บทที่ 4

การทดสอบการชุบนิกเกิลแบบแต้มด้วยไฟฟ้า

4.0 บทนำ

จากเนื้อหาในบทที่ 2 ที่กล่าวถึงทฤษฎีการชุบนิกเกิลด้วยไฟฟ้าและการประยุกต์การชุบนิกเกิลแบบถังชุบ (Electro Plating) มาเป็นการชุบนิกเกิลแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (Selective Plating) นั้น ผนวกกับเนื้อหาในบทที่ 3 ที่กล่าวถึง การจัดทำเครื่องชุบนิกเกิลแบบแต้มด้วยไฟฟ้า ทำให้สามารถทราบได้ว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญต่อคุณภาพของงานชุบนิกเกิลนั้นมีอะไรบ้าง และสามารถควบคุมได้อย่างไรดังนั้นในบทที่ 4 นี้จะกล่าวถึงการทดสอบการชุบนิกเกิลแบบแต้มด้วยไฟฟ้าภายใต้การควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของงานชุบนิกเกิลการทดสอบการชุบนิกเกิลแบบแต้มด้วยไฟฟ้าในบทที่ 4 นี้จะเป็นการมุ่งเน้นไปที่การทดสอบ เพื่อยืนยันว่าเครื่องชุบนิกเกิลแบบแต้มด้วยไฟฟ้าที่ได้จัดทำขึ้นมานั้น สามารถทำการชุบชิ้นงานเหล็กกล้าละมุนด้วยนิกเกิลแล้วได้คุณภาพงานชุบตาม "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการชุบเคลือบด้วยโลหะโดยกรรมวิธีทางไฟฟ้า : นิกเกิล, มอก. ๕๔๔-๒๕๓๘, กระทรวงอุตสาหกรรม" ซึ่งรายละเอียดของการทดสอบมีดังต่อไปนี้

4.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์

เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทดสอบการชุบนิกเกิลแบบแต้มด้วยไฟฟ้านี้ประกอบไปด้วย

4.1.1 ชุดอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้า (DC Power Pack)

4.1.2 สายไฟขั้วลบ (Flexible Cathodic Cable)

4.1.3 สายไฟขั้วบวก (Flexible Auodic Cable)

4.1.4 ด้ามถือ (Stylus)

4.1.5 กราไฟท์ (Graphite)

4.1.6 ผ้าก๊อซ

4.1.7 ชิ้นงาน (Work Piece)

4.1.8 น้ำยาชุบทองแดงด่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.9 น้ำยาชุบนิกเกิลเงา

4.1.10 กระดาษทราย

4.1.11 แอลกอฮอล์

4.1.12 สำลี

4.1.13 นาฬิกา

4.1.14 ตาชั่งละเอียด

4.2 <u>การเตรียมชิ้นงาน</u>

ชิ้นงานที่กำหนดให้ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ คือ เหล็กกล้าละมุนชนิดแผ่น (Mild Steel Sheet) ซึ่งมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร กว้าง 1.5 นิ้ว และยาว 3 นิ้ว ทำการเตรียมชิ้นงานทั้งหมด 50 แผ่น

รูปที่ 4.0 แสดงชิ้นงานทดสอบ

จากนั้นทำการเตรียมผิวชิ้นงานด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อที่จะใช้เป็นผิวงานทดสอบการชุบนิกเกิลแบบแต้มด้วยไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนการเตรียมผิวดังต่อไปนี้

4.2.1 การขัดผิวอย่างหยาบ (Rough Pdishing)

เป็นการขัดผิวขั้นแรกซึ่งวัตถุประสงค์ก็คือ การขัดเอา Scale ที่ตกค้างจากการรีดโลหะออกโดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการขัดผิวก็คือ แปรงลวด (Wine Brush) พื้นผิวที่ต้องการของการขัดอย่างหยาบนี้ก็คือ การขัดเอาผิวเหล็กสีดำออกให้หมด (เปิดผิว)

4.2.2 การขัดละเอียด

เป็นการเตรียมผิวชิ้นงานขั้นต่อจากการขัดหยาบวัตถุประสงค์ของการขัดละเอียดก็คือการขัดเพื่อลบรอยต่าง ๆ ที่กินเข้าไปในผิวชิ้นงานอันเนื่องมาจากการขัดในขั้นตอนของการขัดอย่างหยาบ อุปกรณ์ที่ใช้ก็ได้แก่ ล้อขัดที่เคลือบด้วยผงทรายเบอร์ 280 ขึ้นไป

4.2.3 การขัดเงา (Finishing)

เป็นการขัดในขั้นตอนสุดท้าย วัตถุประสงค์ก็คือ เพื่อลบริ้วรอยที่เกิดจากการขัดละเอียด และเพื่อให้ได้ผิวชิ้นงานที่เรียบ และมันวาวซึ่งเป็นลักษณะพื้นผิวที่เหมาะแก่การชุบด้วยนิกเกิล อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ ล้อผิวหยาบ ร่วมกับยาขัด โดยทำการขัดที่ความเร็วรอบประมาณ 2,900 รอบต่อนาที

4.2.4 สรุปขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน

- จัดหาเหล็กกล้าละมุนชนิดแผ่นความหนาประมาณ 2-3 มม.
- ทำการเตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดกว้าง 1.5 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว
- ทำการขัดผิวอย่างหยาบด้วยแปรงลวด (Wire Brush)
- ตรวจสอบด้วยการเป่าว่าผิวดิบ (สีดำ) ของชิ้นงานหมดหรือไม่
- ทำการปิดผิวอย่างละเอียดด้วยล้อขัดที่เคลือบด้วยผงทราย
- ตรวจสอบผิวชิ้นงานด้วยแว่นขยายขนาด 10 เท่า
- ทำการขัดมันด้วยล้อผ้า + ยาขัด
- ตรวจสอบผิวชิ้นงานด้วยแว่นขยายขนาด 10 เท่า
- ทำการเคลือบผิวชิ้นงานที่ขัดแล้วด้วยขี้ผึ้ง หรือวาสลิน
- เก็บชิ้นงานที่เคลือบด้วยขี้ผึ้งแล้วไว้ในภาชนะบรรจุ

4.3 <u>รูปแบบการทดลอง</u>

รูปแบบการทดลองที่ใช้ต่อไปนี้จะเป็นรูปแบบการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของการแต้มนิกเกิลบนเหล็กกล้าละมุนภายใต้เงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้า และเวลาที่ต่างกัน แล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์พฤติกรรมที่เกิดขึ้น โดยรายละเอียดของการทดลองมีดังต่อไปนี้

4.3.1 ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1. แรงดันไฟฟ้ากำหนดให้ทำการทดลองที่แรงดัน 6, 9 และ 12 โวลท์
2. เวลาที่ใช้ในการแต้มกำหนดให้ใช้ 5, 10 และ 15 นาที
3. น้ำยาชุบทองแดงด่าง กำหนดให้ใช้ขวดเดียวกัน
4. น้ำยาชุบนิกเกิลกำหนดให้ใช้ขวดเดียวกัน

5. การเตรียมผิวให้ดำเนินการตามขั้นตอนในหัวข้อ 4.2
6. ชิ้นงานทุกชิ้นให้แต้มรองพื้นด้วยทองแดงด่างที่แรงดัน 10 โวลท์ เวลา 3 นาที
7. ทำการชุบนิกเกิลตามแรงดันไฟฟ้า และเวลาที่กำหนดในตารางที่ 4.0

4.3.2 ตารางการทดลอง

ตารางที่ 4.0 แสดงรูปแบบการทดลอง

แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	เวลา (นาที)		
	5	10	15
6			
9			
12			

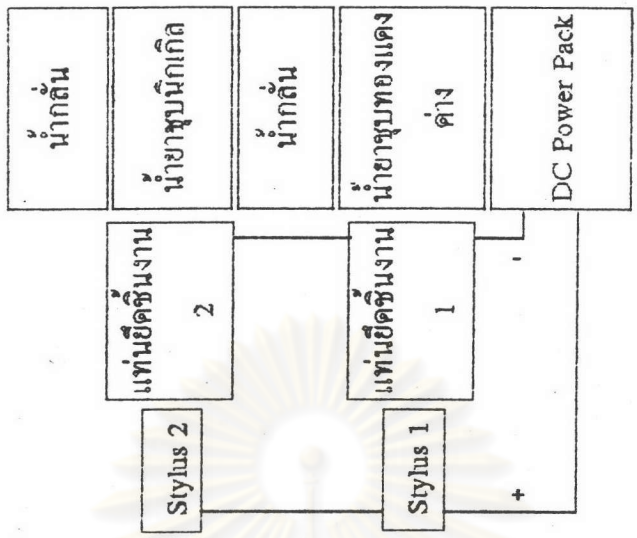
4.4 <u>การดำเนินการทดลอง</u>

จากรายละเอียดของการเตรียมผิวชิ้นงาน, รายการเครื่องมืออุปกรณ์ที่ต้องใช้ และรูปแบบการทดลอง เมื่อเตรียมทุกสิ่งทุกอย่างพร้อมแล้วให้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.4.1 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์การทดลอง

ให้ทำการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ให้เป็นสถานีตามขั้นตอนการแต้มโลหะดังต่อไปนี้

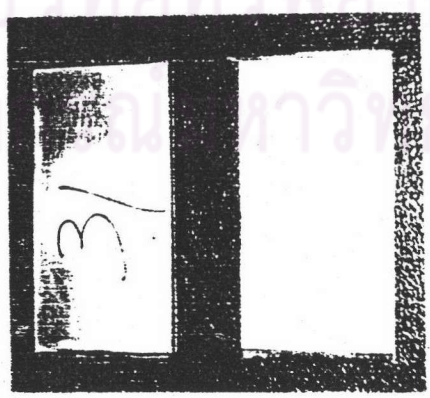
1. ทำความสะอาดผิวชิ้นงาน และทำการปิดพื้นที่ที่ไม่ต้องการแต้ม (MASKING)
2. ทำการแต้มด้วยทองแดงด่าง
3. ล้างในน้ำกลั่น
4. ทำการแต้มด้วยนิกเกิล
5. ล้างด้วยน้ำกลั่น
6. เช็ดให้แห้ง
7. ทำเคลือบผิวด้วยวาสลิน



รูปที่ 4.1 แสดงการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้การทดลอง

4.4.2 การทำความสะอาดผิว

ชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมผิวมาแล้วนั้นต้องเคลือบด้วยวาสลินเพื่อป้องกันสนิม เมื่อจะทำการทดลองให้ล้างคราบไขมันออกจากชิ้นงานให้หมดโดยใช้ทินเนอร์แล้วล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอกจากนั้นเช็ดชิ้นงานให้แห้งแล้วนำไปทำการปิดผิวที่ไม่ต้องการแต้ม(เหลือพื้นที่ที่ต้องการแต้มประมาณ 1" x 1")



รูปที่ 4.2 แสดงการทำความสะอาดผิว และ MASKING

4.4.3 การแต้มด้วยทองแดงด่าง

เมื่อทำความสะอาดผิวชิ้นงาน และ masking เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไป คือทำการแต้มชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้า และเวลาที่กำหนดโดยต้องแต้มรองพื้นด้วยทองแดงด่างก่อนเสมอเพื่อเพิ่มการยึดเกาะโดยกำหนดให้แต้มทองแดงด่างด้วยเวลา 3 นาที ที่แรงดัน 10 โวลท์

รูปที่ 4.3 แสดงการแต้มด้วยทองแดงด่าง

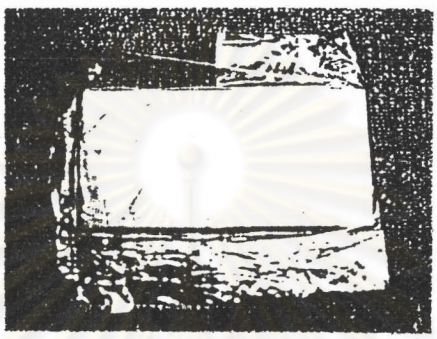
4.4.4 การแต้มด้วยนิกเกิล

ก่อนที่จะแต้มนิกเกิลทับลงไปบนผิวทองแดงด่างนั้น จำเป็นต้องล้างชิ้นงานในน้ำกลั่นก่อนเสมอ เพื่อป้องกันมิให้น้ำยาทองแดงด่างมาทำปฏิกิริยากับน้ำยาแต้มนิกเกิล

รูปที่ 4.4 แสดงการแต้มชิ้นงานด้วยนิกเกิล

4.4.5 การเคลือบผิวด้วยวาสลิน

เมื่อแต้มด้วยนิกเกิลเสร็จแล้วให้ทำการล้างชิ้นงานในน้ำกลั่นแล้วเช็ดให้แห้งจากนั้นเคลือบปิดผิวด้วยวาสลิน



รูปที่ 4.5 แสดงการเคลือบปิดผิวด้วยวาสลิน

4.5 ผลการทดลอง

การทดลองแต้มนิกเกิลด้วยไฟฟ้าภายใต้รูปแบบที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4.0 นั้น ต้องทำการควบคุมในเรื่องของความสะอาดของผิวชิ้นงานก่อนทำการแต้มนั้น จะต้องปราศจากคราบไขมัน เพราะจะทำให้การแต้มโลหะไม่ติดผิวชิ้นงาน และน้ำยาชุบที่จะนำมาใช้ในการแต้มนั้นจะต้องใช้ขวดเดียวกันเท่านั้น กล่าวคือ น้ำยาชุบทองแดงด่าง หรือน้ำยาชุบนิกเกิลจะต้องใช้ขวดเดียวกันแต้มทุกชิ้นงานทดสอบ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบอันเนื่องมาจากส่วนผสมของน้ำยาที่อาจจะแตกต่างกันได้

ก่อนที่จะทำการแต้มด้วยนิกเกิลนั้นกำหนดให้แต้มรองพื้นชิ้นงานทุกชิ้นด้วยทองแดงด่างก่อน เนื่องจากทองแดงด่างมีคุณสมบัติเกาะยึดผิวโลหะได้ดีกว่านิกเกิล โดยกำหนดให้แต้มด้วยทองแดงด่างที่แรงดันไฟฟ้า 10 โวลท์ เป็นเวลา 3 นาที

กำหนดการทดลองแต้มชิ้นงานแต่ละชิ้นให้เป็นไปอย่างสุ่ม โดยใช้ตารางเลขสุ่มในการกำหนดลำดับการทดลองเหตุที่ต้องทำการทดลองอย่างสุ่มนั้น เนื่องจากต้องการขจัดตัวแปรอื่นใดที่มิใช่ตัวแปรที่สนใจจะศึกษาออกไปจากการทดลองตัวแปรอื่น ๆ ในที่นี้หมายถึงอุณหภูมิ, ความชื้น ความร้อนสะสมของ DC Power Pack. ฯลฯ

ผลของการทดลองได้บันทึกไว้ในตารางที่ 4.1

ลำดับการสุ่ม	หมายเลขชิ้นงาน	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	เวลา (นาที)	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)					ความหนานิกเกิล (μm)	ความหนาเฉลี่ย	ค่า SD.
				ก่อนแต้ม	แต้มชั้น1	นน.ทองแดง	แต้มชั้น2	นน.นิกเกิล			
27	n1	6	5	45.62	45.79	0.17	45.82	0.03	5.22		
19	n2	6	5	45.63	45.81	0.18	45.85	0.04	6.97		
35	n3	6	5	45.30	45.51	0.21	45.55	0.04	6.97		
33	n4	6	5	45.70	45.89	0.19	45.93	0.04	6.97		
3	n5	6	5	45.60	45.79	0.19	45.82	0.03	5.22	**6.27**	**0.95**
38	n6	6	10	45.35	45.52	0.17	45.58	0.06	10.45		
28	n7	6	10	45.15	45.37	0.22	45.42	0.05	8.71		
2	n8	6	10	45.80	46.00	0.20	46.04	0.04	6.97		
40	n9	6	10	45.55	45.74	0.19	45.78	0.04	6.97		
32	n10	6	10	45.90	46.08	0.18	46.13	0.05	8.71	**8.36**	**1.46**
15	n11	6	15	45.32	45.54	0.22	45.60	0.06	10.45		
25	n12	6	15	45.28	45.49	0.21	45.56	0.07	12.19		
6	n13	6	15	45.84	46.04	0.20	46.10	0.06	10.45		
31	n14	6	15	45.43	45.60	0.17	45.66	0.06	10.45		
29	n15	6	15	45.22	45.40	0.18	45.45	0.05	8.71	**10.45**	**1.23**

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลำดับการสุ่ม	หมายเลขชิ้นงาน	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	เวลา (นาที)	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)					ความหนานิกเกิล (µm)	ความหนาเฉลี่ย	ค่า SD.
				ก่อนแต้ม	แต้มชั้น1	นน.ทองแดง	แต้มชั้น2	นน.นิกเกิล			
11	n16	9	5	45.44	45.60	0.16	45.66	0.06	10.45		
13	n17	9	5	45.72	45.91	0.19	45.98	0.07	12.19		
44	n18	9	5	45.11	45.32	0.21	45.39	0.07	12.19		
21	n19	9	5	45.61	45.79	0.18	45.86	0.07	12.19		
43	n20	9	5	45.84	46.06	0.22	46.13	0.07	12.19	**11.84**	**0.78**
22	n21	9	10	45.63	45.81	0.18	45.90	0.09	15.67		
14	n22	9	10	45.57	45.76	0.19	45.83	0.07	12.19		
4	n23	9	10	45.39	45.59	0.20	45.67	0.08	13.93		
39	n24	9	10	45.29	45.48	0.19	45.55	0.07	12.19		
26	n25	9	10	45.65	45.82	0.17	45.90	0.08	13.93	**13.58**	**1.46**
9	n26	9	15	45.45	45.65	0.20	45.74	0.09	15.67		
16	n27	9	15	45.33	45.54	0.21	45.63	0.09	15.67		
36	n28	9	15	45.13	45.31	0.18	45.40	0.09	15.67		
8	n29	9	15	45.26	45.46	0.20	45.56	0.10	17.42		
18	n30	9	15	45.15	45.37	0.22	45.45	0.08	13.93	**15.67**	**1.23**

ลำดับการสุ่ม	หมายเลขชิ้นงาน	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	เวลา (นาที)	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)					ความหนานิกเกิล (µm)	ความหนาเฉลี่ย	ค่า SD.
				ก่อนแต้ม	แต้มชั้น1	นน.ทองแดง	แต้มชั้น2	นน.นิกเกิล			
20	n31	12	5	45.26	45.42	0.16	45.54	0.12	20.90		
7	n32	12	5	45.95	46.12	0.17	46.23	0.11	19.16		
24	n33	12	5	45.38	45.57	0.19	45.68	0.11	19.16		
45	n34	12	5	45.05	45.26	0.21	45.38	0.12	20.90		
41	n35	12	5	45.71	45.91	0.20	46.04	0.13	22.64	**20.55**	**1.46**
37	n36	12	10	45.74	45.93	0.19	46.06	0.13	22.64		
42	n37	12	10	45.98	46.16	0.18	46.29	0.13	22.64		
23	n38	12	10	45.58	45.75	0.17	45.87	0.12	20.90		
10	n39	12	10	45.91	46.09	0.18	46.23	0.14	24.38		
1	n40	12	10	45.37	45.59	0.22	45.72	0.13	22.64	**22.64**	**1.23**
5	n41	12	15	45.77	45.97	0.20	46.12	0.15	26.12		
17	n42	12	15	45.53	45.75	0.22	45.89	0.14	24.38		
12	n43	12	15	45.50	45.71	0.21	45.86	0.15	26.12		
34	n44	12	15	45.08	45.26	0.18	45.40	0.14	24.38		
30	n45	12	15	45.64	45.87	0.23	46.00	0.13	22.64	**24.73**	**1.46**

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าได้ทำการบันทึกค่าผลการทดลองด้วยน้ำหนักก่อน และหลังการแต้ม เหตุที่ต้องใช้การชั่งน้ำหนักแทนการวัดค่าความหนา เนื่องจากความหนาของการแต้มนี้มีค่าน้อยมาก คือ โมโดรเมตร (1×10^{-6} เมตร ; μm) ซึ่งหากจะทำการวัดแล้วต้องใช้เครื่องมือที่มีค่าความละเอียดสูง และอีกเหตุผลหนึ่งที่ไม่ใช้วิธีการวัดเนื่องจากชิ้นงานเป็นเหล็กแผ่น และทำการแต้มชิ้นงานโดยใช้ชุดด้ามถือ (Stylus) ถูไปมาบนผิวชิ้นงาน ดังนั้นความหนาของการแต้มอาจจะมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะส่งผลกระทบถึงค่าความหนาที่วัดได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีชั่งน้ำหนักก่อนการแต้มแล้วบันทึกค่าไว้ หลังจากทำการแต้มแล้วก็ชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่าไว้ จากนั้นทำการคำนวณหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น แล้วเอาค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนี้ไปคำนวณเปลี่ยนเป็นความหนาต่อไป ดังตัวอย่างต่อไปนี้

น้ำหนักชิ้นงานก่อนแต้ม 45.62 กรัม

น้ำหนักชิ้นงานหลังแต้มด้วยทองแดงด่าง 45.79 กรัม

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 0.17 กรัม

จาก $m = \rho v.$

$\rho_{Cu} = 8.93$ g/cm^3

$v =$ กว้าง x ยาว x หนา

$= 2.54 \times 2.54 \times X$ cm^3

$0.17 = 8.93 \times 2.54 \times 2.54 \times X$

$X = (0.17)/(8.93 \times 2.54 \times 2.54)$

$= 2.95 \times 10^{-3}$ cm

$= 2.95 \times 10^{-5}$ m

$= 0.3$ μm

น้ำหนักชิ้นงานหลังจากแต้มด้วยทองแดง 45.79 กรัม

น้ำหนักชิ้นงานหลังจากแต้มด้วยนิกเกิล 45.82 กรัม

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 0.03 กรัม

จาก $m = \rho v.$

$\rho_{Ni} = 8.90$ g/cm^3

$0.03 = 8.90 \times 2.54 \times 2.54 \times X$

$X = (0.03)/(8.90 \times 2.54 \times 2.54)$

$= 5.22 \times 10^{-4}$ cm

$= 5.22 \times 10^{-6}$ cm

$= 5.22$ μm

หลังจากที่คำนวณความหนาออกมาได้แล้ว ให้ทำการคำนวณค่าความหนาเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละการทดลองออกมาเช่นที่การทดลองที่แรงดัน 6 โวลท์ เวลา 5 นาที จะได้ค่าความหนาเฉลี่ย 6.27 μm และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.95 เป็นต้น

4.6 <u>การทดสอบชิ้นงานหลังการแต้ม</u>

หลังจากทำการแต้มชิ้นงานด้วยนิกเกิลแล้วต้องทำการทดสอบคุณภาพการแต้มที่ระบุใน มอก. ๕๔๔-๒๕๒๘ ในหัวข้อง 2.1.3, 2.2.1, 3.1, 3.2, และ 3.3 ดังมีรายละเอียดดังนี้คือ

มอก. ๕๔๔-๒๕๒๘ คือ มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การชุบเคลือบด้วยโลหะโดยกรรมวิธีทางไฟฟ้า : นิกเกิล (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก.)

หัวข้อ 2.1.3 คือ ชั้นคุณภาพ 3 ผิวชุบบาง

หัวข้อ 2.2.1 คือ โลหะพื้นฐานเป็นเหล็ก หรือเหล็กกล้า Fe/Ni 10b

หัวข้อ 3.1 คือ ลักษณะทั่วไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก.)

หัวข้อ 3.2 คือ ความหนาของชิ้นนิกเกิลตามที่ระบุในหัวข้อ 2.2.1 คือ Fe/Ni 10b โดย คือความหนา 10 μm. b คือการชุบขึ้นเงา

หัวข้อ 3.3 คือ ความติดแน่นทำการทดสอบด้วยกรรมวิธี 3 Point Bending

4.6.1 การทดสอบคุณภาพทางด้านลักษณะทั่วไปตาม มอก. ๕๔๔-๒๕๒๘ หัวข้อ 3.1

วิธีทดสอบ ดูด้วยตาเปล่า

ผลการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่าชิ้นงานหลังการแต้มมีผิวการแต้มที่สะอาดปราศจากรอยตำหนิที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น พอง ขุม ความขรุขระ รอยแตกร้าว

สรุป คุณภาพการแต้มผ่านตามที่ระบุใน มอก. ๕๔๔-๒๕๒๘ หัวข้อ 3.1

4.6.2 การทดสอบคุณภาพทางด้านความหนาของผิวชุบตาม มอก. ๕๔๔-๒๕๒๘ หัวข้อ 3.2

วิธีทดสอบ ถ่ายภาพ CROSS SECTION ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า ด้วยเครื่อง SCANING MICROSLOPE JSM-T220 A

ผลการทดสอบที่ แรงดัน 6 โวลท์ เวลา 15 นาที ที่ความหนาเฉลี่ยได้ 10.45 μm

ผลการทดสอบที่ แรงดัน 9 โวลท์ เวลา 5 นาที ที่ความหนาเฉลี่ยได้ 11.82 μm

สรุป คุณภาพความหนาผ่านตามที่ระบุใน มอก. ๕๔๔-๒๕๒๘ ในหัวข้อ 3.2 (รายละเอียดเพิ่มเติมดูในภาคผนวก ค.)

4.6.3 การทดสอบคุณภาพทางด้านการยึดแน่นของผิวชุบตาม มอก. ๕๔๔-๒๕๒๘ หัวข้อ 3.3

วิธีทดสอบ การดัดแบบจุดรองรับ 3 จุด (3 POINT BENDING) ด้วยเครื่อง SHIMADZU UNIVERSAL TESTING MACHINE (DSS-10T)

ผลการทดสอบ ไม่มีรอยร้าวปริแยกของผิวชุบเกิดขึ้นที่ด้านตรงข้ามหัวดัด

สรุป คุณภาพทางด้านการยึดแน่นผ่านตามที่ระบุใน มอก. ๕๔๔-๒๕๒๘ ในหัวข้อ 3.3 (รายละเอียดเพิ่มเติมดูในภาคผนวก ค.)

4.7 สรุป

จากเนื้อหาในบทที่ 4 ที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าเพื่อให้ผลของการทดลองที่ถูกต้อง และผลที่ได้นั้นเกิดจากการกระทำของปัจจัยที่สนใจศึกษา (แรงดัน และเวลา) จริง ๆ นั้นจำเป็นที่จะต้องควบคุมเงื่อนไขของการทดลอง และปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่สนใจศึกษาให้มากระทบการทดลองน้อยที่สุดเช่น กำหนดให้ใช้น้ำยาขวดเดียวกัน เพื่อลดผลกระทบอันเนื่องมาจากส่วนผสมของน้ำยา กำหนดให้มีการทวนซ้ำ 5 ครั้ง ในแต่ละการทดลอง เพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง กำหนดให้ลำดับการทดลองเป็นไปอย่างสุ่ม เพื่อขจัดผลกระทบอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และความร้อนสะสมใน DC Power Pack เป็นต้น ผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ในตารางบันทึกผลนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการสรุป และพล๊อตกร๊าฟแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ออกมา เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้โดยจะกล่าวต่อไปในบทที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย