


รายการอ้างอิง

1. Brace, A.W. and Sheasby, P.G. The technology of anodizing aluminium.
England : Technicopy Ltd., 1968.
2. Brace, A.W. and Sheasby, P.G. The technology of anodizing aluminium.
Teddington : ROBERT DRAPER Ltd., 1968.
3. Henley, V.F. Anodic oxidation of aluminium and its alloys. Great Britain : A.
Wheaton & Ltd., 1982.
4. สังกะสีอุตสาหกรรม, กรม. สนเทศสารเรื่องการอะโนไดซ์อะลูมิเนียม.
กรุงเทพ ฯ : กองบริการอุตสาหกรรม, 2525.
5. Brimi, M.A. and Luck, J.R. Electrofinishing. New York : American Elsevier
Publishin Company Inc., 1965.
6. Murphy, J.A. Surface Preparation and Finisher for Metals. United State of
America : McGraw-Hill Book Company, 1971.
7. Levenspiel. Chemical Reaction Engineering. United States of America : John
Wiley & Sons,Inc., 1972.
8. Fogler, H.S. Elements of chemical reaction engineering. New Jersey : Prentice-
Hall International, 1986.
9. พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2537. รมดำ. (พิมพ์ครั้งที่สาม). กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์
หจก. ป.สัมพันธ์พาณิชย์.
10. พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2537. ชุบทอง. (พิมพ์ครั้งที่หก). กรุงเทพมหานคร : หจก.
มิตรเจริญการพิมพ์.
11. สาโรช พันธุ์แพ และ อภิชาติ ธรรมวิทย์กุล. 2526. การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า.
กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
12. อนันต์ ทองมอญ. ชุบโลหะด้วยไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร : ภาพพิมพ์.
13. PENC. HONG KONG. Aluminium anodizing and colouring. (Technical
Information) 1996.

14. HENKEL. Colouring of aluminium. Bangkok.
15. POTENCER INTERNATIONAL (USA),INC. Electrolytic Colouring of Anodized Aluminium. 1995.
16. THAI METAL. Electrolytic colouring operations in production.
17. RM - Metallchemie (South East Asia). Aluminium Anodizing Process. (MANUAL.CHP).
18. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมชุบผิว. มอก.218-2520.

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

ตาราง ก.1 ผลของภาวะการชุบสีด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์โดยใช้ไฟฟ้าต่อ
คุณภาพสีดำบนชิ้นงานเอกซ์ทรูชันอะลูมิเนียมของชิ้นงาน A (เสาเข็ม วงสวิง : )


การทดลองที่		อุณหภูมิ (°ซ)	เวลาชุบสี (นาที)	ระดับความเข้มของสีดำ
3.1.1/1	3.1.1/2	16	6	3
3.1.2/1	3.1.2/2	16	8	4
3.1.3/1	3.1.3/2	16	10	5
3.1.4/1	3.1.4/2	16	12	5
3.1.5/1	3.1.5/2	16	14	1
3.1.6/1	3.1.6/2	18	6	3
3.1.7/1	3.1.7/2	18	8	4
3.1.8/1	3.1.8/2	18	10	5
3.1.9/1	3.1.9/2	18	12	5
3.1.10/1	3.1.10/2	18	14	1
3.1.11/1	3.1.11/2	20	6	3
3.1.12/1	3.1.12/2	20	8	4
3.1.13/1	3.1.13/2	20	10	5
3.1.14/1	3.1.14/2	20	12	5
3.1.15/1	3.1.15/2	20	14	1
3.1.16/1	3.1.16/2	22	6	3
3.1.17/1	3.1.17/2	22	8	4
3.1.18/1	3.1.18/2	22	10	5
3.1.19/1	3.1.19/2	22	12	2
3.1.20/1	3.1.20/2	22	14	1
3.1.21/1	3.1.21/2	24	6	4
3.1.22/1	3.1.22/2	24	8	5
3.1.23/1	3.1.23/2	24	10	5
3.1.24/1	3.1.24/2	24	12	2
3.1.25/1	3.1.25/2	24	14	1

ตาราง ก.2 ผลของภาวะการชุบสีด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์โดยใช้ไฟฟ้าต่อคุณภาพ
สีดำบนชิ้นงานเอกซ์ทราชั้นอะลูมิเนียมของชิ้นงาน B (กล่องเรียบ : □)


การทดลองที่		อุณหภูมิ (°ซ)	เวลาชุบสี (นาที่)	ระดับความเข้มของสีดำ
3.1.26/1	3.1.26/2	16	6	3
3.1.27/1	3.1.27/2	16	8	4
3.1.28/1	3.1.28/2	16	10	4
3.1.29/1	3.1.29/2	16	12	5
3.1.30/1	3.1.30/2	16	14	3
3.1.31/1	3.1.31/2	18	6	3
3.1.32/1	3.1.32/2	18	8	4
3.1.33/1	3.1.33/2	18	10	5
3.1.34/1	3.1.34/2	18	12	5
3.1.35/1	3.1.35/2	18	14	2
3.1.36/1	3.1.36/2	20	6	3
3.1.37/1	3.1.37/2	20	8	4
3.1.38/1	3.1.38/2	20	10	4
3.1.39/1	3.1.39/2	20	12	5
3.1.40/1	3.1.40/2	20	14	2
3.1.41/1	3.1.41/2	22	6	3
3.1.42/1	3.1.42/2	22	8	3
3.1.43/1	3.1.43/2	22	10	4
3.1.44/1	3.1.44/2	22	12	5
3.1.45/1	3.1.45/2	22	14	1
3.1.46/1	3.1.46/2	24	6	3
3.1.47/1	3.1./2	24	8	5
3.1.48/1	3.1./2	24	10	5
3.1.49/1	3.1./2	24	12	2
3.1.50/1	3.1.50/2	24	14	1

ตาราง ก.3 ผลของภาวะการชุบสีด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์โดยใช้ไฟฟ้าต่อคุณภาพ
สีดำบนชิ้นงานเอกซ์ทอร์ชั้่นอะลูมิเนียมของชิ้นงาน C (เสาฤดูแจ : □□)


การทดลองที่		อุณหภูมิ (°ซ)	เวลาชุบสี (นาท)	ระดับความเข้มของสีดำ
3.1.26/1	3.1.26/2	16	6	3
3.1.27/1	3.1.27/2	16	8	3
3.1.28/1	3.1.28/2	16	10	4
3.1.29/1	3.1.29/2	16	12	5
3.1.30/1	3.1.30/2	16	14	2
3.1.31/1	3.1.31/2	18	6	3
3.1.32/1	3.1.32/2	18	8	4
3.1.33/1	3.1.33/2	18	10	5
3.1.34/1	3.1.34/2	18	12	5
3.1.35/1	3.1.35/2	18	14	2
3.1.36/1	3.1.36/2	20	6	3
3.1.37/1	3.1.37/2	20	8	4
3.1.38/1	3.1.38/2	20	10	5
3.1.39/1	3.1.39/2	20	12	5
3.1.40/1	3.1.40/2	20	14	1
3.1.41/1	3.1.41/2	22	6	4
3.1.42/1	3.1.42/2	22	8	4
3.1.43/1	3.1.43/2	22	10	5
3.1.44/1	3.1.44/2	22	12	5
3.1.45/1	3.1.45/2	22	14	1
3.1.46/1	3.1.46/2	24	6	4
3.1.47/1	3.1.47/2	24	8	5
3.1.48/1	3.1.48/2	24	10	5
3.1.49/1	3.1.49/2	24	12	5
3.1.50/1	3.1.50/2	24	14	1

ตาราง ก.4 ผลของความเข้มข้นของทินต่อคุณภาพสีดำบนชิ้นงานเอกซ์ทรูชัน
อะลูมิเนียมของชิ้นงาน A (เสาข้างสวิง : ) ณ อุณหภูมิ 16 °ซ


การทดลองที่	เวลาชุบสี (นาที)	Sn ²⁺ (g/l)	ระดับความเข้มของสีดำ
3.2.1	10	15.59	5
3.2.2		15.42	5
3.2.3		15.24	5
3.2.4		14.88	5
3.2.5		14.17	4
3.2.6		13.55	4
3.2.7		13.19	4
3.2.8		12.20	3
3.2.9		11.24	3
3.2.10		11.11	3

ตาราง ก.5 ผลของความเข้มข้นของทินต่อคุณภาพสีดำบนชิ้นงานเอกซ์ทรูชัน
อะลูมิเนียมของชิ้นงาน A (เสาข้างสวิง : ) ณ อุณหภูมิ 18 °ซ


การทดลองที่	เวลาชุบสี (นาที)	Sn ²⁺ (g/l)	ระดับความเข้มของสีดำ
3.2.11	10	15.23	5
3.2.12		14.39	5
3.2.13		14.01	5
3.2.14		13.57	4
3.2.15		13.32	4
3.2.16		13.14	4
3.2.17		12.39	3
3.2.18		12.00	3
3.2.19		11.41	3
3.2.20		11.26	3

ตาราง ก.6 ผลของความเข้มข้นของหินต่อคุณภาพสีดำนหินงานเอกซ์ทรูชัน
อะลูมิเนียมของหินงาน A (เสาข้างสวิง : ) ณ อุณหภูมิ 20 °ซ

การทดลองที่	เวลาชุบสี (นาที)	Sn ²⁺ (g/l)	ระดับความเข้มของสีดำ
3.2.21	10	15.03	5
3.2.22		14.35	5
3.2.23		14.10	5
3.2.24		13.23	4
3.2.25		12.05	4
3.2.26		11.40	4
3.2.27		11.00	4
3.2.28		10.45	3
3.2.29		10.27	3
3.2.30		9.14	3

ตาราง ก.7 ผลของความเข้มข้นของหินต่อคุณภาพสีดำนหินงานเอกซ์ทรูชัน
อะลูมิเนียมของหินงาน A (เสาข้างสวิง : ) ณ อุณหภูมิ 22 °ซ

ผลการทดลองที่	เวลาชุบสี (นาที)	Sn ²⁺ (g/l)	ระดับความเข้มของสีดำ
3.2.31	10	15.37	5
3.2.32		15.00	5
3.2.33		14.21	5
3.2.34		13.56	4
3.2.35		13.20	4
3.2.36		11.12	4
3.2.37		10.33	4
3.2.38		10.00	3
3.2.39		9.24	3
3.2.40		8.58	3

ตาราง ก.8 ผลของความเข้มข้นของหินต่อคุณภาพสีดำนหินงานเอกรั้วชั้น
อะลูมิเนียมของหินงาน A (เสาข้างสวิง : ) ณ อุณหภูมิ 24 °ซ

การทดลองที่	เวลาชุบสี (นาที)	Sn ²⁺ (g/l)	ระดับความเข้มของสีดำ
3.2.41	10	16.00	5
3.2.42		15.11	5
3.2.43		14.29	5
3.2.44		13.27	5
3.2.45		12.32	4
3.2.46		11.28	4
3.2.47		10.44	4
3.2.48		9.26	3
3.2.49		8.27	3
3.2.50		7.45	3

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หาปริมาณหินและกรดซัลฟิวริก

การวิเคราะห์หาปริมาณหิน

สารเคมี (Reagent)

1. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl conc.)
2. น้ำแป้ง (Starch Solution as Indicator)
3. สารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.1 N (Iodine Solution, I₂)
4. โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate, NaHCO₃)

วิธีการวิเคราะห์ (Procedure)

1. นำตัวอย่างหินซัลเฟตมา 10 มล. ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มล.
 2. เติมน้ำกลั่น 50 มล. ลงในข้อ 1
 3. เติม HCl (conc.) 15 มล. และ NaHCO₃ 1 ช้อนชา ลงในข้อ 2
 4. เติมน้ำแป้ง 1 - 2 หยดลงในข้อ 3
 5. ไตเตรตด้วยสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.1 N
- จุดยุติ (end point) จากสารละลายไม่มีสี → น้ำเงิน

การคำนวณ (Calculation)

$$\text{จำนวนหิน (กรัม/ลิตร)} = \text{จำนวนสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.1 N ที่ใช้} \\ \times 1.074 \times f$$

หมายเหตุ

1. ควบคุมปริมาณหินที่ 12 - 17 กรัม/ลิตร
2. f = factor = 1

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดซัลฟิวริก (H₂SO₄)

สารเคมี (Reagent)

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 N (NaOH 1 N)

วิธีการวิเคราะห์ (Procedure)

1. ใส่น้ำกลั่นปริมาณ 100 มล. ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 มล.
2. เติมสารละลายตัวอย่าง 50 มล. โดยใช้เกรดคูเอทปิเปต (graduated pipette) ในการดูดสารละลาย
3. คนสารละลายให้เข้ากัน แล้วนำมาไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 N (NaOH 1 N)

การคำนวณ (Calculation)

จำนวนกรดซัลฟิวริก [H₂SO₄] (กรัม/ลิตร) = จำนวนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1N (NaOH 1 N) (มล.) ที่ใช้ x 0.98

หมายเหตุ

ควบคุมปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ 15 - 20 กรัม/ลิตร

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมชุบผิว [18]

บทนิยาม

อะลูมิเนียมชุบผิว (Anodized Aluminium) หมายถึง อะลูมิเนียมที่มีผิวส่วนใหญ่เป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ ผิวนี้เกิดขึ้นโดยกระบวนการทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical Process)

คุณลักษณะที่ต้องการ

ลักษณะและสี

1. ปราศจากตำหนิ

เมื่อชุบผิวอะลูมิเนียมเสร็จแล้ว ผิวใช้งานต้องปราศจากตำหนิที่มองเห็นได้ (เช่น ราน ตามด หรือเป็นผง) และต้องไม่มีรอยต่างต่าง ๆ

2. ลักษณะทั่วไป

สี ความเงา และลักษณะทั่วไป ให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ซื้อ ตามที่กำหนดไว้ในใบสั่ง ถ้าทำได้ให้ส่งสีตัวอย่างพร้อมกับกำหนดขอบเขตความคลาดเคลื่อนของสีที่จะยอมรับด้วย

3. ตำหนิเนื่องจากการทำ

ตำแหน่งและขนาดของตำหนิบนผิวใช้งานอันเนื่องจากการทำผลิตภัณฑ์ซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ ให้เป็นที่ตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับผู้ทำการตรวจสอบ ให้เป็นไปตามวิธีที่กำหนดดังนี้

ก. การตรวจสอบดูตำหนิและรอยต่างบนตัวอย่าง ให้ทำในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ ถ้าจำเป็นอาจใช้แสงไฟช่วยก็ได้ แต่ความเข้มของแสงรวมกันแล้วจะต้องเท่ากับ ความสว่างภายในห้องจากหน้าต่างประมาณ 1 เมตร ห้ามตรวจสอบกลางแสงแดด

ข. อะลูมิเนียมชุบผิวที่ใช้งานภายใน ตรวจสอบโดยให้ผู้ตรวจสอบอยู่ห่างจากตัวอย่างประมาณ 1 เมตร และอะลูมิเนียมชุบผิวที่ใช้งานภายนอก ตรวจสอบโดยให้ผู้ตรวจสอบอยู่ห่างจากตัวอย่างประมาณ 2 เมตร

ภาคผนวก ง

วิธีการทดสอบคุณภาพหลังจากผ่านการซึลด้วยน้ำร้อนตามมาตรฐาน BS 6161 [14]

บทนำ

ความทนทานของผิวอะลูมิเนียมที่ผ่านการอะโนไดซ์ และซึลด้วยน้ำร้อนสามารถทดสอบได้โดยใช้วิธีมาตรฐาน BS 6161 และวิธีอื่น ๆ เช่น ISO 2932 และ ISO 3210 ถ้าทดสอบได้ว่ามีความทนทานสูงแสดงว่าได้ผ่านการซึลที่ดี

น้ำยาเคมีที่ใช้ทดสอบ

1. กรดเบอร์ 1

วิธีเตรียม

นำกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) มาจำนวน 25 มิลลิลิตร และโปตัสเซียมฟลูออไรด์ (KF_2) จำนวน 10 กรัมผสมเข้าด้วยกัน แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. สีข้อมเบอร์ 1

วิธีเตรียม

ใช้สี 10 กรัมของสี SANODAL RED B3LW และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร ปรับความเป็นกรดและด่างให้ได้ที่ 5.7 ± 0.5 ด้วยกรดกำมะถัน (H_2SO_4) หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$)

วิธีทดสอบ

- ล้างผิวชิ้นงานให้สะอาดปราศจากคราบไขมันโดยใช้ผ้าฝ้าย (cotton) ชุบ อะซีโตน (acetone) เช็ดถูไปมาจนสะอาด
- หยดกรดเบอร์ 1 ลงบนผิวชิ้นงาน จับเวลา 1 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่น แล้ว เช็ดให้แห้ง

3. หยดสีเบอร์ 1 ลงบนผิวชิ้นงานที่จุดเดิมกับที่มีการหยดกรด แล้วปล่อยให้ 1 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นก็เอาตัวขัดอย่างอ่อน เช่น แมกนีเซียม (Mg) ขัดถูไปมา แล้วจึงล้างน้ำให้สะอาด เช็ดให้แห้ง

การประเมินผลการทดลอง ให้ดูจากตาราง ง.1

ตาราง ง.1

การอ่านผลการทดสอบแบบหยดสีข้อม
(Interpretation of the results of the dye spot test)

ชิ้นงาน อะลูมิเนียม (Aluminium)	การติดของสีเบอร์ 1 (Sanodal Red B3LW)	ระดับความเข้มของสี (Intensity of the stain)		ผลการสีล
		ระดับ	ความหมาย	
		5	สีข้อมติดเข้มมาก	ไม่มีการสีล
		4	สีข้อมติดเข้ม	สีลได้น้อยมาก
		3	สีข้อมติดเข้มปานกลาง	สีลได้น้อย
		2	สีข้อมติดอ่อน	สีลได้ปานกลาง
		1	สีข้อมติดอ่อนมาก	สีลได้ดี
		0	สีข้อมไม่ติดสี	สีลได้ดีมาก

ภาคผนวก จ

การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง [18]

จ.1 วิธีเกรย์สเกล (Grey Scale)

จ.1.1 ผ้าสีมาตรฐาน

ผ้าสีมาตรฐาน 1 ถึง 8 ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสิ่งทอเล่ม 1 ความคงทนของสีต่อแสง (แสงแดด) มาตรฐานเลขที่ มอก. 121 เล่ม 1-2518 เป็นผ้าที่ย้อมด้วยสีมาตรฐานในระดับสีต่าง ๆ ที่ทราบค่าความคงทนของสีต่อแสง

จ.1.2 แสงที่ใช้ทดสอบ

ถ้าใช้แสงไฟให้วางชั้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐานห่างจากคั่นกำเนิดแสงในระยะเท่ากัน แล้วหมุนชั้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐานไปรอบ ๆ เพื่อให้แสงตกกระทบชั้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐานสม่ำเสมอ ถ้าใช้แสงแดดควรระวังสิ่งสกปรก ฝน น้ำค้าง หรือสิ่งอื่น ๆ อันจะทำให้การทดสอบผิดพลาด ให้ใช้แผ่นกระจกแผ่นเดียวกันปิดชั้นทดสอบและผ้าสีมาตรฐาน

จ.1.3 การปิดด้วยวัตถุทึบแสง

ก่อนทดสอบให้ปิดผิวชั้นทดสอบและผิวผ้าสีมาตรฐานครึ่งหนึ่งด้วยวัตถุทึบแสง เพื่อช่วยให้สะดวกในการตรวจสอบการจางสี

จ.1.4 อุณหภูมิ

เมื่อใช้แสงไฟจะต้องปล่อยให้ผ้าสีมาตรฐานและชั้นตัวอย่างมีอุณหภูมิเกิน 50 องศาเซลเซียสระหว่างทดสอบ

จ.1.5 ระยะเวลาทดสอบ

ผืนผ้าสีมาตรฐาน 1 ถึง 8 และชั้นทดสอบ จนกระทั่งสีของชั้นทดสอบ หรือสีของผ้าสีมาตรฐาน 8 เปลี่ยนไปจนเท่ากับเกรด 3 ของเกรย์สเกล แล้วจึงหยุดทดสอบ

จ.1.6 การจัดระดับความคงทนของสีต่อแสงของชั้นทดสอบ

หลังจากทดสอบแล้วให้นำชิ้นทดสอบมาเปรียบเทียบกับผ้าสีมาตรฐานด้วยตาเปล่าที่กลางแจ้ง ระดับความคงทนของสีต่อแสงของชิ้นทดสอบจะเท่ากับระดับสีของผ้าสีมาตรฐานที่มีสีเปลี่ยนเป็นเกรด 3 ของเกรย์สเกลเหมือนชิ้นทดสอบ ถ้าผ้าสีมาตรฐาน 8 มีสีจางลงจนถึงเกรด 3 ของเกรย์สเกลก่อนชิ้นทดสอบ ให้ชิ้นทดสอบนั้นมีค่าความคงทนของสีต่อแสงระดับ 8

ภาคผนวก ฉ

สรุปค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์และสารเคมีในการทำวิจัย

	รายการ	ราคา/หน่วย		จำนวนที่ใช้		จำนวนเงิน (บาท)
		หน่วย	ราคา(บาท)	จำนวน	หน่วย	
หมวดสารเคมี						
1.	สารเคมีใน Degreasing	:	Degreaser PT-100	kg	55.00	5 kg 275.00
2.	สารเคมีใน Etching	:	Sodium Hydroxide (50% NaOH)	litre	6.20	50 litre 310.00
		:	Additive PT-200	kg	40.00	25 kg 1,000.00
3.	สารเคมีใน Desmutting	:	Nitric Acid (HNO ₃)	litre	11.00	30 litre 330.00
4.	สารเคมีใน Anodizing	:	Sulphuric Acid (H ₂ SO ₄)	litre	2.30	50 litre 115.00
5.	สารเคมีใน Electrolytic Colouring	:	Stannous Sulphate	kg	280.00	30 kg 8,400.00
		:	Stabilizer (Potone TSL)	kg	200.00	20 kg 4,000.00
		:	Sulphuric Acid	litre	2.30	10 litre 23.00
6.	สารเคมีใน Cold Sealing	:	Low Temperature Sealing LTS-100	kg	300.00	10 kg 3,000.00
รวมเงิน						17,453.00
หมวดอุปกรณ์						
1.	ถังซุบ (ถังเหล็ก)	(เหมาะทำใบละ 1,000.00 บาท)		pc	1,000.00	12 pc 12,000.00
2.	ถังพลาสติกใหญ่สีแดง			pc	750.00	2 pc 1,500.00
3.	เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 25 แอมแปร์			set	11,000.00	1 set 11,000.00
4.	ชุดคอมเพรสเซอร์ ขนาดกลาง			set	3,000.00	1 set 3,000.00
5.	ชุดคอมเพรสเซอร์ ขนาดเล็ก			set	2,000.00	1 set 2,000.00
6.	ตัว heater ขนาดพกพา			set	100.00	3 set 300.00
รวมเงิน						29,800.00
หมวดวัสดุ						
	อะลูมิเนียม			kg	100.00	500 kg 50,000.00
หมวดทั่วไป (อื่นๆ) (ประมาณ)						
รวมค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยครั้งนี้						7,747.00
รวมค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยครั้งนี้						105,600.00

ภาคผนวก ช

ข้อมูลทางเทคนิคของน้ำยาชุบทิน (Tin) หรือน้ำยาชุบสแตนนัล ซัลเฟต (Stannous Sulphate) [14, 15]

- ทินอิเล็กโทรไลต์ (Tin Electrolyte)
- สารเพิ่มความเสถียร (Stabilizer) : ที่ใช้ในการวิจัยคือ Potone TSL

Technical Data
Données Techniques
Datos Técnicos

P3 ALMECOLOUR PS

(Metal salt for electrolytic colouring of aluminium by a two - stage procedure)

Composition and prorates

P3 ALMECOLOUR PS is a highly crystalline Tin (II) - Sulphate, nearly free from Tin - (IV) - Sulphate and Sulphuric acid. **P3 ALMECOLOUR PS** does not contain complexing agents and stabilizers.

Fields of application

Due to its composition, **P3 ALMECOLOUR PS** is specially suitable for use in electrolytic colouring processes of anodized aluminium.

Method of application

Electrolytic colouring solution based on Tin are predominately used at a concentration of :

12 - 20 g/l **P3 ALMECOLOUR PS**

16 - 22 g/l Sulphuric acid

P3 ALMECOLOUR PS colouring solution is made up only once, concentrations, however, have to be regularly controlled by titration. In order to reduce Tin - II - oxidation, please make sure that the baths are not agitated with air. In case of

recharging or longer inactivity of colouring bath, the necessary mixing should be done by using a re-circulation pump.

For improving the throwing power as well as stability of electrolyte, **P3 ALMECOLOUR ST 9** should be added to the **P3 ALMECOLOUR PS** solution.

Initial make - up

Fill half the colouring bath with distilled or descaled water.

Per 100 l bath volume you have to add in the following sequence :

- a) 1.13 l Sulphuric acid, conc., pure = 20 g/l H₂SO₄
- b) 2.00 kg. **P3 ALMECOLOUR ST9**
- c) 1.5 kg. **P3 ALMECOLOUR PS**

After these additions, add water until level bath volume is reached.

During make up process, electrolyte has to be agitated (agitation by air should be as short as possible).

During the electrolytic colouring process, formation of Tin - (IV) - compounds are unavoidable. This insoluble sludge can be removed by continuous filtration using acid - proof installations. In most cases it is sufficient to let the colouring bath stand so that sludge can settle, and to decant the clear solution into a second bath. After manual removal of the sludge the colouring solution is re-pumped and recharged to the respective concentrations. This operation should be performed at least twice a year.

Bath control

1. Determination of Tin

Determination of Tin is done by back titration. By adding iodine, the bivalent Tin is oxidized and the Iodine reduced.

As excess Iodine is initially added, the Iodine remaining is back-titrated with Sodium Thiosulphate.

Reagent

Hydrochloric acid conc., pure

Iodine solution 0.1 N

Sodium Thiosulphate 0.1 N

Starch solution as indicator (1%)

Titration

100 ml. Distilled water is added to a conical flask (300 ml volume)

Add 5 ml Hydrochloric acid conc.,

50 ml Iodine solution 0.1 N (pipette)

25 ml bath solution

2 ml starch solution

Titrate with Sodium Thiosulphate (0.1N) until blue colour disappears.

Calculation

(ml Iodine solution 0.1 N - ml consumed Sodium Thiosulphate solution) x 0.48 =

g/l P3 ALMECOLOUR PS

2. Determination of Sulphuric acid

Sulphuric acid is titrated with Sodium Hydroxide.

In order to avoid titration of bivalent Tin, titration should be carried out only up to a pH - value of 2.1

To determine this pH - value exactly, titration is carried out potentiometrically.

Necessary apparatus : pH - meter, scale in 0.1 pH units.

Prior to the analysis, the combination electrode is calibrated with the pH - meter.

For stirring the sample a magnetic stirring apparatus is recommended.

Titration

Add 200 ml distilled water to a 600 ml beaker and add 50 ml of bath using a pipette.

Place beaker on magnetic stirring apparatus, drop in the stirring bar and insert combination electrode into the solution. Please ensure that there is a distance of approx. 25 mm between combination electrode and base of beaker.

Whilst stirring titrate with 1 N NaOH until pH - meter shows a pH - value of 2.1

Calculation

$$\text{ml consumed NaOH} \times 1.15 = \text{g/l H}_2\text{SO}_4$$

POTENCER INTERNATIONAL (USA) , INC.

TECHNICAL BULLETIN

Electrolytic Colouring

- product name : Potone TSL, tin stabilizer

- characteristics : Potone TSL is a stabilizer for the tin based electrolytic colouring process. It is very effective in retarding the oxidation of stannous sulphate, thereby reducing the amount of precipitate formed and the cost for the supply of extra stannous sulphate to the colouring electrolyte solution. Besides, it has the benefit of better throwing power (uniformity), more beautiful appearance achieved, and shorter colouring time required.

- operating conditions :

1. composition of colouring electrolyte :

(A)	NiSO ₄	35	g/l
	SnSO ₄	7	g/l
	Al ₂ (SO ₄) ₃	5	g/l
	Potone TSL	2 ~ 5	% by volume
(B)	SnSO ₄	12 ~ 17	g/l
	H ₂ SO ₄	15 ~ 20	g/l
	Al ₂ (SO ₄) ₃	2 ~ 12	g/l
	Potone TSL	2 ~ 5	% by volume

2. For convenient use, Potone TSL is produced as liquid. After the first preparation of colouring electrolyte solution, Potone TSL is replenished together with stannous sulphate. One kilogram is added for every kilogram of stannous sulphate being added. It is however a better practice to have its content checked before addition.

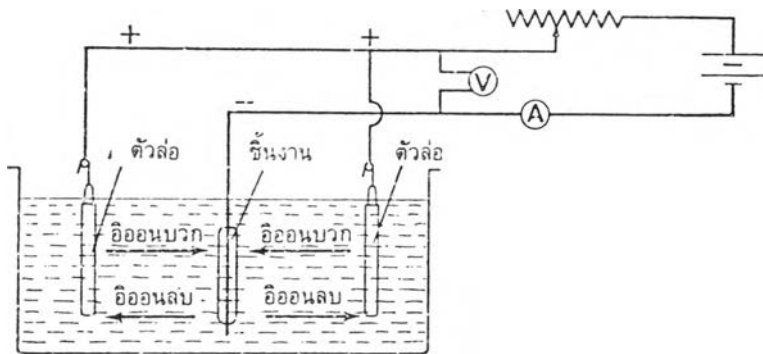
Professionalism,Enthusiasm.Advance

ภาคผนวก ข

หลักการเบื้องต้นของการชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า

ข.1 หลักการ

การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า (Electroplating) หมายถึง การนำเอาชิ้นงานหรือวัสดุที่สามารถนำไฟฟ้าได้มาเคลือบผิวด้วยโลหะ โดยอาศัยไฟฟ้ากระแสตรงเข้าช่วย [11] ซึ่งมีหลักการง่าย ๆ คือ นำชิ้นงานที่จะทำการชุบต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนโลหะที่จะไปเคลือบผิวบนชิ้นงานจะต่อเข้ากับขั้วบวก (แต่ขั้วบวกไม่จำเป็นจะต้องเป็นโลหะชนิดเดียวกันกับโลหะที่ไปเคลือบบนชิ้นงานเสมอไป) ซึ่งเรียกว่าตัวล่อ นำชิ้นงานและตัวล่อจุ่มลงไปในน้ำยาชุบ แล้วปรับปริมาณของไฟฟ้า คือ แรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสม ก็จะทำให้ไอออนบวกของโลหะที่จะเคลือบบนชิ้นงานวิ่งไปยังขั้วลบซึ่งเป็นชิ้นงาน แล้วรับอิเล็กตรอนที่ผิวของชิ้นงาน กลายเป็นโลหะเคลือบติดอยู่บนผิวของชิ้นงาน ส่วนขั้วบวกถ้าเป็นโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่ไปเคลือบที่ผิวของชิ้นงาน ก็จะละลายลงสู่น้ำยาชุบในรูปของไอออนบวก จากหลักการข้างต้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูป ข.1 [11] และเพื่อให้เป็นการง่ายในการเข้าใจความหมายของการชุบผิวโลหะด้วยกระแสไฟฟ้ายิ่งขึ้น อาจกล่าวได้ว่า “การชุบเคลือบผิวด้วยกระแสไฟฟ้า คือ ขบวนการที่ใช้ไฟฟ้าและเคมีทำให้ชิ้นงานที่เป็นโลหะหรือวัสดุอื่นที่เคลือบผิวด้วยวัสดุล่อนำไฟฟ้า มีผิวเคลือบเป็นโลหะอีกชนิดหนึ่งที่ต้องการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ชิ้นงานมีผิวที่สวยงามและคงทนต่อการสึกกร่อนยิ่งขึ้น” [10]



รูปที่ ข.1 หลักการชุบผิวโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างง่าย [11]

พิจารณาจากรูป ข.1 จะเห็นว่า น้ำยาชุบจะต้องนำไฟฟ้าได้จึงจะทำให้ไฟฟ้าไหลได้ครบวงจร ฉะนั้นในน้ำยาชุบจึงมีสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถแตกตัวได้ดีเป็นไอออนบวกและไอออนลบเมื่อละลายน้ำ ซึ่งไอออนเหล่านี้จะเป็นตัวนำไฟฟ้าให้ไหลครบวงจร คือ ไอออนบวกจะนำกระแสไฟฟ้าบวกไปยังขั้วลบหรือเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบเพื่อจะรับอิเล็กตรอนจากขั้วลบนั่นเอง ส่วนไอออนลบจะวิ่งไปยังขั้วบวกเพื่อจ่ายอิเล็กตรอนให้กับขั้วบวก ปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นตลอดเวลาในขณะที่ทำการชุบ ฉะนั้นโดยทั่ว ๆ ไปแล้วน้ำยาชุบผิวโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าจะประกอบด้วยสารเคมีที่สำคัญ ๆ [11] ดังนี้

ก. สารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะ

น้ำยาชุบแต่ละชนิดจะมีตัวกำเนิดโลหะไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับว่าต้องการเคลือบผิวด้วยโลหะชนิดใด เช่น ถ้าต้องการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง ก็จะต้องมีเกลือของโลหะทองแดงเป็นตัวกำเนิดโลหะ คือ คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulphate, CuSO_4) ละลายอยู่ในน้ำยาชุบ หรือถ้าต้องการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลก็ต้องมีนิกเกิล

ซัลเฟต (Nickel Sulphate, NiSO_4) หรือนิกเลคลอไรด์ (Nickel Chloride, NiCl_2) ละลายอยู่ในน้ำยาชุบ สารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะนี้เป็นสารหลักที่สำคัญที่สุดในเรื่องการชุบ เพราะว่าสารเหล่านี้จะแตกตัวเมื่ออยู่ในน้ำยาชุบเป็นไอออนบวกและไอออนลบ เช่น ไอออนบวกคือ Cu^{2+} หรือ Ni^{2+} จะเป็นตัวเคลื่อนที่ไปเคลือบเกาะบนชิ้นงานเป็นโลหะทองแดงหรือนิกเกิลตามลำดับ

ข. สารที่ช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้า

แม้ว่าสารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะจะแตกตัวและนำไฟฟ้าได้ แต่ก็ยังนำไฟฟ้าได้ไม่ดีนัก จะต้องมีส่วนที่ช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าใส่ลงไป ในน้ำยาชุบด้วย สารพวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกกรดแก่หรือด่างแก่ชนิดต่าง ๆ เช่น กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) กรดซัลฟิวริก (Sulphuric acid, H_2SO_4) หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH) เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้ความเร็วของการเกาะเคลือบผิวเกิดได้ดีขึ้น

ค. สารควบคุมระดับความเป็นกรดด่าง (Buffer)

น้ำยาชุบแต่ละชนิดจะอยู่ในสภาพการใช้งานได้ดีจะต้องมีความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามแต่ชนิดของน้ำยาชุบ ฉะนั้นถ้าไม่ต้องการให้ความเป็นกรดด่างของน้ำยาชุบเปลี่ยนแปลงไปมากนักก็ควรจะต้องใส่สารควบคุมระดับความเป็นกรดด่างลงไปด้วย

ซ.2 กฎของฟาราเดย์

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทางแคโทดและแอโนด โลหะจะละลายจากแอโนดหรือมีออกซิเจนเกิดขึ้นที่แอโนด และจะได้โลหะเกาะจับที่แคโทดหรือมีไฮโดรเจนเกิดขึ้นที่แคโทด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลาย และระยะเวลาของการปล่อยให้กระแสผ่าน ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) [11, 12] ได้ตั้งกฎความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสอง ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ และระยะเวลาที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไว้ดังนี้

กฎข้อที่หนึ่ง ปริมาณของสารที่แตกออกหรือเกิดขึ้นเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป ในสารละลายจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณไฟฟ้า

กฎข้อที่สอง ปริมาณไฟฟ้าเท่ากันย่อมทำให้สารแตกออกหรือเกิดขึ้นเป็นจำนวนโมลทางเคมีที่เท่ากันแม้ว่าสารนั้น ๆ จะแตกต่างกันก็ตาม

กฎข้อที่ 1 สามารถนำมาใช้ในการชุบโลหะได้ คือ ถ้าต้องการให้โลหะมาเกาะจับมีความหนาจำนวนหนึ่ง อาจจะทำได้ 2 วิธีคือ ใช้กระแสไฟฟ้าน้อย ๆ แล้วใช้เวลานาน ๆ หรืออาจจะใช้กระแสไฟฟ้ามาก ๆ แต่ใช้เวลาสั้น ๆ ก็จะได้โลหะไปเกาะจับที่แคโทดมีปริมาณเท่ากัน

กฎข้อที่ 2 สามารถถูกทดสอบได้โดยผ่านปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่เท่ากัน (จำนวนคูลอมป์เท่ากัน) ลงไปในสารละลายต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน เช่น ในสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจาง (dilute Sulphuric acid, H_2SO_4) ในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรด (Silver Nitrate, $AgNO_3$) ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulphate, $CuSO_4$) เป็นต้น สมมติว่าผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป 1 แอมแปร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมงลงไปในทั้งสามสารละลายข้างต้น จะพบว่าน้ำหนักของสารที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบเป็น 0.0379 กรัมของก๊าซไฮโดรเจน (H) 4.0248 กรัมของโลหะเงิน (Ag) และ 1.186 กรัมของโลหะทองแดง (Cu) ตามลำดับเมื่อเอาน้ำหนักโมเลกุล (กรัม/โมล) ของสารเหล่านี้คือ ไฮโดรเจนเท่ากับ 1.008 โลหะเงินเท่ากับ 107.88 และโลหะทองแดงเท่ากับ 31.78 ไปหารกับน้ำหนักของสารที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบ ก็จะได้ค่าออกมา 3 ค่าซึ่งเท่ากัน และก็คือจำนวนโมลของสารนั่นเอง

กฎของฟาราเดย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหาปริมาณสารที่ไปเกาะที่ขั้วลบได้ เพราะว่าปริมาณไฟฟ้าที่ทำให้สารไปเกาะที่ขั้วลบจำนวน 1 โมลจะต้องใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 1 ฟาราเดย์ (Faraday, F) ซึ่งเท่ากับ 96,500 คูลอมป์ (แอมแปร์-วินาที/โมล) ความสัมพันธ์นี้ สามารถสร้างเป็นสูตรได้ คือ

$$g = \frac{It(MW)}{96,500} \quad (\text{ซ.1})$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลงไปในสารละลาย (แอมแปร์)
 t = เวลาที่ผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป (วินาที)

$$\begin{aligned} MW &= \text{น้ำหนักโมเลกุลของสารที่เกาะที่ขั้วลบ (กรัม/โมล)} \\ g &= \text{น้ำหนักของสารที่ไปเกาะที่ขั้วลบ (กรัม)} \end{aligned}$$

การคำนวณตามกฎของฟาราเดย์นี้จะถือว่า กระแสไฟฟ้าและขั้วลบมีประสิทธิภาพการทำงานเป็นร้อยละ 100 นั่นคือ ปริมาณกระแสไฟฟ้าทั้งหมดถูกใช้ไปในการเคลือบผิวเพียงอย่างเดียวไม่ได้ถูกใช้ไปเพื่อทำอย่างอื่นเลย แต่ในทางปฏิบัติแล้วประสิทธิภาพมักจะไม่เป็นร้อยละ 100 ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องนำค่าของประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้ามาแก้ไขด้วย เช่น ถ้าคำนวณน้ำหนักสารที่ไปเกาะที่ขั้วลบ (g) ได้ 5 กรัม แต่ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าเป็นร้อยละ 80 แสดงว่าน้ำหนักสารที่ไปเกาะที่ขั้วลบจริง ๆ เป็น $5 \times 80/100$ เท่ากับ 4 กรัม หรือในทำนองเดียวกัน ถ้าอยากทราบถึงประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าก็ต้องคำนวณหาน้ำหนักของสารที่ไปเกาะที่ขั้วลบตามสูตรของฟาราเดย์ แล้วจึงไปหาน้ำหนักของสารที่ไปเกาะจริง ๆ ซึ่งอาจทำได้โดยการชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำน้ำหนักที่ไปเกาะจริงหารด้วยน้ำหนักที่คำนวณได้แล้วคูณหนึ่งร้อย ก็จะได้ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าเป็นร้อยละออกมา

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณหาความหนาของโลหะที่ไปเกาะเคลือบบนชิ้นงานได้อีกด้วย โดยเมื่อหาน้ำหนักของสารที่ไปเกาะเคลือบอยู่ที่ขั้วลบหรือชิ้นงานได้แล้ว ให้เอาไปหารด้วยความหนาแน่นของโลหะที่ไปเกาะ และพื้นที่ของชิ้นงานที่ไปเกาะ โดยต้องใช้หน่วยระบบเดียวกันโดยตลอด ตามสมการต่อไปนี้

$$D = \frac{g}{V} \quad (\text{ข.2})$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } D &= \text{ความหนาแน่นของโลหะที่ไปเกาะบนชิ้นงาน} \\ g &= \text{น้ำหนักของโลหะที่ไปเกาะบนชิ้นงาน} \\ V &= \text{ปริมาตรของโลหะที่ไปเกาะบนชิ้นงาน} \end{aligned}$$

แต่เนื่องจาก

$$V = Sd \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } S &= \text{พื้นที่ผิวของชิ้นงานที่โลหะจะเกาะ} \\ d &= \text{ความหนาของฟิล์มโลหะที่ไปเกาะ} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$D = \frac{g}{Sd} \quad (3.4)$$

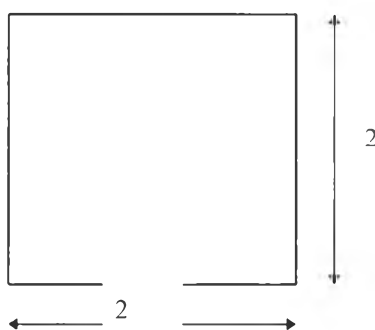
$$d = \frac{g}{SD} \quad (3.5)$$

3.3 ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า

ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า คือ ปริมาณของกระแสไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยปกติแล้วจะแสดงในหน่วยของแอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร (A/dm^2) หรือแอมแปร์ต่อตารางฟุต (A/ft^2) และถ้าไม่ระบุว่าเป็นความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวกหรือลบ ก็มักจะหมายถึงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ น้ำยาชุบเคลือบผิวโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าแต่ละชนิดย่อมต้องการความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าแตกต่างกันออกไป ในขณะที่ทำการชุบควรกวนน้ำยาโดยใช้เครื่องกวนหรือใช้ลมเป่า และเพิ่มอุณหภูมิของน้ำยาชุบขึ้นอีกเล็กน้อยจะช่วยให้ได้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามากขึ้น [10] ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาของการชุบลดสั้นลงโดยได้ความหนาแน่นที่เท่ากัน โดยปกติน้ำยาชุบแต่ละชนิดจะมีการกำหนดภาวะการทำงานไว้ชัดเจนว่าจะชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่าใด ฉะนั้นก่อนจะทำการชุบจึงต้องคำนวณพื้นที่ของชิ้นงานหรือขั้วลบเสียก่อน แล้วนำค่าพื้นที่นี้ไปคำนวณดูว่าจะ

ใช้กระแสไฟฟ้าเท่าใดจึงจะทำให้ได้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าตามที่กำหนด
[11]

ตัวอย่างวิธีคำนวณหาพื้นที่ผิวของชิ้นงาน ปริมาณกระแสไฟฟ้า และขนาด
ของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า [10]



รูปที่ ๗.2 ตัวอย่างชิ้นงานที่มีขนาดกว้าง 2 ซม. ยาว 2 ซม.

สมมติว่าชิ้นงานดังรูปที่ 2.2 มีขนาดกว้าง 2 ซม. ยาว 2 ซม.

$$\therefore \text{พื้นที่ผิวของชิ้นงานทั้งหมด (สองด้าน)} = (2 \times 2) \times 2 = 8 \text{ ตร.ซม.}$$

หากต้องการชุบชิ้นงานขนาดเดียวกันนี้ 100 ชิ้นพร้อมกัน

$$\therefore \text{พื้นที่ผิวของชิ้นงาน 100 ชิ้น} = 8 \times 100 = 800 \text{ ตร.ซม.}$$

$$\text{แต่ 1 ตร.คม.} = 100 \text{ ตร.ซม.}$$

$$\therefore \text{พื้นที่ผิวชิ้นงาน 100 ชิ้น} = 800/100 = 8 \text{ ตร.คม.}$$

และหากในสูตรนำยาชุบกำหนดไว้ว่าจะต้องชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขนาด 5 แอมแปร์/ตร.คม.

$$\therefore \text{ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้ชุบชิ้นงาน 100 ชิ้น} = 8 \times 5 = 40 \text{ แอมแปร์}$$

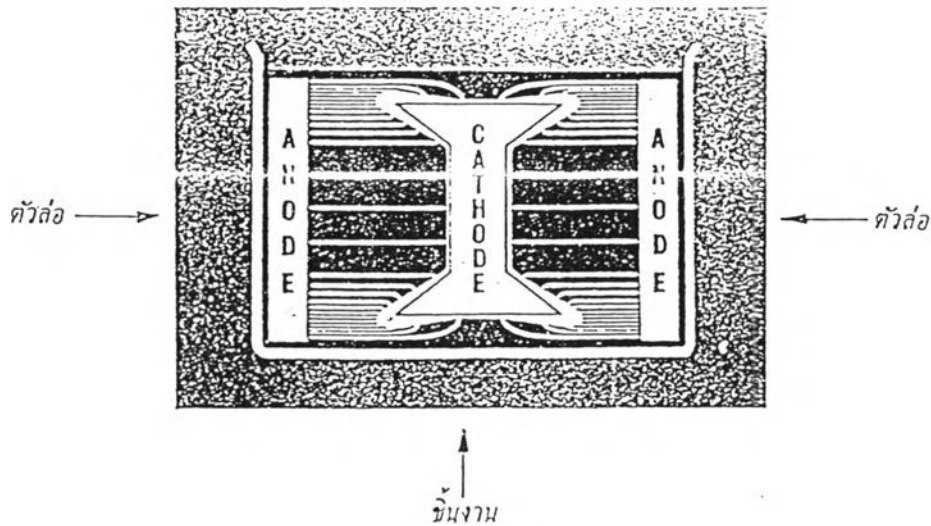
\therefore เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการชุบชิ้นงาน 100 ชิ้นนี้ควรจะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 40 แอมแปร์ ซึ่งควรจะเป็น 50 แอมแปร์ หรือมากกว่า

วิธีการใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า

การชุบเคลือบผิวด้วยกระแสไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานควรใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าแทนการใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า [10] เพราะจะได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและคุณภาพที่ดีกว่า วิธีการใช้คือต้องคำนวณหาพื้นที่ผิวของชิ้นงานที่จะชุบเสียก่อน จากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้ชุบ (ดังตัวอย่างที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งในการชุบชิ้นงานขนาด 2×2 ซม. จำนวน 100 ชิ้น ใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าขนาด 5 แอมแปร์/ตร.ซม. จะได้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 40 แอมแปร์) ต่อจากนั้นในขณะที่ทำการชุบไม่ต้องสนใจว่าจะปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากี่โวลต์ แต่ให้หมุนปุ่มปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเข็มวัดกระแสไฟฟ้าไปหยุดอยู่ที่ 40 แอมแปร์ จึงหยุดหมุน จากนั้นจึงควบคุมเวลาการชุบให้เป็นไปตามสูตรหรือเวลาที่เหมาะสมต่อไป

ซ.4 การกระจายของกระแสไฟฟ้า

เนื่องจากชิ้นงานที่จะทำการชุบมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป เช่น แบน กลม กลวง โค้ง แหลม ฯลฯ จะพบว่าจุดต่าง ๆ บนชิ้นงานจะห่างจากขั้วบวกไม่เท่ากัน จุดใดที่อยู่ใกล้ขั้วบวกกระแสไฟฟ้าจะเดินทางได้สะดวก ทำให้มีลักษณะการกระจายของกระแสไฟฟ้าบริเวณจุดที่อยู่ใกล้มากกว่าจุดที่อยู่ไกล และยิ่งตรงบริเวณใดที่มีลักษณะเป็นมุมแหลมด้วยแล้ว ยิ่งมีการกระจายของกระแสไฟฟ้าในบริเวณนั้นหนาแน่นมากขึ้นไปอีก เนื่องจากการกระจายของกระแสไฟฟ้าก็คือ การกระจายหรือการเคลื่อนที่ของไอออนของโลหะที่จะไปเกาะที่ขั้วลบ ดังนั้นจุดใดของขั้วลบที่อยู่ใกล้ขั้วบวก หรือจุดที่เป็นมุมแหลม จะมีการเกาะเคลือบผิวของโลหะบริเวณนั้นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ จึงทำให้ผิวที่เคลือบนั้นหนากว่าที่อื่นด้วย [12] ดังรูปที่ ซ.3



รูปที่ ๗.3 ลักษณะของการกระจายของกระแสไฟฟ้าและความหนาที่เคลือบในบริเวณต่าง ๆ ของชิ้นงาน [12]

จากรูปที่ ๗.3 จะเห็นว่าบริเวณของชิ้นงานส่วนที่เป็นมุมแหลมหรืออยู่ใกล้ขั้วบวกจะมีการกระจายของกระแสไฟฟ้าหนาแน่นมากที่สุด และมีการเกาะเคลือบผิวหนาที่สุด ฉะนั้นถ้าต้องการให้มีลักษณะของการชุบเคลือบผิวที่มีความหนาแน่นเท่า ๆ กันตลอดทั้งชิ้นงาน สามารถแก้ไขได้โดยหาแผ่นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบมา กั้นระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบตรงบริเวณที่อยู่ใกล้กัน เพื่อลดความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าให้เหลือเท่า ๆ กันทุกบริเวณของขั้วลบ วัสดุที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Poly(vinyl chloride), PVC) หรือพอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) เป็นต้น แต่ถ้าหากว่าการเกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบไม่ทั่วหรือไม่สม่ำเสมออันเนื่องมาจากสาเหตุที่น้ำยามีกำลังการเคลือบผิวไม่ดี ก็จะต้องแก้ไขโดยวิธีออกแบบขั้วบวกให้เหมาะสมเข้าช่วยคือ ออกแบบให้มีการกระจายของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบให้เท่ากันและทั่วถึงในส่วนที่ต้องการให้มีการเกาะเคลือบผิว สำหรับกำลังการเคลือบผิวหมายถึง ความสามารถในการกระจายของอไอออนบวก หรือไอออนของโลหะไปเคลือบผิวบนชิ้นงานได้ทั่วถึงมากหรือน้อยเพียงใด สำหรับน้ำยาชุบที่มีกำลังการเคลือบผิวไม่ดี จะสามารถสังเกตได้จากผลของการใช้น้ำยาชุบนั่นในการชุบชิ้นงานที่มีลักษณะกลวงหรือโค้งงอ ซึ่งผลที่ได้ก็คือจะพบว่าไม่เกิดการเคลือบผิวตรงส่วนที่อยู่ลึก ๆ ลงไปของชิ้นงาน [1]

ภาคผนวก ฅ

วิธีทดสอบคุณภาพของผิวชิ้นงานเอกซัทรูซันอะลูมิเนียม

(ALUMINUM - ANODIZING TEST)

THICKNESS

- STRIP AND WEIGHT (5 MICRONS OR LESS)
- MICRO - SECTIONING
- OPTICAL SPLIT - BEAM MICROSCOPE
- EDDY CURRENT TESTING (THICKNESS PROPORTIONAL TO CAPACITANCE)
- ELECTRICAL BREAKDOWN V OR R

SEALING

- ACID DISSOLUTION TESTS
- DYE SPOT TESTS
- ELECTRICAL TESTS (IMPEDANCE)

ACCELERATED TESTS

- SALT SPRAY 5% NaCl
- SALT/ACETIC ACID
- SALT/ACETIC ACID/H₂O₂
- SALT/ACETIC ACID/COPPER SALT (CASS)
- ELECTROLYTIC CATHODIC CORROSION
 - * PART MADE CATHODE
 - * CASS SOLUTION APPLIED
 - * D.C. POTENTIAL, PLATINUM ANODE
 - * AREA UNDER CURRENT VS. TIME CURVE
 - * E.Q.T. NUMBER OBTAINED (ELECTROLYTES QUALITY TEST)

ภาคผนวก ญ

Persistence is the twin sister of excellence.

One is a matter of quality; the other, a matter of time.

[by Marabel Morgan, from The Electric Woman (Word)]

ผลิตผลแห่ง.....ความภาคภูมิใจ (ใจ)

ครั้งหนึ่งสำหรับชีวิตการศึกษาปริญญาโทของผู้เรียน ที่สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี แล้วตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมีในครั้งนี้ ได้อาศัยความพากเพียรพยายาม ความอดทน ความรับผิดชอบที่สูงยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากต้องเรียนหลักสูตรพื้นฐานของวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมีทั้งหมด ไปพร้อมกับวิชาของหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเคมี ประกอบกับความรับผิดชอบงานในอาชีพในช่วงเวลากลางวันที่สำคัญไม่แพ้กัน และอาศัยเวลาหลังเสร็จสิ้นภาระกิจจากงานในอาชีพ เพื่อใฝ่หาวิชาความรู้ทางวิชาการในศาสตร์ดังกล่าวนี้ เป็นผลให้ต้องจัดเวลาให้เหมาะสมที่สุดเท่าที่จะทำได้

ด้วยการเล็งเห็นถึงประโยชน์ อันเกิดจากการเรียนรู้ศาสตร์เกี่ยวกับวิศวกรรมเคมี ซึ่งสามารถประสมประสานประยุกต์เข้ากับแนวการปฏิบัติในเชิงเทคนิคอุตสาหกรรมการผลิตได้เป็นอย่างดีนั้น ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความมุ่งมั่น บากบั่น พากเพียรพยายาม และความตระหนักถึงความรับผิดชอบในการศึกษาเล่าเรียนครั้งนี้ จนสามารถนำไปสู่อีกก้าวแห่งความสำเร็จ

บ่อยครั้งที่มีอุปสรรคอันส่งผลกระทบต่อการศึกษาหาวิชาความรู้ในครั้งนี้ อาทิ ความรับผิดชอบงานในอาชีพในช่วงเวลาที่ตรงกับเวลาเรียน หรือแม้แต่ระยะทางจากสถานที่ทำงาน (จ.สมุทรปราการ) ไปยังสถาบัน (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน และที่สำคัญเหนือสิ่งอื่นใดที่มีสามารถมองข้ามหรือละเลยได้คือ

ความพร้อมทางด้านร่างกายและจิตใจของผู้เรียนเอง เหล่านี้เป็นสิ่งที่ผู้เรียนประสบตลอดระยะทาง แต่ผู้เรียนได้เพียรพยายาม จนสามารถฝ่าฟันอุปสรรคในครั้งนั้นมาจนถึงวันนี้

งานวิจัยครั้งนี้ นับเป็นความภาคภูมิใจที่สุดชิ้นหนึ่งของผู้เรียน นั้นมิใช่เพียงเพื่อให้จบครบตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตเพียงประการเดียว แต่ยังหมายถึงทำขึ้นด้วยความตระหนักถึงความรับผิดชอบต่องานในหน้าที่ ที่มุ่งศึกษาค้นคว้า วิจัยในแผนกวิศวกรรมการชุบ ของบริษัทไทยเม็ททอล เพื่อใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติจริงในโรงงานเป็นประการสำคัญ และสิ่งที่จะนำมาซึ่งความสำเร็จของงานวิจัยนี้ ต้องอาศัยความสม่ำเสมอในเรื่องความเพียรพยายาม ต้องอาศัยระยะเวลาในการสั่งสมความรู้ทางวิชาการ และสั่งสมประสบการณ์การทำงานในขณะเดียวกัน นอกจากผลิตผลทางด้านภูมิปัญญาที่บังเกิดกับผู้เรียนแล้ว ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงการช่วยเหลือระหว่างกันฉันท์พี่น้องในหมู่คณะ ที่มีความเอื้ออาทร เกื้อกูล แบ่งปันกำลังใจให้กันและกันเสมอมา ที่สำคัญท่านคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ได้เข้มงวด กวดขันทางด้านวิชาการ ตลอดจนช่วยเหลือและประคับประคองเหล่านิสิตให้ประสบความสำเร็จ ชีวิตในช่วงเวลานี้นับเป็นสิ่งที่มีความค่าและมีความหมายแห่งการจดจำสำหรับผู้เรียนตลอดไป เพราะนั่นคือ.....ทางเลือกแห่งการเวลา

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุขรวิ โสภาโชติ เกิดวันที่ 9 ธันวาคม 2514 ที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ในปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2538

