3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 <u>การตรวจสอบชนิดของพลาสติกที่ใช้เป็นชิ้นงาน</u>

จากการตรวจสอบชนิดของพลาสติกที่ใช้เป็นชิ้นงานตามวิธีของคานาดา-ปี 1966 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ได้แสดงผลของการตรวจสอบในตารางที่ 3.1 และเมื่อนำสมบัติต่าง ๆ จากตารางที่ 3.1 ไปเปรียบเทียบกับสมบัติของพลาสติกที่ทราบชนิดแน่นอนแล้วในภาคผนวกจะได้ผลดังนี้

ชิ้นงานประเภทที่ 1 ได้แก่ พลาสติกชนิดอะไครลิค (Polymer Acrylic, PAA.)

ชิ้นงานประเภทที่ 2 ได้แก่ พลาสติกชนิดโพลีเอธีลีน (Polyethylene, PE.)

ชิ้นงานประเภทที่ 3 ได้แก่ พลาสติกชนิดอะไครโลไนไตร์ล-บิวตะไดอีนสไตรีน (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene, ABS.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 แสดงสมบัติของชิ้นงานเพื่อตรวจสอบชนิดของพลาสติก

ชิ้นงาน	ความหนาแน่น g/cm^3	การติดไฟ	ติดไฟแล้วดับเอง	ลักษณะของเปลวไฟ	กลิ่นเมื่อไหม้ไฟ	สมบัติของชิ้นงานเมื่อได้รับความร้อน	หมายเหตุ
ชนิดที่ 1	1.20	ไวไฟ	ไม่ดับเอง	สีน้ำเงินปลายเปลวมีสีเหลือง	กลิ่นหอม	จะหลอม มีฟอง มีควันสีดำมาก	เมื่อดับจะมีควันสีขาว
ชนิดที่ 2	0.80	ง่าย	ไม่ดับเอง	สีน้ำเงินปลายเปลวมีสีเหลือง	กลิ่นเหมือนขี้ผึ้ง	หลอมเป็นหยด	-
ชนิดที่ 3	1.08	ง่าย	ไม่ดับเอง	สีเหลือง มีควันดำมาก	กลิ่นของ Styrne	หลอมอ่อนตัวมีฟอง	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 <u>ผลของการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการกัดผิว</u>

การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการกัดผิว โดยการพิจารณาประมาณเปอร์-เซ็นต์ของพื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบในขั้นตอนการชุบโดยไม่ใช้ไฟฟ้า ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3.1-3.6 จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าการกัดผิวโดยการใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 1 ที่ 24°C เมื่อทดลองกับพลาสติกทั้ง 3 ชนิด โดยใช้เวลาในการกัดผิว 50 นาที จะมีทอง-แดงเกาะเคลือบต่ำมาก ซึ่งเป็นผลที่ไม่ต้องการและจากกราฟแสดงว่าถ้าใช้เวลาในการกัดผิวมากขึ้น อาจจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากขบวนการในการปรับผิวพลาสติกให้นำไฟฟ้าโดยการรีดิวซ์ด้วยสารเคมี มีขั้นตอนการปรับผิวหลายขั้นตอน ถ้าใช้เวลากัดผิวนานจะทำให้ใช้เวลามาก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงกำหนดให้ใช้เวลาในการกัดผิวสูงสุดเป็นเวลา 50 นาที ซึ่งถ้าหากกัดผิว 50 นาที แล้วยังไม่ได้ผลจะเปลี่ยนภาวะในการทดลองใหม่เช่น จากรูปที่ 3.2 เมื่อใช้น้ำยากัดผิวสูตรเดิมที่ 55°C พบว่าได้ผลดีขึ้น โดยพลาสติกชนิด PE. จะให้ผลการเคลือบผิว 100 % เมื่อใช้เวลาเพียง 45 นาที ที่ 55°C นี้ ส่วนพลาสติกชนิด ABS และ PAA เมื่อใช้เวลาครบ 50 นาที ยังให้เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบต่ำกว่า 80 % ดังนั้น จึงได้ทดลองใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณกรดโครมิกมากกว่าสูตรที่ 1 ประมาณเท่าตัว ทำการทดลองที่ 24°C และ 55°C ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3.3-3.4

จากรูปที่ 3.3 แสดงว่า เมื่อปริมาณกรดโครมิกเพิ่มขึ้นจะทำให้การกัดผิวดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 ที่อุณหภูมิเดียวกันในรูปที่ 3.1 แต่เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวเคลือบยังต่ำ ดังนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 55°C ซึ่งผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3.4 ปรากฏว่าเมื่อใช้เวลากัดผิว 40-50 นาที พลาสติกทั้ง 3 ชนิดจะมีผิวเคลือบติดดีทุกส่วน โดยพลาสติกชนิด PE. ใช้เวลาน้อยที่สุด

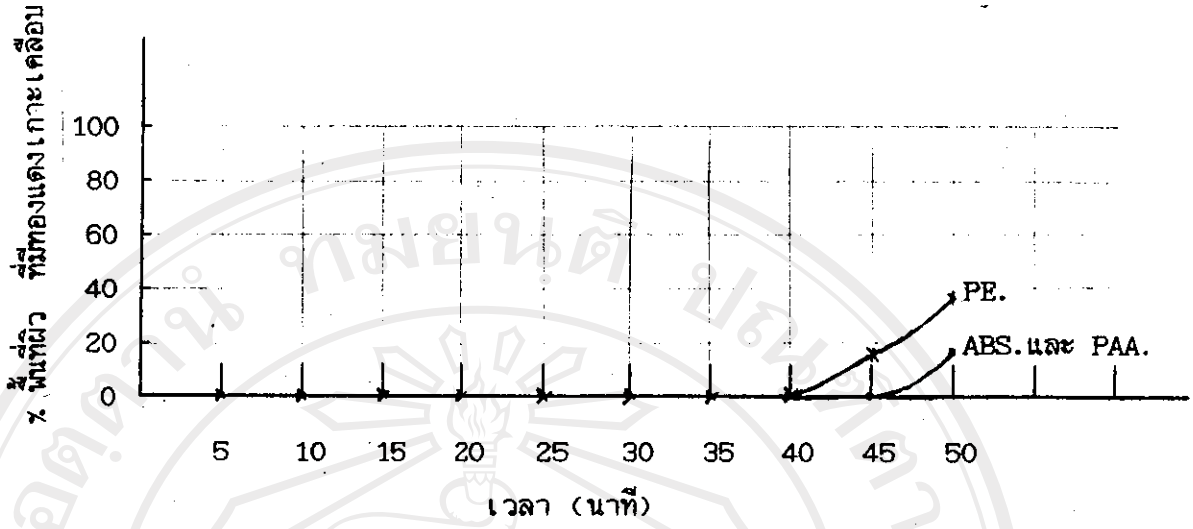
เมื่อทดลองใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณกรดโครมิกเท่ากับสูตรที่ 1 แต่ได้เพิ่มกรดฟอสฟอริกลงไป ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3.5-3.6 ผลการทดลองแสดงว่าการเพิ่มกรดฟอสฟอริกจะทำให้ผิวเคลือบติดดีขึ้น แต่ที่อุณหภูมิ 24°C ผิวเคลือบติดดีไม่ทุกส่วนโดยมากกว่าสูตรที่ 1 และใกล้เคียงกับสูตร 2 และที่ 55°C ผิวเคลือบจะติดดีทุกส่วน เมื่อใช้กับพลาสติกชนิด PE. และ ABS. และชนิด PAA มีประมาณ 10 % ของพื้นที่ผิวที่เคลือบไม่ติด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

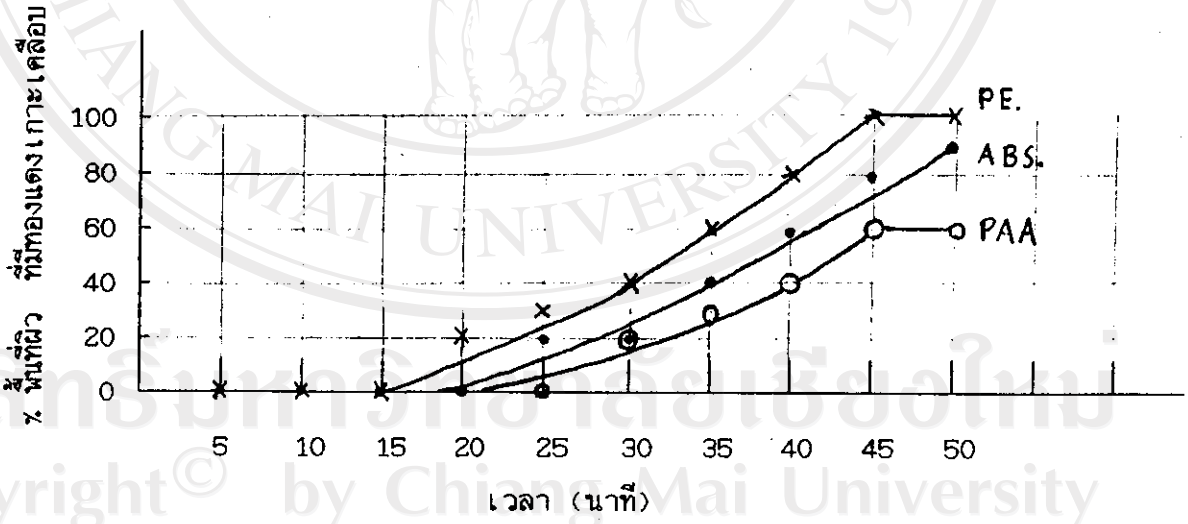
จะเห็นว่าการใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 3 ที่ 55°C จะใช้เวลากัดผิวสั้นลงเช่น พลาสติกชนิด PE. เมื่อใช้สูตรที่ 1 ต้องใช้เวลา 45-50 นาที, สูตรที่ 2 ใช้เวลา 40 นาที และสูตรที่ 4 ใช้เวลาเพียง 30 นาที

ลักษณะผิวเคลือบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า จากขั้นตอนการกัดผิวที่ไม่สมบูรณ์ แสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งจะเห็นทองแดงเคลือบติดเป็นแห่ง ๆ เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์ และในรูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นถึงผิวเคลือบทองแดงที่ผ่านการเคลือบมาใหม่ ๆ กับที่ผ่านการเคลือบมานานโดยทิ้งไว้ในอากาศจะเห็นสีคล้ำขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

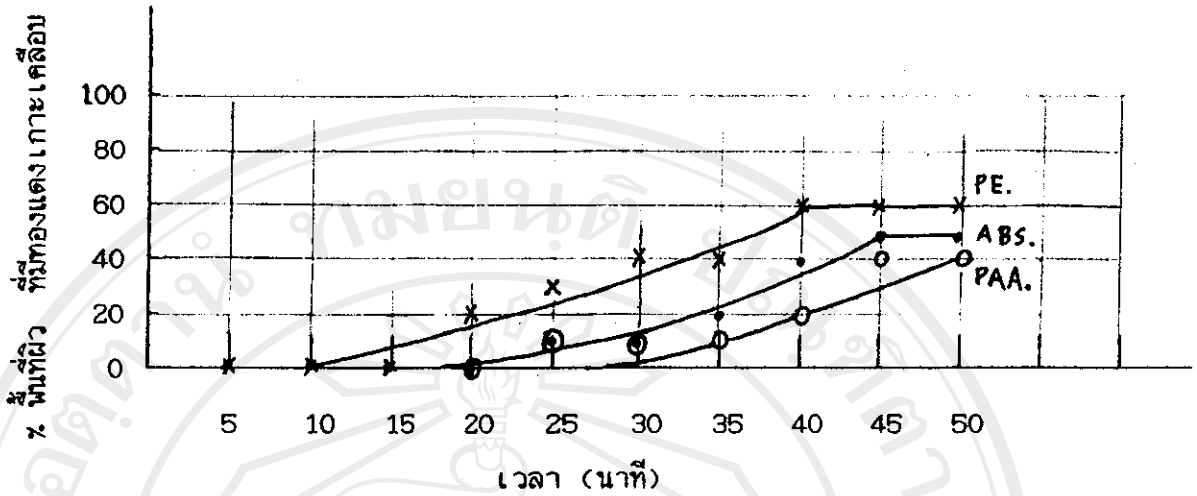


รูปที่ 3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบในการชุบเคลือบโดยไม่ใช้ไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 1 ที่ 24°C

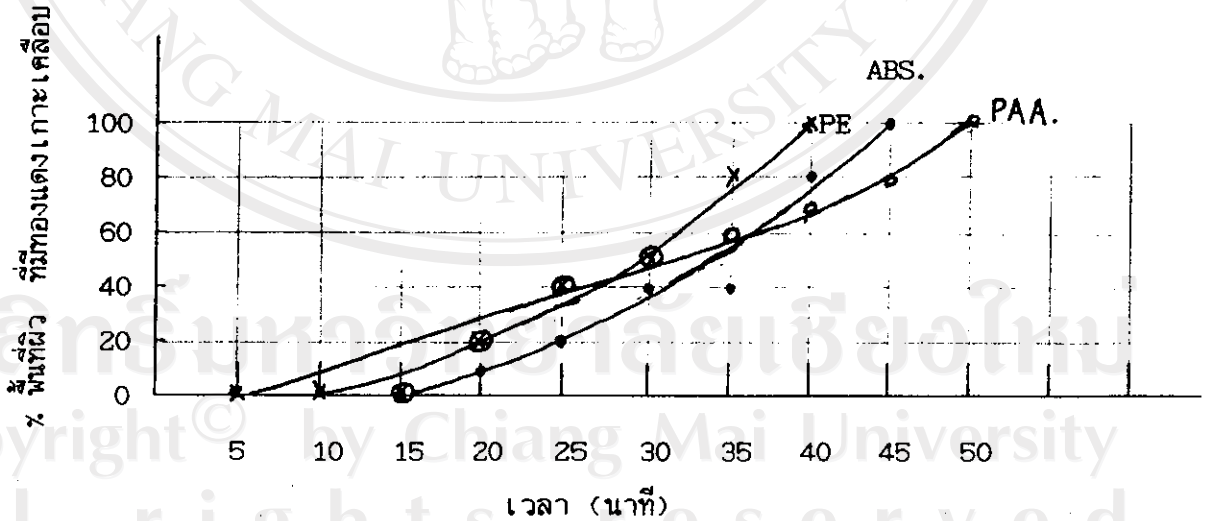


รูปที่ 3.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบในการชุบเคลือบโดยไม่ใช้ไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 1 ที่ 55°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

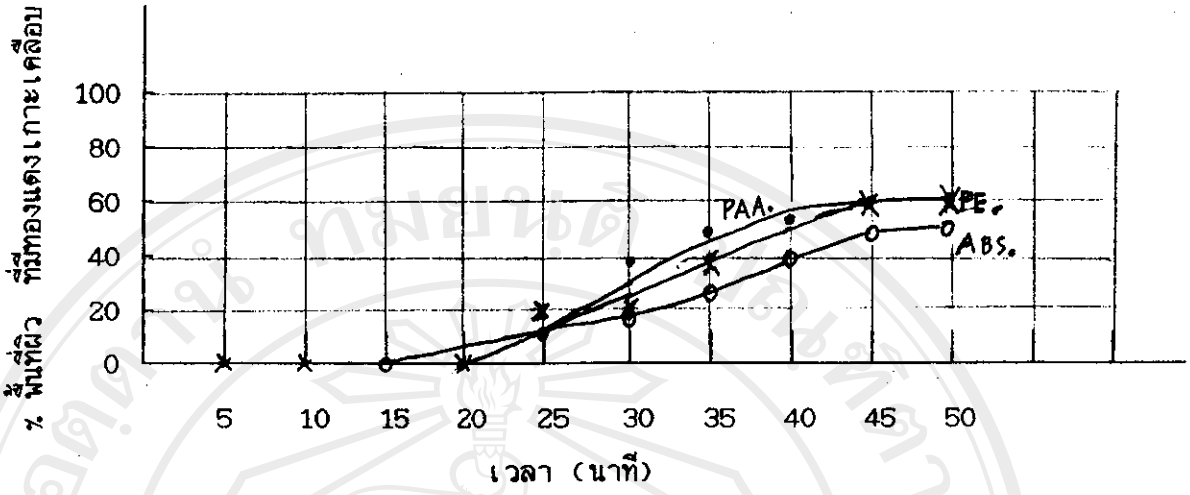


รูปที่ 3.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบในการชุบเคลือบโดยไม่ใช้ไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 2 ที่ 24°C

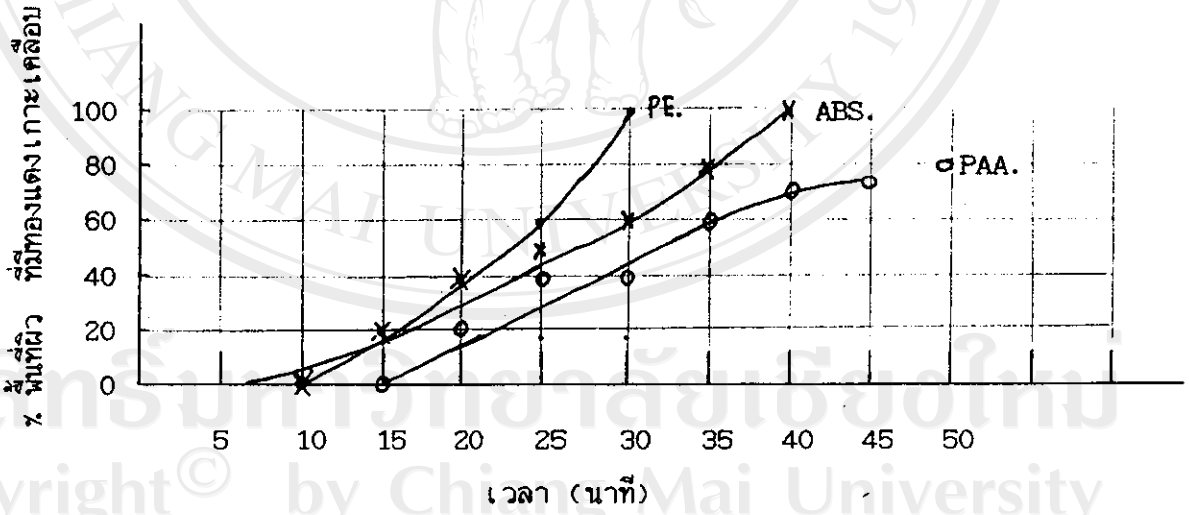


รูปที่ 3.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบในการชุบเคลือบโดยไม่ใช้ไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 2 ที่ 55°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

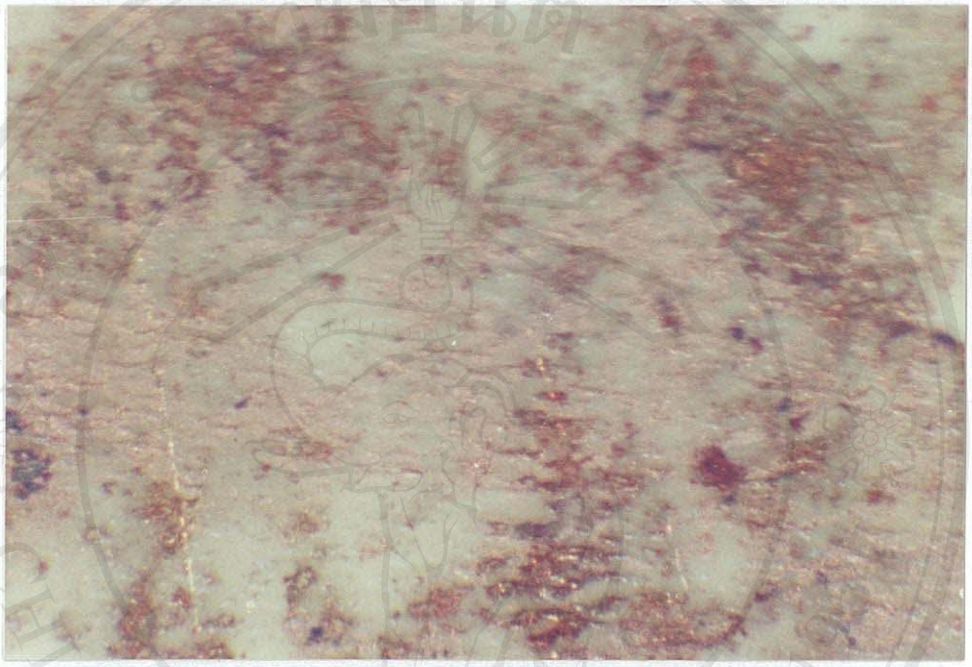


รูปที่ 3.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบในการชุบเคลือบโดยไม่ใช้ไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 3 ที่ 24°C



รูปที่ 3.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวที่มีทองแดงเกาะเคลือบในการชุบเคลือบโดยไม่ใช้ไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำยากัดผิวสูตรที่ 3 ที่ 55°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.7 ลักษณะผิวเคลือบที่กัดผิวน้อยจะเห็นโลหะเกาะเป็นกลุ่ม ๆ เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

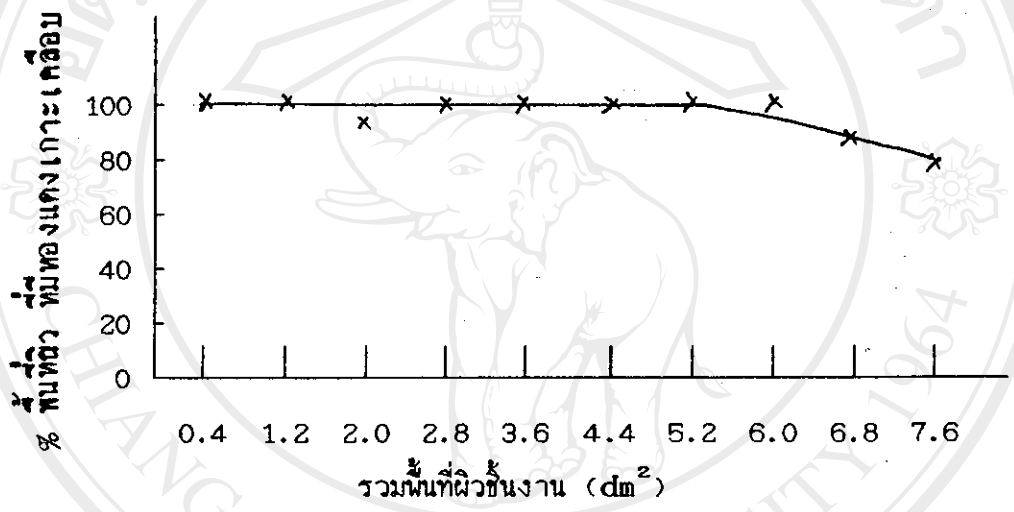
รูปที่ 3.8 ผิวเคลือบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าเปรียบเทียบลักษณะผิวเคลือบทองแดงซึ่งเพิ่งผ่านการเคลือบในชิ้นงานชิ้นบนสุด และที่ผ่านการเคลือบมาเป็นเวลานานโดยตั้งทิ้งไว้ในอากาศในชิ้นงานที่ 1-4 และชิ้นงานที่ 1 ยังแสดงให้เห็นถึงการเคลือบผิวที่ไม่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพสูงสุดของน้ำยากัดผิว

จากการศึกษาหาประสิทธิภาพของน้ำยากัดผิวสูตรที่ 3 ปริมาณ 100 ml ทำการกัดผิวพลาสติกชนิด PE. ที่ 55°C และศึกษาผลการทดลองโดยการสังเกตลักษณะผิวเคลือบด้วยทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.9 ซึ่งพบว่าน้ำยา

กัดผิวสูตรที่ 3 ปริมาตร 100 ml เมื่อทำการกัดผิวชิ้นงานพลาสติกชนิด PE. ที่ 55°C จะกัดผิวชิ้นงานได้ดีที่สุดประมาณพื้นที่ผิว 6-7 dm^2 หรือ 60-70 dm^2 ต่อน้ำยา 1 ลิตร จากการเปรียบเทียบลักษณะของน้ำยากัดผิวเมื่อเตรียมใหม่ ๆ พบว่าเป็นสารละลายสีชา แต่เมื่อใช้กัดผิวชิ้นงานจะมีสีชาเข้มข้นและมีความข้นมากขึ้น ดังนั้นจึงอาจสังเกตสีและความเข้มข้นของน้ำยาในการคาดคะเนว่าน้ำยากัดผิวนั้นเสื่อมสภาพหรือยังได้



<u>รูปที่ 3.9</u> แสดงพื้นที่ผิวชิ้นงานที่ถูกกัดผิวจากน้ำยากัดผิวสูตรที่ 3, 100 ml ที่อุณหภูมิ 55°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 <u>เปรียบเทียบผลของการเตรียมผิวให้เป็นคะตะลิตส์ที่ต่างกันต่อการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า</u>

การศึกษาลักษณะของผิวเคลือบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าบนผิวที่เป็นคะตะลิตส์จากขบวนการการเตรียมผิวให้เป็นคะตะลิตส์แบบ "ขั้นตอนเดียว" เปรียบเทียบกับ "2 ขั้นตอน" ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.2

<u>ตารางที่ 3.2</u> **ลักษณะผิวเคลือบด้วยทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าจากการเตรียมผิวให้เป็นคะตะลิสต์ในขบวนการขั้นตอนเดียวเปรียบเทียบกับขบวนการสองขั้นตอน**

ชิ้นงาน	ลักษณะผิวเคลือบในขบวนการขั้นตอนเดียว	ชิ้นงาน	ลักษณะผิวเคลือบในขบวนการสองขั้นตอน
1	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดงคล้ำ	1	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดงเล็กน้อย มีรอยด่างเล็กน้อย
2	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดงคล้ำ	2	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดง
3	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดงมีฟองผิวเล็กน้อย กดแล้วยุบและหลุดออก	3	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดง
4	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดงคล้ำ	4	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดง ผิวติดแล้วหลุดลอกเป็นหย่อมๆ เล็กน้อย
5	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดง มีรอยด่างเล็กน้อย	5	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองแดง

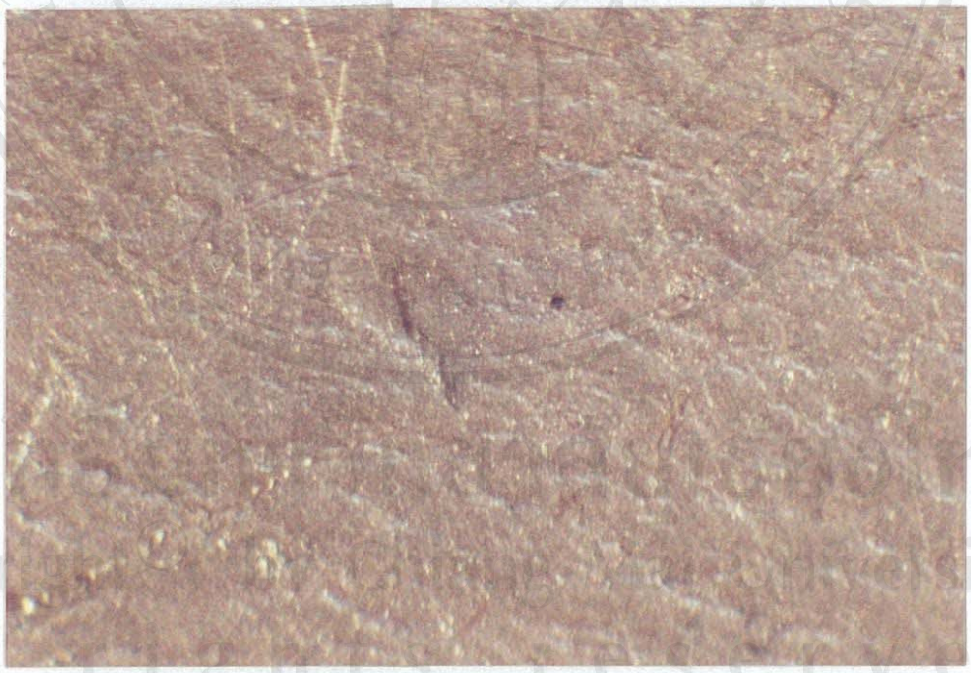
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถ้าพิจารณาการชุบติดของผิวเคลือบจะไม่แตกต่างกัน นั่นคือผิวเคลือบติดได้ดีทุกส่วนเท่ากัน แต่เมื่อพิจารณาลักษณะของผิวเคลือบทองแดงที่ได้ปรากฏว่าผิวเคลือบที่มาจากขบวนการเตรียมผิวให้เป็นคะตะลิตส์แบบ "ขั้นตอนเดียว" จะมีสีทองแดงคล้ำกว่า และเมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์จะเห็นว่ามีผิวหยาบกว่าเล็กน้อย ในขณะที่ผิวเคลือบจากขบวนการแบบ "2 ขั้นตอน" จะให้ผิวเคลือบสีทองแดงค่อนข้างเงา และผิวเรียบละเอียดกว่า การที่ผลปรากฏดังนี้อาจจะเนื่องมาจากว่าอัตราเร็วในการเคลือบผิวแตกต่างกัน โดยจากการทดลองพบว่าอัตราเร็วในการเคลือบ (ซึ่งสังเกตจากฟองก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยา) ของผิวที่มาจากขบวนการแบบ "ขั้นตอนเดียว" จะเร็วกว่าทำให้การเกาะเคลือบของทองแดงค่อนข้างไม่เป็นระเบียบ จึงทำให้ผิวมีลักษณะหยาบกว่าและส่งผลให้ผิวขาดความเงาแวววาว

จากการทดลองเพิ่มเติมถึงความเสถียรของสารละลายที่ใช้ในขบวนการเตรียมผิวให้เป็นคะตะลิตส์ในขบวนการขั้นตอนเดียว หรือที่เรียกว่าสารละลายคะตะลิตส์ผสม ($SnCl_2/PdCl_2$) พบว่าคะตะลิตส์ผสมนี้เมื่อเตรียมใหม่ ๆ จะมีลักษณะสีขาวขุ่นไม่มีตะกอน แต่เมื่อเตรียมทิ้งไว้ 1 วัน จะพบว่ามีตะกอนเกิดขึ้น เมื่อกรองตะกอนออกแล้วนำสารละลายไปทำการทดลองใหม่จะพบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่าของขบวนการสองขั้นตอน สาเหตุที่เป็นดังนี้เนื่องจากตะกอนที่กรองออกมานั้นคือ อนุภาคคอลลอยด์ของสารละลายคะตะลิตส์ผสมซึ่งทำหน้าที่เป็นคะตะลิตส์บนผิวชิ้นงาน เมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงตกตะกอน (12) ดังนั้น ขบวนการเตรียมผิวให้เป็นคะตะลิตส์แบบขั้นตอนเดียว จึงเหมาะสมกับการชุบที่ทำงานอย่างต่อเนื่องเพื่อไม่ให้คะตะลิตส์ผสม ($SnCl_2/PdCl_2$) เสื่อมสภาพไป แต่ในการประกอบการชุบโดยทั่วไปนิยมใช้ขบวนการแบบสองขั้นตอนเพื่อตัดปัญหาการเสื่อมสภาพของคะตะลิตส์ผสมเมื่อต้องเตรียมสารละลายทิ้งไว้ นอกจากนั้นในขบวนการ 2 ขั้นตอนนั้นน้ำกลั่นที่ใช้ล้างชิ้นงาน (drag out) หลังจากจุ่มแช่ชิ้นงานในสารละลาย Activator สามารถนำมาให้เป็นสารละลาย Activator ได้เนื่องจากจะมีความเข้มข้นของ $PdCl_2$ เพิ่มขึ้นเรื่อยเป็นการลดต้นทุนอย่างหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.10 ลักษณะผิวเคลือบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า จากขบวนการเตรียมผิวให้เป็นคะตะลิตส์แบบขั้นตอนเดียว เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 3.11 ลักษณะผิวเคลือบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า จากขบวนการเตรียมผิวให้เป็นคะตะลิตส์แบบ 2 ขั้นตอน เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5 <u>การทดลองผลของ NaOH ต่อสารละลายชุบเคลือบผิวทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า</u>

การทดลองศึกษาผลของ NaOH ในสารละลายชุบเคลือบผิวทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.3 จากผลการทดลองแสดงว่าในสารละลายชุบที่ไม่มีส่วนผสมของ NaOH อยู่เลยคือสูตรที่ 1 จะไม่มีการเคลือบเกิดขึ้นซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการชุบเคลือบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าที่ว่า ฟอร์มาลดีไฮด์จะทำหน้าที่รีดิวซ์ได้ต่อเมื่อสารละลายเป็นเบส ในสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณของ NaOH ในปริมาณที่สัมพันธ์กับการใช้ $CuSO_4.5H_2O$ ซึ่งคำนวณจากสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาการเคลือบปรากฏว่ามีปฏิกิริยาการเคลือบเกิดขึ้น แต่เกิดขึ้นในอัตราเร็วที่ช้ามาก และผิวเคลือบที่ได้จะติดเพียงบางส่วน ผิวเป็นฟองกรดแล้วยุบและหลุดลอก การที่สารละลายสูตรนี้มีการเกาะติดของผิวเคลือบน้อยสาเหตุประการหนึ่งคือ การเกิดฟองผิวทำให้ผิวเคลือบหลุดลอกหลังจากเคลือบติด สาเหตุอีกประการหนึ่งอาจเกิดจากการที่อัตราเร็วในการเคลือบช้าชิ้นงานต้องจุ่มแช่อยู่ในสารละลายนาน ๆ จึงอาจจะทำให้พาลลาเดียมที่เป็นซับสเตรทบนผิวงานหลุดลงไปในสารละลายทำให้ผิวบริเวณนั้นไม่เป็นคะตะลิตส์จึงไม่เกิดการเคลือบ ถ้าหากว่ามีพาลลาเดียมหลุดลงไปในสารละลายจริง พาลลาเดียมนี้จะทำหน้าที่เป็น Nucleation center ในสารละลายทำให้เกิดการสูญเสีย Cu^{2+} โดยจะถูกรีดิวซ์และตกตะกอนเป็นทองแดง ซึ่งจากการสังเกตพบว่าสารละลายในสูตรนี้จะเกิดตะกอนทองแดงในการชุบเคลือบมาก สมมติฐานนี้จึงอาจเป็นไปได้ แต่อย่างไรก็ตามผงฝุ่นที่ตกลงไปในสารละลายก็สามารถทำให้เกิดการตกตะกอนของทองแดงได้

ในสูตรที่ 3 พบว่าการเคลือบเกิดขึ้นดีที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาจากปริมาณ NaOH ที่ผสมอยู่พบว่ามีปริมาณมากกว่าในสูตร 2 เป็นปริมาณ 1 เท่า แสดงว่าฟอร์มาลดีไฮด์จะทำงานได้ดีขึ้นเมื่อสารละลายเป็นเบสมากขึ้น จากการวัด pH ของสารละลายจะมีค่าประมาณ 11.5

จากการทดลองชุบเคลือบที่ 35°C พบว่าการเคลือบเกิดเร็วกว่าที่อุณหภูมิห้อง 26°C และผิวเคลือบที่ได้จะมีสีคล้ำกว่าเล็กน้อย นอกจากนั้นยังพบว่าที่ผิวชิ้นงานจะมีก๊าซไฮโดรเจนเกาะอยู่มากกว่า ฟองก๊าซที่เกาะอยู่ตามผิวชิ้นงานนี้เมื่อถูกทองแดงเคลือบทับลงไปจะทำให้ผิวเคลือบเป็นเม็ด ๆ และต่อมาจะแตกหรือยุบตัวทำให้ผิวหลุดลอก ในการทดลองได้พยายามกำจัดฟองก๊าซที่ผิว โดยการกวนสารละลายปรากฏว่าได้ผลดีสามารถลดการหลุดลอกของผิวได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.12 ลักษณะผิวเคลือบที่หลุดลอก เนื่องจากเกิดฟองก๊าซที่ผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตารางที่ 3.3</u> ลักษณะผิวเคลือบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า จากการใช้สารละลายเคลือบทองแดงที่มีส่วนผสมต่างกัน 3 สูตรที่ 26°C

สูตรสารละลาย	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
สูตร 1	ไม่เกิดการเคลือบผิวในทุก ๆ ชิ้นงาน
สูตร 2	ผิวชุบติดเป็นบางส่วนน้อยกว่า 40 % ผิวเคลือบของทุก ๆ ชิ้นงานมีรอยด่าง ผิวเป็นฟองเล็ก ๆ กระจายในบริเวณที่มีการเคลือบ ซึ่งเมื่อกดจะยุบและหลุดออกมา สีของผิวเคลือบเป็นสีทองแดง
สูตร 3	ผิวชุบติดดีหมดทุกส่วน ผิวสีทองแดง มีบางชิ้นงานที่ผิวเคลือบมีรอยด่างและบางชิ้นงานผิวเคลือบเป็นฟองเล็ก ๆ เช่นเดียวกับสูตรที่ 2 แต่เกิดขึ้นน้อยมาก

3.6 <u>การปรับสภาพผิวชิ้นงานให้นำไฟฟ้าโดยใช้ผงทองแดง</u>

การปรับสภาพผิวชิ้นงานให้นำไฟฟ้าโดยวิธีการใช้ผงทองแดงนี้ มีขั้นตอนในการทำงานรวดเร็วกว่าวิธีการรีดิวซ์สารเคมี แต่ผิวเคลือบที่ได้ในตอนแรกนี้จะหยาบกว่าวิธีรีดิวซ์สารเคมี ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3.13 และ 3.14

จากการสังเกตลักษณะผิวเคลือบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์พบว่าผิวเคลือบมีลักษณะหยาบ สังเกตเห็นการเกาะติดของเม็ดโลหะทองแดงเป็นกลุ่ม ๆ กระจายทั่วผิวชิ้นงาน ดัง รูปที่ 3.13 ซึ่งมีลักษณะผิวหยาบกว่าการเคลือบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า และจากการนำชิ้นงานไปชุบเคลือบทับด้วยทองแดงแบบสไตร์คในการชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า ปรากฏว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถชุบเคลือบได้ดี นั่นคือชิ้นงานสามารถนำไฟฟ้าได้ และหลังจากชุบเคลือบด้วยทองแดงกรดแบบสไตร์คแล้ว พบว่าผิวชิ้นงานมีความละเอียดมากขึ้น ผิวเรียบมากขึ้นจนสังเกตได้ด้วยตาเปล่า

การทาทับผิวชิ้นงานด้วยผงทองแดงผสมแลกเกอร์อย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ชิ้นงานนำไฟฟ้าได้โดยในการทดลองได้นำชิ้นงานที่ทาทับผิวด้วยผงทองแดงผสมแลกเกอร์เพียงขั้นตอนเดียว โดยทาทับหลายครั้ง (3 ครั้ง) เมื่อแห้งแล้วนำไปชุบด้วยทองแดงกรดแบบสไตร์ค ปรากฏว่าไม่สามารถชุบเคลือบได้ ดังนั้นจึงต้องทาผิวชิ้นงานด้วยผงทองแดงหลังจากทาด้วยผงทองแดงผสมแลกเกอร์

ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะทำได้ง่ายและต้นทุนถูก แต่ผิวงานที่ได้จะมีลักษณะหยาบกว่าการรีดิวซ์สารเคมี ดังนั้นจึงเหมาะสมกับชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่เช่น พวกพลาสติกหล่อต่าง ๆ

รูปที่ 3.13 ลักษณะผิวชิ้นงานที่ปรับสภาพให้นำไฟฟ้า โดยการใช้ผงทองแดงแสดงให้เห็นลักษณะผิวชิ้นงานที่ค่อนข้างหยาบ มีโลหะทองแดงเกาะเป็นกลุ่ม ๆ กระจายทั่วไป ดูจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.14 **ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยผงทองแดงผสมแลกเกอร์และทาทับด้วยผงทองแดง**

3.7 **การชุบเคลือบด้วยทองแดงกรดแบบสไตร์ค**

ผลการศึกษาการชุบเคลือบด้วยทองแดงกรดแบบสไตร์ค บนชิ้นงานพลาสติกที่ผ่านการชุบเคลือบด้วยทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าที่ภาวะอุณหภูมิห้อง 27°C เวลาชุบ 10 นาที ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.4 จากผลการทดลองจะได้ว่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 1.5-2.5 A/dm^2 ถ้าต่ำกว่า 1.5 A/dm^2 ผิวเคลือบจะชุบติดเพียงบางส่วนในเวลาชุบ 10 นาที ที่กำหนดการที่เป็นเช่นนี้อาจจะเนื่องมาจากเวลาในการชุบน้อยไป จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 A/dm^2 ถ้าใช้เวลาชุบ 30-35 นาที จะทำให้ผิวเคลือบติดดีได้ทุกส่วนเช่นเดียวกัน ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 3.0 A/dm^2 เป็นต้นไป จะเกิดรอยไหม้บนผิวเคลือบ ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่าจะเกิดบริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าสูง ดังแสดงในรูปที่ 3.15 และทำให้ผิวเคลือบบริเวณนั้นหลุดลอก นอกจากนั้นผิวเคลือบที่ได้ยังมีลักษณะค่อนข้างหยาบ

การเกิดรอยไหม้บนบริเวณที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงนี้ได้ตั้งสมมติฐานว่าอาจเกิดจากการที่เส้นลวดทองแดงเปลือยพันชิ้นงานแน่นเกินไปจึงได้ทำการทดสอบโดยการคลายเส้นลวดทองแดงออกบ้าง แต่ผลการทดลองที่ได้ยังคงเดิมแสดงว่าภาวะที่กำหนดนี้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 3.0 A/dm^2 มีค่ามากเกินไป

ผลจากการทดลองชุบเคลือบ โดยการเปลี่ยนอาโนดจากการใช้แผ่นทองแดงกรดหรือฟอสฟอไรซ์คอปเปอร์มาเป็นแผ่นทองแดงธรรมดา ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.5 จากผลการทดลองพบว่าที่ 27°C เวลา 10 นาที เมื่อใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1.5 A/dm^2 นั้น ชิ้นงานที่ทำการชุบในตอนแรก ๆ จะมีผิวเคลือบดังเดิม แต่เมื่อทำการชุบต่อไปเรื่อย ๆ ประมาณชิ้นงานที่ 13 จะทำให้ผิวเคลือบมีลักษณะหยาบขึ้น และจะหยาบขึ้นอีกเมื่อทำการชุบต่อไปซึ่งต่างจากการใช้ฟอสฟอไรซ์คอปเปอร์เป็นอาโนด สาเหตุที่ทำให้ผิวชุบหยาบขึ้น อาจเกิดขึ้นเนื่องจากอัตราการละลายของอาโนดเร็วเกินไป นั่นคือประสิทธิ์ภาพของอาโนดสูงกว่าคาโธดมาก จึงทำให้มีทองแดงอิออนในสารละลายมากเกินไปเป็นผลให้ผิวหยาบขึ้น และจากการทดลองพบว่าในการชุบที่ภาวะดังกล่าวนี้เมื่อชุบนาน ๆ ไปจะเกิดผงทองแดงลอยอยู่บนผิวหน้าของสารละลาย และค่อย ๆ ตกตะกอนไป ผงทองแดงนี้อาจเกิดจากการหลุดลอกของผิวเคลือบบางส่วนขณะชุบหรือเกิดจากการละลายของอาโนด ซึ่งผงทองแดงนี้ก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผิวชุบหยาบขึ้น ดังนั้นในการชุบทองแดงกรดจึงไม่ควรใช้อาโนดเป็นแผ่นทองแดงบริสุทธิ์ โดยต้องใช้ฟอสฟอไรซ์คอปเปอร์ซึ่งเป็นโลหะผสมของทองแดงกับฟอสฟอรัสที่มีอัตราการละลายต่ำมากในสารละลายนี้จึงไม่ทำให้ผิวเคลือบหยาบขึ้นเมื่อชุบไปนาน ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตารางที่ 3.4</u> **ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มีต่อการชุบเคลือบทองแดงกรดแบบสไตร์คบนชิ้นงานพลาสติกชนิด PE. ที่ 27°C เวลา 10 นาที, pH = 1 อาโนดเป็นฟอสฟอไรซ์คอปเปอร์**

ชิ้นงาน	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า A/dm^2	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
1	0.5	ผิวติดดีบางส่วน ผิวที่ติดเรียบละเอียด
2	1.0	ผิวติดบางเกือบหมด ผิวเรียบละเอียด
3	1.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวที่ติดเรียบละเอียด
4	2.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวที่ติดเรียบละเอียด
5	2.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวที่ติดเรียบละเอียด
6	3.0	ผิวติดดีทุกส่วน เกิดรอยไหม้บริเวณที่รับกระแสไฟฟ้าสูงแล้วหลุดลอก
7	3.5	ผิวที่เคลือบไหม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.15 **ผิวเคลือบทองแดงกรดแบบสไตร์ค**

ชิ้นงานที่ 1, 2 แสดงการใช้ลวดทองแดงเปลือยในการพันชิ้นงานและแสดงรอยไหม้บริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าสูง และการหลุดลอกของผิว

ชิ้นงานที่ 3, 4 ลักษณะของผิวเคลือบที่หลุดลอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตารางที่ 3.5</u> ผลการชุบเคลือบทองแดงกรดแบบสไตร์คบนชิ้นงานพลาสติกชนิด PE. ที่ 27°C ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1.5 A/dm^2 เวลา 10 นาที pH = 1 เมื่อใช้ตัวล่อเป็นแผ่นทองแดงธรรมดาเปรียบเทียบกับการใช้ฟอสฟอ-ไรซ์คอปเปอร์

ชิ้นงาน	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้	
	ทองแดงธรรมดา	ฟอสฟอไรซ์คอปเปอร์
1-3	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด
4-6	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด
7-9	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด
10-12	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด
13-15	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวหยาบเล็กน้อย	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด
16-19	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวหยาบเล็กน้อย	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบละเอียด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.8 <u>การชุบทองแดงกรดแบบเงา</u>

การชุบทองแดงกรดแบบเงา มีจุดประสงค์ที่จะให้ชิ้นงานมีความเงางามก่อนที่จะนำไปชุบนิเกิลเงา เนื่องจากการชุบนิเกิลเงานั้นถ้าชิ้นงานที่นำมาชุบไม่มีความเงางาม ผิวนิเกิลที่ชุบเคลือบก็จะไม่เงาด้วย นอกจากนั้นการชุบทองแดงกรดแบบเงายังช่วยให้ผิวชิ้นงานมีความหนาและแข็งขึ้นด้วย

ในการทดลองนี้ ได้ทำการทดลองชุบเคลือบทองแดงกรดแบบเงา จากสารละลายชุบที่ต่างกัน 2 สูตรคือ แบบที่ใช้น้ำยาเงาสำเร็จรูปกับแบบที่ไม่ใช้น้ำยาเงาสำเร็จรูปซึ่งมีราคาถูกกว่า

ผลการทดลองชุบเคลือบทองแดงเงา ด้วยการใช้สารละลายชุบเคลือบในสูตรที่ 1 Cu-UBAC ซึ่งใช้น้ำยาเงาสำเร็จรูป โดยกำหนดเงื่อนไขการชุบเคลือบดังนี้ เวลาชุบ 20 นาที ที่ 26°C pH = 1.5 กวนน้ำยาขณะทำการชุบ ทดลองหาความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมในการชุบเคลือบชิ้นงานพลาสติกชนิด PE. ที่ผ่านการชุบรองพื้นด้วยทองแดงกรดแบบสไตร์ค ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.6 พบว่าถ้าใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำกว่า 3.0A/dm^2 ผิวชุบจะด้านไม่เงางาม ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมในภาวะเงื่อนไขที่กำหนดนี้อยู่ในช่วง 4.5-5.0 A/dm^2 ถ้าใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูงกว่านี้ผิวชุบจะหยาบ ความเงางามจะลดลงและเกิดรอยไหม้บริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าสูง

ผลการทดลองต่อไปจากการเปลี่ยน pH ของน้ำยาชุบให้ต่ำลงด้วยการเติมกรดกำมะถันลงไปอีก 10 ml/l วัด pH ได้ 0.8 เมื่อทำการชุบที่ 26°C เวลาชุบ 20 นาที ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 5.0 A/dm^2 และกวนน้ำยาขณะชุบปรากฏว่าผิวชุบจะหยาบ มีความเงางามน้อย ผิวด้าน และมีรอยไหม้เล็กน้อยบริเวณที่รับกระแสไฟฟ้าสูงซึ่งคงมีสาเหตุจากการที่น้ำยาชุบมีความสามารถในการนำไฟฟ้าสูงกว่าเดิม

ในการศึกษาทดลองในน้ำยาชุบสูตรนี้ ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของการกวนน้ำยาชุบโดยได้ทำการชุบที่ 26°C pH = 1.5 เวลา 20 นาที และใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 5.0 A/dm^2 ปรากฏว่าเมื่อไม่กวนน้ำยาขณะทำการชุบความเงาของผิวเคลือบจะลดลง และเมื่อเพิ่มเวลาชุบเป็น 30 นาที ความเงาของผิวจะเพิ่มขึ้น แสดงว่าการกวนน้ำยาขณะชุบนอกจากจะทำให้สารละลายมีความเข้มข้นเท่ากันตลอดแล้วยังช่วยทำให้เวลาในการชุบสั้นลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตารางที่ 3.6</u> ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มีต่อลักษณะผิวเคลือบทองแดงกรดแบบเงา สูตรน้ำยาชุบที่ 1 Cu-UBAC บนชิ้นงานพลาสติกชนิด PE. ที่ 26°C pH = 1.5 เวลาชุบ 20 นาที กวนน้ำยาขณะทำการชุบอาโนดเป็นฟอสฟอไรซ์คอปเปอร์

ชิ้นงาน	ความหนาแน่นกระแส A/dm^2	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
1	2.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้านบริเวณที่รับกระแสไฟฟ้าต่ำ
2	3.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้านบริเวณที่ได้รับกระแสต่ำ
3	3.5	ผิวติดดีทุกส่วน บริเวณขอบชิ้นงานจะเงางาม
4	4.0	ผิวติดดีทุกส่วน บริเวณขอบชิ้นงานจะเงางาม
5	4.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบเงางาม
6	5.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเรียบเงางาม
7	5.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงางามผิวค่อนข้างหยาบ
8	6.0	ผิวติดดีทุกส่วน มีรอยไหม้บริเวณที่รับกระแสสูง ผิวหยาบ
9	6.5	ผิวติดบางส่วน ผิวหยาบความเงาลดลง มีรอยไหม้ในบริเวณที่รับกระแสไฟฟ้าสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลองชุบเคลือบทองแดงเงา ด้วยการใช้สารละลายชุบเคลือบในสูตรที่ 2 Cu-T ซึ่งไม่ใช้น้ำยาเงาสำเร็จรูป แต่ใช้ไธโอยูเรีย (Thiourea, N_2H_4CS) เป็นสารเพิ่มความเงา ทำการทดลองชุบเคลือบที่ 26°C pH = 1.3 เวลาชุบ 20 นาที เพื่อหาความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.7 พบว่าจากเงื่อนไขที่กำหนดผลของการชุบยังไม่ได้ชิ้นงานที่เงางามทั้งชิ้นงาน เมื่อพิจารณาความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ทำให้ชิ้นงานมีความเงาขึ้นมาแต่ยังไม่ทั่วทั้งชิ้นงาน จะอยู่ในช่วง 5.0-6.5 A/dm^2 ดังนั้น จึงได้เลือกใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 6.0 A/dm^2 ทำการชุบชิ้นงานที่ 6, 7 และ 8 ต่อไปอีก ปรากฏว่าต้องใช้เวลาในการชุบถึง 50-60 นาที จึงจะทำให้ชิ้นงานเงางามทั่วทั้งแผ่น และเมื่อเปรียบเทียบความเงางามของชิ้นงานจากสูตรที่ 2 นี้กับสูตรที่ 1 พบว่ามีความเงางามน้อยกว่า และมีความเงางามไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น อย่างไรก็ตามสำหรับชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก ถ้าชุบเคลือบโดยน้ำยาสูตรนี้จะสังเกตความแตกต่างของความเงาว่าไม่สม่ำเสมอได้ไม่ชัดเจนนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตารางที่ 3.7</u> ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มีต่อลักษณะผิวเคลือบทองแดงกรดแบบเงา สูตรน้ำยาชุบที่ 2 Cu-T บนชิ้นงานพลาสติกชนิด PE. ที่ 26°C pH = 1.3 เวลาชุบ 20 นาที กวนน้ำยาขณะทำการชุบ

ชิ้นงาน	ความหนาแน่นกระแส A/dm^2	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
1	3.0	ผิวติดบางส่วน ผิวด้านไม่เงา
2	3.5	ผิวติดบางส่วน ผิวด้านไม่เงา
3	4.0	ผิวติดดีเป็นส่วนมาก ผิวด้านไมเงา
4	4.5	ผิวติดดีเป็นส่วนมาก ผิวเงาขึ้นตามขอบชิ้นงาน
5	5.0	ผิวติดดีทุกส่วน บริเวณขอบเงางาม
6	5.5	ผิวติดดีทุกส่วน บริเวณที่เงางามเพิ่มขึ้น
7	6.0	ผิวติดดีทุกส่วน บริเวณที่เงางามเพิ่มขึ้น
8	6.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาไม่ทั่วแผ่น บริเวณที่ได้กระแสไฟฟ้าต่ำยังไม่เงา
9	7.0	ผิวไหม้เป็นส่วนมาก เป็นสีดำคล้ำ
10	7.5	ผิวไหม้เป็นส่วนมาก เป็นสีดำคล้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>รูปที่ 3.16</u> **ลักษณะผิวเคลือบทองแดงกรดแบบเงา**

ชิ้นงานที่ 1 จากการชุบเคลือบด้วยน้ำยาสูตรที่ 1 แสดงลักษณะผิวที่เงา งามแต่ค่อนข้างหยาบ

ชิ้นงานที่ 2 จากการชุบเคลือบด้วยน้ำยาสูตรที่ 1 แสดงลักษณะผิวที่เงา งามและเรียบละเอียด

ชิ้นงานที่ 3 จากการชุบเคลือบด้วยน้ำยาสูตรที่ 2 แสดงลักษณะผิวที่เงา งามไม่ทั่วแผ่น และรอยไหม้บริเวณกระแสสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.9 <u>การชุบนิเกิลเงา</u>

ผลการทดลองชุบเคลือบนิเกิลเงา โดยใช้น้ำยาเงาสำเร็จรูปของ UBAC ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.8 จากผลการทดลองแสดงว่าที่ 60°C เวลาชุบ 15 นาที และ pH ของสารละลายมีค่า 4.5 ต้องใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในช่วง 3.0-4.0 A/dm^2 ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำกว่า 2.0 A/dm^2 ซึ่งการชุบไม่ขึ้นเงาในเวลาที่กำหนด และจากการทดลองเพิ่มเติมโดยการเพิ่มเวลาชุบมากขึ้นจนถึง 40 นาที พบว่าผิวเคลือบหยาบเป็นเม็ดเล็ก ๆ แต่ยังมีความเงาอยู่

ผลจากการชุบเคลือบนิเกิลเงาตามสูตรนี้ เมื่อทำการทดลองชุบโดยการเปลี่ยน pH ของสารละลาย ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.9 จากผลการทดลองแสดงว่าค่า pH ที่เหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนดจะอยู่ในช่วง 3.5-4.5 โดยถ้าค่า pH ต่ำกว่า 3.5 พบว่าการชุบจะมีความเงาน้อยและผิวหยาบ แต่ถ้าค่า pH สูงกว่า 4.5 การชุบจะไม่ขึ้นเงาเช่นกัน ผิวเคลือบหยาบและหลุดลอก

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการชุบนิเกิลเงาตามสูตรนี้ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.10 จากผลการทดลองแสดงว่าตามเงื่อนไขที่กำหนด เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 55°C การชุบจะไม่ขึ้นเงา แต่จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าถ้าใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำลงที่ 2.0 A/dm^2 เมื่อใช้อุณหภูมิ 27°C ผิวเคลือบจะเงาขึ้นกว่าเดิมแสดงว่าถ้าใช้ภาวะการชุบที่อุณหภูมิต่ำต้องใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำลง

ผลจากการเคลือบนิเกิลเงา โดยใช้น้ำยาชุบสูตรที่ 2 ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.11 พบว่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนดจะอยู่ในช่วง 2.0-2.5 A/dm^2 แต่ความเงางามของชิ้นงานน้อยกว่าสูตรที่ 1 การที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าตามสูตรนี้ต่ำกว่าสูตรที่ 1 อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากน้ำยาชุบสูตรนี้มีค่า pH ต่ำกว่าจึงทำให้การนำไฟฟ้าดีขึ้นเป็นผลให้ต้องใช้กระแสไฟฟ้าน้อยลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.17 ผิวเคลือบนิเกิลเงา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตารางที่ 3.8</u> ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มีต่อผิวเคลือบนิเกิล จากการใช้น้ำยาชุบนิเกิลสูตรที่ 1 ที่ 60°C เวลา 15 นาที อาโนดเป็นนิเกิล pH = 4.5 กวนน้ำยาขณะชุบ

ชิ้นงาน	ความหนาแน่นกระแส A/dm^2	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
1	0.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้านไม่เงา
2	1.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้านไม่เงา
3	1.5	ผิวติดดีทุกส่วน เริ่มมีความเงาบริเวณขอบและบริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้ามาก
4	2.0	ผิวติดดีทุกส่วน มีความเงามากขึ้น ผิวละเอียด
5	2.5	ผิวติดดีทุกส่วน มีความเงามากขึ้น ผิวละเอียด
6	3.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงางาม ผิวเรียบ
7	3.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงางาม ผิวเรียบ
8	4.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงางาม ผิวเรียบ
9	4.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงางาม ผิวหยาบขรุขระ
10	5.0	ผิวที่เคลือบไหม้และหยาบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตารางที่ 3.9</u> ผลของ pH ที่มีต่อผิวเคลือบนิเกิล จากการใช้น้ำยาชุบนิเกิลสูตรที่ 1 ที่ 60°C เวลา 15 นาที อาโนดเป็นนิเกิลกวนน้ำยาขณะชุบ

pH	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
2.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้านมาก ผิวหยาบขรุขระ
2.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวไม่ขึ้นเงา ผิวหยาบ
3.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาขึ้น ผิวเรียบขึ้น
3.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาเล็กน้อย ผิวเรียบ
4.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงา ผิวเรียบละเอียด
4.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงา ผิวเรียบละเอียด
5.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวค่อนข้างหยาบ ผิวเงา
5.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวหยาบขรุขระ ความเงาลดลง
6.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวหยาบขรุขระ และผิวหลุดลอกบางส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.10 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อลักษณะผิวเคลือบนิเกิล จากการใช้สารละลายชุบนิเกิลสูตรที่ 1 ที่ pH = 4.5 เวลา 15 นาที กวนน้ำยาขณะชุบ ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 4.0 A/dm^2

อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
27	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้านไม่เงา
35	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้านไม่เงา
40	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาขึ้นเล็กน้อย
45	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาขึ้นกว่าเดิม
50	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาขึ้นแต่ไม่ทั่วทั้งแผ่น
55	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาขึ้นมากทั่วทั้งแผ่น
60	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงางาม

หมายเหตุ อุณหภูมิห้อง = 27°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.11 ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มีต่อผิวเคลือบนิเกิล จากการใช้น้ำยาชุบนิเกิลสูตรที่ 2 ที่ 60°C เวลา 15 นาที pH = 4.1 ตัวล่อนิเกิลกวยน้ำยาชุบ

ชิ้นงาน	ความหนาแน่นกระแส A/dm^2	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
1	0.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้าน ผิวเรียบ
2	1.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวด้าน ผิวเรียบ
3	1.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาเล็กน้อย
4	2.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาและเรียบ
5	2.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงาและเรียบ
6	3.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงา ผิวเริ่มหยาบ
7	3.5	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงา ผิวหยาบเล็กน้อย
8	4.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวเงา ผิวหยาบเล็กน้อย
9	5.0	ผิวติดดีทุกส่วน ผิวหยาบ เกิดรอยไหม้

3.10 <u>การชุบทอง</u>

การชุบทองเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการชุบเคลือบโลหะบนพลาสติกจะทำการชุบทองหลังจากชุบนิเกิลเงาแล้ว มักจะไม่นิยมชุบทองหลังการชุบเคลือบด้วยทองแดงกรดแบบเงา เพราะจะทำให้สีทองเป็นสีทองอมแดง

ผลการทดลองชุบเคลือบทองบนชิ้นงานพลาสติกชนิด PE. ที่ 60°C เวลา 3 นาที ตัวล่อทอง แสดงในตารางที่ 3.12 พบว่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนดคือ 0.5-1.0 A/dm^2 ถ้าหากว่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูงกว่านี้จะทำให้สีทอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เข้มและมีรอยไหม้บริเวณที่ได้รับความหนาแน่นของกระแสสูง นอกจากนั้นยังพบว่าทำให้การเคลือบเกิดขึ้นเร็ว (สังเกตจากก๊าซที่เกิดขึ้น) ทำให้สูญเสียทองเกินความจำเป็น

ผลของการทดลองหาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการชุบทอง โดยกำหนดความหนาแน่นกรแสไฟฟ้า 1.0 A/dm^2 ที่ 60°C, pH = 11 และใช้ตัวล่อเป็นทอง แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.13 พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 55-60°C ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ จะสังเกตได้ว่าอัตราการชุบเกิดช้ามากและได้สีทองจาง ๆ แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่า 60°C จะทำให้ผิวเคลือบแตกและหลุดลอก

ผลของการทดลองชุบทองโดยการเปลี่ยน Anode จากแผ่นทองคำเป็นสเตนเลสที่ 60°C ความหนาแน่นกระแส 1.0 A/dm^2 พบว่าผิวเคลือบมีลักษณะเหมือนการทดลองชุบเคลือบที่ใช้แผ่นทองคำเป็น Anode ที่ภาวะเดียวกันแสดงว่าการเปลี่ยน Anode ไม่มีผลต่อผิวเคลือบ

<u>ตารางที่ 3.12</u> ลักษณะผิวเคลือบทองบนชิ้นงานพลาสติกชนิด PE. ที่ 60°C เวลาชุบ 3 นาที ตัวล่อทอง, pH = 11

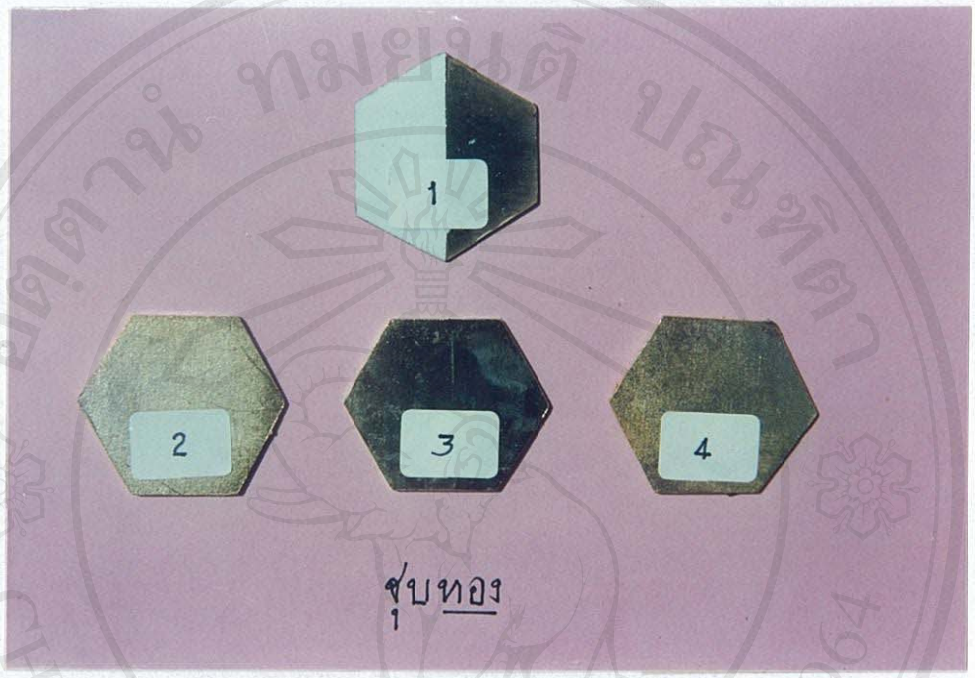
ชิ้นงาน	ความหนาแน่นกระแส A/dm^2	ลักษณะผิวเคลือบที่สังเกตได้
1	0.5	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองเงางาม
2	1.0	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองเงางาม
3	1.5	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองเข้ม
4	2.5	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองเข้ม มีรอยไหม้บริเวณที่ได้รับกระแสสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตารางที่ 3.13</u> ผลของอุณหภูมิที่มีต่อผิวเคลือบทองที่ความหนาแน่นกระแส 1.0 A/dm^2 pH = 11 เวลาชุบ 3 นาที อาโนดเป็นทองคำ

ชิ้นงาน	อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะผิวเคลือบ
1	30	ผิวติดดีบางส่วน สีทองจาง
2	35	ผิวติดดีบางส่วน สีทองจาง ๆ
3	40	ผิวติดดีบางส่วน สีทองเหลือง ๆ
4	45	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองหมอง ๆ
5	50	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองไม่ขึ้นเงา
6	55	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองเงา
7	60	ผิวติดดีทุกส่วน สีทองเงา
8	65	ผิวหลุดลอก สีทองเข้ม
9	70	ผิวหลุดลอก สีทองเข้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.18 ผิวชุบเคลือบทอง

ชิ้นงานที่ 1 แสดงผิวเคลือบทองและผิวพลาสติกเดิมซึ่งเป็นชนิด P.E.

ชิ้นงานที่ 2 แสดงผิวเคลือบทองแวววาว

ชิ้นงานที่ 3 แสดงรอยไหม้บนผิวเคลือบ บริเวณที่พันชิ้นงาน

ชิ้นงานที่ 4 แสดงผิวเคลือบทองสีเข้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved