



การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบสีบุก
โดยวิธีการออกแบบการทดลอง

นายทศพล เกียรติเจริญผล

ศูนย์วิทยพัทยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-317-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16699555

DETERMINATION OF SUITABLE CONDITION FOR THE LACQUERING PROCESS
ON TIN PLATE
BY DESIGN OF EXPERIMENT METHOD

Mr. Tossapol Kiatcharoenpol



ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-317-2



หัวข้อวิทยานิพนธ์

การทำเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็ก
เคลือบดีบุกโดยวิธีการออกแบบการทดลอง

โดย

นายทศพล เกียรติเจริญผล

ภาควิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ดร. วรภัทร์ ภูเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฤงสูววรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ดร. วรภัทร์ ภูเจริญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ
(อาจารย์จิระพัฒน์ เจาประเสริฐวงศ์)



พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

บทคัดย่อ : การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบ
ดีบุกโดยวิธีการออกแบบการทดลอง (DETERMINATION OF SUITABLE CONDITION FOR
THE LACQUERING PROCESS ON TIN PLATE BY DESIGN OF EXPERIMENT METHOD)

อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.วรภัทร์ ภูเจริญ 100 หน้า ISBN 974-632-317-2

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบ
ดีบุก และเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการออกแบบการทดลองที่ทำให้การเคลือบแลกเกอร์ที่ได้มีคุณภาพดีเหมาะสม
ต่อการใช้งาน และเป็นมาตรฐานอ้างอิงในการทำงาน

การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หลักการของการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มาทำการทดลองเพื่อ
ศึกษาถึงปัจจัย 4 ปัจจัย คือ ชนิดของแลกเกอร์ น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ อุณหภูมิอบ เวลาที่ใช้ในการอบ
ที่มีผลต่อลักษณะของผิวเคลือบแลกเกอร์ โดยทำการทดสอบลักษณะของผิวเคลือบแลกเกอร์ 6 ลักษณะ คือ
การทดสอบความยึดหยุ่น การทดสอบการทนต่อการขีดข่วน การทดสอบการทนต่อการขัดถู การทดสอบการทน
ต่อการแทรกซึมของไอน้ำ การทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแลกเกอร์กับเนื้อเหล็ก และการ
ทดสอบการหลุดลอกของแลกเกอร์จากการต้มซ้ำเชื้อ และทำการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยและหาเงื่อนไขที่เหมาะสม
จากการทดลอง

การศึกษาพบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความยึดหยุ่นและการทนต่อการขัดถูคือ
ชนิดของแลกเกอร์ น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ อุณหภูมิอบ เวลาที่ใช้ในการอบปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลการ
ทดสอบการทนต่อการขีดข่วนและการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ คือ ชนิดของแลกเกอร์ น้ำหนักแลกเกอร์
ต่อพื้นที่ อุณหภูมิอบ ส่วนปัจจัยเวลาที่ใช้การอบจะมีอิทธิพลค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับปัจจัยตัวอื่น และผลการ
ทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแลกเกอร์กับเนื้อเหล็กกับผลการทดสอบการหลุดลอกของแลก
เกอร์จากการต้มซ้ำเชื้อไม่พบการหลุดลอกของแลกเกอร์

จากการศึกษาครั้งนี้โดยอาศัยผลการทดสอบลักษณะผิวเคลือบแลกเกอร์ทั้ง 6 ด้าน สรุปเงื่อนไข
ที่เหมาะสมได้ดังนี้ คือ แลกเกอร์ชนิด Z น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ 8-9 กรัมต่อตารางเมตร อุณหภูมิอบ
205 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการอบ 13 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

C616385 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: DESIGN OF EXPERIMENT / LACQUERING / TIN PLATE

TOSSAPOL KIATCHAROENPOL : DETERMINATION OF SUITABLE
CONDITION FOR THE LACQUERING PROCESS ON TIN PLATE BY DESIGN OF
EXPERIMENT METHOD. THESIS ADVISOR : WORAPHAT PHUCHAROEN, D.Eng.,
100 pp. ISBN 974-632-317-2

The objectives of this research was to study factors that had effects on lacquering process on tin plate, to determine the suitable condition by design of experiment methods in order to get good quality of lacquering, and that the outcome data could be referenced in practice.

The principle of design and analysis of experiments was used to study four factors which were lacquer types, lacquer film weight, curing temperature, and curing time. Lacquer coating was tested in six characteristics: flexibility test, scratch resistance test, rub test, blushing resistance test, adhesion test and cooking resistance test. Finally, effecting factors and suitable condition were analyzed.

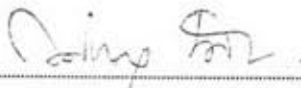
The experiment showed important factors effecting the result of flexibility test and rub test which were lacquer types, lacquer film weight, curing temperature as well as curing time. Factors signify result on scratch resistance test and blushing resistance test were lacquer types, lacquer film weight and curing temperature. Comparing with other factors, the curing time had only little effect. In the result of adhesion test and cooking resistance test, there were no lacquer removal.

Referring to the result of experiment in six characteristics of lacquer coating, the suitable conditions was lacquer type "Z" with lacquer film weight of 8-9 grams per square meter, the curing temperature of 205 Celcius and holding time of 13 minutes.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ อาจารย์ ดร. วรภัทร์ ภูเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ประธานกรรมการ ตลอดจน อาจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์จิระพัฒน์ เเงาประเสริฐวงศ์ กรรมการ ที่ได้กรุณาใช้เวลาอันมีค่า ช่วยเหลือให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของการวิจัยมาด้วยดีตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ผู้ทำวิจัยขอขอบคุณ คุณศิริพงษ์ ม่วงศิริ ผู้จัดการโรงงานที่ได้ให้การสนับสนุน และความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้ตลอดจน พนักงานในฝ่ายรับประกันคุณภาพและหน่วยงานต่าง ๆ ในฝ่ายผลิตที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือ

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโทวิศวกรรมอุตสาหกรรม และท่านที่มีได้กล่าวมาไว้ ณ. ที่นี้ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นายทศพล เกียรติเจริญผล

ศูนย์วิทยพัชยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง.....	19
บทที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	32
บทที่ 5 การคำนวณและการวิเคราะห์ผล.....	38
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	73
รายการอ้างอิง.....	77
ภาคผนวก.....	79
ประวัติผู้เขียน.....	100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การกำหนดระดับของปัจจัย.....	26
3.2 แสดงตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	27
3.3 แผนการออกแบบการทดลอง.....	28
3.4 เมตริกการออกแบบ.....	30
3.5 ลำดับการทดลอง.....	31
5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของ ผิวเคลือบแล็กเกอร์.....	39
5.2 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ระหว่างชนิดของ แล็กเกอร์กับน้ำหนักแล็กเกอร์ต่อพื้นที่.....	42
5.3 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ระหว่างชนิดของ แล็กเกอร์กับอุณหภูมิบ่ม.....	43
5.4 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ระหว่างน้ำหนัก แล็กเกอร์ต่อพื้นที่กับอุณหภูมิบ่ม.....	44
5.5 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์ระหว่างอุณหภูมิบ่ม กับเวลาที่ใช้ในการบ่ม.....	45
5.6 ผลทดสอบของการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแล็กเกอร์.....	46
5.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วน ของผิวเคลือบแล็กเกอร์.....	48
5.8 ผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ระหว่าง ชนิดของแล็กเกอร์กับอุณหภูมิบ่ม.....	51
5.9 ผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ระหว่าง ชนิดของแล็กเกอร์กับเวลาที่ใช้ในการบ่ม.....	52
5.10 ผลทดสอบของการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์..	53
5.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการทนต่อการขีด ข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์.....	55
5.12 ผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์ระหว่าง ชนิดของแล็กเกอร์กับอุณหภูมิบ่ม.....	58
5.13 ผลทดสอบของการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแล็กเกอร์.....	59

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบการทนต่อการแทรกซึม ของไอน้ำของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	61
5.15 ผลการทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแลกเกอร์ ระหว่างชนิดของแลกเกอร์กับน้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่.....	64
5.16 ผลทดสอบของการทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ ของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	65
5.17 การกำหนดระดับคะแนนของตัวแปรตอบสนอง.....	67
5.18 การประเมินผลคะแนนรวมเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม.....	69
5.19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบ.....	71



 ศูนย์วิทยพัธพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปแบบการเชื่อมโยงของฟิล์มกับพื้นผิวเคลือบ.....	5
2.2 แสดงปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ.....	7
2.3 แสดงอิทธิพลที่ไม่มีผล และอิทธิพลที่มีผลของปัจจัยต่อผลิตภัณฑ์.....	7
2.4 แสดงกราฟการกระจายของฟิชเชอร์(Fisher).....	13
2.5 แสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมที่มีผล และไม่มีผล.....	15
4.1 ชิ้นงานทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	33
4.2 ลักษณะการทดสอบการทนต่อรอยขีดข่วนของผิวเคลือบ.....	34
4.3 ลักษณะการทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะของผิวเคลือบ.....	35
5.1 การตรวจสอบการกระจายแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของผล การทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	40
5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนกับลำดับการทดลองของผลการทดสอบความ ยืดหยุ่นของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	41
5.3 ค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยาวรอยแตก.....	41
5.4 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบ แลกเกอร์ระหว่างชนิดของแลกเกอร์กับน้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่.....	42
5.5 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบ แลกเกอร์ระหว่างชนิดของแลกเกอร์กับอุณหภูมิบ่ม.....	43
5.6 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบ แลกเกอร์ระหว่างน้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่กับอุณหภูมิบ่ม.....	44
5.7 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผิวเคลือบ แลกเกอร์ระหว่างอุณหภูมิบ่มกับเวลาที่ใช้ในการบ่ม.....	45
5.8 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบความยืดหยุ่น ของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	46
5.9 การตรวจสอบการกระจายแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของผล การทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	49
5.10 ค่าความคลาดเคลื่อนกับลำดับการทดลองของผลการทดสอบการทนต่อ การขีดข่วนของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	50

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
5.11 ค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักกด(กรัม).....	50
5.12 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของ ผิวเคลือบแลกเกอร์ระหว่างชนิดของแลกเกอร์กับอุณหภูมิบ่ม.....	51
5.13 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของ ผิวเคลือบแลกเกอร์ระหว่างชนิดของแลกเกอร์กับเวลาที่ใช้ในการบ่ม.....	52
5.14 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วน ของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	53
5.15 การตรวจสอบการกระจายแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของผล การทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	56
5.16 ค่าความคลาดเคลื่อนกับลำดับการทดลองของผลการทดสอบการทนต่อ การขีดข่วนของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	57
5.17 ค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าเฉลี่ยจำนวนคู่.....	57
5.18 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วนของ ผิวเคลือบแลกเกอร์ระหว่างชนิดของแลกเกอร์กับอุณหภูมิบ่ม.....	58
5.19 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการทนต่อการขีดข่วน ของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	59
5.20 การตรวจสอบการกระจายแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของผล การทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	62
5.21 ค่าความคลาดเคลื่อนกับลำดับการทดลองของผลการทดสอบการ แทรกซึมของไอน้ำของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	63
5.22 ค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าเฉลี่ยคะแนน.....	63
5.23 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการทนต่อการแทรกซึม ของไอน้ำของผิวเคลือบแลกเกอร์ระหว่างชนิดแลกเกอร์กับน้ำหนัก แลกเกอร์ต่อพื้นที่.....	64
5.24 กราฟตัวแปรตอบสนองของผลการทดสอบการทนต่อการแทรกซึม ของไอน้ำของผิวเคลือบแลกเกอร์.....	65

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

α	ระดับนัยสำคัญ หรือความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1
β (Stat.)	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2
μ	ค่าเฉลี่ยของประชากร
σ^2	ค่าความแปรปรวนของประชากร
ε	ความผิดพลาด หรือความคลาดเคลื่อน
ν	ชั้นของความอิสระ (Degree of freedom)
χ^2	ตัวสถิติไคสแควร์
τ	อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย
β	อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย
γ	อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย
δ	อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย
ANOVA	การวิเคราะห์ความแปรปรวน
$^{\circ}\text{C}$	องศาเซลเซียส
df.	ชั้นของความอิสระ
F	ตัวสถิติเอฟ (Fisher)
g.	กรัม
KOH	โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์
m.	เมตร
M.E.K	เมทิลเอทิลคีโตน (Methyl Ethyl Ketone)
MS	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square)
NID (Normal Independent)	รูปแบบของการกระจายแบบแจกแจงปกติที่เป็นอิสระ
NOPP	แผนภูมิตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติ
SS	ผลรวมกำลังสอง