ การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละส่วนแสดงดังนี้

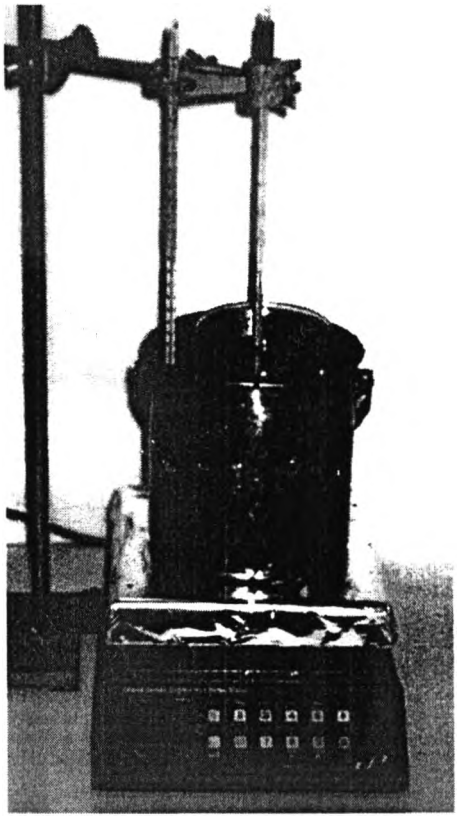
4.1.1 อุปกรณ์การชุบเคลือบผิวโดยไม่ใช้ไฟฟ้า

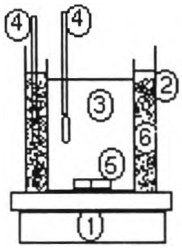
สารละลายที่ใช้สำหรับการชุบเคลือบผิวโดยไม่ใช้ไฟฟ้าประกอบด้วย น้ำยาทำความสะอาดผิว (cleaning) น้ำยากัดผิว (etching) น้ำยา neutralizing น้ำยา sensitizing น้ำยา activating และน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแส (electroless copper) แสดงดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ชุดน้ำยาในการชุบเคลือบผิวโดยไม่ใช้กระแสไฟฟ้า

อุปกรณ์สำหรับการชุบเคลือบผิวโดยไม่ใช้ไฟฟ้า

1. ชุดควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วย oil bath และ เตาไฟฟ้า (ให้ความร้อนและปั่นกวน (ระบบดิจิตอล)) ดังรูปที่ 4.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้





1. เตาไฟฟ้า (hot plate)
2. ถังสแตนเลส
3. น้ำยากัดผิว
4. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)
5. แท่งแม่เหล็กสำหรับปั่นกวน (stirrer)
6. น้ำมัน

รูปที่ 4.2 ชุดควบคุมอุณหภูมิในขั้นตอนการกัดผิว

1.1 เตาไฟฟ้า (hot plate) ยี่ห้อ Cole-Parmer รุ่น 04644-Series

1.2 ถังสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14.5 ซม. สูง 13.5 ซม.

1.3 น้ำยากัดผิว (ตามตารางที่ 4.1 ในหัวข้อ 4.2.2)

1.4 เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) จัดซื้อจากร้านศึกษาภัณฑ์พาณิชย์ ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 0 – 100 องศาเซลเซียส ความละเอียด 1 องศาเซลเซียสต่อสเกล

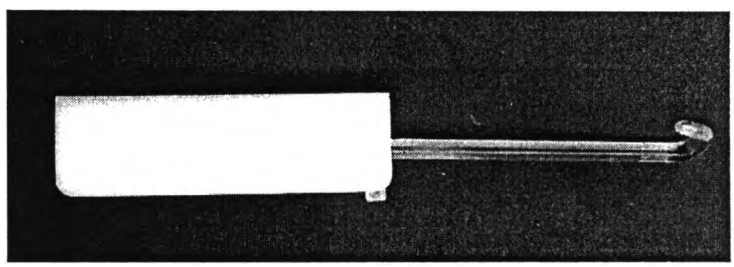
1.5 แท่งแม่เหล็กปั่นกวนขนาดความยาว 3.5 ซม.

1.6 น้ำมันพืชตรากุ๊ก

2. บีคเกอร์แก้วทรงสูงขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ ยี่ห้อ Pyrex

3. บีคเกอร์แก้วขนาด 1000 มิลลิลิตร จำนวน 2 ใบ ยี่ห้อ Pyrex

4. ที่แขวนชิ้นงานพลาสติก (jig) (ทำมาจากแก้ว) สั่งทำที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ที่แขวนชิ้นงานพลาสติก

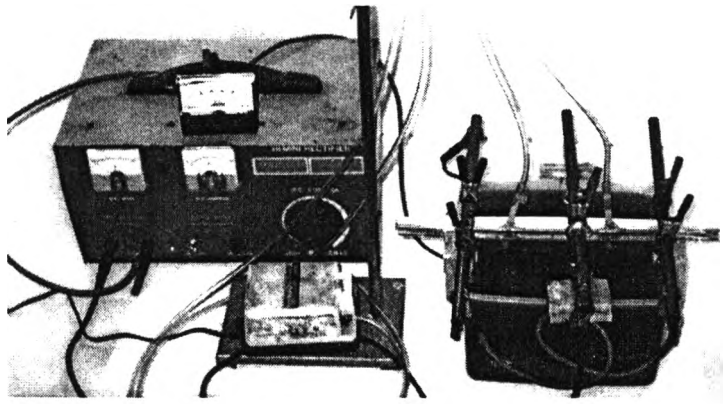
5. ฝาปิดบีกเกอร์ (watch glass)

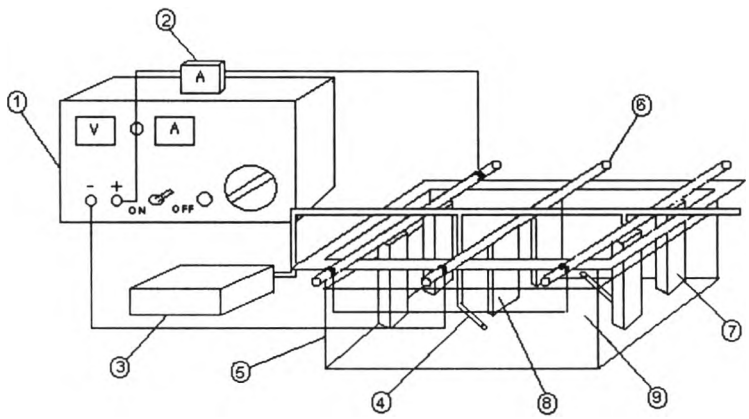
ตั้งแต่ขั้นตอนการปรับสภาพผิว (pretreatment) จนกระทั่งขั้นตอนการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแส สารละลายที่ใช้ถูกเตรียมไว้ในบีคเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร สำหรับขั้นตอนการกัดผิว (etching) เซนซิไทซิ่งค์ (sensitizing) และการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแส (electroless copper) สารละลายที่ใช้จะต้องถูกเปลี่ยนบ่อยครั้ง เนื่องจากสภาวะที่ใช้ในการศึกษามีหลายสภาวะและแตกต่างกันและน้ำยามีอายุการใช้งานที่จำกัด ดังนั้นเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำยาจึงเลือกใช้บีคเกอร์ทรงสูงขนาด 500 มิลลิลิตร แทนบีคเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร

สำหรับขั้นตอนการกัดผิวเป็นขั้นตอนที่จะทำการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิจึงจำเป็นต้องทำการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตามที่กำหนด โดยใช้เตาไฟฟ้า (hot plate) เป็นตัวให้ความร้อนผ่านถังสแตนเลสบรรจุน้ำมันซึ่งเป็นตัวกลางให้ความร้อนแก่บีคเกอร์ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะให้ความร้อนและช่วยควบคุมอุณหภูมิของสารละลายในบีคเกอร์ให้คงที่และสม่ำเสมอทั่วทั้งบีคเกอร์

4.1.2 อุปกรณ์สำหรับการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (electroplating)

ภาพรวมของชุดอุปกรณ์การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 4.4





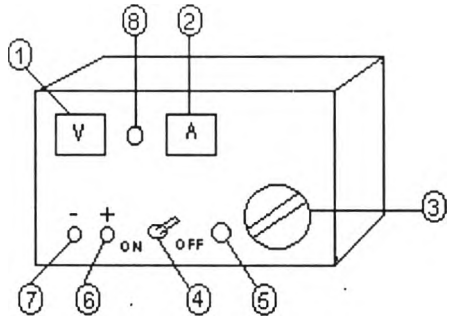
1. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (rectifier)
2. แอมมิเตอร์ (ampmeter)
3. ปั๊มลมขนาดเล็ก
4. ท่อลมพลาสติกทนกรด
5. ถังชุบพลาสติกทำจากพอลิโพรพิลีน
6. ราวทองแดง (busbar) แขวนตัวล่อและชิ้นงานพลาสติก
7. ตัวล่อทองแดง
8. ชิ้นงานพลาสติกที่จะทำการชุบเคลือบผิว
9. น้ำยาชุบเคลือบผิวทองแดงกรด

รูปที่ 4.4 ชุดอุปกรณ์สำหรับการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า

อุปกรณ์สำหรับการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า [4,7,19]

1. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (rectifier)

ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าสลับที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำ ขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามักจะกำหนดเป็นจำนวนกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เครื่องจ่ายออกมาได้ การเลือกขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าต้องคำนึงถึงลักษณะและขนาดของชิ้นงาน หากเลือกไม่เหมาะสม เช่น มีขนาดใหญ่เกินไปทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมปริมาณทางไฟฟ้าได้ละเอียด หากเลือกใช้ขนาดที่เล็กเกินไปจะทำให้ผลการชุบไม่ดีเท่าที่ควร เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 25 แอมแปร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ (ยี่ห้อ HIMINI RECTIFIER รุ่น SC-25H จากห้างหุ้นส่วนจำกัด THAI PATANA ELECTRIC) แสดงดังรูปที่ 4.5



1 = โวลท์มิเตอร์สเกล

2 = แอมป์มิเตอร์สเกล

3 = ปุ่มปรับโวลท์ (แรงเคลื่อนไฟฟ้า)

4 = สวิทช์ ปิด-เปิด

5 = ฟิวส์

6 = ขั้วบวก (+) กระแสไฟฟ้าตรง (D.C.)

7 = ขั้วลบ (-) กระแสไฟฟ้าตรง (D.C.)

8 = หลอดไฟสีแดงแสดงเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าทำงานแล้ว

รูปที่ 4.5 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (rectifier) [19]

วิธีใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

ก. ตรวจดูสวิทช์ปิด-เปิดที่ปุ่มหมายเลข (4) ว่าสวิทช์ดังกล่าวอยู่ในตำแหน่งปิด (OFF) หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ในตำแหน่งปิดให้กดสวิทช์มาที่ตำแหน่งปิดเสียก่อน จากนั้นจึงทำการปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปุ่มปรับโวลท์หมายเลข (3) ให้มาอยู่ตำแหน่งต่ำสุด

ข. ต่อสายไฟจากตัวล่อ (เส้นสีแดง) เข้าที่ขั้วบวก (+) ของไฟฟ้ากระแสตรง (D.C) ที่ปุ่มหมายเลข (6) และต่อสายไฟจากชิ้นงานพลาสติก (เส้นสีดำ) เข้าที่ขั้วลบ (-) ของไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) ที่ปุ่มหมายเลข (7)

ค. ต่อปลายที่เหลืออีกด้านหนึ่งของสายไฟเส้นสีแดงและสายไฟเส้นสีดำเข้ากับราวที่แขวน (busbar) ตัวล่อและราวที่แขวนชิ้นงานพลาสติกตามลำดับ

ง. เสียบปลั๊กหรือเต้าเสียบเข้ากับช่องเสียบปลั๊กหรือเต้ารับของไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์

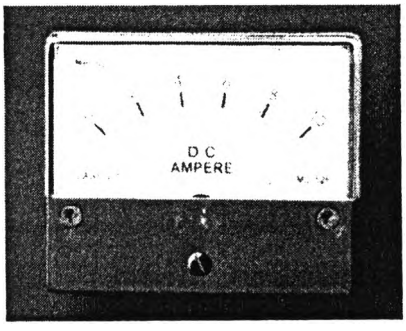
จ. กดสวิทซ์ปิด-เปิดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ปุ่มหมายเลข (4) ไปที่ตำแหน่งเปิด (ON)

ฉ. การทดลองของงานวิจัยนี้จะควบคุมความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าแทนการใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า เพราะจะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่า [19] การคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในการชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ต้องการแสดงไว้ในภาคผนวก ข ดังนั้นขณะทำการชุบไม่ต้องสนใจว่าจะปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากี่โวลท์ แต่ให้หมุนปุ่มปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปุ่มหมายเลข (3) ไปจนกระทั่งเข็มแอมแปร์เพิ่มถึงค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณจึงหยุดหมุน

ช. ภายหลังการใช้งานควรปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปุ่มปรับโวลท์ให้มาอยู่ตำแหน่งต่ำสุดก่อนแล้วจึงปิดสวิทช์ (OFF) ที่สวิทช์ปิดเปิดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

2. แอมมิเตอร์

เนื่องด้วยแอมมิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามีความละเอียดในการแสดงข้อมูลต่ำ (มีสเกลในช่วง 0-25 A และมีความละเอียดของสเกล 0.5 A) จึงได้นำแอมมิเตอร์ยี่ห้อ PANEL METER รุ่น MU-52E ซึ่งมีความละเอียดในการแสดงข้อมูลสูง (สเกลอยู่ในช่วง 0-10 A และมีความละเอียดของสเกล 0.2 A) ดังรูปที่ 4.6 ต่ออนุกรมกับทางเดินของกระแสไฟฟ้า เพื่อจะได้สามารถอ่านค่าการปรับกระแสไฟฟ้าได้แม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 4.6 แอมมิเตอร์ (ampmeter)

3. ปั๊มลมขนาดเล็ก

ซึ่งงานวิจัยนี้นำเครื่องปั๊มอากาศในตู้ปลามาใช้สำหรับกวนน้ำยาเพื่อให้น้ำยาชุบในถังผสมเข้ากันได้ดี และมีองค์ประกอบของน้ำยาผสมเข้ากันทุก ๆ ส่วนในถัง เพื่อช่วยให้กำลังการเคลือบผิวที่ดีเมื่อใช้ความหนากระแสแน่นไฟฟ้าที่สูง

4. ท่อลมพลาสติกทนกรดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 มิลลิเมตร

5. ถังชุบ

คือถังที่บรรจุน้ำยาสำหรับทำการชุบเคลือบผิวพลาสติกทั้งใช้กระแสไฟฟ้าและไม่ใช้กระแสไฟฟ้า ถังชุบถูกออกแบบให้มีลักษณะสี่เหลี่ยม จะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ขึ้นกับจำนวนและลักษณะชิ้นงาน วัสดุที่จะนำมาทำเป็นถังชุบจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับน้ำยาที่บรรจุอยู่ ใช้งานได้ที่อุณหภูมิการชุบเคลือบผิวที่ศึกษา สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ใช้ถังชุบซึ่งทำจากพอลิโพรพิลีนขนาดกว้าง 17.5 ซม. ยาว 20 ซม. สูง 12.5 ซม.

6. ราว (busbar) สำหรับแขวนตัวล่อและชิ้นงานพลาสติก

ซึ่งเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังถังชุบ ราวที่ใช้อาจทำจากสแตนเลส ทองแดง และทองเหลือง โดยงานวิจัยนี้ใช้ราวทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว (4 หุน)

7. ตัวล่อ (ทองแดง)

เป็นทองแดงบริสุทธิ์ประมาณ 99 % สำหรับผลิตเป็นลวดทองแดงในสายไฟ หนา 6.5 มม. (0.25 นิ้ว หรือ 2 หุน) กว้าง 3.8 ซม. ยาว 13.75 ซม.

8. สายไฟสำหรับต่อจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

9. นาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO ความละเอียด 00.00.00 วินาที

10. วาล์วปรับลม

11. ลวดทองแดงสำหรับพันรอบชิ้นงานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 มม.

12. ที่แขวนชิ้นงาน (ทำจากแก้ว) สั่งทำที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

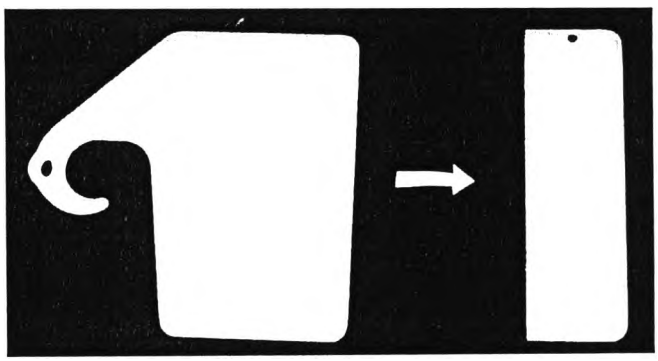
4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

1. ชิ้นงานพลาสติกเอบีเอสขึ้นรูปโดยวิธีฉีดขึ้นรูป (Injection moulding) ด้วยเครื่องจักรขนาด 40 ตัน ยี่ห้อ BATTENFELD รุ่น BA250/50CDC จากประเทศออสเตรเลีย (โดยได้รับความอนุเคราะห์การฉีดขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติกจากสถาบัน RDiPT) ด้วยเม็ดพลาสติกเอบีเอสเกรด MH1 จากบริษัท THAI ABS จำกัด lot 0011031 (คุณสมบัติของเม็ดพลาสติกเอบีเอสที่ใช้แสดงในภาคผนวก ซ) ซึ่งปราศจากสี สำหรับสภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปคือ.

อุณหภูมิการหลอม	230	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิแม่แบบ	30	องศาเซลเซียส
ความดันในการฉีด	85	กก.ต่อตร.ซม.
ระยะเวลาในการป้อนเข้าแม่แบบ	4	วินาที

ชิ้นงานพลาสติกเอบีเอสที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Injection moulding นี้ถูกนำมาตัดให้มีขนาดกว้าง 3 ซม.ยาว 9.9 ซม. (เพื่อให้เหมาะสมต่อการทดสอบ peel test ตามมาตรฐาน JIS) จากนั้นจึงนำชิ้นงานที่มีขนาดเหมาะสมมาเจาะรูสำหรับแขวนชิ้นงานกับที่จับชิ้นงาน (jig) ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การเตรียมชิ้นงานพลาสติกเอบีเอส

4.2.2 วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำยาแต่ละขั้นตอน สูตรและสภาวะที่ใช้ของน้ำยาแต่ละชนิดแสดงไว้ในภาคผนวก ก ยกเว้นน้ำยากัดผิวจะแสดงสูตรและสภาวะที่ใช้ในข้อที่ 4

2. นำชิ้นงานพลาสติกที่เตรียมไว้แขวนกับที่แขวนชิ้นงาน (jig) ดังรูปที่ 4.3 จำนวน 5 ชิ้นงานต่อการทดลองหนึ่งสภาวะ

3. จากนั้นจึงนำชิ้นงานพลาสติกทั้งหมดจุ่มในน้ำยาทำความสะอาดผิว โดยใช้สภาวะตามที่กำหนดไว้ในสูตรน้ำยาแล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่น 3 นาที

4. จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการกัดผิว น้ำยากัดผิวได้ถูกเตรียมไว้ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิคต่าง ๆ กันและสภาวะที่ศึกษาแตกต่างกันไปตามที่กำหนด

องค์ประกอบ

ช่วงความเข้มข้นของกรดโครมิคที่ศึกษาตั้งแต่ 200 - 600 กรัมต่อลิตร

ช่วงความเข้มข้นของกรดซัลฟูริคที่ศึกษาตั้งแต่ 200 - 600 กรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นโดยรวมของกรดทั้งสองคือ 800 กรัมต่อลิตร

สภาวะการทำงาน

ช่วงของอุณหภูมิที่ศึกษาอยู่ระหว่าง 55 – 75 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาที่ศึกษาอยู่ระหว่าง 3 – 12 นาที

สภาวะการกัดผิวชิ้นงานพลาสติกเอบีเอสที่ใช้ในการทดลองสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 หมายเลขแสดงสภาวะการกัดผิวที่ใช้ในการทดลอง 36 สภาวะ

	อุณหภูมิการกัดผิว 55 องศาเซลเซียส				อุณหภูมิการกัดผิว 65 องศาเซลเซียส				อุณหภูมิการกัดผิว 75 องศาเซลเซียส			
	เวลาการกัดผิว (นาที)				เวลาการกัดผิว (นาที)				เวลาการกัดผิว (นาที)			
ความเข้มข้นกรดโครมิค (กรัมต่อลิตร)	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
420	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
600	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36

โดยก่อนการจุ่มในน้ำยากัดผิวจะจุ่มชิ้นงานพลาสติกทั้งหมดลงในน้ำยากัดผิวที่เจือจางก่อนเพื่อลดความเป็นเบสที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการทำความสะอาดผิว เมื่อชิ้นงานพลาสติกผ่านการกัดผิวตามสภาวะที่กำหนดแล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 10 นาที (โดยใช้ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นจำนวน 3 ใบ สำหรับล้างชิ้นงานภายหลังการกัดผิว เพื่อลดปริมาณกรดโครมิคที่คงค้างบนชิ้นงานให้เหลือน้อยที่สุด)

5. ต่อมาจุ่มชิ้นงานพลาสติกที่ผ่านการกัดผิวแล้วในน้ำยา neutralizing เพื่อขจัดกรดโครมิคที่หลงเหลือบนชิ้นงานพลาสติก ซึ่งอาจก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของน้ำยาในขั้นตอนอื่น ๆได้ หากมีกรดโครมิคปะปนลงไป เมื่อชิ้นงานพลาสติกผ่านการ neutralizing แล้วจึงทำการล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 3 นาที

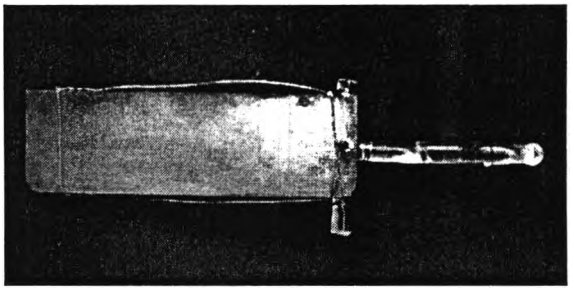
6. นำชิ้นงานพลาสติกหนึ่งชิ้นมาศึกษาถึงลักษณะพื้นผิวที่เกิดขึ้นภายหลังการกัดผิว โดยเป่าให้แห้งด้วยไดร์เป่าผม (ปรับให้ลมเย็น) และเก็บไว้ในถุงซิบพลาสติก

7. จากนั้นนำชิ้นงานพลาสติกที่เหลือจำนวน 4 ชิ้นจุ่มในน้ำยา sensitizing ซึ่งการล้างด้วยน้ำกลั่นหลังจากขั้นตอน sensitizing จะต้องขจัดไอออนของดีบุกที่ตกค้างบนชิ้นงานออกให้มากเพียงพอก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนวางตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากสารละลาย sensitizing เพียงเล็กน้อยสามารถลดประสิทธิภาพสารละลาย activating ในขั้นตอนถัดไปอย่างมาก ในทางกลับกันหากมีการล้างด้วยน้ำกลั่นมากเกินพอ จำนวนสแตนนัสคลอไรด์ที่ถูกดูดซับไว้อาจจะลดลงได้ ทำให้เกิดการวางตัวเร่งได้ไม่ทั่วถึง ในการทดลองได้ทำการล้างชิ้นงานหลังจากขั้นตอน sensitizing ด้วยน้ำกลั่นและเปลี่ยนน้ำกลั่นใหม่ทุกครั้งภายหลังการล้าง

8. หลังจากนั้นจึงจุ่มชิ้นงานพลาสติกในน้ำยา activating แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น จะเกิดการวางตัวของโลหะพัลลาเดียมลงบนผิวพลาสติกแทนที่ดีบุกไอออนบวก ชิ้นงานพลาสติกที่ผ่านขั้นตอนตั้งแต่การทำความสะอาดผิวจนกระทั่งการวางตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วสามารถที่จะทำการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแสได้

9. จุ่มชิ้นงานพลาสติกในน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแส (electroless copper) จะเกิดชั้นฟิล์มทองแดงเคลือบบนผิวพลาสติกทั่วทั้งชิ้นงาน แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่น

10. ชิ้นงานพลาสติกที่มีชั้นฟิล์มทองแดงเคลือบอยู่เพียงชั้นบาง ๆ (จากการชุบเคลือบผิวแบบไร้กระแส) การนำไฟฟ้าอาจยังไม่ดีพอ จึงควรจะพันด้วยลวดทองแดงรอบชิ้นงานอย่างหลวม ๆ ดังรูปที่ 4.8 เพื่อช่วยให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าได้ทั่วทั้งชิ้นงานเมื่อทำการชุบเคลือบผิวด้วยกระแสไฟฟ้า

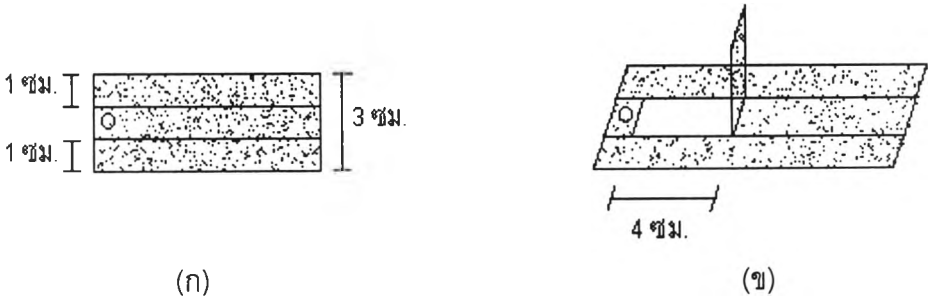


รูปที่ 4.8 การพันลวดทองแดงรอบชิ้นงานพลาสติกที่ผ่านการชุบเคลือบผิวแบบไร้กระแส

11. แขวนชิ้นงานพลาสติก (ที่ผ่านการชุบเคลือบผิวแบบไร้กระแส) ที่พันด้วยลวดทองแดงแล้วกับราวโลหะในถังชุบ แล้วจึงปรับกระแสไฟฟ้าให้ได้ค่าตามที่ได้คำนวณไว้ในภาคผนวก ข และทำการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าเป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

12. เพื่อกำจัดสารละลายที่อาจค้างอยู่ระหว่างผิวสัมผัสทั้งชั้นฟิล์มโลหะและชั้นพลาสติก ซึ่งจะลดกำลังความติดแน่นระหว่างผิวสัมผัสทั้งสอง ดังนั้นก่อนทำการทดสอบหากำลังความติดแน่น จึงนำชิ้นงานที่ผ่านการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงโดยใช้ไฟฟ้าแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (หรือตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา 48 ชั่วโมง)

13. จากนั้นจึงเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบกำลังความติดแน่น โดยกรีดชิ้นงานพลาสติกที่ชุบเคลือบทองแดงด้วยไฟฟ้าผ่านชั้นเคลือบทองแดงจนถึงเนื้อพลาสติกตามยาวตลอดทั้งชิ้นงานโดยเว้นระยะห่างจากขอบทั้ง 2 ข้าง 1 เซนติเมตร ซึ่งจะได้แถบโลหะที่ถูกกรีดมีความกว้าง 1 เซนติเมตร และมีความยาวตลอดทั้งชิ้นงานดังรูปที่ 4.9ก จากนั้นจึงใช้คัตเตอร์เซาะขอบโลหะและลอกแถบโลหะจากพลาสติกเป็นระยะทาง 4 เซนติเมตรจากขอบด้านบน ดังรูปที่ 4.9ข (ด้านที่ถูกแขวนกับที่แขวนชิ้นงาน) เพื่อให้หัวจับของเครื่องทดสอบสามารถยึดจับได้ ทำลักษณะเช่นนี้ทุก ๆ ชิ้นงานที่จะทำการทดสอบกำลังความติดแน่น



(ก) (ข)

รูปที่ 4.9 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบกำลังความติดแน่น

14. ทำการทดสอบความติดแน่นด้วยวิธี peel test ตามมาตรฐาน JIS (ดูรายละเอียดภาคผนวก ช) โดยได้รับความอนุเคราะห์การใช้เครื่อง universal tensile testing machine ยี่ห้อ Instron รุ่น 4502 ที่ MTEC ซึ่งใช้ load cell ขนาด 100 นิวตัน

15. ลักษณะข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสามารถแสดงได้เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางแถบโลหะที่ถูกลอกกับกำลังที่ใช้ในการลอกแถบโลหะ (ดังแสดงรูปที่ ค.2-ค.36 ในภาคผนวก ค) และเลือกใช้ค่าที่อยู่ในช่วง 15 – 35 มิลลิเมตร จากในกราฟเท่านั้น (ซึ่งเป็นระยะทางทั้งหมด 20 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน JIS มาคำนวณค่ากำลังความติดแน่นของชั้นเคลือบทองแดงบนชิ้นงาน)

16. เตรียมชิ้นงานพลาสติก (ที่นำออกมาจากขั้นตอนที่ 6) เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิวโดยใช้เครื่อง SEM (scanning electron microscope) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM 5800LV ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการล้างชิ้นงานอาจมีอิทธิพลต่อค่าที่วัดได้ ดังนั้นเพื่อลดผลที่อาจเกิดขึ้นจากการล้างผิวนี้จึงควรที่จะควบคุมระยะเวลาในการล้างผิวหลังจากการชุบในแต่ละขั้นให้ใกล้เคียงกับที่ได้กำหนดไว้มากที่สุด แผนภาพโดยรวมของแต่ละขั้นตอนการชุบเคลือบผิวโลหะบนพลาสติกเอบีเอสสรุปได้ดังรูปที่ 4.10

ขั้นตอน	สภาวะการทำงาน
cleaning	40 องศาเซลเซียส 3 นาที
	ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 นาที
etching	สภาวะที่ใช้ดังตารางที่ 4.1
	ล้างด้วยน้ำกลั่น 10 นาที
neutralizing	อุณหภูมิห้อง 1.5 นาที
	ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 นาที
sensitizing	อุณหภูมิห้อง 2.5 นาที
	ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 นาที
activating	อุณหภูมิห้อง 1.5 นาที
	ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 นาที
electroless copper	อุณหภูมิห้อง 20 นาที
	ล้างด้วยน้ำกลั่น 10 นาที
electroplating	อุณหภูมิห้อง 60 นาที
	กระแสไฟฟ้า 6 แอมแปร์
	(ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า
	6 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร)
	ล้างด้วยน้ำกลั่น

รูปที่ 4.10 แผนภาพการชุบเคลือบผิวโลหะลงบนพลาสติกเอบีเอส