การวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับปรุงหัวพ่นสีแบบระฆังในอุตสาหกรรมรถยนต์

นายชวลิต ต่อประสิทธิ์กุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-9891-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20698124

ANALYSIS OF APPROPRIATE FACTOR FOR SPRAY PAINTING BELL CUP IMPROVEMENT IN AUTOMOBILE INDUSTRY

Mr. Chawalit Torprasitkul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-9891-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับปรุงหัวพ่นสีแบบระฆังในอุตสาหกรรมรถยนต์
โดย	นาย ชวลิต ต่อประสิทธิ์กุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงค์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชวลิต ต่อประสิทธิ์กุล : การวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับปรุงหัวพ่นสีแบบระฆังในอุตสาหกรรมรถยนต์. (ANALYSIS OF APPROPRIATE FACTOR FOR SPRAY PAINTING BELL CUP IMPROVEMENT IN AUTOMOBILE INDUSTRY) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ปารเมศ ชุติมา, 158 หน้า. ISBN 974-17-9891-1

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพ่นสีของอุปกรณ์หัวพ่นสีแบบระฆัง แนวทางในการวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาสภาพการทำงานของปืนพ่นสีอัตโนมัติแบบระฆัง คุณสมบัติของสี และการตรวจสอบคุณภาพของฟิล์มสีที่ใช้ในโรงงานพ่นสีรถยนต์ แล้วนำเอาข้อมูลเหล่านี้มาศึกษาถึงผลกระทบของคุณภาพฟิล์มสีเมื่ออุปกรณ์ชำรุด ต่อจากนั้นก็จะนำข้อมูลดังกล่าวมาหาสาเหตุของการชำรุดแบบต่างๆ และอาศัยแผนภูมิก้างปลาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ สุดท้ายจึงทำการวิเคราะห์และกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำการทดลองโดยวิธีการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล เพื่อหาระดับความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการพ่นสีของหัวพ่นสี

หลังจากการดำเนินการศึกษาพบปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการพ่นสีของหัวพ่นสีแล้วจึงทำการกำหนดมาตรฐานในการดำเนินการปรับปรุงหัวพ่นสีที่ชำรุด โดยกำหนดขั้นตอนในการทำความสะอาด การขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล และการทดสอบเพื่อยืนยันประสิทธิภาพในการใช้งานของหัวพ่นสี จากนั้น จึงทำการตรวจสอบคุณภาพในการพ่นสีของหัวพ่นสีที่ปรับปรุงขึ้น พบว่าค่าเฉลี่ยจุดบกพร่องของฟิล์มสีต่อรถยนต์ 1 คันในการพ่นสีก่อนและหลังการปรับปรุง มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ที่ระดับ 0.77 และ 0.69 ตามลำดับ และค่าความราบเรียบสีก็อยู่ในค่ามาตรฐานคือ มากกว่า 0.6 ซึ่งค่าเฉลี่ยที่วัดได้อยู่ที่ 0.83 สุดท้ายคือการใช้ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) ช่วยในการลดปัญหาการชำรุดของหัวพ่นสี และให้ยึดถือเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4371415921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: ANALYSIS / PAINT FILM QUALITY / BELL CUP EQUIPMENT
CHAWALIT TORPRASITKUL : ANALYSIS OF APPROPRIATE FACTOR OF SPRAY PAINTING BELL CUP IMPROVEMENT IN AUTOMOBILE INDUSTRY.
THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.PARAMES CHUTIMA ,Ph.D. 158 PP.
ISBN 974-17-9891-1

The purpose of this is study factor which effect to painting quality of spray painting bell cup by study the painting condition of auto spray bell gun , paint property , and painting quality control in paint shop of automobile plant. Afterthat , study the painting defect from uncompleteable bell cup equipment each case by collect painting quality data and using cause and effect diagram for analysis . Afterthat , define the concern factor to experiment by factorial design for analysis significance factor that effect to spray painting of bell cup equipment.

After studying and define significance factor of bell cup equipment , so define working standard for improve the damage bell cup equipment. The working standard be compose of cleaning method , machining by machine tool method and inspection procedure for approve bell cup equipment. Afterthat , confirm work ability of improvement bell cup by comparing paint defect per unit of body between before and after improvement ,found the paint defect per unit as 0.77 and 0.69 respectively ,and portable gloss distension value (PGD) is on standard at 0.6 . Finally , using FMEA for reduce bell cup damage problem. Afterthat , define the working standard fix regularly work continuously and other cause to point out trend in future.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department. Industrial Engineering
Field of study Industrial Engineering
Academic year 2002

Student's signature.....
Advisor's signature.....
Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณประธานกรรมการ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อข้าพเจ้า เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ข้าพเจ้าไม่สามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคลากรของโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่าง ที่ให้การสนับสนุนในเรื่องข้อมูลต่างๆ ของการพ่นสี ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณบุญฤทธิ์ สู่ความสมบูรณ์ ผู้บังคับบัญชาของข้าพเจ้าที่ให้โอกาสในการทำวิจัย และคุณจรัญ โคตรศักดิ์ นายช่างเทคนิคที่ช่วยจัดทำอุปกรณ์ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ประโยชน์จากการศึกษาและการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่คุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจในด้านต่างๆ กับข้าพเจ้า จนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญภาพ.....ฏ

บทที่

1 บทนำ.....1

1.1 ลักษณะของโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่าง.....1

1.2 การพ่นสีบนตัวถังรถยนต์.....4

1.3 ที่มาของปัญหา.....6

1.4 ลักษณะตัวอย่างของปัญหาสีที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม.....8

1.5 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....8

1.6 ขอบเขตการวิจัย.....8

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย.....8

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....9

2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....10

2.1 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติ.....10

2.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต.....27

2.3 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....29

2.4 สรุป.....32

3 การศึกษาลักษณะการทำงานของโรงงานพ่นสีรถยนต์.....33

3.1 การจัดการองค์กรของโรงงานตัวอย่าง.....33

3.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์.....37

3.3 การตรวจสอบคุณสมบัติของฟิล์มสี.....40

3.4 ระบบการทำงานและชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของปืนพ่นสีระบบอัตโนมัติ.....58

3.5 สรุป.....64

4 การศึกษาผลกระทบกับคุณภาพการพ่นสีและการวิเคราะห์ปัจจัยของหัวพ่นสีแบบระฆัง.....66

4.1 ลักษณะของจุดบกพร่องบนฟิล์มสีที่ตรวจสอบได้จากสายตาหลังทำการอบสี.....66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4.2 ลักษณะการชำรุดของหัวพ่นสี....69

4.3 การวิเคราะห์สาเหตุการชำรุดของหัวพ่นสีแบบระฆัง....73

4.4 การวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพ่นสีของหัวพ่นสีแบบระฆัง....76

4.5 สรุป....94

5. การปรับปรุงการซ่อมและลดปัญหาการชำรุดของหัวพ่นสีแบบระฆัง....95

5.1 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูป....95

5.2 กรรมวิธีการขึ้นรูปของหัวพ่นสีแบบระฆัง....113

5.3 การกำหนดขั้นตอนในการทดสอบการพ่นสี....117

5.4 การลดปัญหาการชำรุดของหัวพ่นสีแบบระฆัง....118

5.5 สรุป....124

6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ....125

6.1 ข้อสรุปการวิจัย....125

6.2 ข้อเสนอแนะการปรับปรุง....127

รายการอ้างอิง....129

ภาคผนวก....131

ภาคผนวก ก....132

ภาคผนวก ข....145

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์....158

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า
ตารางที่ 2.1 การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน.....22
ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับOne-Way ANOVA.....24
ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับการทดลองแบบสุ่มในบล็อค.....25
ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ Two-Factor Fixed Effect Model.....27
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเรซิน.....38
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของของสารปรับปรุงคุณสมบัติของสี.....40
ตารางที่ 3.3 เครบสตอร์เมอร์พร้อมกับการอินเตอร์โปเลด (น้ำหนักเป็นกรัม).....43
ตารางที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวัดกับค่าสีมาตรฐาน.....56
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองแต่ละ Treatment Combination.....82
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA.....89
ตารางที่ 4.3 การหาค่า Residual.....92
ตารางที่ 5.1 ค่ามุมมีดที่ใช้งานตามชนิดวัสดุ.....113
ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงค่า Serverity Process FMEA.....120
ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงค่า Occurrence Process FMEA.....121
ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงค่า Detection Process FMEA.....122
ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์สาเหตุและการแก้ปัญหาด้วย FMEA.....123

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนมกราคม 2545.....133
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนกุมภาพันธ์ 2545.....134
ตารางที่ ก.3 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนมีนาคม 2545.....135
ตารางที่ ก.4 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนเมษายน 2545.....136
ตารางที่ ก.5 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนพฤษภาคม 2545.....137
ตารางที่ ก.6 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนมิถุนายน 2545.....138
ตารางที่ ก.7 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนกรกฎาคม 2545.....139
ตารางที่ ก.8 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนสิงหาคม 2545.....140
ตารางที่ ก.9 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนกันยายน 2545.....141
ตารางที่ ก.10 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนตุลาคม 2545.....142
ตารางที่ ก.11 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนพฤศจิกายน 2545.....143
ตารางที่ ก.12 ข้อมูลจุดบกพร่องของฟิล์มสีจากการพ่นสีประจำเดือนธันวาคม 2545.....144
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนมกราคม 2545.....146
ตารางที่ ข.2 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนกุมภาพันธ์ 2545.....147
ตารางที่ ข.3 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนมีนาคม 2545.....148
ตารางที่ ข.4 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนเมษายน 2545.....149
ตารางที่ ข.5 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนพฤษภาคม 2545.....150
ตารางที่ ข.6 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนมิถุนายน 2545.....151
ตารางที่ ข.7 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนกรกฎาคม 2545.....152
ตารางที่ ข.8 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนสิงหาคม 2545.....153

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ ข.9 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนกันยายน 2545.....154

ตารางที่ ข.10 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนตุลาคม 2545.....155

ตารางที่ ข.11 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนพฤศจิกายน 2545.....156

ตารางที่ ข.12 ข้อมูลการตรวจสอบความราบเรียบฟิล์มสีจากการพ่นสี
ประจำเดือนธันวาคม 2545.....157

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 1.1 ห้องพ่นสีรถยนต์....1
รูปที่ 1.2 แสดงกระบวนการผลิตของโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่าง....2
รูปที่ 1.3 ปืนพ่นสีอัตโนมัติแบบ Bell Gun....5
รูปที่ 1.4 หัวพ่นสีแบบระฆัง....5
รูปที่ 1.5 สถิติการชำรุดของหัวพ่นสีในโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่าง....6
รูปที่ 1.6 แผนภูมิก้างปลาของการพ่นสี....7
รูปที่ 2.1 แสดงอิทธิพลที่ไม่มีผลและอิทธิพลที่มีผลของปัจจัยต่อผลิตภัณฑ์....11
รูปที่ 2.2 แสดงปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ....12
รูปที่ 2.3 แสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผลและมีผล....18
รูปที่ 3.1 การจัดองค์กรของโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่าง....34
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของสี....37
รูปที่ 3.3 ประเภทของ Resin....38
รูปที่ 3.4 ประเภทของ Solvent....39
รูปที่ 3.5 เครื่องวัดแบบทั่วไป....41
รูปที่ 3.6 เหล็กปาด 2 คม....41
รูปที่ 3.7 วิธีอ่านเครื่องวัด....42
รูปที่ 3.8 เครื่องวัดความหนืดแบบสตอร์เมอร์พร้อมใบพัดและนาฬิกาจับเวลา....42
รูปที่ 3.9 ถ้วยสำหรับหาค่าความถ่วงจำเพาะพร้อมฝา....44
รูปที่ 3.10 ตัวเครื่องวัดความหนา....46
รูปที่ 3.11 สเกลเครื่องวัดความหนา....46
รูปที่ 3.12 Glossmeter Model Gm-26D....47
รูปที่ 3.13 หลักการทั่วไปของเครื่องวัดความเงา 20 องศา....48
รูปที่ 3.14 หลักการทั่วไปของเครื่องวัดความเงา 60 องศา....49
รูปที่ 3.15 หลักการทั่วไปของเครื่องวัดความเงา 80 องศา....50
รูปที่ 3.16 Cutting Guild....51
รูปที่ 3.17 แผ่นเหล็กและแถบฟิล์มดำ – ขาว....53
รูปที่ 3.18 Impact Tester....54
รูปที่ 3.19 Erichisen Tester....55

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 3.20 รอยกรีดที่ฟิล์มสีบนแผ่นทดสอบ Salt Spray Test....58
รูปที่ 3.21 ปืนพ่นสีอัตโนมัติแบบ REA....59
รูปที่ 3.22 Paint Nozzle....59
รูปที่ 3.23 Air Nozzle....60
รูปที่ 3.24 ปืนพ่นสีอัตโนมัติแบบ Bell Gun....60
รูปที่ 3.25 รูปแสดงส่วนประกอบหลักของปืนพ่นสีอัตโนมัติแบบ Bell Gun....62
รูปที่ 3.26 รูปแสดงส่วนประกอบภายในของปืนพ่นสีอัตโนมัติแบบ Bell Gun....63
รูปที่ 3.27 หัวพ่นสีแบบระฆัง....64
รูปที่ 4.1 จำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นจากหัวพ่นสีแบบระฆัง....69
รูปที่ 4.2 ลักษณะการชำรุดแบบเกิดรอยแหว่ง....70
รูปที่ 4.3 ลักษณะการชำรุดแบบมีคราบสีเกาะภายใน....71
รูปที่ 4.4 ลักษณะการชำรุดแบบเป็นริ้วรอย....71
รูปที่ 4.5 ลักษณะการชำรุดแบบบุบจากการกระแทก....72
รูปที่ 4.6 แผนผังแสดงการวิเคราะห์สาเหตุการชำรุดของหัวพ่นสีแบบระฆัง....74
รูปที่ 4.7 แผนภูมิก้างปลาแสดงการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพ่นสีของหัวพ่นสี....78
รูปที่ 4.8 รูปแบบการทดลองที่กำหนด....82
รูปที่ 4.9 Main Effect Plot ปัจจัย A....90
รูปที่ 4.10 Main Effect Plot ปัจจัย B....90
รูปที่ 4.11 Main Effect Plot ปัจจัย C....91
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่า Residual ของข้อมูลที่ทำการทดลอง....93
รูปที่ 5.1 เครื่องกัดแบบ Universal Knee & Column....96
รูปที่ 5.2 Plain Milling Cutter....97
รูปที่ 5.3 ดอกกัดแบบเอนมิล....98
รูปที่ 5.4 มีดกัดหัวพ่นสีขณะทำการกัด....98
รูปที่ 5.5 ส่วนประกอบของหัวแบ่ง....99
รูปที่ 5.6 เข็มแบ่งและจานแบ่ง....100
รูปที่ 5.7 หัวแบ่งแบบ Universal....101
รูปที่ 5.8 หัวแบ่งแบบ Helical....101
รูปที่ 5.9 ส่วนประกอบของเครื่องกลึง....106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 5.10 มีดกลึงรูปแบบชนิดต่างๆ....108
รูปที่ 5.11 แสดงมุมหลบและมุมฟรี....109
รูปที่ 5.12 มีดปลายมน....110
รูปที่ 5.13 ลักษณะมุมมีดเมื่อใส่มีดกับด้ามมีด....110
รูปที่ 5.14 มีดกลึงซ้าย....111
รูปที่ 5.15 มีดปาดหน้าขวา....111
รูปที่ 5.16 มีดกลึงขวาของมุมต่างๆ....112
รูปที่ 5.17 มีดปาดหน้าซ้ายและมุมต่างๆ....112
รูปที่ 5.18 การล้างหัวพ่นสีแบบระฆัง....114
รูปที่ 5.19 การตรวจสอบศูนย์ Dial Gauge ก่อนทำการขึ้นรูป....115
รูปที่ 5.20 การกัดร่องฟันหัวพ่นสีแบบระฆัง....116
รูปที่ 5.21 การตั้งองศาบนหัวแบ่ง....116
รูปที่ 5.22 ภาพขยายขนาด 60 เท่าสภาพร่องรีดสีที่ผ่านการขึ้นรูปใหม่....117
รูปที่ 5.23 รถทดลองพ่นสี....118
รูปที่ 5.24 เครื่องล้างหัวพ่นสี....119
รูปที่ 6.1 กราฟแสดงจุดบกพร่องของฟิล์มสีช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม 2545....126
รูปที่ 6.2 กราฟแสดงค่าความราบเรียบฟิล์มสีช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม 2545....127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย