# ความต้านทานการกัดกร่อนของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกแต่เคลือบแลกเกอร์ และแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์

นางสาวประไพ ไทยสุริยะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-683-272-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 18206138 - 8 ส.ค. 2544

# CORROSION RESISTANCE OF LACQUERED TIN-FREE STEEL AND LACQUERED TINPLATE

Miss Prapai Thaisuriya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science
Graduate School
Chulalongkorn University

Academic Year 1997
ISBN 974-638-272-1

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ความต้านทานการกัดกร่อนของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกแต่เคลือบแลกเกอร์ และแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์ |
| โดย | นางสาวประไพ ไทยสุริยะ |
| ภาควิชา | วัสดุศาสตร์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ |

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร)

อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ไพพรรณ สันติสุข)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์อรอุษา สรวารี)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยงานบรรณารักษ์ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประไพ ไทยสุริยะ : ความต้านทานการกัดกร่อนของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกแต่เคลือบแลกเกอร์ และแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์ ( CORROSION RESISTANCE OF LACQUERED TIN-FREE STEEL AND LACQUERED TINPLATE ) อ. ที่ปรึกษา : ไพพรรณ สันติสุข , อ. ที่-ปรึกษาร่วม : รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ ; 125 หน้า , ISBN 974-638-272-1.

การทำวิจัยนี้เพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้แผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกเพื่อทำกระป๋องบรรจุอาหารแทนแผ่นเหล็กชุบดีบุกซึ่งมีราคาสูงกว่ามาก โดยการเคลือบแลกเกอร์ทับเพื่อเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อน และทนต่อรอยเปื้อน โดยเลือกแลกเกอร์ชนิดอีพอกซี-ฟีนอลิก และอีพอกซี-แอไมด์

การทดสอบที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ การบ่มตัวของแลกเกอร์ ความทนซัลเฟอร์ ความทนการกัดกร่อน และความทนสารเคมีต่าง ๆ ในภาวะที่กำหนดของแผ่นเหล็กทั้งสองและเคลือบด้วยแลกเกอร์ทั้งสองชนิดดังกล่าว

ในการวิจัยพบว่า ทั้งแผ่นเหล็กชุบดีบุกและแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกเมื่อเคลือบด้วยแลกเกอร์ทั้งสองชนิดแล้วสามารถทนทานต่อการกัดกร่อนในภาวะต่าง ๆ ของการทดสอบได้ใกล้เคียงกัน ยกเว้นในสารละลาย 3% acetic acid + 2% NaCl , 1% lactic acid , citric acid pH 3.5 และในน้ำตาลเข้มข้น 20% ที่แผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกไม่สามารถนำมาใช้งานแทนแผ่นเหล็กชุบดีบุกได้ แต่แผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกมีการยึดเกาะกับแลกเกอร์ได้ดีกว่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต ประไพ ไทยสุริยะ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ ฯ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

## 3970966423 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEY WORD: TINPLATE / TIN-FREE STEEL / EPOXY RESINS / EPOXY-PHENOLIC / EPOXY-AMIDE / CAN

PRAPAI THAISURIYA : CORROSION RESISTANCE OF LACQUERED TIN-FREE STEEL AND LACQUERED TINPLATE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PAIPARN SANTISUK. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. SAOWAROJ CHUAYJULJIT. 125 pp. ISBN 974-638-272-1.

This research was aimed to evaluate the characteristics of tin-free steel for use as food containers compared with the more expensive tinplate. Two types of lacquers : epoxy-phenolic and epoxy-amide were used to increase the corrosion resistance and stain resistance of the plates. Tests include curing of lacquers , sulfur resistance , salt spray and chemicals resistance were performed at the specified conditions for both lacquered tinplate and tin-free steel.

It is found that both tin-free steel and tinplate with lacquer coating can resist the tests under various conditions except in these solutions : 3% acetic acid + 2% NaCl , 1% lactic acid ,citric acid pH 3.5 and 20% sugar that tin-free steel can not replace tinplate but tin-free steel possesses better lacquer adhesion.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต ประไพ ไทยสุริยะ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ ฯ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ได้รับความเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือสำหรับการวิจัย ตลอดจนได้รับความช่วยเหลือแนะนำแนวทางในด้านต่างๆ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ไพพรรณ สันติสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Salt Spray Cabinet

คุณสุวินนท์ นุกูลกิจ ผู้จัดการฝ่าย QA บริษัท คาร์โนด์เมตัลบ๊อกซ์ (ประเทศไทย) จำกัดมหาชน ให้ความอนุเคราะห์เข้าชมโรงงานพร้อมทั้งคำแนะนำในการทดสอบ

บริษัท สีไอซีไอ จำกัด ให้ความอนุเคราะห์แลกเกอร์ สารเคมีและให้คำปรึกษาในการทดสอบ

บริษัท แผ่นเหล็กวิลาสไทย จำกัด ให้ความอนุเคราะห์แผ่นเหล็กเพื่อใช้ทดสอบ

สำหรับทุนในการวิจัยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1

2. วารสารปริทัศน์..... 3

2.1 การกัดกร่อนแบบกัลวานิก..... 3

2.2 ผลเสียของการกัดกร่อน..... 8

2.3 การเคลือบผิวด้วยโลหะ..... 8

2.4 การป้องกันการกัดกร่อนโดยทำให้เกิดพาสซีฟฟิล์ม..... 11

2.5 ความเป็นรูพรุน..... 13

2.6 แผ่นเหล็กชุบดีบุก..... 13

2.7 แผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกแต่ชุบโครเมียม..... 18

2.8 ลักษณะของแผ่นเหล็กชุบดีบุกเปรียบเทียบกับแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุก..... 22

2.9 การเคลือบด้วยแลกเกอร์..... 22

2.10 อีพอกซีเรซิน..... 23

2.11 การผลิตกระป๋อง..... 31

3. การทดลอง..... 34

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 34

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี..... 34

3.3 วิธีการทดลอง..... 35

| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| | 3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นเหล็กเคลือบแลกเกอร์ | 35 |
| | 3.3.2 ขั้นตอนการทำการทดสอบ | 36 |
| 4. | ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง | 39 |
| | 4.1 การทดสอบแผ่นเหล็กชุบดีบุกและแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกเคลือบด้วยแลกเกอร์ชนิดอีพอกซี-ฟีนอลิกและอีพอกซี-แอไมด์ | 40 |
| | 4.2 การทดสอบแผ่นเหล็กชุบดีบุกและแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกเคลือบด้วยแลกเกอร์ทั้งสองชนิดหลังจากแช่ด้วยสารละลายต่างๆ | 41 |
| 5. | สรุปผลและข้อเสนอแนะ | 57 |
| | 5.1 สรุปผล | 57 |
| | 5.2 ข้อเสนอแนะ | 58 |
| รายการอ้างอิง | | 59 |
| ภาคผนวก | | 61 |
| | ภาคผนวก ก | 62 |
| | ภาคผนวก ข | 64 |
| | ภาคผนวก ค | 78 |
| ประวัติผู้วิจัย | | 125 |


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง


| | | | หน้า |
|---|---|---|---|
| ตารางที่ | 2.1 | แสดง EMF Series | 4 |
| ตารางที่ | 2.2 | แสดงสัญลักษณ์ที่เป็นตัวอักษรของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและแผ่นเหล็กดำ | 14 |
| ตารางที่ | 2.3 | น้ำหนักของดีบุกที่ใช้เคลือบ | 15 |
| ตารางที่ | 2.4 | แสดงน้ำหนักที่เคลือบ | 19 |
| ตารางที่ | 2.5 | แสดงสมบัติของอีพอกซีเรซินส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเคลือบผิว | 27 |
| ตารางที่ | 3.1 | แสดงสมบัติของแลกเกอร์ชนิดอีพอกซี-ฟีนอลิกและอีพอกซี-แอไมด์ | 35 |
| ตารางที่ | 4.1 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์ | 40 |
| ตารางที่ | 4.2 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกแต่เคลือบแลกเกอร์ | 41 |
| ตารางที่ | 4.3 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ใน 1% Sodium thioglycolate | 42 |
| ตารางที่ | 4.4 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกแต่เคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ใน 1% Sodium thioglycolate | 42 |
| ตารางที่ | 4.5 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลาย Sodium hydroxide pH 9.0 | 43 |
| ตารางที่ | 4.6 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกแต่เคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลาย Sodium hydroxide pH 9.0 | 44 |
| ตารางที่ | 4.7 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลาย 3% Acetic acid + 2% NaCl | 45 |
| ตารางที่ | 4.8 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกแต่เคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลาย 3% Acetic acid + 2% NaCl | 45 |
| ตารางที่ | 4.9 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในน้ำประปา | 46 |
| ตารางที่ | 4.10 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในน้ำประปา | 47 |

| | | | หน้า |
|---|---|---|---|
| ตารางที่ | 4.11 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลาย 1% Lactic acid | 48 |
| ตารางที่ | 4.12 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลาย 1% Lactic acid | 48 |
| ตารางที่ | 4.13 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลาย Citric acid pH 3.5, 4.5, 5.5 | 50 |
| ตารางที่ | 4.14 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลาย Citric acid pH 3.5, 4.5, 5.5 | 51 |
| ตารางที่ | 4.15 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 10%, 15%, 20% | 52 |
| ตารางที่ | 4.16 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 10%, 15%, 20% | 53 |
| ตารางที่ | 4.17 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลายน้ำเกลือเข้มข้น 3%, 5%, 7% | 54 |
| ตารางที่ | 4.18 | แสดงผลการทดสอบของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุกและเคลือบแลกเกอร์หลังจากแช่ในสารละลายน้ำเกลือเข้มข้น 3%, 5%, 7% | 55 |


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญภาพ


| | | | หน้า |
|---|---|---|---|
| รูปที่ | 2.1 | แสดงการเกิดการกัดกร่อนของท่อเหล็ก..... | 4 |
| รูปที่ | 2.2 | แสดงการกัดกร่อนแบบกัลวานิกของเหล็กกับสังกะสีและเหล็กกับดีบุก..... | 5 |
| รูปที่ | 2.3 | แสดงตัวอย่างการกัดกร่อนของเหล็กในน้ำเค็ม..... | 6 |
| รูปที่ | 2.4 | แสดงการเกิดการกัดกร่อนในสภาวะต่างๆ..... | 7 |
| รูปที่ | 2.5 | แสดงเซลล์เคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง..... | 13 |
| รูปที่ | 2.6 | แสดงไดอะแกรมของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกแบบแผ่นและท่อน..... | 18 |
| รูปที่ | 2.7 | แสดงส่วนประกอบของโครเมียมและโครเมียมออกไซด์ของแผ่นเหล็กไม่ชุบดีบุก... | 19 |
| รูปที่ | 2.8 | แสดงกระบวนการทำกระป๋อง..... | 21 |
| รูปที่ | 2.9 | แสดงการใช้งานของอีพอกซีเรซินในสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี 1954..... | 23 |
| รูปที่ | 2.10 | การใช้งานของอีพอกซีเรซินตั้งแต่ปี 1962..... | 24 |
| รูปที่ | 2.11 | การนำอีพอกซีไปใช้ในงานต่างๆ..... | 24 |


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย