

ผลของสารเติมแต่งต่อการชุบเคลือบผิวโลหะผสมดีบุก-สังกะสี



นางสาว อรอนงค์ โฉมศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4626-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF ADDITIVES ON TIN-ZINC ALLOY PLATING

Miss Onanong Chomsiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science


Chulalongkorn University

Academic Year 2005

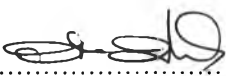
ISBN 974-17-4626-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของสารเติมแต่งต่อการชุบเคลือบผิวโลหะผสมดีบุก-สังกะสี
โดย	นางสาวอรอนงค์ โฉมศิริ
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกี้ยวลี พุกษาทร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. มะลิ หุ่นสม

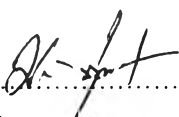
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรณ ประศาสน์สารกิจ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกี้ยวลี พุกษาทร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.มะลิ หุ่นสม)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสุทธิ)

นางสาวอรอนงค์ โนมศิริ: ผลของสารเติมแต่งต่อการชุบเคลือบผิวของโลหะผสมดีบุก-สังกะสี (EFFECT OF ADDITIVES ON TIN-ZINC ALLOY PLATING) อ.ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.เก็จวลี พุกษาทร, อ.ที่ปรึกษาร่วม: อ.ดร. มะลิ หุ่นสม, 88 หน้า. ISBN 974-17-4626-1

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติของผิวเคลือบจากการชุบเคลือบผิวเหล็กด้วยโลหะผสมดีบุก-สังกะสี ด้วยกระแสไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นกรด ตัวแปรที่ศึกษาคือ อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ 0.5:1-7.3:1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 0.5-2 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร ชนิดและปริมาณของสารเติมแต่ง ได้แก่ เฮกซะมีน (5-14 กรัมต่อลิตร) ฟอรัมาลดีไฮด์ (0.4-2 กรัมต่อลิตร) และพอลิเอทิลีนไกลคอล (1-5 กรัมต่อลิตร) ผลการทดลองพบว่าปริมาณดีบุกในผิวเคลือบจะเพิ่มขึ้น และมีปริมาณมากกว่าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ทุกๆ ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า แต่องค์ประกอบของดีบุกในผิวเคลือบจะลดลงเมื่อเพิ่มความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์เท่ากัน และจะให้ผลสอดคล้องกันในทุกชนิดของสารเติมแต่ง เมื่อความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ความหนาของผิวเคลือบจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาเท่ากัน ชนิดของสารเติมแต่งไม่มีผลต่อประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้าของผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสี เมื่อทดสอบค่าการกัดกร่อนพบว่า ผิวเคลือบที่ได้จากการชุบเคลือบด้วยความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีอัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นสารเติมแต่งที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร มีอัตราการกัดกร่อนต่ำสุดเท่ากับ 78 มิลลิเมตรต่อปี จากผลการพิจารณาผิวเคลือบโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน พบว่าผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสีมีรูปร่างหลายเหลี่ยม เมื่อไม่มีการเติมสารเติมแต่งผิวเคลือบจะมีรูพรุนมากกว่าเมื่อใช้สารเติมแต่ง และเมื่อใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นสารเติมแต่งจะได้ผิวเคลือบที่มีรูพรุนน้อย

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค.....ลายมือชื่อนิสิต.....*อรอนงค์ โนมศิริ*
 สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*เก็จวลี พุกษาทร*
 ปีการศึกษา.....2548.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*มะลิ หุ่นสม*

4572580023 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: ELECTROPLATING/ TIN-ZINC ALLOY/ CORROSION

ONANONG CHOMSIRI: EFFECT OF ADDITIVES ON TIN-ZINC ALLOY PLATING.

THESIS ADVISOR: ASST.PROF. KEJVALEE PRUKSATHORN, Ph.D., THESIS

CO-ADVISOR: MALI HUNSOM, Ph.D., 88 pp., ISBN 974-17-4626-1

This work was to study the properties of coated steel from Sn-Zn electrodeposition in acid electrolyte. The studied parameters were Sn:Zn ratio in Sn-Zn electrolyte (0.5:1-7.3:1), current density (0.5-2 A/dm²), type and quantity of additives including hexamine (5-14 g/l), formaldehyde (0.4-2 g/l) and polyethylene glycol (1-5 g/l). The result showed that composition of tin in alloy plating increased when tin in electrolyte solution increased. However, composition of tin in coating decreased when current density increased at the same composition of tin in electrolyte. When the current density increased, the thickness of coating increased at the same electrolysis time. Types of additives had no affect on current efficiency. By the way, the corrosion rate of Sn-Zn alloy coating at 1.5 A/dm² in 2.7:1 Sn:Zn ratio electrolyte and 2 g/l of polyethylene glycol was 78 mm/y which was lower than that by employing from hexamine and formadehyde. The results from scanning electron microscopy (SEM) indicated that crystallites of Sn-Zn alloy coating had a polyhedral shap. The porous of coating in no additive electrolyte had more than that of with additive. The coating with polyethylene glycol gave small porous.

Department.....Chemical Technology.....Student's signature.....*Onanong Chomsiri*.....
 Field of study.....Chemical Technology.....Advisor's signature.....*Kejvalee Pruksathorn*.....
 Academic year.....2005.....Co-advisor's signature.....*Mali Hunsom*.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เก็จวดี พุกษาทร อาจารย์ ดร.มะลิ หุ่นสม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ และ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความเห็นคำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัย ขอขอบคุณบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและกรุณาช่วยเหลือ พร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ต่างๆ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และผู้อยู่เบื้องหลังที่ได้ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือและให้การสนับสนุนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
- วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
- ขอบเขตงานวิจัย.....	3
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า.....	4
2.2 จลนพลศาสตร์ในการเกิดปฏิกิริยาของการเคลือบผิวโลหะ.....	9
2.3 กฎของฟาราเดย์.....	13
2.4 ศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการเคลือบผิว.....	15
2.5 การชุบเคลือบผิวด้วยโลหะผสม.....	16
2.6 ลักษณะการเข้าเคลือบผิวของโลหะ.....	17
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการชุบเคลือบ.....	21
2.8 ลักษณะการนำไปใช้งาน.....	23
2.9 การกัดกร่อนของโลหะ.....	24
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
3. เครื่องมือและวิธีการทดลอง.....	31
3.1 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	31
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	31
3.3 การดำเนินการวิจัย.....	32
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	36
4.1 โพลีไธเรชันที่ใช้ในการเคลือบผิวโลหะผสมดีบุก-สังกะสี.....	36

บทที่	หน้า
4.2 การชุบเคลือบผิวด้วยโลหะผสมดีบุก-สังกะสีโดยใช้ไฟฟ้า.....	37
- องค์ประกอบของโลหะผสมในผิวเคลือบ.....	38
- ความหนาของผิวเคลือบ.....	40
- ประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้า.....	41
4.3 การกัดกร่อนของผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสี.....	43
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	54
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	54
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	55
รายการอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก.....	58
ภาคผนวก ก.....	59
ภาคผนวก ข.....	60
ภาคผนวก ค.....	82
ภาคผนวก ง.....	85
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	88

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 องค์ประกอบของสารละลายอิเล็กโทรไลต์	32
4.1 ลักษณะของผิวเคลือบที่ภาวะต่างๆ.....	53
ก1 ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานรีดักชัน.....	59
ก2 สมบัติต่างๆ ของโลหะ.....	59
ข1 ผลของปริมาณโลหะในผิวเคลือบ เมื่อใช้เฮกซะมีนเป็นสารเติมแต่ง.....	60
ข2 ผลของปริมาณโลหะในผิวเคลือบ เมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารเติมแต่ง.....	62
ข3 ผลของปริมาณโลหะในผิวเคลือบ เมื่อใช้พอลิเอทิลีน ไกลคอลเป็นสารเติมแต่ง.....	64
ข4 ผลของความหนาของผิวเคลือบ เมื่อใช้เฮกซะมีนเป็นสารเติมแต่ง.....	66
ข5 ผลของความหนาของผิวเคลือบ เมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารเติมแต่ง.....	68
ข6 ผลของความหนาของผิวเคลือบ เมื่อใช้พอลิเอทิลีน ไกลคอลเป็นสารเติมแต่ง.....	70
ข7 ผลของประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้า เมื่อใช้เฮกซะมีนเป็นสารเติมแต่ง.....	72
ข8 ผลของประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้า เมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารเติมแต่ง.....	74
ข9 ผลของประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้า เมื่อใช้พอลิเอทิลีน ไกลคอลเป็นสารเติมแต่ง.....	76
ข10 อัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบ เมื่อใช้เฮกซะมีนเป็นสารเติมแต่ง.....	78
ข11 อัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบ เมื่อใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารเติมแต่ง.....	79
ข12 อัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบ เมื่อใช้พอลิเอทิลีน ไกลคอลเป็นสารเติมแต่ง.....	80
ข13 อัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบ เมื่อใช้สารเติมแต่งปริมาณต่างๆ.....	81

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 การชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า.....	4
2.2 กระบวนการที่ขั้วไฟฟ้า.....	6
2.3 ผิวสัมผัสของโลหะกับสารละลาย.....	7
2.4 การเข้าเคลือบผิวของไอออนโลหะ.....	8
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วแคโทดกับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า.....	15
2.6 โพลาริเซชันสำหรับการเข้าเคลือบของโลหะผสม.....	16
2.7 ลักษณะพื้นผิวโลหะที่เกิดปฏิกิริยาการเคลือบผิว.....	18
2.8 กลไกการถ่ายเทไอออนที่ขั้ว.....	19
2.9 กลไกการถ่ายเทไอออนที่พื้นผิว.....	19
2.10 กลไกในการยึดเกาะของโลหะบนผิว.....	20
2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า กับลักษณะของผิวเคลือบ.....	21
2.12 การเกิดการกัดกร่อนบนผิวโลหะ.....	24
2.13 การทดสอบการกัดกร่อนด้วยเครื่องโพเทนชิโอสแตท.....	26
2.14 พฤติกรรมการกัดกร่อนของโลหะ.....	27
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการชุบเคลือบโลหะโดยใช้ไฟฟ้า.....	33
3.2 ขั้วแอโนดและขั้วงาน.....	34
4.1 โพลาริเซชันแสดงความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสีต่างๆ.....	37
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของดีบุกในผิวเคลือบและอัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสีในอ่างชุบที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้พอลิเอทิลีน ไกลคอล เป็นสารเติมแต่งในปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร.....	38
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของดีบุกในผิวเคลือบและอัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสีในอ่างชุบที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1.5 A/dm ² เมื่อใช้สารเติมแต่งชนิดต่างๆ.....	39
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสีในอ่างชุบและความหนาของผิวเคลือบที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้พอลิเอทิลีน ไกลคอล เป็นสารเติมแต่งในปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร.....	40

ภาพประกอบ	หน้า
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสีในอ่างชุบและความหนาของผิวเคลือบที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1.5 A/dm^2 เมื่อใช้สารเติมแต่งชนิดต่างๆ.....	41
4.6 ความสัมพันธ์ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าและประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้าที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสีในอ่างชุบต่างๆ โดยใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นสารเติมแต่งในปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร.....	42
4.7 ความสัมพันธ์ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าและประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้าที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสีในอ่างชุบ 2.7:1 เมื่อใช้สารเติมแต่งชนิดต่างๆ.....	43
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกในผิวเคลือบและอัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็นสารเติมแต่งในปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร.....	44
4.9 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสีที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้พอลิเอทิลีน ไกลคอลเป็นสารเติมแต่งในปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร.....	45
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพสิเอทิลีนไกลคอลและอัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบ ที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้เคลือบผิว 1 A/dm^2	46
4.11 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสีที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 เมื่อใช้สารเติมแต่งพอลิเอทิลีนไกลคอลที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร.....	46
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกในผิวเคลือบและอัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้เฮกซะมีนเป็นสารเติมแต่งในปริมาณ 5 กรัมต่อลิตร.....	47
4.13 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสีที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้เฮกซะมีนเป็นสารเติมแต่งในปริมาณ 5 กรัมต่อลิตร.....	48
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเฮกซะมีนและอัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้เคลือบผิว 1.5 A/dm^2	49

ภาพประกอบ	หน้า
4.15 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสีที่อัตราส่วนของ ดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 เมื่อใช้สารเติมแต่งเฮกซะมีนที่ความเข้มข้น 11 กรัมต่อลิตร.....	49
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีบุกในผิวเคลือบและอัตราการกัดกร่อนของ ผิวเคลือบที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารเติมแต่ง ในปริมาณ 0.4 กรัมต่อลิตร.....	50
4.17 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสีที่อัตราส่วนของ ดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นสารเติมแต่งในปริมาณ 0.4 กรัมต่อลิตร.....	51
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์และอัตราการกัดกร่อนของผิวเคลือบ ที่อัตราส่วนของดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ เคลือบผิว 1.5 A/dm ²	52
4.19 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของผิวเคลือบโลหะผสมดีบุก-สังกะสีที่อัตราส่วนของ ดีบุกต่อสังกะสี 2.7:1 เมื่อใช้สารเติมแต่งฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 11 กรัมต่อลิตร.....	52