การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน

นาย ชุมพล มณฑาทิพย์กุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-445-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17453563

A QUALITY CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT FOR THE HOT-DIP GALVANIZING PROCESS

Mr. Chumpol Monthatipkul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974-636-445-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน
โดย นายชุมพล มณฑาทิพย์กุล
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ คำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ คำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

.....กรรมการ
(ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ยุวพล มณฑาทิพย์กุล : การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (A QUALITY CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT FOR THE HOT-DIP GALVANIZING PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 304 หน้า.
ISBN 974-636-445-6

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนของผลิตภัณฑ์รางสายไฟฟ้าแบบบันไดให้เหมาะสมกับโรงงานตัวอย่าง โดยได้ประยุกต์ใช้เทคนิคทางการควบคุมคุณภาพอันได้แก่ ใบตรวจสอบ แผนภูมิก้างปลา แผนภูมิควบคุม แผนภูมิ กราฟ และวงล้อเดมมิ่ง จากการศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่างพบว่า ปัญหาทางการควบคุมคุณภาพของโรงงานตัวอย่างคือไม่มีการสร้างข้อกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน ไม่ปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ ระบบควบคุมคุณภาพยังไม่ครอบคลุมกระบวนการทำงานทั้งหมด ไม่มีระบบการนำข้อมูลที่สำคัญ ๆ มาใช้เพื่อช่วยในการปรับปรุงการทำงานและไม่มีหน่วยงานทางคุณภาพที่ทำหน้าที่รักษาระบบควบคุมคุณภาพและพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอแนวทางการพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนของผลิตภัณฑ์รางสายไฟฟ้าแบบบันไดดังนี้ 1. ข้อกำหนดทางคุณภาพที่เป็นมาตรฐาน 2. ระบบควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป 3. ระบบควบคุมคุณภาพวัสดุในระหว่างการชุบ 4. ระบบควบคุมคุณภาพวัสดุเพื่อการผลิต 5. วงจรการปรับปรุงการทำงานด้วยการประยุกต์ใช้แผนภูมิก้างปลา 6. การจัดหน่วยงานคุณภาพในองค์กร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต ยุวพล มณฑาทิพย์กุล

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดำรงค์

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C816422 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: CHECK SHEET / CAUSE & EFFECT DIAGRAM / CONTROL CHART / CHART / GRAPH

CHUMPOL MONTHATIPKUL : A QUALITY CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT FOR THE HOT-DIP GALVANIZING PROCESS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. DAMRONG THAVEESANGSAKULTHAI, 340 pp. ISBN 974-636-445-6

The objective of this thesis is to develop an appropriate quality control system for ladder cable tray products in Hot-dip galvanizing process of the studied factory. Quality control techniques have been applied include check sheet, cause & effect diagram, control chart, chart, graph and Deming cycle. Results of the study in general conditions of the studied factory were that the problems of quality controlling were the unbuilt product quality specifications, failure to follow the standard rules in inspection, quality control system did not cover in all of working process, no system that brought important data to improve working and no quality organization department that maintained and developed quality control system. Therefore this thesis proposed developing the quality control system for ladder cable tray products in Hot-dip galvanizing process as follows : 1. Standard product quality specifications, 2. A quality control system for fisnished goods, 3. A quality control system for works in process, 4. A quality control system for raw materials, 5. A cycle for improving in working by applied cause & effect diagram, 6. Establishment of quality control department for the organization.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ และคำแนะนำจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ คำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา และขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ที่ได้กรุณาเป็นประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร และอาจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ คณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่าน กรรมการผู้จัดการ ผู้จัดการฝ่ายโรงงาน ผู้จัดการฝ่ายการตลาด และผู้จัดการฝ่ายจัดการตลอดจนผู้จัดการส่วนต่างๆ รวมทั้งพนักงานในโรงงานตัวอย่าง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ และความสะดวกต่างๆ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดระยะเวลาที่ได้เข้าไปศึกษาในโรงงานตัวอย่าง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ที่ได้ช่วยให้กำลังใจ ข้อมูล ความรู้ต่างๆ ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อพระคุณของบิดาและมารดา ซึ่งเป็นผู้มีพระคุณอย่างหาที่เปรียบมิได้ ท่านได้ให้ความอุปการะ เลี้ยงดู ให้กำลังใจ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

นาย ชุมพล มณฑาทิพย์กุล

มีนาคม 2540

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญรูป.....ฐ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผลและปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....4

1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....4

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน.....5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....6

บทที่ 2 กระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน.....11

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน.....11

2.2 กระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Hot-dip galvanizing process).....16

2.3 สิ่งที่เกิดขึ้นจากการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน.....38

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย.....44

3.1 หลักการพื้นฐานในการควบคุมคุณภาพ.....44

3.2 เทคนิคการควบคุมคุณภาพ.....62

3.3 เทคนิคการตรวจสอบ.....78

3.4 หน่วยงานคุณภาพในองค์กร.....82

3.5 การปฏิบัติงานมาตรฐานสำหรับการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน(ASTM A385-80).....83

บทที่ 4 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและการดำเนินงานของโรงงานตัวอย่าง.....88

4.1. การศึกษาด้านทรัพยากรมนุษย์ การจัดองค์กร.....88

4.2. การศึกษาด้านเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการผลิต.....90

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3. การศึกษาด้านวัสดุเพื่อการผลิต....94
4.4 การศึกษาด้านการวางผังโรงงาน....94
4.5 การศึกษากระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนของรางสายไฟฟ้าแบบบันได....96
4.6 การศึกษาปัญหาด้านการควบคุมคุณภาพ....101
4.7 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์กระบวนการชุบ....104
บทที่ 5 การควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการชุบสังกะสีรางสายไฟฟ้าแบบจุ่มร้อน....113
5.1 ระบบควบคุมคุณภาพของรางสายไฟฟ้าที่ผ่านกระบวนชุบแล้ว....114
5.2 ระบบควบคุมคุณภาพของรางสายไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างกระบวนการชุบ....137
5.3 ระบบควบคุมคุณภาพของวัสดุเพื่อการชุบและชิ้นงานที่จะนำเข้าชุบ....154
5.4 แผนคุณภาพ(Quality Plan)....182
บทที่ 6 การจัดผังโครงสร้างองค์กรด้านคุณภาพและระบบเอกสารที่ใช้งานด้านคุณภาพ....185
6.1 การจัดผังโครงสร้างองค์กรด้านคุณภาพ....185
6.2 กระบวนการทำงานและเอกสารด้านคุณภาพ....190
บทที่ 7 การประยุกต์การใช้งานระบบควบคุมคุณภาพที่ออกแบบไว้....221
7.1 การปรับปรุงกระบวนการกำหนดมาตรฐานการควบคุมคุณภาพ....221
7.2 การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม....226
7.3 การประยุกต์ใช้กราฟ....236
บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....246
8.1 เปรียบเทียบผลการพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพบางส่วน....247
8.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ....249

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง.....251

ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผนและวิธีการชักตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบแบบแอตทริบิวส์ มอก.๔๖๕-๒๕๒๗ (บางส่วน).....255
ภาคผนวก ข ผลิตภัณฑ์รางสายไฟฟ้า.....258
ภาคผนวก ค การทดสอบสมมุติฐานด้วยสถิติ t.....263
ภาคผนวก ง ตารางตัวประกอบแผนภูมิควบคุม.....268
ภาคผนวก จ ความหยาบเฉลี่ยของผิวงานตามกรรมวิธีการผลิต.....273
ภาคผนวก ฉ น้ำใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์.....277
ภาคผนวก ช เทคนิคการทดสอบความแห้งของผิว (Ballotini Method).....279
ภาคผนวก ซ คู่มือการเตรียมและทดสอบเคมีภัณฑ์.....281

ประวัติผู้วิจัย.....304

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แนวทางการเลือกใช้แผนการชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ.....64
ตารางที่ 3.2 แสดงค่า PCR ที่ต่ำสุดที่ควรจะเป็นสำหรับกระบวนการผลิตต่างๆ.....76
ตารางที่ 4.1 รางสายไฟฟ้าขนาดต่างๆที่ถูกค้าส่งเข้ามาชุบยังโรงงานตัวอย่าง(พ.ศ.2539).....100
ตารางที่ 4.2 แสดงค่ารางสายไฟฟ้าบกพร่องคิดเป็นร้อยละของเสียของการตรวจสอบ
หลังชุบ.....102
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนรางสายไฟฟ้าทั้งหมดแบ่งตามขนาดในช่วงเดือนที่ 4 (พ.ศ.2539)....103
ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนรางสายไฟฟ้าทั้งหมดแบ่งตามขนาดในช่วงเดือนที่ 5 (พ.ศ.2539)....104
ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนรางสายไฟฟ้าทั้งหมดแบ่งตามขนาดในช่วงเดือนที่ 6 (พ.ศ.2539)....105
ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนรางสายไฟฟ้าทั้งหมดแบ่งตามขนาดในช่วงเดือนที่ 7 (พ.ศ.2539)....106
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเกรดความหนาผิวเคลือบที่ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้.....111
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความหนาของผิวเคลือบที่ต่ำสุดที่ยังยอมรับได้ตามเกรดความหนา.....111
ตารางที่ 5.3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบรางสายไฟฟ้าที่ชุบเสร็จแล้ว.....131
ตารางที่ 5.4 แสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเคมีมาตรฐานของธาตุบางชนิดเทียบกับ
อิเลคโทรดไฮโดรเจนที่ 25 องศาเซลเซียส.....133
ตารางที่ 5.5 คุณสมบัติของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมต่อการล้าง.....134
ตารางที่ 5.6 คุณสมบัติของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เหมาะสมต่อการล้าง.....135
ตารางที่ 5.7 คุณสมบัติของสารละลายซิงก์แอมโมเนียคลอไรด์ที่เหมาะสมต่อการเคลือบ.....135
ตารางที่ 5.8 คุณสมบัติที่เหมาะสมของสังกะสีหลอมเหลวในการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน.....136
ตารางที่ 5.9 คุณสมบัติของน้ำลดอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการลดอุณหภูมิ.....136
ตารางที่ 5.10 คุณสมบัติของสารละลายโซเดียมไดโครเมตที่เหมาะสมต่อการเคลือบผิว.....137
ตารางที่ 5.11 ส่วนผสมทางเคมีของแท่งสังกะสี.....151
ตารางที่ 5.12 แสดงแผนการชักตัวอย่างแท่งสังกะสี.....151
ตารางที่ 5.13 คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก.....153
ตารางที่ 5.14 แผนการชักตัวอย่างเพื่อตรวจสอบสารละลายกรดไฮโดรคลอริก.....154
ตารางที่ 5.15 คุณลักษณะทางเคมีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดเหลว.....156

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.16 คุณลักษณะทางเคมีของโซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดแข็ง.....157
ตารางที่ 5.17 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบการบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก.....159
ตารางที่ 5.18 แผนการชักตัวอย่างการทดสอบลักษณะทั่วไปและการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี.....159
ตารางที่ 5.19 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของซิงก์คลอไรด์ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม.....162
ตารางที่ 5.20 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก.....164
ตารางที่ 5.21 คุณลักษณะทางเคมีของแอมโมเนียคลอไรด์.....165
ตารางที่ 5.22 คุณลักษณะทางเคมีของโซเดียมไดโครเมต ($Na_2Cr_2O_7 \bullet 2H_2O$).....166
ตารางที่ 5.23 แสดงธาตุที่มีอิทธิพลต่อการเกิดผิวเคลือบ.....168
ตารางที่ 5.24 แสดงคุณสมบัติบางประการของวัสดุที่ใช้ในทางวิศวกรรม.....174
ตารางที่ 5.25 แสดงระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบเพื่อลดการสูญเสียความเหนียวเนื่องจากการดูดซึมอะตอมไฮโดรเจน.....177
ตารางที่ 5.26 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่จะนำเข้าชุบ.....178
ตารางที่ 5.27 แผนคุณภาพของผลิตภัณฑ์รางสายไฟฟ้า.....183
ตารางที่ 6.1 เอกสารในระบบควบคุมคุณภาพกระบวนการชุบสังกะสีรางสายไฟฟ้าแบบจุ่มร้อน.....220
ตารางที่ 7.1 ข้อมูลของรางสายไฟฟ้าข้างตัวอีขนาด 600x100x3000 ของจุดตรวจสอบหลังชุบ.....222
ตารางที่ 7.2 แสดงประเภทของสิ่งบกพร่องที่ได้พบของจุดตรวจสอบหลังชุบ.....223
ตารางที่ 7.3 แสดงถึงข้อมูลคุณภาพของรางสายไฟฟ้าประเภทข้างตัวอีขนาด 600x100 x3000 ของโรงงานตัวอย่างในช่วงหลังปรับปรุงสำหรับจุดตรวจสอบหลังชุบ.....225
ตารางที่ 7.4 แสดงประเภทของสิ่งบกพร่องที่ได้พบของจุดตรวจสอบหลังชุบ.....226
ตารางที่ 7.5 แสดงข้อมูลความหนาของรางสายไฟฟ้าข้างตัวอีขนาด 600x100x3000 (µm).....227
ตารางที่ 7.6 ข้อมูลคุณภาพของจุดที่ผิดปกติในแผนภูมิควบคุม.....231

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 7.7 แสดงส่วนผสมทางเคมีของสังกะสีหลอมเหลวในบ่อ (ตักชิ้นตัวอย่างไปทดสอบ).....236
ตารางที่ 7.8 แสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไดโครเมต(กรัม/ลิตร).....237
ตารางที่ 7.9 แสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการชุบรางสายไฟฟ้าข้างตัวอีขนาด 600x100x3000.....238
ตารางที่ 7.10 แสดงความถี่ของอุณหภูมิที่ช่วงอุณหภูมิต่างๆ.....238
ตารางที่ 7.11 แสดงการหาค่าสถิติทดสอบการกระจายของความน่าจะเป็นของอุณหภูมิชุบ.....240
ตารางที่ 8.1 เปรียบเทียบผลการพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพในช่วงหลังชุบ (LD600x100x3000).....247
ตารางที่ 8.2 เปรียบเทียบผลการพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพที่นำเสนอ.....248

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงวงจรการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยเหล็ก....2
รูปที่ 1.2 แสดงอายุการใช้งานของผิวเคลือบสังกะสีที่สภาพแวดล้อมต่างๆ....3
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของผิวเคลือบสังกะสี....15
รูปที่ 2.2 แสดงกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน....16
รูปที่ 2.3 แผนภูมิการหาปริมาณเหล็กในกรดเกลือ....21
รูปที่ 2.4 แผนภูมิการหาปริมาณเหล็กในกรดกำมะถัน....23
รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของผิวเคลือบสังกะสีกับอุณหภูมิของสังกะสีหลอมเหลวและเวลาในการจุ่มแช่และอัตราการดึงชิ้นงานออก โดยที่วัสดุชิ้นงานคือเหล็กกล้าละมุน....31
รูปที่ 3.1 แสดงความหมายของคำว่าคุณภาพ....45
รูปที่ 3.2 แสดงการวิวัฒนาการของการควบคุมคุณภาพ....47
รูปที่ 3.3 แสดงจุดเริ่มต้นของแนวความคิดของคุณภาพ....51
รูปที่ 3.4 แสดงการจำแนกลูกค้าโดยหลักการพาเรโต....53
รูปที่ 3.5 แนวความคิดลูกค้าโดยรวม....54
รูปที่ 3.6 แสดงการจัดการคุณภาพด้วยระบบการตรวจสอบ....55
รูปที่ 3.7 การจัดการด้านคุณภาพโดยการควบคุมคุณภาพ....56
รูปที่ 3.8 แสดงการจัดการคุณภาพโดยการประกันคุณภาพ....57
รูปที่ 3.9 แสดงถึงความสัมพันธ์ของการจัดการคุณภาพกับต้นทุนคุณภาพ....59
รูปที่ 3.10 แสดงการเชื่อมโยงระหว่างการจัดการคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ....59
รูปที่ 3.11 แสดงสภาวะ 3 สภาวะของการควบคุมคุณภาพ....60
รูปที่ 3.12 แสดงประเภทของแผนการชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ....62
รูปที่ 3.13 แสดงตัวอย่างของใบตรวจสอบ....65
รูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างใบตรวจสอบแบบตารางแจกแจงความถี่....66
รูปที่ 3.15 ใบตรวจสอบแสดงรอยตำหนิบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิก....67
รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างใบตรวจสอบแบบแจกแจงความถี่....67

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.17 แสดงตัวอย่างใบตรวจสอบแสดงรอยตำหนิ....68
รูปที่ 3.18 ใบตรวจสอบแสดงตำแหน่งและสาเหตุของรอยตำหนิ....68
รูปที่ 3.19 แสดงตัวอย่างของฮีสโตแกรม....69
รูปที่ 3.20 แสดงตัวอย่างของแผนภูมิพาเรโต....70
รูปที่ 3.21 แสดงตัวอย่างของการใช้ผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของปัญหา....71
รูปที่ 3.22 แสดงตัวอย่างของกราฟและแผนภูมิชนิดต่างๆ....72
รูปที่ 3.23 แสดงตัวอย่างของแผนภูมิกระจาย....73
รูปที่ 3.24 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมคุณภาพ....74
รูปที่ 3.25 วัฏจักรเดมมิ่ง....77
รูปที่ 3.26 แสดงการเชื่อมปิดตามขอบของผลิตภัณฑ์....85
รูปที่ 3.27 แสดงการกำจัดขี้เชื่อม....85
รูปที่ 3.28 แสดงชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหว....86
รูปที่ 3.29 แสดงทางไหลของอากาศ สังกะสีเหลว และสารละลายเคมีต่างๆ....86
รูปที่ 3.30 แสดงทางไหลของอากาศ สังกะสีเหลว สารละลายเคมีต่างๆ....87
รูปที่ 4.1 แสดงการจัดผังโครงสร้างองค์กรของโรงงานตัวอย่าง....85
รูปที่ 4.2 แสดงการจัดผังโรงงานของโรงงานตัวอย่าง....91
รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างของรางสายไฟฟ้าแบบบันได(LADDER CABLE TRAY)....92
รูปที่ 4.4 แสดงกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนของรางสายไฟฟ้าแบบบันได....93
รูปที่ 4.5 แสดงการใช้แผนภูมิก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพของโรงงานตัวอย่าง....99
รูปที่ 4.6 แสดงค่าร้อยละรางสายไฟฟ้าบกพร่องในช่วงเดือนที่ 4 - 7 (พ.ศ.2539)....103
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างความเรียบผิวเหล็กก่อนการชุบสังกะสี....113
รูปที่ 5.2 ตัวอย่างผิวเคลือบที่เรียบและสามารถยอมรับได้....114
รูปที่ 5.3 ตัวอย่างผิวเคลือบที่ไม่เรียบและยอมรับไม่ได้....114
รูปที่ 5.4 ตัวอย่างผิวเคลือบที่มีลักษณะตามผิวเหล็กเดิมและสามารถยอมรับได้....115

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.5 ตัวอย่างการเกิดสังกะสีส่วนเกินที่มุมอับของผลิตภัณฑ์และยอมรับไม่ได้.....115
รูปที่ 5.6 ตัวอย่างการเกิดสังกะสีส่วนเกินที่ขอบของผลิตภัณฑ์และยอมรับไม่ได้.....116
รูปที่ 5.7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีสังกะสีส่วนเกิน.....116
รูปที่ 5.8 ตัวอย่างชิ้นงานที่มีส่วนที่ชุบไม่ติด.....117
รูปที่ 5.9 แสดงตัวอย่างผิวเคลือบที่มีจุดดำ.....118
รูปที่ 5.10 ตัวอย่างผิวเคลือบที่มีก้อนมูล(Dross)แบบทราย.....118
รูปที่ 5.11 ตัวอย่างผิวเคลือบที่มีก้อนมูล(Dross)แบบก้อน.....119
รูปที่ 5.12 ตัวอย่างผิวเคลือบที่มีขี้เถ้า.....119
รูปที่ 5.13 ตัวอย่างผิวเคลือบที่ร่อน.....120
รูปที่ 5.14 ตัวอย่างเศษลวดผูกชิ้นงานที่เหลืออยู่บนผลิตภัณฑ์.....121
รูปที่ 5.15 ตัวอย่างการทาสีบนผลิตภัณฑ์.....122
รูปที่ 5.16 ผังงานประยุกต์แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว.....130
รูปที่ 5.17 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการล้างน้ำหลังแช่ด่างและยังมีความมันบนผิว.....139
รูปที่ 5.18 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการล้างน้ำหลังแช่ด่างและคาดว่าจะไม่เหลือความมัน
บนผิว.....140
รูปที่ 5.19 ตัวอย่างการเช็ดผิวของผลิตภัณฑ์เพื่อตรวจสอบความมัน.....141
รูปที่ 5.20 แสดงตัวอย่างของกระดาษซับมันที่ได้ผ่านการเช็ดบนผิวของผลิตภัณฑ์.....141
รูปที่ 5.21 แสดงตัวอย่างของผลิตภัณฑ์หลังล้างน้ำหลังแช่กรดที่ยังมีสิ่งปนเปื้อน.....142
รูปที่ 5.22 ตัวอย่างบริเวณที่ผูกลวดของผลิตภัณฑ์ก่อนการกำจัดเศษลวดผูกชิ้นงาน.....144
รูปที่ 5.23 แสดงตัวอย่างการเห็นเนื้อเหล็กเดิมตรงบริเวณผูกลวดแขวนชิ้นงาน.....145
รูปที่ 5.24 แสดงแนวเชื่อมปิดตรงรอยต่อของรางสายไฟฟ้า.....169
รูปที่ 5.25 แสดงสนิมขุมที่ไม่สามารถนำเข้าสู่กระบวนการชุบได้.....171
รูปที่ 5.26 แสดงสนิมผิวที่สามารถนำเข้าสู่กระบวนการชุบได้.....171
รูปที่ 5.27 แสดงทางไหลของสารละลายเคมีต่างๆของรางสายไฟฟ้า.....173
รูปที่ 6.1 แสดงถึงการจัดผังโครงสร้างองค์กรด้านคุณภาพของโรงงานตัวอย่าง.....185

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.2 แสดงการนำเสนอการจัดผังโครงสร้างองค์กรด้านคุณภาพโดยผู้วิจัย.....186
รูปที่ 6.3 ผังแสดงกระบวนการตรวจสอบรางสายไฟฟ้าที่ชุบเสร็จแล้ว.....191
รูปที่ 6.4 ผังแสดงกระบวนการตรวจสอบตามเกณฑ์การตรวจสอบข้อ 5.2.1.2 ข้อ ก) - ง).....201
รูปที่ 6.5 ผังแสดงการตรวจสอบหลังการชุบสังกะสี(ข้อ 5.2.1.2 ข้อ จ).....202
รูปที่ 6.6 ผังแสดงการตรวจสอบเคมีภัณฑ์ในกระบวนการชุบ.....207
รูปที่ 6.7 ผังแสดงกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่จะนำเข้าชุบ.....210
รูปที่ 6.8 แสดงกระบวนการตรวจสอบเคมีภัณฑ์ที่นำเข้า.....212
รูปที่ 7.1 แสดงขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....221
รูปที่ 7.2 แสดงแผนภูมิแท่งของค่าร้อยละของประเภทสิ่งบกพร่องต่างๆที่ได้พบ.....223
รูปที่ 7.3 แสดงการใช้แผนภูมิก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการชุบไม่ติดของผลิตภัณฑ์.....224
รูปที่ 7.4 แสดงแผนภูมิควบคุมค่าความหนาของผิวเคลือบสังกะสีของรางสายไฟฟ้าข้างตัวอีขนาด 600x100x3000.....230
รูปที่ 7.5 แสดงแผนภูมิควบคุมค่าความหนาของผิวเคลือบสังกะสีของรางสายไฟฟ้าข้างตัวอีขนาด 600x100x3000 หลังจากทำการตัดจุดที่ผิดปกติที่ทราบสาเหตุออกแล้ว.....235
รูปที่ 7.6 แสดงปริมาณสังกะสีในบ่อ(ตักชิ้นตัวอย่างไปทดสอบ)หน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก.....236

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย