สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์สารเติมแต่งในกระบวนการชุบโลหะ

นายวัชระ นิลสกุล

นายวีรวัฒน์ รัตนะโชติวงศ์

นายสุรเดช ตระกูลสุจริตโชค

ปพ.
ว3827ก
2535

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

.6195319 73

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis of Chemical Additive in Electroplatating Process

Mr. Watchara Nilsakul

Mr. Verawat Rattanachotwong

Mr. Suradate Trakulsujarischot

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirements for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การวิเคราะห์สารเติมแต่งในกระบวนการชุบโลหะ
โดย	นายวัชระ นิลสกุล
	นายวีรวัฒน์ รัตนะโชติวงศ์
	นายสุรเดช ตระกูลสุจริตโชค
ภาควิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์
	ดร.ศักดา ไตรศักดิ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

---------- หัวหน้าภาค

(ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์)

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงาน

---------- ประธานกรรมการ

(ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

---------- กรรมการ

(ผศ.ดร.สุนิตย์ สุขสำราญ)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การวิเคราะห์สารเติมแต่งในขบวนการชุบ	
โดย	นายวัชระ	นิลสกุล
	นายวีรวัฒน์	รัตนโชติวงศ์
	นายสุรเดช	ตระกูลสุจริตโชค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ธีรวัฒน์	มงคลอัศวรัตน์
	ดร.ศักดา	ไตรศักดิ์

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะ น้ำยาที่ใช้เติมแต่งในการชุบต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้ต้นทุนในการชุบค่อนข้างสูง โครงงานพิเศษนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะเตรียมน้ำยาชุบขึ้นเอง โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์ตรวจสอบหาชนิด และปริมาณของอนุภาคในน้ำยาชุบ ส่วนที่สองเป็นการศึกษาการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยชุบชิ้นงานที่เป็นเหรียญ และแผ่นทองเหลือง เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่าง น้ำยาชุบที่สั่งซื้อกับน้ำยาที่เตรียมขึ้นเอง จากผลการทดลองพบว่า น้ำยาชุบนิกเกิล และทองที่เตรียมขึ้น มีประสิทธิภาพโดยทั่วๆไปใกล้เคียงกับน้ำยาที่สั่งซื้อ ในกรณีของน้ำยาชุบทองแดงผลที่ได้นั้นยังไม่ดีพอ เนื่องจากยังหาสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Analysis of Chemical Additives in Electroplating Process
Name	Mr. Watchara Nilsakul
	Mr. Verawat Rattanachotwong
	Mr. Suradate Trakulsujarischot
Special Project Adviser	Dr. Theeravat Mongkolaussavaratana
	Dr. Sakda Trisak
Department	Chemistry
Academic Year	1992

ABSTRACT

As the chemical additives in electroplating have been imported from oversea, the cost of electroplating process is high. This special project has involved the analysis of chemical additives which devided into 2 parts. Part I covers the qualitative and quantitative analysis and part II covers the study of the preparation and use of electroplating solution.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์ และดร.ศักดา ไตรศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษาตลอดจนตรวจแก้ไข และสอบโครงงานพิเศษฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณ ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และผศ.ดร.สุนิตย์ สุขสำราญ กรรมการตรวจ และสอบ ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขให้โครงงานพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการพิมพ์ และเอื้อเฟื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการพิมพ์โครงงานพิเศษฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัว รวมทั้งเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจตลอดมา

วัชระ นิลสกุล

วีรวัฒน์ รัตนะโชติวงศ์

สุรเดช ตระกูลสุจริตโชค

16 มีนาคม 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย---------- ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ---------- ข

กิตติกรรมประกาศ---------- ค

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ประวัติการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง---------- 1

1.2 ประวัติการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิล---------- 2

1.3 ประวัติการชุบเคลือบผิวด้วยทองคำ---------- 2

บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า---------- 4

2.2 การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงโดยใช้กระแสไฟฟ้า---------- 18

2.3 การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลโดยใช้กระแสไฟฟ้า---------- 25

2.4 การชุบเคลือบผิวด้วยทองคำโดยใช้กระแสไฟฟ้า---------- 31

2.5 ฮัลล์เซลล์---------- 39

บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินการ

3.1 การวิเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบทองแดง---------- 43
นิกเกิล และทองคำ

3.2 การเตรียมน้ำยาชุบทองแดง นิกเกิล และทองคำ---------- 49

3.3 การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า---------- 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบ---------- 57

4.2 ผลการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะโดยใช้กระแสไฟฟ้า---------- 64

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ---------- 68

เอกสารอ้างอิง---------- 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงการเปลี่ยนสีของผิวชิ้นงานที่ชุบด้วยโลหะผสมของทองแบบต่าง ๆ	36
4.1	แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ	57
4.2	แสดงผลการสังเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบโดยวิธีวิเคราะห์แคท-แอนไอออน	58
4.3	แสดงผลที่สรุปได้จากการวิเคราะห์ แคท-แอนไอออน และการวิเคราะห์โดยเครื่อง X-Ray Fluorescent	60
4.4	แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer	61
4.5	แสดงปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการผสมน้ำยาเงา	62
4.6	แสดงผลการชุบทองสภาวะกรด โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำยาเงาที่ซื้อมากับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้น	64
4.7	แสดงผลการชุบนิกเกิลเงา โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำยาที่เราซื้อมากับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้น (ผ่านการชุบรองพื้นด้วยทองแดง)	65
4.8	แสดงผลการชุบทองด่างสภาวะกรด โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำยาที่ซื้อมากับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้น (ผ่านการชุบรองพื้นด้วย ทองแดง นิกเกิล)	66
4.9	แสดงผลการชุบทองด่างสภาวะกลาง โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำยาที่ซื้อมากับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้น (ผ่านการชุบรองพื้นด้วย ทองแดง นิกเกิล)	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะการเข้าเกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบของไอออนบวกที่เป็นเกลือแบบธรรมดา	11
2.2	การกระจายของกระแสไฟฟ้า	14
2.3	แสงสะท้อนบนวัตถุ	16
2.4	การสะท้อนแสงบนผิวเรียบ	16
2.5	การสะท้อนแสงบนผิวขรุขระ	17
2.6	ปริมาณของกรดซัลฟิวริกที่มีผลต่อการละลายของคอปเปอร์ซัลเฟต	23
2.7	แสดงขนาดของด้านต่าง ๆของฮัลล์เซลล์	40
2.8	แสดงขนาดต่าง ๆ บนแผ่นโลหะที่ใช้เป็นขั้วแคโทดในฮัลล์เซลล์ที่บรรจุน้ำยาชุบขนาด 267 มิลลิเมตร	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันน้ำยาชุบโลหะที่ใช้ในอุตสาหกรรมการชุบเคลือบผิว ในประเทศไทย ไม่สามารถผลิตสารเติมแต่งในน้ำยาชุบได้ ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และไม่ทราบสาเหตุเมื่อชิ้นงานที่ชุบมีปัญหา จึงทำการวิเคราะห์สารเติมแต่งในกระบวนการชุบทองแดง นิกเกิล และทองคำ เพื่อที่จะเตรียมน้ำยาชุบขึ้นเอง และศึกษาการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

การชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดความเงางาม ต้องปรับผิวของชิ้นงานก่อนโดยการชุบรองพื้น ซึ่งโลหะที่นิยมใช้ในการชุบรองพื้น ได้แก่ ทองแดง และนิกเกิล

1.1 การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง[4),(5)]

การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงใช้เพื่อชุบรองพื้น หรือชุบผิวชั้นแรกของชิ้นงาน ก่อนที่จะนำไปชุบผิวด้วยโลหะอื่นๆ เพราะทองแดงที่เคลือบอยู่จะช่วยป้องกันออกซิเจนในอากาศ และทองแดงยังเป็นโลหะที่มีแรงยึดเหนี่ยวกับโลหะอื่นๆได้ดี น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงมี 2 แบบคือ น้ำยาชุบทองแดงในสภาวะกรด และสภาวะด่าง การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะกรดเริ่มในปี ค.ศ.1810 โดย Bssemer ต่อมาในปี ค.ศ.1840 ได้มีการชุบเพื่อการค้า และมีการพัฒนาสภาวะที่ใช้ในการชุบ เพื่อการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ในปี ค.ศ.1940 มีการพัฒนาการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะกรด โดยใช้น้ำยาชุบชนิดเกลือซัลเฟต และน้ำยาชุบชนิดเกลือฟลูออบอเรต แต่ปัจจุบันนิยมใช้น้ำยาชุบชนิดเกลือซัลเฟต เนื่องจากควบคุมน้ำยาง่าย ต้นทุนต่ำ และเมื่อชุบแล้วเงางามมาก การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะด่างเริ่มขึ้นในปี ค.ศ.1934 โดย Castell และมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุบในทางการค้าเมื่อปี ค.ศ.1938 การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะด่าง เป็นการชุบรองพื้นก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะกรด และนิกเกิลเงา

1.2 การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิล[4],[5]

นิกเกิลเป็นโลหะสีเงินซึ่งมีความหนาแน่นในสภาพเป็นแท่งเท่ากับ 8.9 และในสภาพที่นำไปชุบเท่ากับ 8.0-8.5 มีวาเลนซี่ 2 หรือ 3 แต่นิกเกิลที่ใช้จะมีวาเลนซี่ 2 โลหะนิกเกิลเป็นโลหะที่ทนทานต่อการสึกกร่อน มีแรงต้านทานไฟฟ้าประมาณ 5 เท่าของทองแดง นิยมใช้ชุบเคลือบผิวในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นโลหะ เนื่องจากการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลเป็นการป้องกันรักษาเนื้อโลหะเดิมไม่ให้มีการสึกกร่อน หรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลเริ่มขึ้น โดย R.Boettger ในปี ค.ศ.1843 ซึ่งใช้น้ำยาชนิดเกลือซัลเฟต ต่อมาในปี ค.ศ.1849 ได้มีการชุบเพื่อการค้าโดย Roseleur และในปีค.ศ.1913 Watt ได้คิดค้นการชุบเคลือบผิวโลหะ โคบอลท์ และนิกเกิล ด้วยกระแสไฟฟ้า โดยมีการเติมสารเคมีลงไปในถังชุบเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นในปี ค.ศ.1915 Blum กับ Kasper ได้คิดค้นน้ำยาชุบชนิดเกลือคลอไรด์ และต่อมา Pinner กับ Kinnaman ได้เตรียมน้ำยาชุบที่ผสมกันระหว่างเกลือคลอไรด์ กับเกลือซัลเฟต ซึ่งจะให้ค่าการนำไฟฟ้า และประสิทธิภาพของขั้วบวกกับขั้วลบสูงเหมาะที่จะใช้ในทางอุตสาหกรรม

1.3 การชุบทองคำ[4],[5]

ทองคำเป็นโลหะที่มีค่า และเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี นิยมใช้ทำเครื่องประดับ และใช้ในอุตสาหกรรมบางชนิด เช่นใช้ชุบบนชิ้นงานของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ต่อมาน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำได้ถูกปรับปรุงเพื่อให้มีความคงทน โดยการผสมโลหะบางชนิดลงในน้ำยา ผิวที่ชุบได้จะอยู่ในรูปของ ทองคำผสม (gold alloy) ที่มีความแข็งกว่าเนื้อทองคำธรรมดา การชุบเคลือบผิวด้วยทองคำ เริ่มทำเป็นการค้าในปี ค.ศ.1840 โดยใช้น้ำยาชุบชนิดอัลคาไลน์ไซยาไนด์(alkaline cyanide gold bath) ซึ่งน้ำยาชุบชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีทั้งชนิดที่ชุบแล้วได้ทองคำบริสุทธิ์ และทองผสม ต่อมา Volk และSpreter คิดค้นน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะที่เป็นกลาง เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างชิ้นงาน กับสารละลายชุบที่เป็นด่าง Rinkerได้พัฒนาการชุบเคลือบผิวด้วยทองคำโดยใช้น้ำยาชุบในสภาวะกรด(acid gold bath) ทำให้ผิวที่ได้มีความแข็งแรง และเงางาม ยังมีน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำอีกแบบหนึ่ง คือน้ำยาชุบชนิดไม่มีไซยาไนด์ (non-cyanide gold bath)แต่น้ำยาชุบประเภทนี้ไม่นิยมใช้ เพราะเกลือทองที่ใช้เป็นประเภททองซัลไฟท์(gold sulphite) ซึ่งจะทำให้ผิวที่ชุบไม่ทนทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการชุบโลหะโดยใช้กระแสไฟฟ้า[2],[3]

การชุบโลหะโดยใช้ไฟฟ้า อาศัยหลักการที่ว่า กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี นั่นคือ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ไอออนบวกหรือแคทไอออนเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบหรือแคโทด ส่วนไอออนลบหรือแอนไอออนเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกหรือแอโนด ขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ในสารละลายนั้นไม่สามารถสังเกตเห็นปฏิกิริยาใดๆ ที่เกิดขึ้นในสารละลาย แต่สามารถสังเกตเห็นปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ขั้วลบและขั้วบวก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสอง สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

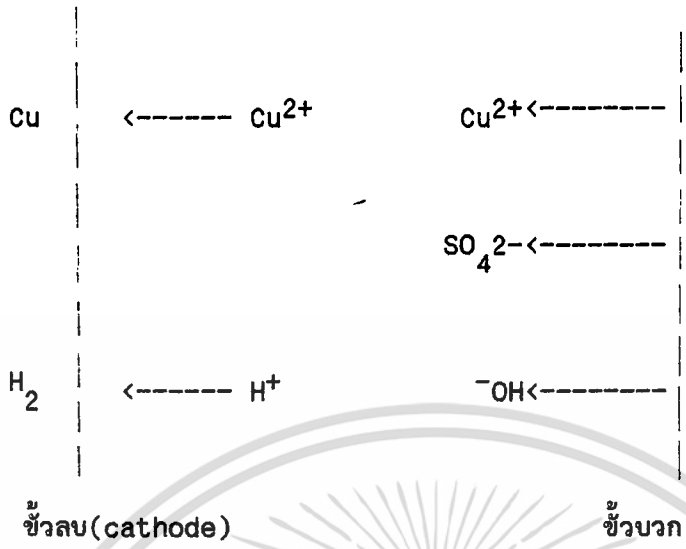
ที่ขั้วบวก $\quad M \longrightarrow M^{+n} + n\,e^{-}$

ที่ขั้วลบ $\quad M^{+n} + n\,e^{-} \longrightarrow M$

เมื่อ M^{+n} คือแคทไอออน

ตัวอย่างเช่น เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลายของคอปเปอร์ซัลเฟตอนุภาคทองแดง (Cu^{2+}) ที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก เคลื่อนที่ไปยังขั้วลบ เกิดการเกาะติดของโลหะทองแดงที่ผิวของขั้ว ส่วนอนุภาคซัลเฟต(SO_4^{2-}) ที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวก(แท่งทองแดง) แล้วทำปฏิกิริยากับทองแดงเกิดเป็นคอปเปอร์ซัลเฟต แทนที่คอปเปอร์ซัลเฟตที่มีในสารละลาย คอปเปอร์ซัลเฟตที่เกิดขึ้นแตกตัวเป็นอนุภาคทองแดงและอนุภาคซัลเฟต แล้วเกิดขึ้นในลักษณะเดิม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดเวลาที่ให้กระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.1.1 กฎของฟาราเดย์

ไมเคิล ฟาราเดย์ ได้ตั้งกฎสำคัญ 2 ข้อ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะ หรือสารอื่นที่เกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้า กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์ดังนี้

กฎข้อที่ 1 "ปริมาณสารที่สลายตัว หรือที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลายเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไฟฟ้านั้น" จากกฎนี้สามารถแสดงอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$W = Ke \times q = Ke \times It = (AIt)/96500\ Z$$

เมื่อ W = ปริมาณสารที่สลายตัว หรือเกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้า
= น้ำหนักของโลหะที่เข้ามาเกาะที่แคโทด

Ke = สมมูลเคมีไฟฟ้า

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

q = ปริมาณกระแสไฟฟ้า (คูลอมบ์)

t = ระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน(วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A = น้ำหนักอะตอม

Z = จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดการแลกเปลี่ยน

จากกฎข้อนี้ ถ้าต้องการชุบเคลือบผิวโลหะให้มีความหนาจำนวนหนึ่ง อาจทำได้ 2 วิธี

ก. ให้กระแสไฟฟ้าน้อยๆ แล้วใช้เวลาในการชุบนานๆ

ข. ให้กระแสไฟฟ้ามากๆ แล้วใช้เวลาในการชุบสั้น

กฎข้อที่ 2 "เมื่อผ่านปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เท่าๆกัน สู่สารละลายต่างชนิดกัน ปริมาณสารที่เกิดขึ้น มีค่ากรัมสมมูลเคมีเท่ากัน"

จากกฎข้อที่ 2 จะได้ว่า

$$(W_1) / (W_2) = e_1 / e_2$$

เมื่อ e_1 , e_2 = สมมูลเคมีของสารชนิดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

W_1 , W_2 = น้ำหนักของสารที่เกิดขึ้น ในสารละลายชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 ตามลำดับ

จากกฎข้อที่ 2 ทำให้สามารถแยกสารแต่ละชนิดออกมาได้ ทั้งนี้เพราะสารแต่ละชนิดมีสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

$$Ke = A / (96500\ Z) \quad ; e = A / Z$$

หมายเหตุ สมมูลเคมี หมายถึง จำนวนที่บ่งถึงหน่วยน้ำหนักของสารนั้น ซึ่งทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1 หน่วยน้ำหนักอย่างเดียวกันของไฮโดรเจน หรือ 8 หน่วยเดียวกันของออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 <u>ประสิทธิภาพของขั้วไฟฟ้า</u>

ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าจำนวนหนึ่งลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะได้ปริมาณสารที่เกิดขึ้นตามกฎฟาราเดย์ แต่ในการทดลองส่วนมากพบว่า ปริมาณสารที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ ทั้งนี้เกิดเนื่องจาก กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลายนั้น ไม่ได้ใช้ในการแยกสลายไอออนของสารที่ต้องการเพียงอย่างเดียว แต่จะใช้ไปในการแยกสลายไอออนของสารละลายอื่นอีกด้วย เช่น ไฮโดรเจนไอออน เป็นต้น

ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า ในจำนวนที่ถูกต้องขึ้น โดยประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า เป็นปริมาณไฟฟ้าที่แยกสลายไอออนที่เราสนใจ เมื่อเทียบกับปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการแยกสลายไอออนทั้งหมดในสารละลาย ซึ่งสามารถคำนวณเปอร์เซนต์ประสิทธิภาพไฟฟ้า ได้จากสูตร

$$Be = 100 \ (q_1) \ / \ (E_{q1})$$

เมื่อ Be = ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า

q_1 = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกสลายไอออนที่สนใจ

E_{q1} = ประมาณไฟฟ้าที่ใช้แยกสลายไอออนทั้งหมด

ส่วนในการหาประสิทธิภาพของขั้วไฟฟ้านั้น หาได้จากการเอาน้ำหนักของสารที่เกิดขึ้นหรือสลายไปที่ขั้วไฟฟ้า เปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ควรไปเกาะ หรือสลายตามทฤษฎีตามกฎของฟาราเดย์ ตัวอย่างเช่น ในการชุบโครเมียม ถ้าใช้ปริมาณไฟฟ้า 1 ฟาราเดย์ไหลผ่านสารละลาย ตามทฤษฎีโลหะโครเมียมควรมาเกาะที่ขั้วแคโทด 8.8667 กรัม แต่จากการทดลองพบว่ามีโลหะโครเมียมเกิดขึ้นเพียง 1.646 กรัมเท่านั้น

ดังนั้น ประสิทธิภาพของแคโทด = 100 x 1.646 / 8.667

= 19 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ ปริมาณไฟฟ้า 1 ฟาราเดย์ ที่ไหลผ่านสารละลายโครเมียมจะมีปริมาณไฟฟ้า 19 % เท่านั้น ที่ใช้ในการแยกสลายโครเมียมไอออน ออกเป็นโลหะ ส่วนอีก 81% จะใช้ในการแยกสลายไฮโดรเจนไอออน หรือไอออนอื่นๆ ในทำนองเดียวกันที่แอโนด ปริมาณไฟฟ้าไม่ได้ใช้ไปในการละลายแอโนดเพียงอย่างเดียว แต่ต้องสูญเสียไปกับสิ่งอื่นๆ อีก เช่น ต้องผ่านความต้านทานที่เกิดขึ้นที่แอโนด ซึ่งอาจคำนวณโดยวิธีเดียวกันกับวิธีหาประสิทธิภาพของแอโนด

ในการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะที่ให้ประสิทธิภาพดีนั้น อัตราการเกาะที่แคโทดกับการละลายของแอโนดในสารละลายที่ใช้ชุบ ควรมีอัตราเร็วที่เท่าๆกัน แต่โดยปกติจะไม่เกิดลักษณะเช่นนี้ ดังนั้น จึงต้องมีการเติมสารอื่นๆ ที่ทำหน้าที่รักษาให้สารละลายมีสภาพที่เหมาะสมที่สุด หรือรักษาให้มีประสิทธิภาพของแอโนด กับ แคโทด ใกล้เคียงกันมากที่สุด

2.1.3 <u>ลักษณะของสารละลายที่ใช้ในการชุบเคลือบผิวโดยใช้กระแสไฟฟ้า</u>

สารละลายที่ใช้ในการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะ โดยปกติเป็นสารผสมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งสารผสมแต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกันไป โดยทั่วไปแล้ว เรียกสารละลายที่ใช้ในการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะนี้ว่า "น้ำยาชุบโลหะ" (bath) ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำยาชุบโลหะ อาจแบ่งออกได้ ดังนี้

ก. สารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะ เช่นในการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะนิกเกิล ตัวกำเนิดโลหะนิกเกิลที่นิยมใช้กัน คือ นิกเกิลซัลเฟต

ข. สารที่ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าดีขึ้น สารพวกนี้มีสมบัติในด้านการนำไฟฟ้าที่ดีเมื่ออยู่ในสารละลาย โดยสารพวกนี้จะไปลดค่าความต้านทานไฟฟ้าของน้ำยาชุบลง ทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านสารละลายได้สะดวกขึ้น การแยกสลายของไอออนก็มีมากขึ้นด้วย ทำให้อัตราการเกาะของโลหะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สารพวกนี้ได้แก่ กรด หรือต่างชนิดต่าง ๆ เช่น กรดซัลฟิวริก หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. สารที่ควบคุมระดับ pHของน้ำยาชุบ ในน้ำยาชุบถ้ามีสภาพเป็นกรดปริมาณของไฮโดรเจนไอออนมีมากขึ้น ดังนั้น เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำยาชุบ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกสลายไอออนของโลหะน้อยลง เพราะใช้ไปในการแยกสลายไฮโดรเจนไอออนมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพของขั้วบวก และขั้วลบ แตกต่างกันมาก หรือถ้าน้ำยาชุบมีสภาพเป็นด่างมากเกินไป คือ มีไฮดรอกไซด์ไอออนมาก ยังผลให้มีปริมาณของออกซิเจนในน้ำยาชุบมาก เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำยาชุบ ออกซิเจนทำให้ขั้วบวกไม่สามารถละลายออกมา หรืออาจทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ไหลลงสู่น้ำยาชุบ ซึ่งปรากฏการณ์ที่ขั้วบวกไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่าน เรียกว่า "โพลาริตี "(polarity) ตัวอย่างของสารควบคุมระดับความเป็นกรด หรือด่างของน้ำยาชุบ เช่น กรดบอริก ในน้ำยาชุบโลหะนิกเกิล เป็นต้น

ง. สารที่ทำให้เงา (brightener) ในงานชุบเคลือบผิวด้วยโลหะบางชนิดที่ต้องการความเงางาม ดังนั้นในน้ำยาชุบจึงต้องเติมสารที่ทำให้เป็นเงาลงไป เพื่อให้ผิวของชิ้นงานมีลักษณะแวววาวสวยงาม นอกจากนี้น้ำยาเงา ยังเป็นตัวเพิ่มสมบัติอื่น ๆ แก่ผิวของชิ้นงาน เช่น ความแข็ง และยังช่วยลดความเค้นของชิ้นงานลง

เมื่อเติมน้ำยาเงาลงไปในน้ำยาชุบ น้ำยาเงาจะไปเคลือบที่ผิวแคโทดทำให้การโพลาไรส์ลดลง ไอออนโลหะจึงรับอิเล็กตรอนช้าลง และเป็นระเบียบ เกิดนิวเคลียสใหม่ของผลึก ทำให้ได้เกรนที่ละเอียด และจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ระยะห่าง หรือรอยต่อของเกรนสั้นกว่าความยาวคลื่นแสง เกิดการสะท้อนกลับหมดในทิศทางเดียวกัน ทำให้เกิดความเงางาม

ส่วนประกอบของสารที่ทำให้เงา เป็นสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชั่นเป็นพวก C=O, C=C, C=N, N-C=S, N=O, N=N, C-S-H, C=COO-C-C เกาะติดกับวงแหวนอะโรมาติกเป็นส่วนใหญ่ เช่น ซัลโฟนาไมด์ ซัลโฟนีไมด์ กรดเบนซีนซัลโฟนิก(โมโน ไดและ ไตรซัลโฟนิกแอซิก) กรดแนพทาลีนซัลโฟนิก (กรดโมโน ไดและไตรซัลโฟนิก) แอริลซัลโฟน ซัลโฟเนต เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. สารรักษาระดับการเคลือบผิวให้สม่ำเสมอ (leveller) ปกติสารนี้เป็นสารประกอบที่ไม่มีกำมะถัน ที่รู้จักกันดีได้แก่ "คูมาริน"(coumarin) สมบัติของสารพวกนี้จะทำให้ขนาดของโครงผลึก(grain size)เล็กลงกว่าเดิม และทำให้ระดับความหนาของโลหะที่มาเกาะเท่ากัน

ฉ. สารเพิ่มความชื้น (wetting agent) เป็นสารตัวหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการชุบเคลือบผิวโลหะแบบเงา เพราะไปลดแรงตึงผิวของสารละลายลง ทำให้ชิ้นงานที่ได้ไม่เกิดรอยด่างขึ้น การใช้สารเพิ่มความชื้น ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของสารที่ทำให้เงาและสารประกอบในน้ำยาชุบ การใช้สารเพิ่มความชื้นที่ไม่เหมาะสม ทำให้ความเงาสูญเสียไป หรือทำให้ระดับการเคลือบผิวของโลหะไม่เท่ากัน สารเพิ่มความชื้นเป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งมีหมู่หลักแบบเดียวกับสารที่ทำให้เงา โดยปกติแล้ว สารที่ทำให้เงา สารรักษาระดับ และสารเพิ่มความชื้น จะใช้ร่วมกันเสมอ ซึ่งทางการค้าเรียกสารเหล่านี้รวมๆ กันว่า "สารเติมแต่ง" (addition agent)

2.1.4 <u>ลักษณะการเข้าเกาะเคลือบผิวที่ขั้วแคโทด</u>

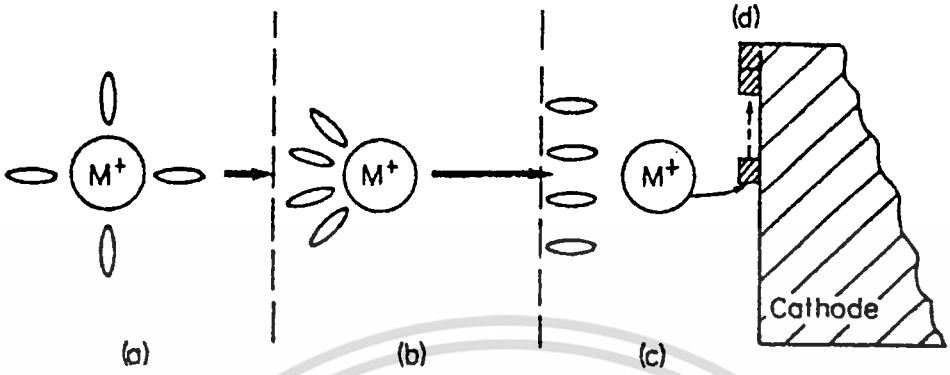
ลักษณะการเข้าเกาะเคลือบผิวของไอออนบวก(M^+) ซึ่งเป็นไอออนของโลหะจะแบ่งพิจารณาได้เป็น 2 กรณีคือ

ก.น้ำยาชุบที่เป็นเกลือธรรมดา

น้ำยาชุบที่เป็นแบบเกลือธรรมดานี้ ไอออนบวกจะรวมตัวอยู่กับโมเลกุลของน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลาย เรียกว่าเกิดไฮเดรต (Hydrate) โดยไอออนที่ถูกไฮเดรตยังคงแสดงจำนวนประจุเท่าเดิม เช่น Cu^{2+}เมื่อถูกไฮเดรตจะเป็น $Cu(H_2O)_4^{2+}$

เมื่อไอออนบวกในรูปไฮเดรตเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบ เพื่อจะทำการเคลือบผิวที่ขั้วแคโทดจะเกิดตามลำดับขั้นตอนดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) ไอออนบวกที่อยู่ในสภาพปกติในสารละลาย

(b) ไอออนบวกเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ขั้วแคโทดในระยะหนึ่ง จะเกิดการจัดตัวของโมเลกุลของน้ำใหม่

(c) ไอออนบวกหลุดออกจากการไฮเดรตของน้ำเมื่อเข้าสู่ระยะหนึ่ง

(d) ไอออนบวกพุ่งเข้าเกาะชิ้นงานอย่างเป็นระเบียบ

รูปที่ 2.1 ลักษณะการเข้าเกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบของไอออนบวก ที่เป็นเกลือแบบธรรมดา

ข.น้ำยาชุบที่เป็นเกลือเชิงซ้อน

น้ำยาชุบจำนวนมากที่ ไอออนของโลหะที่จะไปเคลือบผิวของชิ้นงานอยู่ในรูปของเกลือเชิงซ้อน เช่นเกลือเชิงซ้อนไซยาไนด์ของทองแดง เงิน สังกะสี แคดเมียม ทอง เกลือเชิงซ้อนไพโรฟอสเฟตของทองแดง เกลือเชิงซ้อนฟลูออบอเรตของตะกั่ว ทองแดง ดีบุก นิกเกิล เป็นต้น ลักษณะการเข้าเกาะที่ขั้วแคโทดของไอออนเชิงซ้อนค่อนข้างจะสลับซับซ้อน แต่พอจะสรุปได้ว่า ไอออนของโลหะเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบในระยะหนึ่ง จะเปลี่ยนจากสภาพที่เป็นไอออนเชิงซ้อนไปเป็นไอออนอิสระแล้ว จึงถูกไฮเดรตด้วยโมเลกุลของน้ำ จากนั้นจะมีกลไกการเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแคโทดเหมือนกับน้ำยาชุบที่เป็นเกลือแบบธรรมดาตามข้อ ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 <u>โครงสร้างของการชุบเคลือบผิวโดยใช้กระแสไฟฟ้า</u>

โลหะที่เคลือบผิวประกอบด้วยผลึกหลาย ๆ ผลึก แต่ละผลึกประกอบขึ้นเป็นหน่วยแลตทิซ(lattice Units)สมบัติของโลหะที่เคลือบผิว ทราบได้จากขนาดและการจัดเรียงตัวของแต่ละผลึก หรือของผลึกที่เกาะรวมตัวกัน ซึ่งทำให้เกิดการเคลือบผิวขึ้น ชนิดของโครงสร้างผลึกที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะหนึ่งขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของ

1. อัตราการเกิดของนิวเคลียสของผลึกใหม่

2. อัตราการเติบโตของผลึกที่เกิดขึ้น

โดยทั่วไป มักกำหนดสภาวะให้มีอัตราการเกิดของนิวเคลียสของผลึกใหม่สูงกว่าอัตราการเติบโตของผลึกที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ผลึกที่มีขนาดเล็กจำนวนมาก เกรนที่ได้ละเอียดทำให้โลหะที่เคลือบผิวอยู่มีลักษณะเรียบ

2.1.6 <u>ตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการชุบเคลือบผิวด้วยกระแสไฟฟ้า</u>

ก.ค่า pH pH มีอิทธิพลอย่างมากในการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะบางชนิด ถ้าค่า pH เปลี่ยนแปลงไปทำให้น้ำยาชุบโลหะเสื่อมคุณภาพ หรือชิ้นงานที่ได้จากการชุบมีตำหนิทั้งนี้เพราะค่า pH ทำหน้าที่ต่าง ๆในสารละลาย เช่น ควบคุมศักย์ไฟฟ้าของไฮโดรเจน ควบคุมสภาวะการเกิดสารเชิงซ้อน หรือควบคุมประสิทธิภาพของขั้วไฟฟ้า เป็นต้น

ในกรณีค่า pH ทำหน้าที่ควบคุมศักย์ไฟฟ้าของไฮโดรเจนนั้น ศักย์ไฟฟ้าของไฮโดรเจน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนที่ขั้วไฟฟ้า ซึ่งมีผลให้ประสิทธิภาพของขั้วไฟฟ้าลดไปด้วยดังตัวอย่าง เช่น ถ้าpH ของสารละลายมีค่าน้อย ปฏิกิริยาในน้ำยาชุบเป็นดังสมการ

$$2\ H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\ e^-$$

จากปฏิกิริยานี้ที่ขั้วแคโทดเกิดก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ประสิทธิภาพของขั้วแคโทดลดลง หรือในกรณี pH ของสารละลายมีค่ามาก ปฏิกิริยาเปลี่ยนไป ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$2\ H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2O + 4\ e^-$$

จากปฏิกิริยานี้ ที่ขั้วแคโทดเกิดก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ประสิทธิภาพของขั้วแคโทดลดลง หรือในกรณี pH ของสารละลายมีค่ามาก ปฏิกิริยาเปลี่ยนไปดังสมการ

$$4\ OH^- \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$$

แสดงให้เห็นว่า เมื่อ pH เพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ขั้วแอโนดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของขั้วแอโนดลดลงด้วย

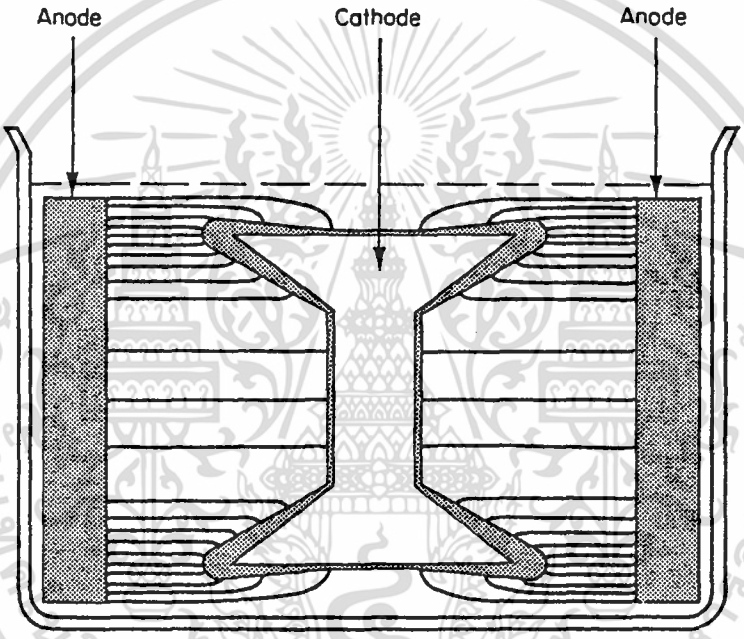
จากตัวอย่างข้างต้น แสดงให้เห็นว่า pH มีผลต่อการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะโดยใช้กระแสไฟฟ้าอย่างมาก ดังนั้น จึงต้องมีการควบคุม pH ของน้ำยาชุบในแต่ละครั้งอย่างใกล้ชิด

ข. ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า หมายถึง จำนวนของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้วไฟฟ้า ต่อหน่วยพื้นที่ของขั้วไฟฟ้านั้น เช่น ความหนาแน่นของกระแสที่ขั้วลบ เป็นกระแสที่ช่วยให้เกิดการเคลือบผิวที่ขั้วลบ ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของขั้วลบนั้น โดยส่วนมาก หน่วยของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์/ตารางฟุต หรือ แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร ฉะนั้นการคำนวณหาพื้นที่ของชิ้นงาน เพื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ถูกต้อง จึงมีความสำคัญมาก เพราะในน้ำยาชุบแต่ละชนิด ต้องการความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าแตกต่างกันไป ดังนั้นในการชุบแต่ละครั้ง ต้องคำนึงถึงพื้นที่ของชิ้นงานที่ใช้ชุบด้วยเสมอ

ในทางปฏิบัติพบว่า การใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าน้อยๆ ทำให้การเกาะบนชิ้นงานแน่นทึบ และเรียบดี แต่ต้องใช้เวลานานในการชุบ แต่ถ้าความหนาแน่นของกระแสมากเกินไป ทำให้ชิ้นงานนั้นไหม้ และความเงาลดลง จึงต้องมีการควบคุมความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่พอเหมาะสำหรับขนาดของชิ้นงานแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.การกระจายของกระแสไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่า ธรรมชาติของการกระจายของกระแสไฟฟ้ามีการกระจายอย่างหนาแน่นที่สุดที่บริเวณใกล้กับขั้วไฟฟ้า จุดที่อยู่ห่างออกไป การกระจายกระแสไฟฟ้าเบาบางลง การกระจายของกระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลาย หรืออาจหมายถึง การเคลื่อนที่ของไอออนจากสารละลายไปยังขั้วไฟฟ้า ดังนั้น จึงเห็นได้ว่า ที่ใดระยะทางการเคลื่อนที่ของไอออนใกล้ บริเวณนั้นมีการเกาะหนากว่า บริเวณที่ระยะทางที่ไอออนเคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าไกลกว่า



รูปที่2.2 การกระจายของกระแสไฟฟ้า

ง. ลักษณะของขั้วแอโนดที่ใช้ ในการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยทั่วไปนิยมใช้ขั้วแอโนดที่ละลายน้ำได้ เพื่อให้ปริมาณไอออนในสารละลายมีอยู่เท่าเดิม ลักษณะขั้วแอโนดที่ละลายน้ำได้ ตามทฤษฎีควรเป็นดังนี้

1. มีการละลายออกมาอย่างสม่ำเสมอและเรียบ
2. มีการเกิดตะกอนของสิ่งสกปรกน้อยที่สุด
3. มีประสิทธิภาพของขั้วแอโนดสูง
4. มีความบริสุทธิ์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. อุณหภูมิของน้ำยาชุบ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเคลือบผิวของโลหะ โดยพบว่าถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความต่างศักย์ของน้ำยาชุบจะลดลง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของไอออนเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความหนืดของน้ำยาชุบลง แต่อย่างไรก็ตาม อาจทำให้เกิดฟองก๊าซขึ้นได้

ฉ. สารที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน ในการชุบเคลือบผิวโดยใช้กระแสไฟฟ้านั้น ถ้าในน้ำยาชุบมีสารประกอบเชิงซ้อนอยู่ ทำให้การเกาะของโลหะเรียบ และแน่น เช่น ในการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะเบส ใช้สารประกอบที่มีไซยาไนด์อยู่เป็นสารที่ทำให้เกิดสารเชิงซ้อน โดยอยู่ในรูป

$$Cu(CN)_4^{3-} + e^- \longrightarrow Cu + 4CN^-$$

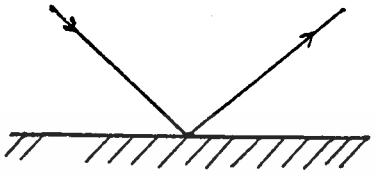
ช. การกวนของน้ำยาชุบ การกวนทำให้ ประสิทธิภาพของการชุบเคลือบผิวดียิ่งขึ้น และยังช่วยลดความต่างศักย์ที่เกิดจากความเข้มสูง นอกจากนี้การกวนตลอดเวลาทำให้ความเข้มข้นของไอออนโลหะในน้ำยาชุบ มีความสม่ำเสมอเท่า ๆ กัน

2.1.7 <u>การสะท้อนแสงบนวัตถุ</u>

การชุบที่ได้เกรนของผลึกที่มีขนาดใหญ่ จะทำให้ความเรียบของชิ้นงานน้อยกว่าเกรนขนาดเล็ก (ความเรียบในระดับไมโคร) การเติมน้ำยาเงาจะช่วยให้เกรนที่ได้มีความละเอียดจนได้ความเรียบถึงระดับหนึ่ง ความเงางาม หรือการสะท้อนแสงก็จะเกิดขึ้น

การมองเห็นวัตถุต่างๆได้ เพราะแสงกระทบวัตถุนั้น แล้วมาเข้าตาของผู้มอง เนื่องจากธรรมชาติของแสงเมื่อตกกระทบวัตถุ มุมที่แสงตกกระทบจะเท่ากับมุมที่แสงสะท้อน ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



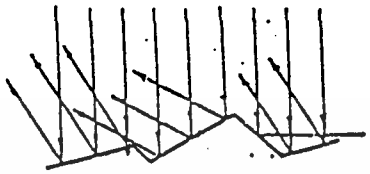
รูปที่2.3 แสงสะท้อนบนวัตถุ

ดังนั้น ถ้าวัตถุมีผิวเรียบสม่ำเสมอตลอด จึงมองเห็นวัตถุนั้นสะท้อนแสงเป็นเงางาม ดังรูป

รูปที่2.4 การสะท้อนแสงบนผิวเรียบ

แต่ถ้าวัตถุมีผิวขรุขระไม่เรียบ การสะท้อนแสงไม่เป็นระเบียบ ทำให้มองเห็นผิวของวัตถุนั้นทึบ ด้าน ไม่สะท้อนแสง ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.5 การสะท้อนแสงบนผิวขรุขระ

จึงสรุปได้ว่า วัตถุผิวเรียบจะเกิดการสะท้อนแสงออกมา ทำให้เราเห็นวัตถุนั้นเงางาม

2.1.8 <u>การทำให้เกิดความเรียบ</u>

มีวิธีทำให้เกิดความเรียบหลายวิธีคือ

1.ขัดลบรอย เช่นขัดด้วยล้อขัด หรือจุ่มสารเคมีให้กัดรอยขรุขระออกไป จนผิวเรียบ

2.ชุบเคลือบผิวด้วยโลหะ เพื่อกลบรอยขีดขวน หรือความขรุขระ ลักษณะนี้จะมีโลหะมาพอกติดบนชิ้นงาน การเกิดความเรียบโดยวิธีชุบเคลือบผิวนี้ มาจากสาเหตุ 2 ประการคือ

2.1 จากน้ำยาชุบ หมายถึงน้ำยาชุบเองมีคุณสมบัติพิเศษ เมื่อชุบแล้วโลหะสามารถพอกลบรอยขีดข่วน เช่น น้ำยาชุบทองแดงในสภาวะกรด เป็นต้น

2.2 จากน้ำยาเงา หมายถึงมีการเติมสารลงไปในน้ำยาชุบ เพื่อช่วยให้เกิดความเรียบดีขึ้น ทำให้มีความเงาเพิ่มขึ้นด้วย และสิ่งที่เติมลงไปเพื่อจุดประสงค์นี้ เรียกว่า "น้ำยาเงา"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงโดยใช้กระแสไฟฟ้า

โลหะทองแดงเป็นโลหะที่มักใช้ในการชุบเคลือบผิว เนื่องจากทองแดงมีการเกาะกับวัสดุที่จะถูกเคลือบได้ดีกว่านิกเกิล และมักใช้ในกรณีที่โลหะนั้นไม่สามารถที่จะทนต่อน้ำยาชุบโลหะนิกเกิลซึ่งมีสภาพเป็นกรด เช่นโลหะประเภทเหล็ก สังกะสี โลหะเจือของสังกะสี นอกจากนี้การชุบเคลือบผิวโลหะทองแดง ยังเป็นการลดต้นทุนในด้านการขัดเงา เนื่องจากการชุบโลหะทองแดงนี้ให้ ผิวเรียบเป็นมันเงามากกว่าผิวที่แข็งของเหล็ก หรือวัสดุอื่น ๆ

การชุบเคลือบผิวด้วยโลหะทองแดง แบ่งตามสภาพของน้ำยาชุบได้ ๒ ชนิดคือ

ก. การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะเบส

ข. การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะกรด

2.2.1 การชุบเคลือบผิวด้วยโลหะทองแดงในสภาวะเบส

น้ำยาที่ใช้ในการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะเบส เป็นน้ำยาที่มีราคาถูกง่ายต่อการชุบ และมีกำลังในการเคลือบผิวที่ดีมาก ให้การยึดเกาะที่ละเอียดเหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน สามารถชุบเคลือบผิวโลหะที่เป็นเหล็ก สังกะสี และอื่นๆ ที่ไม่สามารถชุบด้วยน้ำยาที่มีสภาพเป็นกรด จึงนิยมใช้น้ำยาชุบทองแดงในสภาวะเบสในการชุบเพื่อรองพื้นโลหะชั้นแรก น้ำหนักของโลหะของทองแดงที่เกาะเคลือบผิวอยู่ ต่อกระแส 1แอมแปร์ ต่อ 1 ชั่วโมง มีค่าสูง (ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของชั้วแคโทด) เนื่องจากโลหะทองแดงที่เกิดขึ้นจากน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะเบสนี้ เกิดจากการรีดิวซ์ของทองแดง(I)

การชุบเคลือบผิวทองแดงในสภาวะเบส แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

ก. แบบประสิทธิภาพต่ำ (low efficiency bath)

หรือแบบสไตรค์ (strike bath)

แบบสไตรค์เป็นการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงลงบนโลหะอย่างบางๆ ก่อนจะนำไปชุบอย่างอื่นต่อไป โดยปกติความหนาจะอยู่ระหว่าง 0.5-1 ไมโครเมตร (ไมครอน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรน้ำยา ของการชุบแบบสไตรค์เป็นดังนี้

คอปเปอร์ไซยาไนด์	20 กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์	40 กรัม/ลิตร
โซเดียมคาร์บอเนต	10 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	30-50 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	3.0 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

หน้าที่ของสารที่ใช้ในน้ำยานี้

- คอปเปอร์(I)ไซยาไนด์

โดยปกติไม่ละลายในน้ำบริสุทธิ์ แต่ละลายในสารละลายของเกลือไซยาไนด์ของโลหะอัลคาไล เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ $Cu(CN)_3^{2-}$ เป็นส่วนใหญ่ และอยู่ในรูปของ $Cu(CN)_2$ และ $Cu(CN)_4^{3-}$ เป็นส่วนน้อย เกลือเชิงซ้อนนี้เกิดได้ทั้งในรูป $Na_2Cu(CN)_3$ และ $K_2Cu(CN)_3$ แต่ในรูปของ $K_2Cu(CN)_3$ จะละลายน้ำได้ดีกว่า ทำให้การนำไฟฟ้า และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงกว่า $Na_2Cu(CN)_3$ คอปเปอร์(I)ไซยาไนด์ จะให้คอปเปอร์ หรือโลหะทองแดง ไปเกาะเคลือบผิวชิ้นงานซึ่งเป็นขั้วลบ

-ไซยาไนด์อิสระ

ไซยาไนด์อิสระ คือเกลืออัลคาไลของไซยาไนด์ ส่วนที่เหลือจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ถ้ามีมากจะทำให้กำลังการเคลือบผิวสูง และเคลือบชิ้นงานได้ทั่วถึง สำหรับน้ำยาชุบที่มีคอปเปอร์ไซยาไนด์ ไซยาไนด์อิสระมีความสำคัญมาก เพราะช่วยให้การละลายของทองแดงที่ใช้เป็นขั้วบวกละลายได้ดี เพราะถ้ามีไซยาไนด์อิสระน้อยจะเกิดฟิล์มบางๆขึ้นที่ขั้วบวก ทำให้ขั้วบวกมีลักษณะเป็นฉนวนไฟฟ้า กระแสไหลผ่านไม่สะดวก นอกจากนี้ไซยาไนด์อิสระยังช่วยนำไฟฟ้าอีกด้วย

-คาร์บอเนต

เป็นตัวบัฟเฟอร์ (buffer) ช่วยควบคุม pH ของน้ำยาชุบ ให้อยู่ในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.8-11.5 และยังช่วยลดการเกิดโพลาไรส์ที่ขั้วบวกอีกด้วย

ข. แบบประสิทธิภาพสูง (high efficiency bath) ส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำยาชุบโลหะจะใช้ความเข้มข้นสูงกว่าแบบสไตรด์ ซึ่งตรงกับผลการทดลองของPan[13] โดยใช้ความเข้มข้นของคอปเปอร์ไซด์ยาไนด์ 75 กรัม/ลิตร หรือมากกว่า อุณหภูมิที่ใช้ 70 องศาเซลเซียส และใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 3-10 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร ให้กำลังในการเคลือบผิวสูงกว่าการชุบเคลือบผิวแบบประสิทธิภาพต่ำ

สูตรน้ำยา ของการชุบแบบประสิทธิภาพสูงเป็นดังนี้

คอปเปอร์ (I) ไซยาไนด์	75 กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์	93 กรัม/ลิตร
หรือโพแทสเซียมไซยาไนด์	115 กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์	30 กรัม/ลิตร
หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	42 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	60-80 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	1.5-4.0แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

หน้าที่ของสารเคมีที่ใช้ในน้ำยาชุบนี้

คอปเปอร์(I)ไซยาไนด์ โซเดียมไซยาไนด์ หรือโพแทสเซียมไซยาไนด์ เหมือนกับในน้ำยาชุบแบบสไตรด์ สำหรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์นั้น เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เมื่ออยู่ในสารละลายของน้ำยาชุบ ช่วยเพิ่มกำลังการเคลือบผิว และทำให้ทองแดงที่เป็นขั้วบวกละลายได้ดี

ค. แบบรอคเซลล์ (rochelle salt bath)

เป็นการชุบรองพื้นที่ต้องการความหนาของชิ้นงานปานกลาง ผิวงานที่ได้จะเป็นลักษณะด้านถึงกึ่งเงา น้ำยาชุบโลหะที่ใช้ในการเคลือบผิวแบบนี้ มีการเติมเกลือรอคเซลล์ลงไปในน้ำยาชุบโลหะทองแดงแบบต่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของขั้วแคโทด จากการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Wagner และ Beckworth[13] พบว่าความเข้มข้นของเกลือรอดเชลล์ที่เหมาะสมคือ 21 กรัม/ลิตร ถ้าความเข้มข้นมากกว่านี้ประสิทธิภาพจะลดลง

สูตรน้ำยาของการชุบแบบรอดเชลล์เป็นดังนี้

คอปเปอร์ไซยาไนด์	30	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์	35	กรัม/ลิตร
โซเดียมคาร์บอเนต	35	กรัม/ลิตร
เกลือรอดเชลล์	45	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	65-70	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	6.0	แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

2.2.2 <u>การชุบเคลือบผิวทองแดงในสภาวะกรด</u>

น้ำยาชุบที่ใช้ในการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะกรด เป็นที่นิยมใช้กันมาก ชุบเคลือบผิวได้รวดเร็วกว่าน้ำยาชุบโลหะทองแดงแบบอื่น และให้ผิวของโลหะที่สม่ำเสมอ ด้วยเหตุนี้ จึงนิยมใช้ชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อเพิ่มความหนาของทองแดง นอกจากนี้ยังมีพิษน้อยกว่าน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบอื่น อย่างไรก็ตามการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะกรดมี ข้อเสียคือเมื่อมีการชุบเคลือบผิวลงบนโลหะที่เป็นเหล็กโดยตรง จะเกิดปฏิกิริยาโดยเหล็กจะเข้าไปแทนที่ทองแดงในสารละลาย ดังนี้

$$CuSO_4 + Fe \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

โลหะทองแดงที่เกิดขึ้นนี้ไม่เกาะติดชิ้นงานแต่จะตกตะกอน ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะเบสก่อน แล้วจึงนำมาชุบเคลือบผิวเพื่อเพิ่มความหนาด้วยน้ำยาชุบทองแดงในสภาวะกรด

การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะกรดมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดเกลือซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับชนิดเกลือฟลูออบอเรต ซึ่งทั้งสองชนิดนี้ เกลือของทองแดงจะละลายได้ดีในน้ำยาชุบ และมีการเติมกรดซัลฟิวริกลงในน้ำยาชุบชนิดเกลือซัลเฟต เพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้า หรือเติมกรดฟลูออบอริกลงไปในน้ำยาชุบชนิดเกลือฟลูออบอเรต เพื่อช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าเช่นเดียวกัน สำหรับประสิทธิภาพของขั้วบวก และขั้วลบนั้นเกือบ 100 % ไม่ว่าจะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่าไรก็ตาม ส่วนอัตราเร็วของการเกาะจะขึ้นกับการกวนน้ำยาเพื่อไล่ฟองก๊าซ ความเข้มข้นของเกลือทองแดง กรดอิสระ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ เป็นต้น

สูตรน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงในสภาวะกรด ชนิดเกลือซัลเฟต ประกอบด้วย

คอปเปอร์ซัลเฟต	160-200	กรัม/ลิตร
กรดซัลฟิวริก	50-75	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	อุณหภูมิห้อง	
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	1.0-6.0	แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

หน้าที่ของสารเคมีในน้ำยาชุบ

-คอปเปอร์ซัลเฟต

เป็นตัวให้ไอออนของทองแดงแก่สารละลาย โดยปกติจะให้มีความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตสูง แต่จะต้องไม่สูงจนเกิดการตกผลึกที่อุณหภูมิของการทำงาน

-กรดซัลฟิวริก

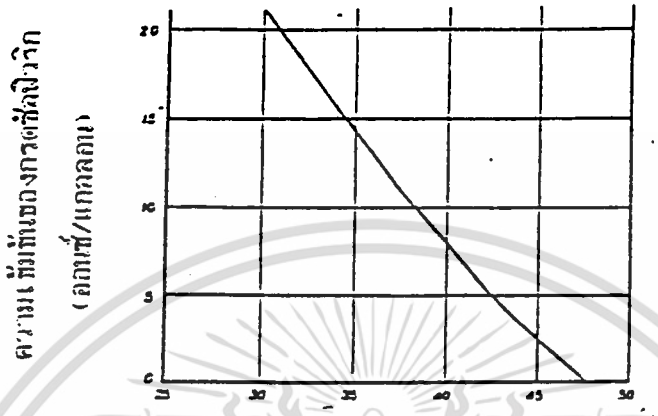
1.ขัดขวางการไฮโดรลิซิสของคอปเปอร์ซัลเฟตระหว่างการอิเล็กโทรไลซิส

2.เพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้าของน้ำยาชุบโลหะ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนด้านแหล่งกำเนิดของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ และช่วยลดแนวโน้มของการเกิดผิวโลหะที่ไม่เรียบ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงๆ

3.ป้องกันการเกิดทองแดง(II)ออกไซด์ที่ขั้วแคโทด ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของขั้วแคโทดลดลง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดซัลฟิวริกต้องไม่มากนัก เพราะจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการละลายของคอปเปอร์ซัลเฟตลดลง ดังแสดงในรูป



รูปที่2.6 ปริมาณของกรดซัลฟิวริกที่มีผลต่อการละลายของคอปเปอร์ซัลเฟต

สูตรน้ำยาของการชุบทองแดงในสภาวะกรดชนิดฟลูออบอเรต

คอปเปอร์ฟลูออบอเรต($Cu(BF_4)_2$)	224	กรัม/ลิตร
กรดฟลูออบอริก(HBF_4)	15	กรัม/ลิตร
กรดบอริก(H_3BO_3)	15	กรัม/ลิตร
pH	1.2-1.7	
อุณหภูมิ	27-50	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	14-45	แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

หน้าที่ของสารเคมีในน้ำยาชุบ

สำหรับน้ำยาชุบแบบฟลูออบอเรต ถ้ามีกรดน้อยเกินไปจะทำให้ผิวทองแดงที่เคลือบไหม้ กรดบอริกที่เติมลงไปจะช่วยรักษาสภาพของน้ำยา และป้องกันการสลายตัวของคอปเปอร์ฟลูออบอเรต แต่จะทำให้การนำไฟฟ้าของน้ำยาลดลง แก้ไขโดยเติมกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลูออบอริก นอกจากนี้ยังทำให้กำลังการเคลือบผิวดีขึ้น

โดยทั่วไปปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแคโทด เป็นปฏิกิริยารีดักชันโดยตรงของทองแดง(II)

$$Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu \quad E = +0.337\ V$$

แต่ในการศึกษาจลนศาสตร์ แสดงให้เห็นว่าในขั้นแรกทองแดง (II) จะถูกรีดิวซ์เป็นทองแดง (I) ซึ่งเป็นมัธยันตร์ (intermediate)

$$Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu^{+} \quad E = +0.153\ V$$

ประสิทธิภาพของขั้วแคโทด และแอโนดใกล้เคียง 100% ภายใต้สภาวะการทำงานปกติ ดังนั้นทองแดงที่ละลายน้ำจากขั้วแอโนดจะเข้าไปเคลือบที่แคโทด ความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต และกรดซัลฟิวริกที่หายไปจะคงที่ แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติปริมาณของคอปเปอร์เพิ่มขึ้น ส่วนกรดซัลฟิวริกลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากไอออนของทองแดงที่มีอยู่ในสารละลายมีทั้งทองแดง (I) และทองแดง(II) และถึงแม้ไอออนของทองแดงส่วนใหญ่ที่ขั้วแอโนดอยู่ในรูปของไดวาเลนท์ (Cu^{2+}) แต่ก็มีไอออนของทองแดงที่อยู่ในรูปของโมโนวาเลนท์บ้างเล็กน้อย ซึ่งโมโนวาเลนท์ไอออน (Cu^{+}) ต้องการพลังงานไฟฟ้าเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้นในการชุบเคลือบผิว เมื่อเทียบกับไดวาเลนท์ไอออน ถ้าโมโนวาเลนท์ถูกรีดิวซ์ไปเป็นโลหะที่ขั้วแคโทดโดยตรง ปริมาณคอปเปอร์ซัลเฟตในน้ำยาชุบจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ไม่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากโมโนวาเลนท์บางส่วนในสารละลายถูกออกซิไดส์เป็นไดวาเลนท์

$$2Cu_2SO_4 + 2H_2SO_4 + O_2 \longrightarrow 4CuSO_4 + 2H_2O$$

หรือ

$$4Cu^{+} + 4H^{+} + O_2 \longrightarrow 4Cu^{2+} + 2H_2O$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ไดวาเลนท์อาจเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาแบบไม่ได้ส่วน (disproportionation)

$$Cu_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + Cu$$

หรือ

$$2Cu^{+} \longrightarrow Cu^{2+} + Cu$$

ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาไม่ได้ส่วนนี้ โลหะทองแดงที่เกิดขึ้นจะตกตะกอน และทำให้ขั้วแอโนดสกปรก

การออกซิเดชันของโมโนวาเลนท์ทำให้ปริมาณไดวาเลนท์ในสารละลายเพิ่มขึ้น วิธีการกำจัดปริมาณไดวาเลนท์ที่มากเกินไป อาจทำได้โดยการปรับปรุงสัดส่วนของน้ำยาชุบโดยการเติมกรดซัลฟิวริก

2.3 <u>การชุบเคลือบผิวด้วยโลหะนิกเกิลโดยใช้กระแสไฟฟ้า</u>

นิกเกิลเป็นโลหะที่สำคัญในการชุบเคลือบผิว โลหะนิกเกิลเป็นโลหะสีเงิน ทนต่อการสึกกร่อน ค่อนข้างแข็ง การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลทำให้เป็นมันเงาใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนโลหะ เนื่องจากการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลเป็นการป้องกันรักษาเนื้อโลหะเดิมไม่ให้เกิดสนิม หรือป้องกันไม่ให้เกิดรอยด่างอันเนื่องจากสารเคมี แล้วยังทำให้โลหะที่ชุบสวยงามเป็นเงา นอกจากนี้ยังใช้สำหรับการชุบเคลือบแบบหนาที่มักใช้ใช้ในงานวิศวกรรม เพื่อช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ใช้เคลือบชิ้นส่วนเครื่องจักร และใช้ในการทำแบบด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้า การชุบชนิดนี้จะต้องควบคุมสภาวะการชุบเคลือบผิวอย่างใกล้ชิดมิฉะนั้นอาจเกิดปัญหามาก แต่โดยทั่วไปมักกล่าวถึงการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลเพื่อความสวยงามเป็นหลัก

การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลมีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยาชุบโลหะ ซึ่งส่วนประกอบพื้นฐานของน้ำยาชุบเหล่านี้ เป็นน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วย นิกเกิลแบบวัตต์(Watts) ซึ่งเป็นน้ำยาชุบโลหะนิกเกิลที่มีมาแต่เดิม น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบวัตต์ มีราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกกว่าน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบอื่น ที่เป็นการใส่สารเติมแต่งอื่นๆเข้าไป เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการใช้งาน เช่นการใส่สารที่ทำให้เงาเพื่อให้ชิ้นงานที่ได้มีความเงางาม ในปัจจุบันนี้น้ำยาชุบแบบนี้นิยมใช้โดยเฉพาะกับการชุบรองพื้นเพื่อการชุบเคลือบผิวด้วยทองคำต่อไป

2.3.1 <u>การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบวัตต์</u>

การชุบเคลือบผิวโลหะแบบนี้เป็นน้ำยาชุบที่มีมาแต่เดิมซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

นิกเกิลซัลเฟต	250 กรัม/ลิตร
นิกเกิลคลอไรด์	40 กรัม/ลิตร
กรดบอริก	25 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	30-40 องศาเซลเซียส
pH	5.2-5.8
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	2.0-4.0 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

หน้าที่ของสารแต่ละชนิดในน้ำยาชุบ มีดังนี้

1.นิกเกิลซัลเฟต เป็นแหล่งให้ไอออนของนิกเกิลเพื่อไปจับเคลือบผิวชิ้นงานที่ชุบ

2.นิกเกิลคลอไรด์ เป็นแหล่งให้ไอออนของนิกเกิล และคลอไรด์ คลอไรด์ไอออนเป็นตัวช่วยทำให้การละลายของขั้วบวกดีขึ้น โดยการลดโพลาไรเซชันลง และช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าของสารละลายน้ำยาชุบ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มกำลังการชุบเคลือบผิวอันเป็นผลเนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพของขั้วลบ

3.กรดบอริก ทำหน้าที่ควบคุมค่า pH ของน้ำยาชุบให้คงที่ ซึ่งค่า pHมีผลมากต่อการชุบนิกเกิล

สำหรับการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยนิกเกิล ควรเลือกสภาวะของน้ำยาชุบโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีความเข้มข้นของนิกเกิลไอออนมากเพียงพอในบริเวณใกล้ๆกับขั้วแคโทด มิฉะนั้นอาจทำให้ผิวโลหะที่เคลือบขรุขระ หรือไหม้ได้ การทำให้ความเข้มข้นของนิกเกิลไอออนอยู่ในระดับที่ต้องการอยู่ตลอดเวลาสามารถทำได้โดย

1. ให้มีปริมาณของนิกเกิลสูงในสารละลายแต่ไม่มากจนทำให้เกิดตะกอนของนิกเกิล

2. ใช้อุณหภูมิสูง

3. ให้มีการเคลื่อนที่ของสารละลาย เพื่อป้องกันการเกิดเป็นชั้น(stratification)

กำลังการเคลือบของน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลนี้อยู่ในระดับปานกลาง แต่สามารถทำให้ดีขึ้นได้โดยการปรับระยะขั้วแคโทด และแอโนด และการเลือกสภาวะในการชุบเคลือบผิว

2.3.2 <u>การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบดำ</u>

เป็นการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลที่ใช้งานเฉพาะ เช่นใช้เป็นอุปกรณ์ในเครื่องมือที่เกี่ยวกับแสง ซึ่งต้องการให้มีสมบัติที่ไม่สะท้อนแสง การเกาะของโลหะในการชุบเคลือบผิวแบบนี้จะบาง และมีซัลเฟอร์อยู่ในรูปของ Ni_3S_2 สีดำที่เกิดขึ้นจากการเคลือบผิวไม่ได้เกิดขึ้นจากสารประกอบโดยตรง แต่เกิดขึ้นโดยสัมพันธ์กับโครงสร้างของการเคลือบผิวโลหะ

ส่วนประกอบของน้ำยาชุบโลหะแบบนี้ ประกอบด้วย

นิกเกิลซัลเฟต	75 กรัม/ลิตร
นิกเกิลแอมโมเนียมซัลเฟต	45 กรัม/ลิตร
ซิงก์ซัลเฟต	37 กรัม/ลิตร
โซเดียมไธโอไซยาเนต	15 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิที่ใช้	555 องศาเซลเซียส
pH	5.6-5.9
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	1.0-1.5 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบนี้ ควบคุมยากและมีแนวโน้มที่จะทำให้ผิวของการเคลือบเปราะ จึงได้มีการพัฒนาน้ำยาชุบที่ใช้เพื่อให้การชุบเคลือบผิวทำได้ง่ายขึ้น และให้ผิวโลหะที่มีความอ่อนตัว มีการยึดเกาะที่ดีขึ้นโดยในน้ำยาชุบนี้ ประกอบด้วย

นิกเกิลคลอไรด์	75 กรัม/ลิตร
แอมโมเนียมคลอไรด์	30 กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮโอไซยาเนต	15 กรัม/ลิตร
ซิงก์คลอไรด์	30 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิที่ใช้	อุณหภูมิห้อง
pH	5
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	ไม่จำกัด(แต่มักสูง)

2.3.3 <u>การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบเงา</u>

การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบนี้ มักเป็นการชุบเคลือบผิวเพื่อการรองพื้นก่อนการชุบเคลือบผิวด้วยทองคำ การชุบเคลือบผิวแบบนี้มีข้อดี คือลดต้นทุนในการขัดเงา หรือตกแต่งหลังการชุบเคลือบผิว ชิ้นงานที่ผ่านการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแล้ว สามารถชุบเคลือบผิวด้วยทองคำโดยตรง โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการทำให้แห้ง และขั้นตอนอื่นๆ

น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลที่ใช้ในการชุบเคลือบผิวแบบเงานี้ มีส่วนประกอบเหมือนการชุบเคลือบผิวแบบวัตต์ แต่มีการเติมสารที่ทำให้เงาลงไป ซึ่งสารนี้จะต้องมีความสามารถในการละลายเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดตะกอนขึ้นในสารละลาย

สารที่ทำให้เงาที่ใช้ในการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบเงา แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. สารที่ทำให้เงาชนิดอนินทรีย์ เช่น เกลือของแคดเมียม หรือสังกะสี สารที่ทำให้เงากลุ่มนี้มีประสิทธิภาพสูง แต่ต้องระวังปริมาณที่ใช้ เนื่องจากปริมาณที่มากเกินไปจะไปลดประสิทธิภาพของชั้นแคโทด โดยเฉพาะบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลทำให้ผิวโลหะที่เคลือบดำ และเปราะ

2. สารที่ทำให้เงาชนิดอินทรีย์ เช่น แนฟทาลีนซัลโฟเนต กรดพอลิซัลโฟนิก ซัลโฟนาไมด์ และที่สำคัญ คือ แซ็กคาริน ซึ่งช่วยลดความเค้นที่เกิดขึ้นกับโลหะที่เคลือบ

น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบเงา ที่ใช้สารที่ทำให้เงาชนิดอินทรีย์ ในการชุบมักจะไม่กวนสารละลายโดยการพ่นลม เนื่องจากทำให้เกิดโฟมขึ้น แต่อย่างไรก็ตามมักใช้การกวนด้วยแท่งกวนเพื่อลดการขรุขระที่ผิว สำหรับการป้องกันมักใส่สารเพิ่มความชื้นลงในน้ำยาชุบ สารเพิ่มความชื้นที่นิยมใช้ คือ ซัลโฟเนตแอลกอฮอล์

นอกจากนี้การชุบเคลือบผิวด้วยโลหะนิกเกิลแบบต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการชุบคลือบผิวด้วยโลหะนิกเกิลแบบอื่นๆอีก เช่น แบบกึ่งเงา แบบซาติน เป็นต้น ซึ่งการเลือกแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบเงา(Bright Nickel Bath)ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลแบบเงา ซึ่งมีผลต่อการเคลือบผิว คือน้ำยาเงา แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก. น้ำยาเงาปฐมภูมิ

(Primary Brighteners or Carrier Brightener)

ความสำคัญของน้ำยาเงาชนิดนี้คือ ทำให้น้ำยาชุบนิกเกิลสามารถยอมรับ และทนต่อน้ำยาเงาทุติยภูมิได้มากขึ้น การเติมน้ำยาเงาลงไปในน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลจะทำให้ได้ผิวนิกเกิลซึ่งมีโครงสร้างเป็นเม็ดละเอียด ไม่มีความเป็นระเบียบ ถึงแม้จะมีความเป็นเงาแต่ไม่ใช่ความเป็นเงาอย่างสมบูรณ์ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของศักย์ไฟฟ้าที่แคโทดน้อย และการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำยาเงาไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้น ของศักย์ไฟฟ้าที่แคโทด สารประกอบที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่

-ซัลฟินามิด

-ซัลโฟนาไมด์

-กรดเบนซินซัลโฟนิก

-กรดอัลคิลซัลโฟนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-กรดซัลฟินิก

-เอริลซัลโฟนซัลโฟเนต

ข.น้ำยาเงาทุติยภูมิ

(Secondary Brighteners or Brightenness Formers)

ลักษณะสำคัญของสารประกอบนี้ คือสามารถทำให้ได้ผิวที่มีความเงาอย่างสมบูรณ์ โดยปกตินำ้ยานี้จะมีผลทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่แคโทดสามารถเพิ่มขึ้นได้อีก แต่ต้องอยู่ในขอบเขตที่จำกัดไว้ คือต้องไม่เกินกว่า 30 มิลลิโวลต์ มิฉะนั้น ผิวนิกเกิลจะเปราะ และเกิดการแตกหักได้ แต่ถ้าในขณะนั้นมีการเติมน้ำยาเงาปฐมภูมิลงไปด้วย ศักย์ไฟฟ้าที่แคโทดจะเพิ่มขึ้นได้อีกเล็กน้อย แต่แนวโน้มที่จะเกิดผิวนิกเกิลที่เปราะลดลง เพราะน้ำยาเงาปฐมภูมิมีลักษณะเป็นสารที่ช่วยลดความเค้น

ในสารประกอบของน้ำยาประเภทนี้ จะประกอบไปด้วยหมู่ฟังก์ชันพวก C=O C=C C=N N-C=s N=o C-S-H -C=COO-C- แต่ไม่ได้หมายความว่าสารประกอบทุกตัวที่มีหมู่ฟังก์ชันเหล่านี้จะเป็นน้ำยาเงาทุติยภูมิ

ลักษณะของน้ำยาที่ต้องการ มีดังนี้

1. มีช่วงของการใช้งานกว้าง

2. ต้องไม่ทำให้ชั้นเคลือบผิวเปราะ

3. ความเข้มข้นของน้ำยาเงาต้องมีช่วงกว้างพอ ถ้าความเข้มข้นมากเกินพอเล็กน้อยจะไม่มีผลเสียต่อการชุบเคลือบผิว

4. ต้องไม่เกิดเป็นสารประกอบที่มีผลเสียต่อการชุบนิกเกิล

5. น้ำยาเงานอกจากจะมีความสามารถในการให้เกิดความมันวาวแล้ว จะต้องยับยั้งอัตราการรักษาระดับการเคลือบผิวให้สม่ำเสมอ

6. สามารถทำการวิเคราะห์น้ำยาเงาได้

7. น้ำยาเงาต้องทำให้เกิดความประหยัดในการชุบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การชุบเคลือบผิวด้วยทองคำโดยใช้กระแสไฟฟ้า

ในปัจจุบัน การชุบเคลือบผิวด้วยทองคำได้ทำกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านความสวยงาม และในด้านของประโยชน์ใช้สอย เช่น ชุบเครื่องประดับ ชิ้นส่วนของอิเลคโทรนิค อุปกรณ์ที่ป้องกันการเกิดออกซิไดซ์จากออกซิเจนในอากาศ เป็นต้น ผิวของชิ้นงานที่จะนำมาชุบด้วยทองคำจะต้องชุบผิวด้วยเงิน หรือนิกเกิล ให้มีผิวหน้าเรียบเป็นเงางามเสียก่อน และเนื่องจากทองคำมีราคาสูงจึงได้มีการค้นคว้าน้ำยาอีกแบบหนึ่ง คือน้ำยาชุบเคลือบผิวชนิดที่เป็นโลหะผสมของทอง ซึ่งจะให้ความสวยงามคล้ายๆกับผิวที่ชุบด้วยทอง แต่ว่ามีความแข็งมากกว่า และราคาถูกกว่า ฉะนั้นการชุบผิวด้วยทองจึงมี 2 ประเภท คือ ผิวที่ชุบเป็นทองบริสุทธิ์ กับผิวที่ชุบเป็นทองผสมกับโลหะอื่นๆ

โลหะผสม(alloy)

โลหะผสม คือโลหะที่มีธาตุอื่นเข้าไปผสมอยู่ด้วย ซึ่งอาจมีหนึ่งธาตุ หรือมากกว่าก็ได้ เมื่อเป็นโลหะผสมแล้วจะทำให้โลหะผสมนั้นมีสมบัติเชิงกลต่างไปจากเดิม

ระบบโลหะผสม (Alloy system) ขึ้นอยู่กับจำนวนธาตุที่ผสมอยู่ว่ามีจำนวนกี่ธาตุ ถ้าเกิดจากธาตุ 2 ธาตุผสมกันอยู่เรียกว่า ระบบโลหะผสมสองธาตุ(Binary alloy system) ถ้ามี 3 ธาตุเรียกว่า ระบบโลหะผสมสามธาตุ (Ternary alloy system) เช่นนี้เป็นต้น

น้ำหนักหรือเปอร์เซ็นต์ของทองในหน่วยกะรัต(Karat Value)

กะรัตเป็นหน่วยที่ใช้บอกปริมาณของทองในโลหะผสม โดยที่ 1 กะรัตหมายถึงโลหะผสมที่มีทองเป็นองค์ประกอบหนัก 100 กรัม จะมีเนื้อทองที่เป็นส่วนผสมหนัก 4.1667 กรัม และหน่วยนี้จะใช้บอกความบริสุทธิ์ของทอง เช่นทองบริสุทธิ์ที่มีเนื้อทองอยู่ 100 เปอร์เซนต์ เรียกว่าทอง24กะรัต หรือโลหะผสมมีเนื้อทองอยู่ 75 เปอร์เซนต์เรียกว่าทอง18 กะรัต

การชุบเคลือบผิวด้วยด้วยทองคำ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆคือ

2.4.1 น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะเบส(Alkaline Cyanide Gold Bath)

แบ่งออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.การชุบผิวชิ้นงานด้วยทองคำบริสุทธิ์ การชุบแบบนี้ น้ำยาชุบจะมีฤทธิ์เป็นเบส บางทีเรียกการชุบแบบนี้ว่า การชุบแบบไซยาไนด์ เพราะเกลือทองที่ใช้เป็นพวกเกลือไซยาไนด์

ตัวอย่างสูตรสำหรับ การชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะเบส

โพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต(I)($KAu(CN)_2$)	15-25 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไซยาไนด์อิสระ(KCN,free)	8-10 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมคาร์บอเนต(K_2CO_3)ไม่เกิน	100 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)ไม่เกิน	1 กรัม/ลิตร
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ	2-4แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

ข.การชุบผิวชิ้นงานด้วยโลหะผสมของทองคำ การที่มีโลหะชนิดอื่นเกิดเป็นชั้นเคลือบผิวร่วมกับทองคำเพื่อให้ได้เฉดสีต่างๆกันออกไป โลหะดังกล่าวนี้ได้แก่ทองแดง เงิน แคดเมียม สังกะสี และโคบอลต์ เป็นต้น ซึ่งสีของชั้นเคลือบผิวของโลหะผสมทองคำนี้จะไม่สามารถทำนายได้ ขึ้นอยู่กับการเตรียมส่วนผสมของโลหะผสม

- ทองคำสีชมพู และทองคำสีแดง(Pink,Rose and Red Gold)

ในน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำชนิดอัลคาไลน์ไซยาไนด์ ประกอบด้วยทองคำและทองแดง สีของชั้นเคลือบผิวจะมีสีจากค่อนข้างแดงจนเป็นสีชมพู เมื่อชั้นเคลือบผิวประกอบด้วยทองแดง 20 เปอร์เซ็นต์

ปัจจัยที่ใช้ในการควบคุมการชุบนี้คือ

- ความเข้มข้นของไซยาไนด์ในน้ำยาชุบ
- การลดลงของประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้า ในการชุบเคลือบผิวของทองแดงซึ่งมีผลไปเพิ่มแนวโน้มของการเกิดชั้นเคลือบผิวสีเหลืองของทองคำ
- ความเข้มข้นของทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเพิ่มขึ้นของการชุบเคลือบผิวของทองแดงทำให้ได้ชั้นเคลือบผิวสีแดง

- การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ จะทำให้ประสิทธิภาพของการชุบเคลือบผิวของทองแดงมากกว่าการชุบเคลือบผิวของทองคำ เป็นผลให้ชั้นเคลือบผิวมีสีออกแดงมากกว่า

เมื่อน้ำยาชุบชนิดไซยาไนด์ในสภาวะที่เป็นกลางที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา พบว่าการควบคุมทำได้ยากกว่าน้ำยาชุบชนิดอัลคาไลน์ไซยาไนด์ เนื่องจากส่วนประกอบ และสีของชั้นเคลือบผิวจากน้ำยาชุบชนิดนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะการปฏิบัติงาน

สำหรับน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะกรด ซึ่งมีความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 4-6 ชั้นเคลือบผิวที่ได้จะมีความแข็ง มันวาว แต่จะมีความเค้น และไม่มีคุณสมบัติดึงเป็นเส้นได้(ductile) อย่างที่ต้องการ นอกจากนี้น้ำยาชุบชนิดนี้ยังขาดความสามารถในการแทรกซึม

ตัวอย่างสูตรสำหรับทองคำสีแดง

โพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต(I) ($KAu(CN)_2$	0.6-12.0 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	1.8-3.0 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์	6.0 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไซยาไนด์	3.0 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	77-77 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	2.5 แอมแปร์/ตารางฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสูตรสำหรับทองคำสีชมพู

โพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต(I) ($KAu(CN)_2$)	3.0 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์	24.0 กรัม/ลิตร
คอปเปอร์ไซยาไนด์	1.2-2.4 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไซยาไนด์	6.0 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	60-70 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	2.4-4.0 แอมแปร์/ตารางฟุต

- ทองคำสีเขียว (Green Gold)

ชั้นเคลือบผิวของทองคำสีเขียว จะได้จากน้ำยาชุบที่ประกอบด้วยเงิน หรือแคดเมียม หรือเติมทั้งเงิน และแคดเมียม จนกระทั่งชั้นเคลือบผิวมีสีตามต้องการ ปกตินิยมใช้เงิน

สีเขียวจะเริ่มปรากฏเมื่อระบบโลหะผสมมีทองคำอยู่ในช่วง 75-84เปอร์เซนต์ เนื่องจากในน้ำยาชุบเคลือบผิว ชนิดอัลคาไลน์ไซยาไนด์ เงินจะเป็นโลหะมีสกุล (noble metal) มากกว่าทองคำ ขณะที่แคดเมียมจะเป็นโลหะมีสกุลน้อยกว่าทองคำ ดังนั้นการเพิ่มความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า จะมีผลต่อส่วนประกอบในระบบโลหะผสมทองคำ-เงิน คือปริมาณเงินจะลดลงในชั้นเคลือบผิว ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับระบบโลหะผสมทองคำ-แคดเมียม คือปริมาณจะเพิ่มขึ้นในชั้นเคลือบผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสูตรสำหรับทองคำสีเขียว

โพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต(I) ($KAu(CN)_2$)		4.2 กรัม/ลิตร
ซิลเวอร์ไซยาไนด์		0.25 กรัม/ลิตร
แคดเมียมออกไซด์		0.5 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไซยาไนด์		16.0 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	38-50	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	1.0-1.5	แอมแปร์/ตารางฟุต

- ทองคำสีเหลือง(Yellow Gold)

โลหะผสมชนิดนี้จะมีช่วงของสีใกล้เคียงกับสีทองคำ โลหะที่ใช้ในการเกิดเป็นโลหะผสมกับทองคำ ได้แก่ นิกเกิล และโคบอลต์ นิกเกิลจะเป็นสารทำให้ชั้นเคลือบผิวมีสีทองคำสว่าง ลดขนาดของโครงสร้างผลึก และความเป็นรูพรุนของชั้นเคลือบผิว

ในน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทอง ชนิดอัลคาไลน์พบว่ามีอายุการใช้งานสั้น และหมดประสิทธิภาพเร็ว จึงยากต่อการควบคุมเพื่อให้ได้ชั้นเคลือบผิวที่มีความมันวาวเมื่อชั้นเคลือบผิวมีความหนาเกินกว่า 5 ไมโครเมตร

ตัวอย่างสูตรสำหรับทองคำสีเหลือง

โพแทสเซียมไดไซโนออเรต(I) ($KAu(CN)_2$)		3.0 กรัม /ลิตร
โพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์		24.0 กรัม /ลิตร
โพแทสเซียมนิกเกิลไซยาไนด์		1.5 กรัม /ลิตร
โพแทสเซียมไซยาไนด์		6.0 กรัม /ลิตร
อุณหภูมิ	60-70	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	2.0-4.0	แอมแปร์/ตารางฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทองคำสีขาว (White Gold)

ในน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำ ชนิดไซยาไนด์ซึ่งประกอบด้วย นิกเกิล และสังกะสี จะให้ชั้นเคลือบผิวทองคำขาว ที่มีความมันวาว ทนทานต่อความหมอง และการขัดสีอย่างดีเยี่ยม

ตัวอย่างสูตรสำหรับทองคำสีขาว

โพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต (I) ($KAu(CN)_2$)	1-2 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไซยาโนนิกเกิลเลต(II)	8-10กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไซยาโนซิลเคต(II)	0.05-0.2 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไซยาไนด์	3-6 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมฟอสเฟต	20-50 กรัม/ลิตร
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	10-12 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	40-80 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	0.5-1.0แอมแปร์/ตารางฟุต

ทองผสมกับ	สี
ทองแดง	เหลืองหรือแดงอ่อน–แดง
นิเกิล	เหลืองหรือเหลืองอ่อน–ขาว
โคบอลท์	เหลืองหรือส้ม–เขียว
แคดเมี่ยม	เหลือง–เขียว
เงิน	เหลือง–เขียว
บิสมัธ	เหลือง–ม่วง
พัลลาเดียม	เหลือง–เหลืองอ่อน
อินเดียมและเงิน	ฟ้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปลี่ยนสีของผิวชิ้นงานที่ชุบด้วยโลหะผสมของทองแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะกลาง (Neutral Gold Plating)

น้ำยาชุบทองคำประเภทนี้ มีทั้งชนิดที่ชุบแล้วได้ทองคำบริสุทธิ์ และชนิดที่ชุบแล้วได้ทองคำผสมกับโลหะอื่น

1. การชุบผิวชิ้นงานด้วยทองคำบริสุทธิ์ การชุบแบบนี้นิยมใช้ในการทำแผงวงจรไฟฟ้า และเป็นการลดปัญหาที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างชิ้นงาน กับสารละลายเมื่อชุบในสภาวะเบส น้ำยาชุบทองคำในสภาวะกลางโดยปกติแล้วจะมี ฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย คือมี pH ประมาณ 5-6

2.การชุบผิวชิ้นงานด้วยโลหะผสมของทองคำ น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะกลางนี้ น้ำยาชุบจะประกอบด้วยเกลือที่เป็นบัฟเฟอร์เช่น โมโนโซเดียมฟอสเฟต เพื่อจะควบคุมค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6.5-7.5 ซึ่งการทำงานในช่วง pH นี้ สามารถชุบทองคำได้หนาถึง 0.8 มิลลิเมตร สำหรับโลหะผสมของทองคำ ที่ชุบแบบนี้มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น สังกะสี ทองแดง เงิน เป็นต้น สีของโลหะผสมของทองคำ กับทองแดงจะให้สีทองอมแดง โดยที่ความเข้มของสี จะหนักไปทางสีทอง หรือสีแดงนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างปริมาณของทองคำ และทองแดงที่เป็นโลหะผสม การรวมตัวของทองคำ และทองแดงที่เป็นโลหะผสมจะอยู่ในรูปของ Cu_3Au และ CuAu ซึ่งสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ดี สารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำยาชุบแบบนี้ส่วนใหญ่จะมีดังนี้

-โพแทสเซียมโกลไดไซยาไนออเรต

-ไดโพแทสเซียมอีดีทีเอ

-เกลือฟอสเฟตของโซเดียม

-เกลือไดโซเดียมอีดีทีเอของโลหะที่จะเป็นโลหะผสมของทองคำ เช่นทองแดง สังกะสี นิกเกิล เงิน เป็นต้น

2.4.3 น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะกรด (Acid Gold Plating)

น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำ ในสภาวะกรดนี้ มีทั้งแบบชุบแล้วได้เป็นทองคำผสม และทองคำบริสุทธิ์ ซึ่งน้ำยาชนิดนี้มีค่า pH ประมาณ 4.5การชุบเคลือบผิวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทองคำในสภาวะกรดนี้ สามารถชุบให้หนาได้โดยไม่เปลี่ยนสี แบ่งออกเป็น

ก.การชุบผิวชิ้นงานด้วยทองคำบริสุทธิ์ การชุบทองคำแบบนี้ จะมีค่า pHต่ำมาก ประมาณ 3 ส่วนใหญ่จะใช้ชุบพวกแผงวงจรไฟฟ้า และงานอื่นๆที่ต้องการชุบทองคำผิวที่ได้จะมีความแข็งแกร่ง และเงางาม

ตัวอย่างน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะกรด และสภาวะการทำงาน

โกลคลอไรด์($AuCl_3$)	25-40 กรัม/ลิตร
กรดไฮโดรคลอริก(HCl)ถ.พ.1.19	20-50 มิลลิลิตร/ลิตร
โซเดียมคลอไรด์(NaCL)	10-30 กรัม/ลิตร
กรดซัลฟิวริก(H_2SO_4)	10-20 มิลลิลิตร/ลิตร
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	8-10 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

ข. การชุบผิวชิ้นงานด้วยโลหะผสมของทองคำ การชุบแบบนี้สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดี นอกจากนี้ในแง่ของความแข็ง ความต้านทานการเสียดสี การนำไฟฟ้า การไม่เปลี่ยนแปลงสีของผิว ความเงางามยังดีมากอีกด้วย โลหะผสมของทองคำที่นิยม เช่น นิกเกิล โคบอลต์ และอินเดียม

ตัวอย่างสูตรน้ำยาแสดงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ก.	ข.	ค.	ง.	จ.
โปตัสเซี่ยมโกลด์ไซยาไนด์ ($KAu(CN)_2$)	15	8	8	8	8
กรดอินทรีย์ + เกลือของโลหะโซเดี่ยม	100	80	50	80	100
นิเกิล		0.75			
โคบอลท์			0.75		0.75
อินเดียม				5	5

ตารางที่ 2.2 แสดงสูตรน้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองคำในสภาวะกรด ที่ให้การเคลือบผิวของชิ้นงานเป็นโลหะผสมของทองคำแบบต่างๆ

2.4.4 น้ำยาชุบทองแบบไม่มีไซยาไนด์ (Non-Cyanide Gold Plating)

น้ำยาชุบทองแบบนี้มีใช้น้อยมาก เพราะเกลือทองที่ใช้จะใช้ประเภท ทองซัลไฟท์ ทองแบบนี้ไม่ค่อยทนทาน ค่าpH ประมาณ 9.5 อุณหภูมิของน้ำยาประเภทนี้ใช้งานในช่วง 50-60 องศาเซลเซียส

2.5 ฮัลล์เซลล์ (Hull Cell)

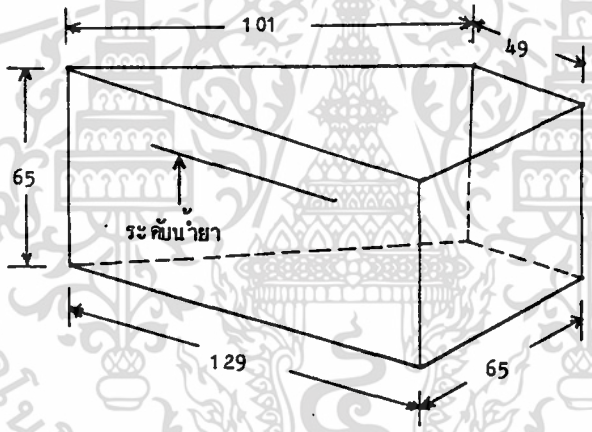
ฮัลล์เซลล์เป็นภาชนะที่ทำด้วยพลาสติกเช่น โพลิเอทธิลีนใช้บรรจุน้ำยาชุบ ที่มีขนาดเล็กหรือเป็นการย่อส่วนถังชุบ หรือการชุบให้มีขนาดเล็กและถังชุบแบบนี้จะถูกออกแบบผิดไปจากถังชุบปกติโดยจะมีรูปร่างเป็นถังสี่เหลี่ยมคางหมู

ฮัลล์เซลล์มีประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำยา และภาวะการทำงาน โดยจะนำน้ำยาชุบ ที่ต้องการตรวจสอบคุณภาพใส่ลงไปในฮัลล์เซลล์ปรับอุณหภูมิให้เท่ากับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ชุบจริง แล้วใส่ขั้วบวก และขั้วลบตามตำแหน่ง จากนั้นก็ต่อไฟฟ้ากระแสตรงให้ครบวงจรโดยให้กระแสไฟฟ้า 2-3 แอมแปร์ไหลผ่าน สำหรับน้ำยาชุบทั่วไป แต่ถ้าเป็นน้ำยาชุบโครเมียมจะใช้กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ชุบเคลือบผิวแคโทด ประมาณ 5-10 นาที (ขึ้นกับชนิดของน้ำยา)แล้วนำขั้วแคโทดออกมาล้างทำความสะอาด และจดบันทึกลักษณะของการชุบ โดยละเอียด จากนั้นนำผลที่บันทึกไว้ และลักษณะของชิ้นงานหรือขั้วแคโทดมาแปรความถึงลักษระการเกาะชุบผิว ซึ่งจะเป็นแนวทางที่จะบอกให้ทราบว่าภาวะการทำงาน และน้ำยาที่ใช้นี้ดีอยู่แล้วหรือควรแก้ไขต่อไป

ฮัลล์เซลล์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีขนาด 267 มิลลิลิตร ดังรูป



รูปที่ 2.7 แสดงขนาดของด้านต่างๆ ของฮัลล์เซลล์ โดยตัวเลขในสเกลเหล่านี้มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

จากรูปจะเห็นว่า ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ของแผ่นชิ้นงานจะไม่เท่ากัน โดยบริเวณที่อยู่ใกล้ขั้วแอโนดมากที่สุด จะมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามากที่สุด สำหรับการกระจายของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า ที่ขั้วแคโทดในตำแหน่งต่างๆ จะเป็นไปตามสมการข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C.D. = I\ (5.1 - 5.24\ \log X)$$

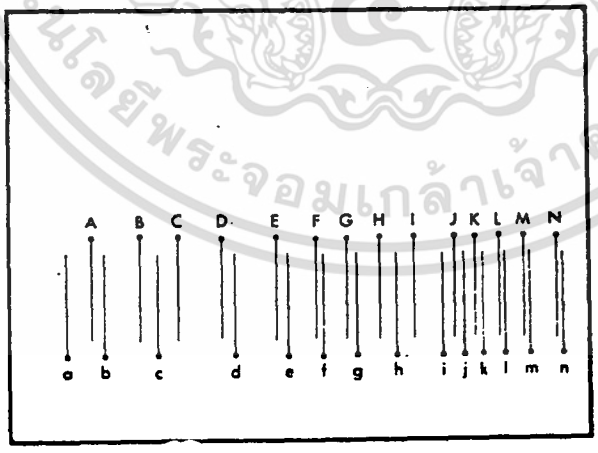
เมื่อ C.D. คือ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ห่างจากด้านหรือขอบของชิ้วแคโทดที่มี ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุดเป็นระยะทาง X เซนติเมตร และหน่วยของ C.D. เป็นแอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านน้ำยาชุบมีหน่วยเป็นแอมแปร์

X คือ ระยะทางที่ห่างจากขอบของชิ้วแคโทด ที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุด มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ตัวอย่างการกระจายของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า สำหรับฮัลล์เซลล์ที่บรรจุน้ำยาชุบขนาด 267 มิลลิลิตร เป็นดังตารางและรูปข้างล่างนี้

Current applied amperes	Current density—amp/dm²													
	Position on Hull Cell panel													
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
1	5	4	3	2	1.5	1.25	1	0.75	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05
2	10	8	6	4	3	2.5	2	1.5	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1
3	15	12	9	6	4.5	3.75	3	2.25	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3	0.15
5	25	20	15	10	7.5	6.25	5	3.75	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.25



รูปที่ 2.8 แสดงขนาดต่างๆ บนแผ่นโลหะที่ใช้เป็นชิ้วแคโทดในฮัลล์เซลล์ที่บรรจุน้ำยาชุบขนาด 267 มิลลิลิตร(โดยด้านซ้ายมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากชิ้นงานที่ทำการชุบ จะบอกได้ทันทีว่า น้ำยาชุบนี้ควรที่จะชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่าใด จึงจะให้ผลงานออกมาดี ตัวอย่างเช่น ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในสารละลาย 3 แอมแปร์ แล้วทำให้ผิวชิ้นงานที่ชุบมีความเงางามอยู่ในช่วงตำแหน่ง c-g ก็ควรจะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 3-9 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร เป็นต้น

ประโยชน์ของฮัลล์เซลล์

1. สามารถประมาณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า ในช่วงที่ทำการชุบแล้วได้ผิวที่ชุบเป็นเงางาม และค่าที่ควรใช้ที่ดีที่สุดควรที่เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ทดสอบได้

2. ช่วยประมาณค่าความเข้มข้นของสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำยาชุบ เช่น ปริมาณของไอออนของโลหะ ที่จะไปเกาะบนผิวของชิ้นงานมีมากเกินไป ก็จะทำให้ต้องใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงกว่าปกติจึงจะทำให้ชิ้นงานเงางาม

3. จากลักษณะการเกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบของฮัลล์เซลล์จะช่วยบอกได้ว่าสารเพิ่มคุณสมบัติ เช่นน้ำยาเงา สารเพิ่มความชื้น มีปริมาณมากหรือน้อยเกินไป ซึ่งสะดวกกว่าการวิเคราะห์ทางเคมี

4. สิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการให้มีในน้ำยาชุบ เช่น ไอออนของโลหะอื่นๆ หรือสารอินทรีย์เคมี ถ้ามีแล้วจะมีผลต่อการชุบหรือไม่ จะดูได้จากการเกาะเคลือบผิวของขั้วแคโทด เพราะถ้าหากสิ่งเหล่านี้มีปริมาณไม่เกินขีดจำกัดที่จะมีได้ก็ไม่เป็นผลเสียอะไร แต่ถ้ามีเกินขอบขีดจำกัดจึงจะปรากฏผลออกมาให้เห็น

5. ฮัลล์เซลล์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ เกี่ยวกับสารเพิ่มคุณสมบัติกำลังการยึดเกาะ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่จะใช้ได้ ประสิทธิภาพของขั้วลบโดยเฉลี่ย กำลังการเคลือบผิว ผลของ pH อุณหภูมิ สารที่เกิดจากการแตกสลายในขณะที่ชุบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินการ

3.1 การวิเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบทองแดง นิกเกิล และทองคำ

น้ำยาที่ทำการวิเคราะห์เป็นน้ำยาที่ใช้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมชุบเคลือบผิวด้วยโลหะ บริษัทที่นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย คือบริษัท PENC THAILAND

3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ก.หาค่าพีเอชโดยใช้เครื่อง pH Meter

ข.หาค่าความนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่อง Conductrometer

ค.สังเกตุสีด้วยตา

3.1.2 การวิเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบโดยวิธีวิเคราะห์แคท-แอนไอออน

น้ำยาเงาที่วิเคราะห์ มีดังนี้

ขวดที่ 1. Brightener Cupracid 210 Part A

ขวดที่ 2. Brightener Cupracid 210 Part B

ขวดที่ 3. Make-up Solution Cupracid 210

ขวดที่ 4. Brightener Stratolux 710

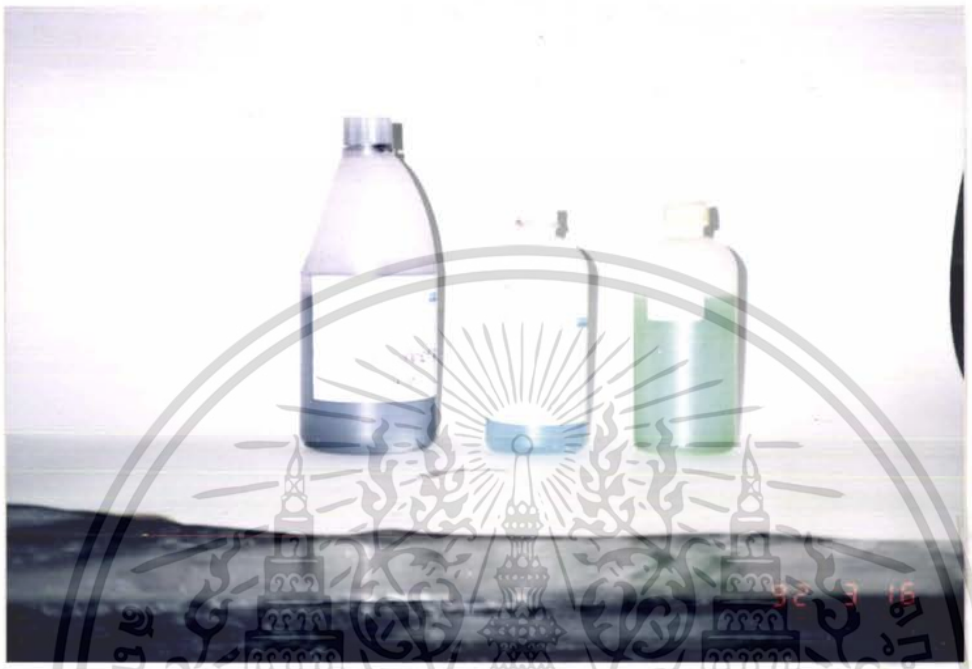
ขวดที่ 5. Brightness Correction Solution Ni conc

ขวดที่ 6. Acid Gold Make-up

ขวดที่ 7. Neutral Gold Make-up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงน้ำยาเงาชวดที่ 1,2,3 ซึ่งใช้เป็นสารเติมแต่งในกระบวนการชุบทอง แต่งสภาวะกรด



รูปแสดงน้ำยาเงาชวดที่ 4,5 ซึ่งใช้เป็นสารเติมแต่งในกระบวนการชุบนิกเกิลเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงน้ำยาเงาชวดที่ 6,7 ซึ่งใช้ในกระบวนการชุบทองคำในสภาวะกลาง และสภาวะเบส ตามลำดับ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. การวิเคราะห์แคทไอออน

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.กรดไฮโดรคลอริก(HCl) 6 โมลาร์

2.กรดไฮโดรคลอริก(HCl) 1 โมลาร์

3.กรดไนตริก(HNO_3) 6 โมลาร์

4.โพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต(II)($K_2Fe(CN)_6$ 1 โมลาร์

5.แอมโมเนียมคลอไรด์(NH_4Cl) 2 โมลาร์

6.แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์(NH_4OH) 6 โมลาร์

7.กรดซัลฟิวริก(H_2SO_4) 2 โมลาร์

8.ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2SO_4)เข้มข้น 3%

9.โพแทสเซียมไทโอไซยาเนต(KSCN) 0.2 โมลาร์

10.ผงโซเดียมฟลูออไรด์

11.สารละลายอิ่มตัวของ แอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ใน เอทธานอล

วิธีการทดลอง

หยดน้ำยาเงาทั้ง 7 ขวดอย่างละ 10 หยด ลงในหลอดทดลองชนิดละหลอด แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลาร์ ทีละหยด ปรากฏว่าไม่มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น แสดงว่าน้ำยาทั้ง 7 ขวดนี้ ไม่มีแคทไอออนหมู่หนึ่ง

ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลาร์เป็นกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลาร์ 5 หยด และไทโออะเซตาไมด์ 6 หยดตามลำดับ พบว่าขวดที่ 1,2,3 และ 4 มีตะกอนเกิดขึ้น แสดงว่ามีแคทไอออนหมู่ 2

นำตะกอนที่ได้เข้าเครื่องเหวี่ยง แยกตะกอนเก็บไว้วิเคราะห์หาแคทไอออนหมู่ 2 และเก็บส่วนสารละลายไว้วิเคราะห์หาแคทไอออนหมู่ 3 ต่อไป

ล้างตะกอนด้วยน้ำเจือกรด (น้ำต่อกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลาร์ = 5:1) จากนั้นละลายตะกอนด้วยกรดไนตริก 6 โมลาร์ 5 หยด โดยอุ่นจนตะกอนละลายหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาคอปเปอร์ไอออน โดยเติมโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต(II) 1 โมลาร์ 4 หยด ปรากฏว่าหลอดที่ 1,2,3,4 เกิดตะกอนสีน้ำตาลแดงของ $Cu_2Fe(CN)_6$ แสดงว่ามีคอปเปอร์ไอออน นำส่วนสารละลายที่แยกเก็บไว้มาทดสอบหาแคทไอออนหมู่ 3 โดยนำสารละลายมาเทลงในถ้วยกระเบื้องเพื่อต้มไล่ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่เหลืออยู่ออกให้หมด จากนั้นเติมแอมโมเนียมคลอไรด์ 2 โมลาร์ 3 หยด และเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น จนสารละลายเป็นเบส เติมน้ำกลั่น 5 หยด อุ่นนาน 1-2 นาที พบว่าขวด 1 และ 6 มีตะกอนเกิดขึ้น

ล้างตะกอน 3 ครั้งด้วยน้ำร้อน เติมกรดซัลฟิวริก 2 โมลาร์ 20 หยด ผสมให้เข้ากัน ต้มสารละลายในถ้วยกระเบื้องด้วยไฟอ่อนๆ 1 นาที เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 3% 1 หยด ต้มต่อไปอีก 1 นาที หลังจากตะกอนละลายหมดแล้วเติมน้ำ 10 หยด ทิ้งไว้ให้เย็น แบ่งสารละลายเป็นสองส่วน

นำส่วนแรกมาเติมโพแทสเซียมไทโอไซยาเนต 0.2 โมลาร์ พบว่า ขวดที่ 1 และ 6 ได้สารละลายสีแดงเลือดนก แสดงว่ามี Fe^{3+}

นำสารละลายส่วนที่เหลือเติมผงโซเดียมฟลูออไรด์ คนให้ทั่วแล้วเติมสารละลายอิ่มตัวของแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต ในเอทธานอล 15 หยด พบว่าขวดที่ 6 ได้สารละลายสีฟ้าแสดงว่ามี Co^{2+}

ข.การวิเคราะห์แอนไอออน

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต(Na_2CO_3)	1.5	โมลาร์
2.กรดอะซิติก(CH_3COOH)	6	โมลาร์
3.กรดไนตริก(HNO_3)	6	โมลาร์
4.ซิลเวอร์ไนเตรท($AgNO_3$)	0.1	โมลาร์
5.กรดไฮโดรคลอริก(HCl)	6	โมลาร์
6.แบเรียมคลอไรด์($BaCl_2$)	0.1	โมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.กรดซัลฟิวริก(H_2SO_4) 1 โมลาร์

8.เฟอร์รัสซัลเฟต($FeSo_4$)

วิธีการทดลอง

เตรียม สารละลายโซดา

นำน้ำยาทั้ง 7 ขวดมาอย่างละ 20 หยด ผสมกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1.5 โมลาร์ 3 ml ในชามกระเบื้อง ต้มสารละลายจนเดือด เติมน้ำกลั่นแล้วเทลงในหลอดทดลอง จากนั้นนำไปเซนตริฟิวจ์ นำสารละลายที่ได้จากแต่ละหลอดไปทำให้เป็นกรดโดยใช้กรดอะซิติก 6 โมลาร์ อุ่นเพื่อกำจัด คาร์บอนไดออกไซด์ จะได้สารละลายโซดา

นำสารละลายโซดา 1 ml เติมกรดไนตริก 6 โมลาร์จนสารละลายเป็นกรด เติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 โมลาร์ 3 หยด พบว่าขวดที่ 3 มีตะกอนสีขาว แสดงว่ามี คลอไรด์ไอออน

นำสารละลายโซดา 1 ml เติมกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลาร์ 3 หยด แล้วเติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ 10 หยด พบว่ามีตะกอนขุ่นขาวทั้ง 7 ขวด ซึ่งไม่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก แสดงว่ามี ซัลเฟตไอออน

นำสารละลายโซดา 1 ml เติมกรดซัลฟิวริก 1 โมลาร์ 3 หยด เติม $FeSO_4$ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเอียงหลอดแล้วค่อยๆหยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไปข้างหลอดประมาณ 1 ml พบว่าสารละลายจะแยกเป็น 2 ชั้น และเห็นวงแหวนสีน้ำตาลเกิดขึ้นระหว่างชั้นของของเหลวทั้งสอง แสดงว่าขวดที่ 6 มีไนเตรทไอออน

3.1.3 <u>การวิเคราะห์สารเติมแต่งโดยใช้เครื่อง X-Ray Fluorescent</u>

เมื่อทำการวิเคราะห์ทราบชนิดของโลหะไอออนบางตัว ในน้ำยาเงาแล้ว ได้ส่งตัวอย่างน้ำยาเงา ไปตรวจสอบหาธาตุตัวอื่น ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescent ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้ Atomic Absorption Spectrometer

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

-เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.สารละลายมาตราฐานของ $CO(NO_3)_2$ 1000 ppm

2.สารละลายมาตราฐานของ NaOH 1000 ppm

3.สารละลายมาตราฐานของ $CuSO_4$ 1000 ppm

4.สารละลายมาตราฐานของ $Fe(NO_3)_3$ 1000 ppm

3.2 การเตรียมน้ำยาชุบทองแดง นิกเกิล และทองคำ

ก.น้ำยาชุบทองแดงสภาวะกรด(Acid Copper Bath)

ส่วนผสมของน้ำยาชุบ 1 ลิตร

-คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)	220 กรัม
-กรดกำมะถันเข้มข้น (conc H_2SO_4)	33 มิลลิลิตร
-กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc HCl)	0.3 มิลลิลิตร
-น้ำยาเงา	
Make-up Solution Cupracid 210	10 มิลลิลิตร
Brightener Cupracid 210 Part A	0.3 มิลลิลิตร
Brightener Cupracid 210 part B	0.5 มิลลิลิตร

การผสมน้ำยาชุบ

-เติมน้ำลงไป 2/3 ของบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร

-ให้ความร้อน ประมาณ 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตทีละน้อย กวนน้ำยาตลอดเวลา เพื่อให้คอปเปอร์ซัลเฟตละลายจะหมด

-ใส่ผงคาร์บอน 2 กรัม กวนสารละลายแขวนลอย ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง พร้อมทั้งเปิดเครื่องปั๊มลม

-กรองสารละลายที่ได้โดยใช้กระดาษกรองกลับจีบ อย่าให้ผงคาร์บอนเหลืออยู่

-เติมกรดกำมะถัน

-เติมน้ำเงา

-เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

หมายเหตุ เตรียมน้ำยาชุบทองแดงสภาวะกรด 2 ชุด โดยชุดแรกใช้น้ำยาเงา ที่ซื้อมา ส่วนอีกชุดใช้น้ำยาเงาที่เตรียมขึ้น

ข. เตรียมน้ำยาชุบนิกเกิลเงา

ส่วนผสมของน้ำยาชุบ 1 ลิตร

-นิกเกิลซัลเฟต	($NiSO_4.6H_2O$)	275 กรัม
-นิกเกิลคลอไรด์	($NiCl_2.6H_2O$)	55 กรัม
-กรดบอริค	(H_3BO_3)	40 กรัม
-ฟอร์มัลดีไฮด์	(HCOH)	0.2 มิลลิลิตร
-สารเพิ่มความชื้น	(Wetting Agent)	1 มิลลิลิตร
-น้ำยาเงา		
Brightener Stratolux 710		0.5 มิลลิลิตร
Brigtness Correction Solution Ni conc		3 มิลลิลิตร

การผสมน้ำยาชุบ

-เติมน้ำกลั่นลงไป 2/3 ของบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ให้ความร้อนประมาณ 50 องศาเซลเซียส

-ใส่กรดบอริค แล้วกวนให้เข้ากันจนกระทั่งกรดบอริคละลายหมด

-ใส่นิกเกิลซัลเฟต แล้วกวนให้นิกเกิลซัลเฟตละลายหมด

-ใส่นิกเกิลคลอไรด์ แล้วกวนให้เข้ากันตลอดเวลา

-เติมน้ำกลั่นลงไปอีกจนกระทั่งได้ประมาณ 5/6 ของบีกเกอร์ เนื่องจากน้ำยาชุบนี้อาจมีสิ่งสกปรกเจือปน จำเป็นต้องทำความสะอาด ก่อนที่จะเติมน้ำยาเงา โดยทำดังนี้

1.ให้ความร้อนจนถึง 60 องศาเซลเซียส

2 ถ้าพีเอชของน้ำยาชุบต่ำกว่า 4.5 ให้ปรับพีเอชขึ้นมาจนถึง 4.5 โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 มิลลิลิตร

4.ใส่ผงคาร์บอน 2 กรัมกวนให้เข้ากันตลอดเวลา ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง

5.กรองน้ำยาให้สะอาด

6.ปรับค่าพีเอชให้ได้ 3.6-4.2

-เติมฟอร์มัลดีไฮด์

-เติม สารเพิ่มความชื้น

-เติมน้ำยาเงา

-เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 ลิตร

<u>หมายเหตุ</u> เตรียมน้ำยาชุบนิกเกิลเงา 2 ชุด โดยชุดแรกใช้น้ำเงาที่ซื้อมา ส่วนอีกชุดใช้น้ำยาเงาที่เตรียมขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. เตรียมน้ำยาชุบทองคำสภาวะกรด (Acid Gold Bath)

ส่วนผสมของน้ำยาชุบ 1 ลิตร

-โพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต(I) ($K[Au(CN)_2]$)	1 กรัม
-Acid Gold Make-up Part 1 (Sodium Citrate)	90 กรัม
-Acid Gold Make-up Part 2	50 มิลลิลิตร
-Acid Gold Make-up Part 3 (Citric Acid)	90 กรัม

การผสมน้ำยาชุบ

-เติมน้ำกลั่นลงไป 3/4 ของบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร

-ให้ความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส

-เติม Acid Gold Make-up Part 1 2 และ 3 กวนจนละลายหมด

-เติมโพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต(I)

-เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 ลิตร

หมายเหตุ เตรียมน้ำยาชุบทองคำสภาวะกรด 2 ชุด โดยชุดแรกใช้ Acid Gold Make-up Part 2 ที่ซื้อมา ส่วนอีกชุดใช้น้ำยาที่เตรียมขึ้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.เตรียมน้ำยาชุบทองคำสภาวะกลาง (Neutral Gold Bath)

ส่วนผสมของน้ำยาชุบ 1 ลิตร

-โพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต(I) ($K[Au(CN)_2]$)	1.47 กรัม
-Neutral Gold Make-up Part 1 (Phosphoric Acid)	50 กรัม
-Neutral Gold Make-up Part 2	50 มิลลิลิตร

การผสมน้ำยาชุบ

-ให้ความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส

-เติม Neutral Gold Make-up Part 1 และ 2 กวนจนละลายหมด

-เติมโพแทสเซียมไดไซยาโนออเรต(I)

-เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 ลิตร

หมายเหตุ เตรียมน้ำยาชุบทองคำสภาวะกลาง 2 ชุด โดยชุดแรกใช้ Neutral Gold Make-up Part 2 ที่ซื้อมา ส่วนอีกชุดใช้น้ำยาที่เตรียมขึ้นเอง

3.3 การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

อุปกรณ์ในการชุบโลหะ

-Rectifier

-แท่งโลหะทองแดง นิกเกิล และตะแกรงลวดแสตนเลส

3.3.1 การเตรียมชิ้นงานก่อนชุบ

-ใช้เหรียญ หรือตัดแผ่นทองเหลืองให้มีขนาดเหมาะสม

-ขัดด้วยน้ำยาขัดเงา และล้างด้วยผงซักฟอก

-ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยกระแสไฟฟ้าในสารละลายอัลคาไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ล้างด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจาง

-แช่ชิ้นงานในน้ำกลั่น

3.3.2 สภาวะที่ใช้ในการชุบ

ก.ชุบทองแดงสภาวะกรด

นำชิ้นงานที่ทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว และแช่อยู่ในน้ำกลั่นมาชุบทองแดง โดยใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อมา กับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้นเอง โดยใช้สภาวะในการชุบดังนี้

ขั้วแคโทด	ชิ้นงาน
ขั้วแอโนด	ขั้วทองแดงชนิดฟอสโฟไลต์
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	1 โวลต์
อุณหภูมิ	24-28 องศาเซลเซียส
พีเอช	น้อยกว่า 1
เวลาที่ชุบ	12 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.ชุบนิกเกิลเงา

นำชิ้นงานที่ผ่านการชุบทองแดงเงาเรียบร้อยแล้ว มาชุบนิกเกิลโดยใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อมา กับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้นเอง โดยใช้สภาวะในการชุบดังนี้

แคโทด	ชิ้นงานที่ผ่านการชุบทองแดง
แอโนด	ชิ้วโลหะนิกเกิล
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	2 โวลต์
อุณหภูมิ	50 องศาเซลเซียส
พีเอช	4.0-4.6
เวลาที่ใช้ชุบ	12 นาที

ค.ชุบทองคำสภาวะกรด

นำชิ้นงานที่ผ่านการชุบนิกเกิลเงาเรียบร้อยแล้ว มาชุบทองคำสภาวะกรด โดยใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อมา กับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้นเอง โดยใช้สภาวะในการชุบดังนี้

แคโทด	ชิ้นงานที่ผ่านการชุบนิกเกิล
แอโนด	Stainless Steel
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	6 โวลต์
อุณหภูมิ	60-65 องศาเซลเซียส
พีเอช	3.5-4.0
เวลาที่ใช้ชุบ	10 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ชุบทองคำสภาวะกลาง

นำชิ้นงานที่ผ่านการชุบนิกเกิลเงาเรียบร้อย มาชุบทองคำสภาวะกลางโดยใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อมา กับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้นเอง โดยใช้สภาวะในการชุบดังนี้

แคโทด	ชิ้นงานที่ผ่านการชุบนิกเกิลเงา
แอโนด	Stainless Steel
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	6 โวลต์
อุณหภูมิ	65 องศาเซลเซียส
พีเอช	7-8
เวลาที่ใช้ในการชุบ	10 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบ

4.1.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ

น้ำยาที่วิเคราะห์	สี	พีเอช	ค่าความนำไฟฟ้า (milli sement/cm)
Brightener Cupracid 210 Part A	ม่วงเข้ม	0.05	74.7
Brightener Cupracid 210 Part B	ฟ้าอ่อน	0.3	67.2
Make-up Solution Cupracid 210	เขียวอ่อน	0.85	126.9
Brightener Stratolux 710	ขาวใส	4.91	64.8
Brightness Correction Solution Ni.conc	ใส	6.26	95.3
Acid Gold Make-up Part 2	แดงใส	3.2	15.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Neutral Gold Make-up Part 2 ใส 6.0 10.8

4.1.2 ผลการวิเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบโดยวิธีวิเคราะห์แคท-แอนไอออน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบโดยวิธีวิเคราะห์แคท-แอนไอออน

น้ำยาที่วิเคราะห์	แคทไอออน	แอนไอออน
Brightener Cupracid 210 Part A	Cu^{2+},Fe^{3+}	SO_4^{2-}
Brightener Cupracid 210 Part B	Cu^{2+}	SO_4^{2-}
Make-up Solution Cupracid 210	Cu^{2+}	SO_4^{2-},Cl^-
Brightener Stratolux 710	Cu^{2+}	SO_4^{2-}
Brightness Correction Solution Ni.conc	—	SO_4^{2-}
Acid Gold Make-up Part 2	Fe^{3+},Co^{2+}	SO_4^{2-},NO_3^-
Neutral Gold Make-up Part 2	—	SO_4^{2-},PO_4^{3-}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการวิเคราะห์สารเติมแต่งในน้ำยาชุบโดยเครื่อง X-Ray Fluorescent

แสดงในรายงานผลการวิเคราะห์ จากเครื่อง X-Ray Fluorescent โดย

1 คือ Acid Gold Make-up

2 คือ Brightener Statolux 710

3 คือ Neutral Gold Make-up

4 คือ Brightness Correction Solution Ni conc

5 คือ Brightener Cupracid 210 Part B

6 คือ Brightener Cupracid 210 Part A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254-0211 FAX : (662) 254-0211
อาคารสถาบัน 2 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 พญาไท กรุงเทพฯ 10330 โทร. 251[illegible], 2514516 เทเล็กซ์ 20217 UNICHUL TH

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH EQUIPMENT CENTRE CHULALONGKORN UNIVERSITY
CHULALONGKORN SOI 62 PHAYA-THAI ROAD BANGKOK 10330 THAILAND TEL. 251[illegible] 2514516 TELEX 20217 UNICHUL TH

รายงานผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง	น้ำยาที่ใช้ในการชุบทอง
เจ้าของตัวอย่าง	นายธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์
	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
วัตถุประสงค์	เพื่อวิเคราะห์เชิงคุณภาพ
วิธีวิเคราะห์	X-ray fluorescence analysis
เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์	Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer
	Model EDXRF XR-200
วันที่วิเคราะห์	26 กันยายน 2534

ผลการวิเคราะห์

หมายเลขตัวอย่าง	ธาตุที่ตรวจพบ
# 1	Na S Fe Co
# 2	Na S Cu
# 3	Na P S
# 4	Na S
# 5	S Cu
# 6	S Fe Cu

ผู้วิเคราะห์
(นางสาวสาหร่าย เล็กชะอุ่ม)

หมายเหตุ ผลการทดสอบที่ได้รับนี้ เป็นผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ทำการทดสอบจาก ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้น

สล/สช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลที่สรุปได้จากการวิเคราะห์ แคท-แอนไอออน และการวิเคราะห์โดยเครื่อง X-Ray Fluorescent

น้ำยาที่วิเคราะห์	แคทไอออน	แอนไอออน
Brightener Cupracid 210 Part A	Cu^{2+},Fe^{3+}	SO_4^{2-}
Brightener Cupracid 210 Part B	Cu^{2+}	SO_4^{2-}
Make-up Solution Cupracid 210	Cu^{2+}	SO_4^{2-},Cl^-
Brightener Stratolux 710	Cu^{2+},Na^+	SO_4^{2-}
Brightness Correction Solution Ni.conc	Na^+	SO_4^{2-}
Acid Gold Make-up Part 2	Na^+,Fe^{3+},Co^{2+}	SO_4^{2-},NO_3^-
Neutral Gold Make-up Part 2	Na^+	SO_4^{2-},PO_4^{3-}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectromete

ขวดที่	แคทไอออน	ปริมาณ(ppm)
1	Cu^{2+}	130.0
	Fe^{3+}	45.35
2	Cu^{2+}	6180.0
3	Cu^{2+}	6360.0
4	Cu^{2+}	12.51
	Na^{+}	74750.0
5	Na^{+}	105530.0
6	Fe^{3+}	0.2125
	Na^{+}	44230.0
	Co^{2+}	2250.0
7	Na^{+}	64310.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำยาเงา

ขวดที่	เกลือของไอออนโลหะ	ปริมาณสารที่ใช้(g/100 cc)
1	$CuSO_4.5H_2O$	0.051
	$Fe_2(SO_4)_3.5H_2O$	0.005
2	$CuSO_4.5H_2O$	2.428
3	$CuCl_2.2H_2O$	1.706
4	$CuSO_4.5H_2O$	0.005
	Na_2SO_4	23.082
5	Na_2SO_4	32.586
6	$Fe_2(SO_4)_3.5H_2O$	0.000055
	Na_2SO_4	13.664
	$Co(NO_3)_2.6H_2O$	1.111
7	Na_2SO_4	19.852

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมน้ำยาเงา</u>

เตรียม Acid Gold Make-up Part 2

-ผลจากเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

ปริมาณ Fe^{3+} = 0.2125 มิลลิกรัม/ลิตร

Na^{+} = 44230 มิลลิกรัม/ลิตร

Co^{2+} = 2250 มิลลิกรัม/ลิตร

-เตรียมน้ำยาเงา 100 มิลลิลิตร จะได้

ปริมาณ Fe^{3+} = 0.00002125 กรัม/100 มิลลิลิตร

Na^{+} = 4.423 กรัม/100 มิลลิลิตร

Co^{2+} = 0.225 กรัม/100 มิลลิลิตร

-มวลโมเลกุลของเกลือโลหะไอออนที่ใช้

Fe^{3+} ใช้เกลือ $Fe_2(SO_4)_2.5H_2O$ มวลโมเลกุล = 289.96

Na^{+} ใช้เกลือ Na_2SO_4 มวลโมเลกุล = 142.04

Co^{2+} ใช้เกลือ $CoNO_3.6H_2O$ มวลโมเลกุล = 291.0

- ปริมาณเกลือโลหะไอออนที่ใช้ใน 100 มิลลิลิตร

$Fe_2(SO_4).5H_2O$ = (289.96/(2x55.847))x0.00002125

= 0.000055 กรัม

Na_2SO_4 = (142.04/(2x22.9898))x4.423

= 13.664 กรัม

$CoNO_3.6H_2O$ = (291.0/58.93)x0.225

= 1.111 กรัม

หลังจากนั้นนำสารทั้ง 3 มาละลายในน้ำกลั่น ปรับพีเอชให้เท่ากับน้ำยาที่ซื้อจากต่างประเทศ หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะโดยใช้กระแสไฟฟ้า

เปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อมา กับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้นเอง โดยสังเกตุลักษณะผิวของชิ้นงานที่ชุบได้

กำหนดตัวแปรต่างๆ ที่จะแสดงในตาราง

Cu คือ น้ำยาชุบทองแดงสภาวะกรด ที่ใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ

Cu* คือ น้ำยาชุบทองแดงสภาวะกรด ที่ใช้น้ำยาเงาที่เตรียมเอง

Ni คือ น้ำยาชุบนิกเกิลเงา ที่ใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ

Ni* คือ น้ำยาชุบนิกเกิลเงา ที่ใช้น้ำยาเงาที่เตรียมเอง

Au_1 คือ น้ำยาชุบทองคำสภาวะกรด ที่ใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ

Au_1* คือ น้ำยาชุบทองคำสภาวะกรด ที่ใช้น้ำยาเงาที่เตรียมเอง

Au_2 คือ น้ำยาชุบทองคำสภาวะด่าง ที่ใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ

Au_2* คือ น้ำยาชุบทองคำสภาวะด่าง ที่ใช้น้ำยาเงาที่เตรียมเอง

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการชุบทองแดงสภาวะกรด โดยเปรียบระหว่างน้ำยาเงาที่ซื้อมา กับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้นเอง

ชนิดของน้ำยาชุบ	ลักษณะของชิ้นงานที่ได้	
	เหรียญ	แผ่นทองแดง
Cu Cu*	เงางาม ผิวด้าน หยาบ	เงางาม ผิวด้าน หยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการชุบนิกเกิลเงา โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำยาเงาที่ซื้อมากับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้นเอง (ผ่านการชุบรองพื้นด้วยทองแดง)

ชนิดของน้ำยาที่ชุบ	ลักษณะชิ้นงานที่ได้	
	เหรียญ	แผ่นทองเหลือง
Cu - Ni	เงาสุกใส	เงาสุกใส
Cu - Ni*	ผิวด้าน	เงาเล็กน้อย
Cu* - Ni	ผิวด้าน	ผิวด้าน
Cu* - Ni*	ผิวด้านหยาบ	ผิวด้านหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการชุบทองคำสภาวะกรด โดยเปรียบเทียบระหว่าง น้ำยาเงา ที่ซื้อมา กับน้ำยาที่เตรียมขึ้นเอง (ผ่านการชุบรองพื้นด้วย ทองแดง นิกเกิล)

ชนิดของน้ำยาที่ชุบ	ลักษณะชิ้นงานที่ได้	
	เหรียญ	แผ่นทองเหลือง
Cu - Ni - Au_1	เงาสุกใส	เงาสุกใส
Cu - Ni - Au_1*	เงาสุกใส	เงาสุกใส
Cu - Ni* - Au_1	เงาเล็กน้อย	เงาเล็กน้อย
Cu - Ni* - Au_1*	เงาเล็กน้อย	เงาเล็กน้อย
Cu* - Ni - Au_1	ผิวด้าน	ผิวด้าน
Cu* - Ni - Au_1*	ผิวด้าน	ผิวด้าน
Cu* - Ni* - Au_1	ผิวด้าน	ผิวด้าน
Cu* - Ni* - Au_1*	ผิวด้าน	ผิวด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการชุบทองคำสภาวะกลาง โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำยาเงาที่ซื้อมา กับน้ำยาเงาที่เตรียมขึ้นเอง

(ผ่านการชุบรองพื้นด้วย ทองแดง นิกเกิล)

ชนิดของน้ำยาที่ชุบ	ลักษณะชิ้นงานที่ได้	
	เหรียญ	แผ่นทองเหลือง
CU - Ni - Au_2	เงาสุกใส	เงาสุกใส
CU - Ni - Au_2*	เงาสุกใส	เงาสุกใส
CU - Ni* - Au_2	เงาเล็กน้อย	เงาเล็กน้อย
CU - Ni* - Au_2*	เงาเล็กน้อย	เงาเล็กน้อย
CU* - Ni - Au_2	ผิวด้าน	ผิวด้าน
CU* - Ni - Au_2*	ผิวด้าน	ผิวด้าน
CU* - Ni* - Au_2	ผิวด้าน	ผิวด้าน
CU* - Ni* - Au_2*	ผิวด้าน	ผิวด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในโครงงานพิเศษฉบับนี้ ได้ทำการวิเคราะห์สารเติมแต่งในขบวนการชุบโลหะ โดยแบ่งงานวิจัยนี้ ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ก. การวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณของอนุภาค ในน้ำยาเงาของทองแดง นิกเกิลและทอง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แคท-แอนไอออน, เครื่อง X-Ray Fluorescent และเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

ข. การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ กับน้ำยาที่เตรียมขึ้นเอง

<u>จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า</u>

1. ในน้ำยาเงาของทองแดง และนิกเกิล มีองค์ประกอบบางส่วนที่ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้หมด ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นสารประกอบอินทรีย์(organic compound)

2. ชิ้นงานที่ได้จากการชุบเคลือบผิวด้วยน้ำยาชุบทองแดง และนิกเกิล ที่เตรียมขึ้นเอง ยังมีคุณสมบัติที่ดีไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้งาน

3. ชิ้นงานที่ได้จากการชุบเคลือบผิวด้วยน้ำยาชุบทองค่าสภาวะกรด และกลางที่เตรียมขึ้นเอง มีประสิทธิภาพโดยทั่วๆไป ใกล้เคียงกับน้ำยาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ

4. จากการปรับปรุงคุณภาพของน้ำยาชุบทองแดง และนิกเกิล โดยการเติมสารเติมแต่ง พบว่าชิ้นงานที่ได้จากการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะทองแดง ผลที่ได้นั้นยังไม่ดีพอ เนื่องจากยังหาสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองไม่ได้ ส่วนน้ำยาชุบนิกเกิล ให้ผลที่ใกล้เคียง กับน้ำยาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.ชิ้นงานที่ผ่านการชุบรองพื้นด้วย ทองแดง และนิกเกิล ที่มีความเงา เมื่อนำไปชุบทองจะได้ชิ้นงานที่มีความเงา แต่ถ้าชิ้นงานที่ผ่านการชุบรองพื้นที่ไม่เงา เมื่อนำไปชุบทองชิ้นงานที่ได้ก็จะไม่เงา

ข้อเสนอแนะ

1.ควรมีการทดสอบสมบัติของชิ้นงาน เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง ชิ้นงานที่ได้จากการชุบโดยใช้น้ำยาเงาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ และชิ้นงานที่ได้จากการชุบโดยใช้น้ำยาเงาที่เตรียมขึ้น

2.การใช้โลหะต่างๆ ผสมลงในน้ำยาชุบทองคำเพื่อให้ชิ้นงานที่ชุบเกิดสีต่างๆ ที่มีความสวยงาม กำลังเป็นที่น่าสนใจ ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาผลของโลหะที่ทำให้เกิดสี

3.ในขบวนการชุบทองคำเพื่อให้เกิดความเงางามที่ใช้ชิ้นงานเป็นทองคำ น้ำยาเงาที่ใช้จะแตกต่างจากกรณีที่ใช้ชิ้นงานเป็นโลหะชนิดอื่น ซึ่งน่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับน้ำยาเงาที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ประกอบ บุญยงค์, โลหะวิทยา เล่ม 1, พิมพ์ครั้งที่ 2, ประกอบเมไตร, 2520

2. อนันต์ ทองมอญ, ชุบโลหะด้วยไฟฟ้า, ภาพพิมพ์, 2525, หน้า 12-18

3. F.A. Lowenheim, Electroplating ; McGraw-Hill : New York, 1978, chapter 2, 8, 17, 19.

4. F.A. Lowenheim, Modern Electroplating, 2nd ed., John Wiley & Son Inc., New York, 1963, pp. 3-39.

5. F.H. Reid and W. Goldie, Gold plating Technology, Electrochemical Publication Ltd., Scotland, 1974. pp.3-181.

6. G.D. Christian, Analytical chemistry, 3rd ed., John Wily & Son Inc., New York, 1980, pp. 132-134 280-281.

7. G.H. Schenk and D.D Ebbing, Qualitative Analysis and Ionic Equilibrium, Houghton Mifflin, Boston, 1985, pp. 67-143.

8. R. Brugger, Nickel Plating, Robert Draper Ltd., Teddington, 1970, pp. 95-106.

9. W. Blum, Principle of Electroplating and Electroforming ; 3rd ed., McGraw-Hill : New York, 1949 ; chapter 4, 12, 17

10. W.S. Rapson and T. Groenewald, Gold Usage, Academic Press, London, 1978, pp. 196-270.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้