การปรับปรุงกระบวนการชุบไฟฟ้าเครื่องประดับ

นางสาวมัณยาภรณ์ ภูริปัญญาคุณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6219-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS IMPROVEMENT IN JEWELRY ELECTROPLATING

Miss Munyaporn Pooripanyakun

สถาบันวิทยบริการ
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 2004

ISBN 974-17-6219-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงกระบวนการชุบไฟฟ้าเครื่องประดับ
โดย	นางสาวมัณยาภรณ์ ภูริปัญญาคุณ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

……. กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

……. กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มัณยาภรณ์ ภูริปัญญาคุณ : การปรับปรุงกระบวนการชุบไฟฟ้าเครื่องประดับ. (Process Improvement in Jewelry Electroplating) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช, 176หน้า. ISBN 974-17-6219-4.

กระบวนการชุบเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อการผลิตเครื่องประดับเป็นอย่างมากเนื่องจากการชุบเคลือบผิวเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตเครื่องประดับ กระบวนการชุบเป็นกระบวนการทางปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี เป็นการชุบชิ้นงานครั้งละหลายๆ ชิ้นและโลหะที่ชุบส่วนใหญ่เป็นโลหะมีค่าจึงมักก่อให้เกิดความเสียหายมากหากมีข้อผิดพลาดเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตขั้นตอนอื่น ปัจจุบันนี้พบว่าการชุบงานเป็นการทำงานที่ยังขาดการควบคุมให้ดีเนื่องจากในอุตสาหกรรมนี้ยังขาดการสร้างวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน การศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกโรงงานผลิตเครื่องประดับแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษาพบว่ามีปัญหาข้อบกพร่องเกิดขึ้นในแผนกชุบตัวเรือนได้แก่ปัญหาชิ้นงานเป็นรอย เป็นคราบ มัว เป็นขนแมว เป็นผื่นเม็ดๆ เป็นขี้เตย เป็นขี้กลาก เป็นเส้นพาด ชุบติดไม่ทั่ว ไหม้ เป็นตามดและทองลอกง่าย ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทำให้ต้องนำงานกลับไปซ่อมยังแผนกต่างๆ เสียทรัพยากรทั้งเวลา วัตถุดิบและแรงงานจึงได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของข้อบกพร่องและทำการปรับปรุงกระบวนการชุบเครื่องประดับของแผนกชุบตัวเรือนให้มีการควบคุมที่ดีและมีการทำงานที่มีมาตรฐานและเหมาะสม จากการศึกษาพบว่าปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากขาดการตรวจสอบในกระบวนการผลิต วิธีการปฏิบัติงานไม่เหมาะสม ขาดการควบคุมในการทำงาน (ไม่มีการกำหนดมาตรฐานการทำงาน) และมีสาเหตุจากชิ้นงาน น้ำยาชุบและน้ำล้างในกระบวนการจึงได้ทำการปรับปรุงโดยกำหนดวิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสม สร้างระบบการทำงานให้มีการควบคุมการปฏิบัติงานโดยกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานทำให้มีมาตรฐานวิธีการทำงานต่างๆ ในรูปของเอกสารอย่างชัดเจน จัดทำคู่มือน้ำยาชุบโลหะของแผนกชุบตัวเรือน จัดทำใบตรวจสอบน้ำยาชุบกำหนดวิธีการตรวจสอบน้ำยาชุบโลหะและน้ำล้างในกระบวนการและมีการวิเคราะห์น้ำยาชุบโลหะด้วยการทำฮัลเซล จากการวิจัยพบว่ากระบวนการชุบมีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานขึ้นและมีการควบคุมที่ดีทำให้ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมีจำนวนลดลงจาก 0.591 % เป็น 0.184% นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบการทำงานของพนักงานให้มีมาตรฐานเดียวกันโดยนำวิธีการทำงานมาตรฐานที่ได้มาอบรมการปฏิบัติงานแก่พนักงานและทำการประเมินผลพนักงานโดยใช้แนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ทีปรึกษาร่วม.....

4570483521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: ELECTROPLATING / JEWELRY FACTORY / IMPROVEMENT

MUNYAPORN POORIPANYAKUN : PROCESS IMPROVEMENT IN JEWELRY ELECTROPLATING. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.JITRA RUKITJAKANPHANICH,Ph.D., 176 pp. ISBN 974-17-6219-4.

Electroplating is the important process in jewelry production because it is the final station of jewelry manufacturing process. The process is electrochemical so many pieces of work will be processed at once. Most of materials are precious metals so when compared with other processes if there have defects in plating process, it could be high damage . At present, plating process is not been control quite well since there have not the standard in working.

A jewelry factory chosen as a case study in this research has many defect problems in plating section for example, scratch ,stained ,hazy/cloudy ,poor adhesion, non-adherent ,rough, pinhole ,burnt deposit. These defects cause the rework in other section. Consequently, there loss the manpower materials and time to rework. The objective of this thesis was to study the cause of these defects and improve the jewelry electroplating process to be a standardization and controllable process. According to the study, it was found that the defect produced from improper working method , material, plating solution and rinse water. Moreover, the work instructions were not obviously stated in written document so there was lack of control process. Therefore, the problems were improved by many approaches, for example, assign the standard work method in each step of plating process ,create the plating solution manual and recommend the hull cell test to analyze plating solution. After performing the above approach it was found that the defect problems reduced from 0.591% to 0.184%. Moreover, it had assessed workman in bias and repeatability of working by adapted concepts of Measurement System Analysis.

Department Industrial Engineering Student's signature.....
Field of study Industrial Engineering Advisor's signature.....
Academic year 2004 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของเนื้อหาการวิจัยตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆในการติดต่อประสานงานกับโรงงานตัวอย่าง และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึกและ รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นอื่นๆซึ่งส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์สมชาย มนัสเกียรติกุล อาจารย์พิเศษภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรู้ในวิชา Electroplating และให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือต่างๆอย่างมากมาย

ขอขอบพระคุณ คุณพีระ เชี่ยวหัตถ์พงษ์ ที่อนุญาตให้เข้าไปศึกษาเพื่อทำวิจัยในโรงงาน ขอขอบคุณ คุณสกล พงษ์กูล หัวหน้าแผนกชุบตัวเรือนและพนักงานทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดาและบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มิได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมาจนสามารถทำวิทยานิพนธ์สำเร็จไปได้ด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 สภาพทั่วไป..... 1

1.2 ที่มาแห่งปัญหา..... 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 6

1.5 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน..... 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 45

3. วิธีดำเนินการศึกษา..... 48

3.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อค้นหาปัญหา..... 48

3.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา..... 48

3.3 การหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขปัญหา..... 48

3.4 การนำผลการศึกษาและแนวทางการแก้ไขปัญหาไปทำการปฏิบัติจริง และจัดทำให้เป็นมาตรฐาน..... 49

3.5 การประเมินผลการแก้ไขและสรุปผลการวิจัย..... 49

4. การศึกษาการดำเนินงานและสภาพปัจจุบันของหน่วยงานที่ศึกษา..... 51

4.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน..... 51

4.2 การผลิตสินค้าสำเร็จรูป..... 52

4.3 การชุบเครื่องประดับ..... 55

บทที่ หน้า

4.4 การทำงานของแผนกชุบตัวเรือน..... 57

4.5 การแจกแจงความสูญเสียในแผนกชุบตัวเรือน..... 64

5. การวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและแนวทางการแก้ไข..... 72

5.1 ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น..... 72

5.2 การศึกษาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง..... 73

5.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ไข……..... 77

6. การดำเนินการปรับปรุงและผลการปรับปรุง..... 91

6.1 การดำเนินการแก้ไขปัญหา..... 91

6.2 การนำไปใช้ในการปฏิบัติงาน..... 98

6.3 การประเมินผลการปรับปรุง..... 99

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 109

7.1 สรุปผลการวิจัย..... 109

7.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย..... 111

7.3 ข้อเสนอแนะ……..... 111

รายการอ้างอิง..... 113

ภาคผนวก.....

ภาคผนวก ก ภาพอุปกรณ์ภายในห้องชุบ..... 116

ภาคผนวก ข ภาพการทำงานในแต่ละขั้นตอน..... 121

ภาคผนวก ค วิธีการปฏิบัติงานของแผนกชุบตัวเรือน..... 126

ภาคผนวก ง คู่มือน้ำยาชุบโลหะในแผนกชุบตัวเรือน..... 150

ภาคผนวก จ ใบตรวจสอบน้ำยาชุบ..... 164

ภาคผนวก ฉ วิธีการทดสอบน้ำยาชุบทองแดงเงาด้วยฮัลเซล..... 166

ภาคผนวก ช แบบทดสอบความเข้าใจในการทำงานของพนักงาน แผนกชุบตัวเรือน..... 171

ภาคผนวก ซ แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการทดสอบพนักงาน..... 173

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 176

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของแผนกชุบตัวเรือนตั้งแต่ปีพ.ศ.2545 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2546.. .. 4

1.2 ลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 2546..... 4

2.1 แสดงรายการตรวจสอบ : จำนวนของเสีย..... 34

2.2 แสดงรายการตรวจสอบ : จำนวนของเสียแยกตามสาเหตุ..... 34

4.1 รายการและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่มีคำสั่งผลิตของเดือนพฤษภาคมถึง
กรกฎาคมพ.ศ. 2546..... 52

4.2 ปริมาณของงานชุบแต่ละลักษณะที่ได้ทำการชุบระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือน
ตุลาคม พ.ศ. 2546..... 66

4.3 รายละเอียดลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือน
ตุลาคม พ.ศ. 2546..... 66

4.4 สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือน
ตุลาคม พ.ศ. 2546..... 68

4.5 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในงานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง..... 70

4.6 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในงานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง..... 70

5.1 การสรุปสาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ..... 78

5.2 เกณฑ์ในการพิจารณาแบ่งระดับของปัญหา..... 84

5.3 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการทำงานและแนวทางในการแก้ไข..... 84

5.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากน้ำยาชุบและแนวทางในการแก้ไข..... 84

6.1 ตารางแสดงพื้นที่ผิวและกระแสไฟฟ้าในการชุบงาน..... 92

6.2 รายละเอียดและเอกสารที่จัดทำ..... 97

6.3 ปริมาณของงานชุบแต่ละลักษณะที่ได้ทำการชุบระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือน
สิงหาคม พ.ศ. 2547..... 100

6.4 รายละเอียดลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือน
สิงหาคม พ.ศ. 2547..... 100

6.5 สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือน
สิงหาคม พ.ศ. 2547..... 102

6.6 จำนวนและเปอร์เซ็นต์งานซ่อมในแต่ละเดือนของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง..... 104

6.7 จำนวนและเปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามลักษณะข้อบกพร่องของช่วงก่อนและ
หลังการปรับปรุง..... 105

ตารางที่ หน้า

6.8 จำนวนและเปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามสาเหตุของปัญหาของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง..... 107

7.1 การสรุปผลเปรียบเทียบการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง..... 110

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 กระบวนการผลิตเครื่องประดับโดยทั่วไป…. 3

2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า 11

2.2 การชุบชิ้นงานในถังชุบ 11

2.3 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขณะที่เกิดการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 13

2.4 การกระจายกระแสและความหนาของการชุบ 16

2.5 ความสามารถในการกลบรอยที่บริเวณผิวชิ้นงานที่จะชุบ 17

2.6 การล้างทำความสะอาดเบื้องต้น 23

2.7 การล้างผิวก่อนชุบ 23

2.8 การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า 24

2.9 กระบวนการหลังการชุบ 24

2.10 กระบอกฮัลเซล 27

2.11 การกระจายของความหนาแน่นกระแสในกล่องฮัลเซล 27

2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ากับระยะบนแผ่นทดสอบ 29

2.13 สัญลักษณ์ของผลลัพธ์จากการทำฮัลเซล 30

2.14 ตัวอย่างการศึกษาผลของน้ำยาเงาในน้ำยาชุบนิเกิล 31

2.15 แสดงผังแสดงเหตุและผล 36

2.16 แสดงผังพาเรโต 37

2.17 แสดงกราฟเส้น 38

2.18 แสดงกราฟแท่ง 38

2.19 Fault Tree Diagram…… 40

2.20 ตัวแบบวงจรการควบคุมคุณภาพของ IBM 41

2.21 บทบาทของการวัดต่อการควบคุมกระบวนการและผลิตภัณฑ์ 43

3.1 แผนภาพโดยรวมของการดำเนินงานวิจัย 50

4.1 โครงสร้างองค์กรของโรงงานตัวอย่าง 53

4.2 กระบวนการผลิตเครื่องประดับประเภทแหวนฝังอัญมณี 54

4.3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานของแผนกชุบตัวเรือน 58

4.4 การชุบงานที่มีนิเกิล-ทองแดง 59

4.5 การชุบงานที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง 61

4.6 การชุบงาน 2 สี (สีทอง-ขาว) 62

รูปที่ หน้า

4.7 การจุ่มกันหมอง..... 63
4.8 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่ได้คุณภาพ..... 64
4.9 ใบบันทึกงานชุบที่ได้จัดทำ..... 65
5.1 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นรอย..... 73
5.2 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นขนแมว..... 74
5.3 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นคราบ..... 74
5.4 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานมัว..... 74
5.5 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นเส้นพาด..... 75
5.6 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานชุบติดไม่ทั่ว..... 75
5.7 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานทองลอกง่าย..... 75
5.8 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นตามด..... 76
5.9 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานไหม้..... 76
5.10 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นผื่นเม็ดๆ..... 76
5.11 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นขี้เตย..... 77
5.12 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นขี้กลาก..... 77
5.13 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาชิ้นงานกระทบกัน..... 80
5.14 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาชิ้นงานกระทบกับจิ๊ก..... 80
5.15 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาทำการเช็ดชิ้นงานแล้วเป็นขนแมว..... 81
5.16 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาชิ้นงานเข้าไปใกล้แผ่นล่อ..... 81
5.17 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาชิ้นงานบังกัน..... 82
5.18 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ..... 82
5.19 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาแปรงล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ..... 83
5.20 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาค่ากระแสไฟในการชุบไม่เหมาะสม..... 83
6.1 บอร์ดแสดงพื้นที่ผิวและค่ากระแสไฟในการชุบชิ้นงานลักษณะต่างๆ..... 92
6.2 จิ๊กแขวนชิ้นงานที่ใช้อยู่และจิ๊กที่สั่งทำใหม่แบบมียางหุ้มสำหรับงานจุ่มกันหมอง..... 93
6.3 การทำฮัลเซลน้ำยาชุบทองแดงเงาในแผนกชุบตัวเรือน..... 95
6.4 ภาพแผ่นทดสอบที่ได้จากการทำฮัลเซลน้ำยาชุบทองแดงเงา..... 95
6.5 ขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ของแผนกชุบตัวเรือน..... 96
6.6 เปอร์เซ็นต์งานซ่อมในแต่ละเดือนของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง..... 105

รูปที่ หน้า

6.7 เปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามลักษณะข้อบกพร่องของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง..... 107
6.8 เปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามสาเหตุของปัญหาของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง..... 108
ก-1 ถังชุบ , ถังล้างและอุปกรณ์ชุดจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง..... 117
ก-2 ถังน้ำยาชุบและอุปกรณ์ควบคุม..... 117
ก-3 เครื่องวัดค่าแอมแปร์•มินิตและแผงควบคุมกระแสไฟฟ้า..... 118
ก-4 ถังน้ำล้างแบบไหลล้น (น้ำประปา)..... 118
ก-5 ถังน้ำล้าง (น้ำกลั่น)..... 119
ก-6 น้ำยาบำรุงของน้ำยาชุบทองแดงเงา..... 119
ก-7 แผ่นดัมมี่ที่ใช้ทดสอบน้ำยาชุบทองแดงเงา..... 120
ข-1 การผูกชิ้นงานด้วยลวดทองแดง..... 122
ข-2 การล้างด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค..... 122
ข-3 การล้างไฟฟ้า..... 123
ข-4 การชุบทองแดงเงา..... 123
ข-5 การชุบโรเดียมในถังชุบ..... 124
ข-6 การเป่าไอน้ำ..... 124
ข-7 การเป่าด้วยลมร้อน..... 125
จ-1 ใบตรวจสอบน้ำยาชุบ..... 165

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สภาพทั่วไป

ธุรกิจเครื่องประดับเป็นธุรกิจที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ จากสถิติของการส่งออกสินค้าของไทยตลอด 3-4 ปีที่ผ่านมา พบว่าอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับมีมูลค่าส่งออกเฉลี่ยปีละประมาณ 50,000 – 60,000 ล้านบาทและมีแนวโน้มที่สูงขึ้น และธุรกิจนี้มีคุณสมบัติเด่นเฉพาะตัวที่เป็นข้อดีที่สำคัญคือใช้แรงงานฝีมือก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มสูง เป็นธุรกิจระดับครอบครัว สร้างธุรกิจเกี่ยวเนื่องจากการออกแบบและในแต่ละขั้นตอนการผลิต จนกระทั่งส่งออก และเป็นธุรกิจที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก ปัจจุบันมีโรงงานที่ทำการผลิตเครื่องประดับในประเทศเฉพาะที่จดทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีจำนวนประมาณ 400 โรงงาน แบ่งเป็นโรงงานที่ทำเครื่องประดับอัญมณีประกอบเพชร พลอย ไข่มุก ทองคำ ทองคำขาว เงิน นาก หรืออัญมณีอื่นจำนวนกว่า 300 โรงงาน โรงงานที่ทำเครื่องใช้ทองคำ ทองขาว เงิน นาก หรือ กะไหล่ทอง หรือโลหะมีค่าจำนวน 11 โรงงาน โรงงานที่ทำดวงตรา หรือเหรียญตราของเครื่องราชอิสริยาภรณ์หรือเหรียญอื่นๆ จำนวน 5 โรงงาน การผลิตเครื่องประดับมักเป็นผู้ผลิตเพื่อการส่งออก ประกอบด้วย 2 กลุ่มสินค้าคือ กลุ่มสินค้าเครื่องประดับเงิน และกลุ่มสินค้าเครื่องประดับทองคำหรือแพลทตินัม โรงงานขนาดเล็กกระจายอยู่บริเวณเขตกรุงเทพฯ ตัวเมืองใหญ่ๆ ตามภูมิภาคต่างๆ โดยมีช่างฝีมือแรงงานกว่า 50,000 คน

การผลิตเครื่องประดับแบ่งได้ตามลักษณะหรือกรรมวิธีการผลิตได้หลายประเภท ประเภทงานหล่อเป็นกลุ่มการผลิตเครื่องประดับหลักในปัจจุบันที่มีการพัฒนามากว่า 25 ปี เนื่องจากมีสถานภาพการผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่ดีจากการใช้เทคโนโลยีพื้นฐานที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยผู้ประกอบการรายย่อยและเสริมด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้การตลาดและการแข่งขันต้องปรับตัวขึ้นสู่ตลาดระดับกลางและระดับบนโดยเร็ว เนื่องจากผู้ประกอบการหลายรายมีปัญหาไม่สามารถปรับตัวในเรื่องการควบคุมคุณภาพและการพัฒนารูปแบบสินค้าได้ทัน

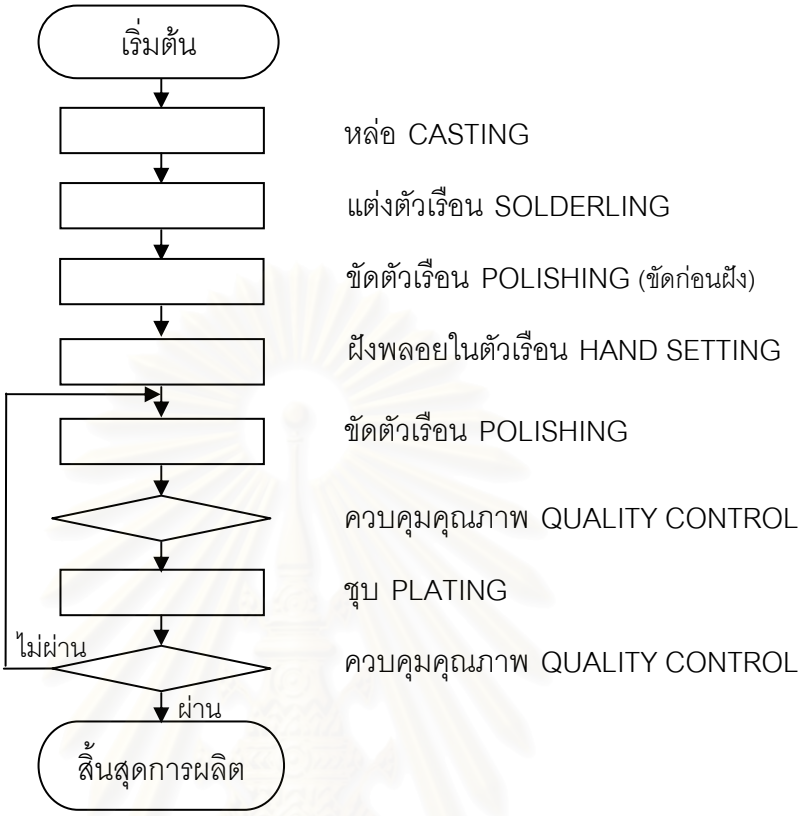
การตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าประเภทอัญมณีและเครื่องประดับนั้นอยู่บนพื้นฐานของความพอใจหรือความรู้สึกของผู้ซื้อมากกว่าเหตุผลที่ชัดเจน(เรื่องราคาไม่ใช่ปัญหาใหญ่) แต่ความรู้สึกที่ว่านี้ก็มักจะยึดโยงกับความเชื่อมั่นใน “คุณภาพ” ของตัวสินค้านั้นๆ สำหรับการผลิตสินค้าจำนวนไม่มากมักจะไม่มีปัญหาเรื่องของคุณภาพ ต่างกับการผลิตสินค้าปริมาณมาก การควบคุมกระบวนการผลิตให้สินค้ามีคุณภาพได้มาตรฐานเดียวกันจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะต้องทำ

อย่างต่อเนื่องทั้งกระบวนการผลิต กระบวนการหนึ่งใดจะละเลยหรือไม่ใส่ใจไม่ได้เพราะแต่ละกระบวนการมีความเกี่ยวเนื่องซึ่งกันและกัน ถ้าสินค้าที่ผลิตออกมาไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการก็จะทำให้เกิดความสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิต เป็นความสูญเปล่าที่ยากจะประเมินค่าได้ เนื่องจากต้องสูญเสียทั้งต้นทุนวัตถุดิบ แรงงาน ฝีมือแรงงาน เวลาที่ใช้ไปในการผลิต การซ่อมงานหรือการผลิตใหม่ รวมถึงความตั้งใจและทุ่มเทของพนักงานซึ่งจะส่งผลต่อขวัญกำลังใจ นอกจากนี้ยังอาจทำให้แผนการส่งมอบงานที่ตกลงไว้กับลูกค้าต้องล่าช้าออกไป ความเชื่อมั่นของลูกค้าต่อผู้ผลิตสินค้านั้นๆ ก็ลดลงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีของกระบวนการผลิตให้ดีเป็นที่ยอมรับ จะเป็นข้อได้เปรียบที่จะทำให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

1.2 **ที่มาแห่งปัญหา**

กระบวนการผลิตเครื่องประดับโดยทั่วไปประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักได้แก่ การหล่อเป็นตัวเรือน การแต่งตัวเรือน การฝังพลอย การขัดตัวเรือน ส่วนขั้นตอนสุดท้ายเป็นกระบวนการชุบก่อนที่จะทำการบรรจุส่งให้ลูกค้าต่อไปดังแสดงในรูปที่ 1.1

กระบวนการชุบเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อการผลิตเครื่องประดับเป็นอย่างมาก เนื่องจากการชุบเคลือบผิวเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต ก่อนที่จะส่งไปตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียดและนำส่งออก ปัจจุบันนี้พบว่าการชุบงานเป็นการทำงานที่ยังขาดการควบคุมให้ดีเนื่องจากในอุตสาหกรรมนี้ยังขาดการสร้างวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน กระบวนการชุบซึ่งเป็นกระบวนการปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมีที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เหมือนกับกระบวนการอื่นๆ เช่น กระบวนการแต่งหรือกระบวนการขัดตัวเรือนที่กระทำบนชิ้นงานทีละชิ้น ความบกพร่องที่เกิดขึ้นจะเกิดเฉพาะชิ้นงานนั้นๆ แต่กระบวนการชุบเป็นการชุบชิ้นงานครั้งละหลายๆ ชิ้น ถ้าไม่ระวังให้ดีจะทำให้เกิดปัญหาทีเดียวพร้อมกันในปริมาณมาก ย่อมส่งผลกระทบต่อกำหนดการส่งงานและเพิ่มภาระให้กับแผนกอื่นที่ต้องมาแก้ไขงานซ่อม ยิ่งไปกว่านั้นการที่งานต้องไปวนทำซ้ำยังแผนกอื่นๆ ก็จะเป็นการเพิ่มโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นมาใหม่ได้ ในการศึกษานี้จึงมีความสนใจที่กระบวนการชุบตัวเรือน



รูปที่ 1.1 กระบวนการผลิตเครื่องประดับโดยทั่วไป

จากการศึกษาในโรงงานตัวอย่างแห่งหนึ่งเป็นโรงงานผลิตเครื่องประดับขนาดกลาง ตั้งอยู่ที่จังหวัดปทุมธานี ก่อตั้งปี พ.ศ.2532 ทำการออกแบบและผลิตเครื่องประดับตามความต้องการของลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ ยอดขายปีละประมาณ 400 ล้านบาท พนักงานประมาณ 150 คน ผลิตภัณฑ์รูปแบบหลักๆ ประกอบด้วยแหวน จี้ สร้อยข้อมือ ต่างหู เข็มกลัด สร้อยคอ กำไลและอื่นๆ เมื่อทำการศึกษาจากข้อมูลลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการชุบตัวเรือนตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2546 พบว่ามีถึง 9 ลักษณะเรียงตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 1.1 พบว่ามีปัญหาชุบติดไม่ทั่วและชุบผิดขั้นตอนในปริมาณมากคิดเป็น 74 เปอร์เซ็นต์ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด รองลงมาคือปัญหาชิ้นงานมัวและเป็นรอยคิดเป็น 13 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นปัญหาชิ้นงานเป็นตามด เป็นผื่นเม็ดๆ ชุบงานผิด เป็นคราบและเป็นขนแมวตามลำดับ และได้เก็บข้อมูลต่อเนื่องในปี 2546 ได้ผลดังตารางที่ 1.2 พบว่ามีปัญหาชิ้นงานเป็นรอยจำนวนมาก รองลงมาคือปัญหาเป็นคราบ มัว เป็นขนแมว ชุบติดไม่ทั่วและได้พบลักษณะข้อบกพร่องเพิ่มเติมคือทองลอกง่าย เป็นขี้เตย ไหม้ เป็นเส้นพาดและเป็นขี้กลาก

ตารางที่ 1.1 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของแผนกชุบตัวเรือนตั้งแต่ปีพ.ศ.2545 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2546 (เรียงลำดับจากมากไปน้อย)

ลักษณะของข้อบกพร่อง	จำนวน(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
1. ชุบติดไม่ทั่ว(ชุบโรเดียมไม่ติดตรงตราตอก)	910	39.53%
2. ชุบผิดขั้นตอน	800	34.75%
3. มัว	176	7.65%
4. เป็นรอย	133	5.78%
5. เป็นตามด(งานมีนิเกิล-ทองแดง)	98	4.26%
6. เป็นผื่นเม็ดๆขึ้นตามก้านแหวน(งานมีนิเกิล-ทองแดง)	77	3.35%
7. ชุบงานผิด (เป็นงานจุ่มกันหมองแต่ไปชุบโรเดียม)	58	2.52%
8. เป็นคราบ	28	1.21%
9. เป็นขนแมว	22	0.95%
รวม	2,302	100%

ตารางที่ 1.2 ลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 2546

ลักษณะของข้อบกพร่อง	จำนวน(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
1. เป็นรอย	515	59.13%
2. เป็นคราบ	138	15.84%
3. มัว	83	9.53%
4. เป็นขนแมว	40	4.59%
5. ชุบติดไม่ทั่ว	31	3.56%
6. ทองลอกง่าย	18	2.07%
7. เป็นขี้เตย	13	1.50%
8. เป็นผื่นเม็ดๆ	12	1.38%
9. เป็นตามด	7	0.80%
10. ไหม้	6	0.69%
11. เป็นเส้นพาด	5	0.57%

ตารางที่ 1.2 (ต่อ) ลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 2546

ลักษณะของข้อบกพร่อง	จำนวน(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
12. เป็นขี้กลาก	3	0.34%
รวม	871	100%

หมายเหตุ ข้อบกพร่องที่รวบรวมนี้เป็นข้อบกพร่องที่เกิดจากแผนกชุบตัวเรือนเท่านั้น ยังไม่รวมงานซ่อมของแผนกอื่นที่นำมาชุบซ่อมในแผนกชุบตัวเรือน

จากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้งในตารางที่1.1 และตารางที่1.2 ทำให้มีงานซ่อมเป็นจำนวนมาก ในการซ่อมงานนั้นจะต้องส่งงานไปขัดผิวออกก่อนที่จะนำมาชุบซ่อม ในกรณีที่ชุบงานผิดคือเป็นงานจุ่มกันหมองแต่นำไปชุบโรเดียมจะไม่สามารถซ่อมงานได้ต้องหล่อตัวเรือนมาใหม่ทำให้ยิ่งเสียเวลาเพิ่มขึ้นอาจทำให้การส่งมอบสินค้าล่าช้าไปได้

ความผิดพลาดลักษณะต่างๆมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยตามลักษณะของงาน ความผิดพลาดดังกล่าวเกิดจากการขาดมาตรฐานการทำงานสำหรับการทำงานชุบในแต่ละลักษณะ จากตารางที่ 1.1 และ1.2 พบว่าได้มีความพยายามพัฒนาแก้ไขข้อบกพร่องรวมทั้งลักษณะของสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นข้อบกพร่องบางอย่างจึงได้ลดน้อยลงไปได้แก่ ปัญหาชุบผิดขั้นตอนและปัญหาชุบงานผิด แต่ยังมีลักษณะข้อบกพร่องบางอย่างคงอยู่และมีลักษณะข้อบกพร่องเพิ่มมาบางอย่าง สาเหตุที่แผนกชุบตัวเรือนก่อให้เกิดความเสียหายมากก็เนื่องมาจากแผนกชุบตัวเรือนเป็นแผนกที่มีต้นทุนวัตถุดิบของน้ำยาชุบโลหะสูงเพราะส่วนใหญ่เป็นน้ำยาชุบโลหะมีค่าและผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาในแผนกชุบตัวเรือนนี้ได้ผ่านกระบวนการต่างๆมาเรียบร้อยเกือบสมบูรณ์แล้ว เหลือเพียงแต่ชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อให้เกิดความสวยงาม (Decorative) และทนทานต่อการสวมใส่ (Wear resistance) ตามความต้องการของลูกค้า เป็นการตกแต่งขั้นสุดท้าย เมื่อเกิดข้อบกพร่องขึ้นก็ต้องนำกลับไปซ่อม (rework) ใหม่ในแผนกที่เกี่ยวข้องซึ่งทำให้ต้องเสียทรัพยากรทั้งเวลา วัตถุดิบและแรงงานในการผลิตหรือแก้ไขชิ้นส่วนนั้นๆผ่านกระบวนการซ้ำเดิมอีกครั้งทำให้สูญเสียเวลาไปโดยไม่เกิดประโยชน์ และยังทำให้สูญเสียโอกาสในการขายได้เนื่องจากผลิตไม่ทันตามกำหนดส่งงานของลูกค้า ผลกระทบจากปัญหาด้านคุณภาพทำให้ไม่สามารถผลิตผลผลิตได้ตามเป้าหมายเพราะเมื่อมีงานเข้ามาในกระบวนการผลิตจะต้องเสียเวลารอคอยเนื่องจากการแก้ไขปัญหา(ซ่อมงาน)ก่อน

จากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของแผนกชุบตัวเรือนนี้ได้ส่งผลกระทบต่อระบบผลิตการวางแผนการผลิตและทำให้ต้นทุนการผลิตของโรงงานสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาวิจัยอย่างจริงจังเพื่อเข้าใจสาเหตุของข้อบกพร่องและปรับปรุงกระบวนการชุบ

เครื่องประดับของแผนกชุบตัวเรือนให้มีคุณภาพที่ดี เพื่อนำมาสู่มาตรฐานการทำงานที่ถูกต้องต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงกระบวนการชุบเครื่องประดับ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาเฉพาะงานผลิตของแผนกชุบตัวเรือนของโรงงานตัวอย่างเท่านั้น โดยในการศึกษานี้ครอบคลุมการชุบ 3 ลักษณะ ได้แก่ งานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง งานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดงและงานจุ่มกันหมอง

1.5 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

(1) สำรวจงานวิจัยและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
(2) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาในกระบวนการชุบเครื่องประดับของโรงงานตัวอย่าง
(3) แจกแจงลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ใช้แนวทางของ Fault Tree Diagram ในการหาสาเหตุที่เกี่ยวข้องของการเกิดข้อบกพร่องลักษณะต่างๆ และทำการวิเคราะห์สาเหตุของแต่ละปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
(4) จัดการประชุมระดมสมองในฝ่ายผลิตเพื่อร่วมหาแนวทางการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการประยุกต์วิชาการทางวิศวกรรมอุตสาหการ
(5) นำวิธีการที่เสนอไปใช้แก้ไขปัญหาในกระบวนการชุบของโรงงานตัวอย่าง
(6) ปรับปรุงการทำงานให้มีมาตรฐานโดยจัดทำวิธีการปฏิบัติงานขึ้นมาให้โรงงานตัวอย่าง และควบคุมกระบวนการทำงานของพนักงานให้มีมาตรฐานเดียวกันโดยการประยุกต์ใช้แนวทางของ Measurement System Analysis

(7) ประเมินผลการปรับปรุงโดยใช้ดัชนีวัดผลคือปริมาณของเสียที่ลดลง สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

(8) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ได้กระบวนการชุบที่มีมาตรฐาน

(2) ลดปริมาณของเสียและงานซ่อมลง

(3) ใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตและปัญหาการส่งมอบงานล่าช้าและสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าเพื่อประโยชน์สำหรับการแข่งขันกับตลาดทั้งในและต่างประเทศได้

(4) มีมาตรฐานในการตรวจสอบและควบคุมกระบวนการ

(5) มีการจัดทำเอกสารด้านคุณภาพ เช่นคู่มือวิธีการทำงาน เพื่อใช้ในการบริหารคุณภาพโดยอาศัยมาตรฐาน

(6) ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการชุบเครื่องประดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กรรมวิธีการผลิตเครื่องประดับ (พิพัฒน์ ไพศาลภาณุมาศ,2543)

การผลิตเครื่องประดับคือการทำตัวเรือนเครื่องประดับ เช่น แหวน ต่างหู จี้ ขึ้นมาด้วยโลหะมีค่า (Precious metal) และมีการนำอัญมณีฝังประดับบนตัวเรือนเหล่านี้ ซึ่งการผลิตเครื่องประดับและอัญมณีมีส่วนประกอบที่สำคัญหลายอย่าง ทั้งส่วนประกอบที่เป็นตัวเรือนและส่วนที่เป็นอัญมณี โครงสร้างของตัวเรือนทำหน้าที่ในการยึดชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องประดับนั้นให้มีความมั่นคงแข็งแรงสวยงาม นอกจากนี้ตัวเรือนยังเป็นส่วนที่ช่วยเน้นความสวยงามของอัญมณีที่ประดับอยู่บนเครื่องประดับนั้นให้มีความโดดเด่นและมีคุณค่ามากยิ่งขึ้นอีกด้วย

ตัวเรือนของเครื่องประดับ มีหลายลักษณะซึ่งสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป เช่น แหวน สร้อย จี้ ต่างหู เข็มกลัด กำไล ฯลฯ ซึ่งในแต่ละลักษณะของตัวเรือนนั้นก็จะแตกต่างกันทั้งส่วนประกอบของตัวเรือนและการใช้งาน การทำชิ้นส่วนตัวเรือนของช่างรูปพรรณจะเริ่มจากช่างทำการเตรียมวัตถุดิบ โดยพิจารณาจากใบสั่งงานว่าควรจะใช้วิธีใด โดยทั่วไปช่างรูปพรรณสามารถทำชิ้นส่วนตัวเรือนได้ 2 วิธี โดยขึ้นกับลักษณะงานดังนี้

วิธีที่ 1 การขึ้นตัวเรือนด้วยโลหะ วิธีนี้มักใช้กับตัวเรือนที่ไม่มีความสลับซับซ้อน ไม่มีความละเอียดมากนัก สามารถใช้วิธีการผลิตโดยการขึ้นรูปโลหะออกเป็นตัวเรือนด้วยมือ ซึ่งก็เป็นตัวเรือนที่มีการออกแบบเป็นพิเศษและมีการผลิตน้อย

วิธีที่ 2 การขึ้นตัวเรือนด้วยขี้ผึ้ง (WAX) วิธีนี้ชิ้นงานเป็นชิ้นงานที่มีความละเอียดและซับซ้อน ถ้าขึ้นตัวเรือนด้วยโลหะ การจัดแต่งรูปทรงที่มีความสลับซับซ้อนมากๆจะไม่สามารถทำได้ง่าย จึงได้ใช้ขี้ผึ้งแทนการขึ้นตัวเรือนด้วยโลหะเพราะขี้ผึ้งมีคุณสมบัติเป็นวัสดุเนื้ออ่อน สามารถอ่อนตัวได้ง่ายเมื่อโดนความร้อนเนื่องจากมีจุดหลอมเหลวที่ต่ำกว่าโลหะมาก จึงทำให้การปรับแต่งรูปทรงทำได้ง่ายกว่า และวิธีนี้เป็นการใช้หลักการหล่อ (casting) ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตที่มีปริมาณมาก กระบวนการผลิตเครื่องประดับโดยวิธีการขึ้นตัวเรือนด้วยขี้ผึ้ง แบ่งออกได้ 2 แบบใหญ่ๆ ได้แก่

- กระบวนการผลิตแบบฝังแว็กซ์
- กระบวนการผลิตแบบฝังมือ

กระบวนการผลิตแบบฝังแว็กซ์ (WAX)

วิธีการนี้เป็นการใช้หลักการหล่อ ซึ่งในขั้นตอนแรกก็ต้องอาศัยการทำกระสวน (แบบพิมพ์) ขึ้นมาก่อน ซึ่งก็ต้องใช้การขึ้นรูปโลหะให้ออกมาเป็นรูปร่างกระสวนด้วยมือ เช่นเดียวกับการขึ้นตัวเรือนด้วยมือ โดยที่การทำกระสวนนี้ใช้เงิน 92.5% เป็นวัตถุดิบ การขึ้นรูปนี้จะต้องใช้ความชำนาญเป็นอย่างสูง

หลังจากนั้นก็จะทำเป็นโมลยาง โดยใช้ยางเคลือบกระสวนด้วยความร้อนและแรงกดและทำการผ่าโมลยางออกเป็น 2 ด้าน ซึ่งต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษ ต่อจากนั้นก็จะเป็นการฉีดขี้ผึ้ง (Wax) ลงในโมลยางตามจำนวนที่ต้องการ ทำการคัดเลือกอัญมณีมาฝังที่ตัวขี้ผึ้งแล้วนำไปติดไว้กับต้นขี้ผึ้ง โดยทั่วไปแต่ละต้นจะสามารถติดแบบขี้ผึ้งของแหวนได้ประมาณ 30 อัน นำต้นขี้ผึ้งเหล่านี้ไปหุ้มด้วยการเทปูนทนไฟพร้อมทั้งทำการดูดฟองอากาศออกจากแบบหล่อปูน นำแบบหล่อไปอบด้วยความร้อนเพื่อเป็นการไล่ขี้ผึ้งออกแล้วนำแบบหล่อมาเข้าเครื่องเหวี่ยง เพื่อเทน้ำโลหะมีค่าลงในแบบและทำการเหวี่ยง หลังจากนั้นรอชิ้นงานเย็นและทำการแกะชิ้นงานออกจากแบบหล่อ

หลังจากได้ชิ้นงานตัวเรือนพร้อมอัญมณีและทำความสะอาดชิ้นงานจากการหล่อแล้ว ขั้นตอนสำคัญต่อมาก็คือการตัดต่อขนาดหรือการประกอบชิ้นงานตัวเรือนรวมทั้งการตกแต่งผิวชิ้นงานตัวเรือนโดยช่างฝีมือ ตามด้วยการขัดผิว ต่อจากนั้นจะเป็นการทำความสะอาดและชุบเคลือบผิว แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพของแหวน สุดท้ายคือการบรรจุหีบห่อเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป

กระบวนการผลิตแบบฝังมือ

กระบวนการผลิตแบบฝังมือ มีวิธีการเช่นเดียวกับกระบวนการผลิตแบบฝังแว็กซ์ แต่ต่างกันที่ขั้นตอนการฝังอัญมณีซึ่งจะทำในภายหลัง คือจะทำหลังจากการขัดผิวตัวเรือน การฝังอัญมณีลงบนตัวเรือนเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญและมีความปราณีตในการทำ หลังจากนั้นก็เป็นการทำความสะอาดและชุบเคลือบผิว แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพของแหวน สุดท้ายคือการบรรจุหีบห่อเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม(2524:7) ได้ให้นิยามของการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าว่าคือการทำให้โลหะชนิดหนึ่งไปเคลือบเกาะบนโลหะอีกชนิดหนึ่งโดยกรรมวิธีทางไฟฟ้าและเคมี โดย

จุ่มชิ้นงานที่จะทำการชุบลงในน้ำยาชุบ ชิ้นงานนั้นต่อเข้ากับขั้วไฟฟ้า เมื่อครบวงจร โลหะจากน้ำยาชุบและ/หรือจากตัวล่อจะไปเกาะบนชิ้นงาน

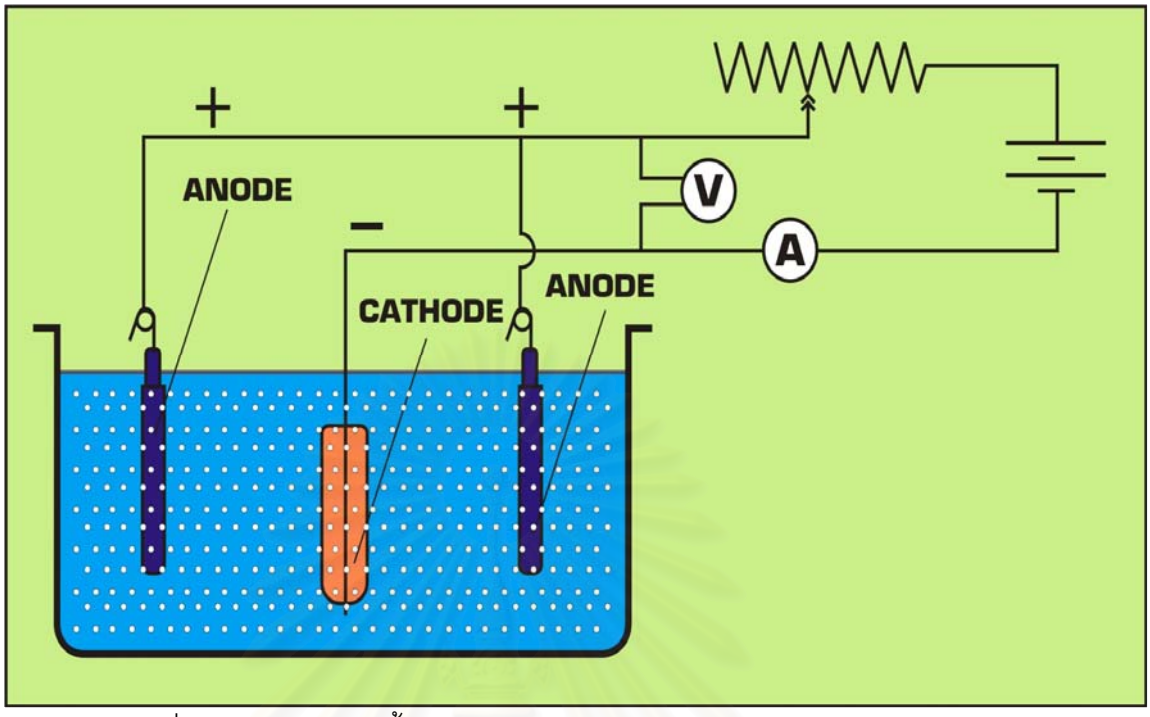
<u>วัตถุประสงค์ของการชุบเคลือบผิว</u> (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)

1. เพื่อเพิ่มความสวยงาม (Decorative Application)
2. เพื่อผลทางวิศวกรรม (Engineering Application) โดยมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ต้องการ เช่น เป็นชั้นการป้องกันการกัดกร่อน(Corrosion Resistance) , คุณสมบัติพิเศษบางประการของผิวชุบ(Special Surface Properties) , คุณสมบัติทางวิศวกรรม หรือ กายภาพ (Engineering or mechanical properties) เช่น ความแข็ง (Hardness),ความทนทานต่อการขัดสี(Wear Resistance)

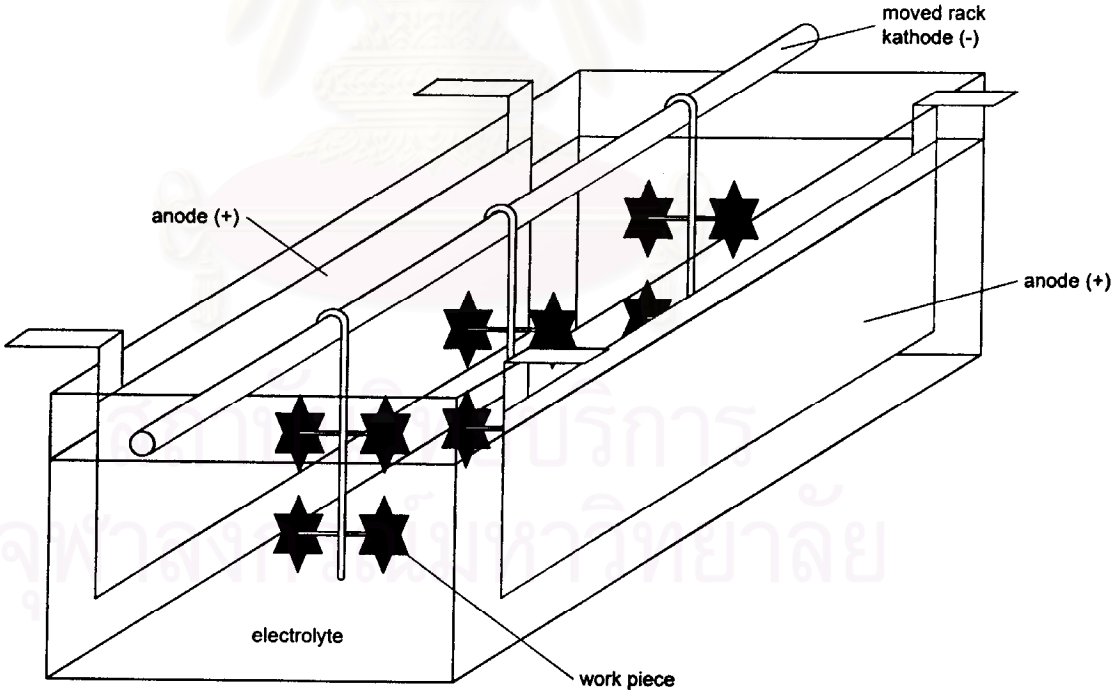
<u>องค์ประกอบพื้นฐานของการชุบเคลือบผิว</u>

1. อุปกรณ์ชุดจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง(DC supply, Rectifier)
2. น้ำยาชุบ(Electrolyte)
3. ชิ้นงานที่ต้องการชุบ(Substrate)
4. แอโนด, ตัวล่อ(Anode) แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ
   4.1 ตัวล่อที่ละลายได้ (Soluble Anode) ตัวอย่างเช่น Copper Anode , Nickel Anode และ Silver Anode
   4.2 ตัวล่อที่ไม่ละลาย (Insoluble Anode) ตัวอย่างเช่น Stainless steel Anode , Pt/Ti Anode และ Graphite Anode

ชิ้นงานที่จะทำการชุบจะต้องเป็นโลหะหรือวัสดุอื่นที่เคลือบผิวด้วยวัสดุสื่อนำไฟฟ้าไว้ก่อนแล้วเพื่อให้เป็นสื่อไฟฟ้า กระแสที่ใช้ชุบต้องเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม ในการชุบต้องจุ่มชิ้นงานที่จะชุบลงในน้ำยาชุบหรืออิเลกโทรไลท์ (ELECTROLYTE) โดยต่อชิ้นงานที่จะชุบเข้ากับขั้วลบ (-) และต่อแผ่นตัวล่อซึ่งเป็นโลหะชนิดเดียวกันกับเนื้อโลหะที่จะนำมาเคลือบผิวชิ้นงาน (หรือจะใช้โลหะชนิดอื่นที่เหมาะสม) ต่อที่ขั้วบวก (+) แสดงในรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 น้ำยาชุบจะเป็นตัวนำไฟฟ้าและจะแยกสลายตัวออกเป็นอนุภาคเล็กๆ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก (+) จะวิ่งไปเกาะกับขั้วลบ (-) ซึ่งเป็นตัวชิ้นงานที่ต้องการชุบนั้นเอง อนุภาคที่เป็นประจุไฟฟ้าลบ (-) จะวิ่งไปเกาะที่ขั้วบวก (+) ซึ่งเป็นแผ่นตัวล่อ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์,2543)



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (Corti,2002)



รูปที่ 2.2 การชุบชิ้นงานในถังชุบ (Schmalhorst,2000)

การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (Electroplating) แบ่งการชุบออกเป็นหลายประเภท เช่น ชุบทองแดงด่าง ทองแดงกรด นิเกิล เงิน ทอง แพลตตินัม โรเดียม ฯลฯ โดยใช้หลักการเดียวกัน

เพียงแต่เปลี่ยนน้ำยาชุบ เปลี่ยนแผ่นตัวล่อ และปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์) หรือปรับความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร) ให้เหมาะสมเท่านั้น

ยังมีการชุบอีกลักษณะหนึ่งนอกจากการชุบในถังชุบคือการชุบแบบปากกา การชุบแบบปากกา เป็นการชุบด้วยไฟฟ้าเฉพาะที่โดยปากกา แม้ว่าหลักการเคลือบชนิดนี้จะมีหลักการคล้ายกับการชุบโดยใช้ไฟฟ้า แต่วิธีการปฏิบัติโดยทั่วไปจะคล้ายกับการบัดกรีมากกว่า การชุบด้วยไฟฟ้าเฉพาะที่โดยปากกา สายไฟหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อเข้ากับขั้วแคโทด อีกเส้นหนึ่งต่อเข้ากับปากกาสำหรับทำการเคลือบ ปากกานี้เป็นขั้วแอโนดซึ่งมีขนาดและรูปร่างเหมาะสมกับพื้นที่ผิวที่จะทำการเคลือบ ขั้วแอโนดซึ่งต่อกับขั้วปากกา (Felt tip) จะจุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ชนิดพิเศษ เมื่อเปิดเครื่อง เราสามารถจะเคลือบโลหะลงบนผิวของชิ้นงานโดยใช้ปากกา จนได้ความหนาที่ต้องการ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์,2543)

ตัวอย่างของการแยกสลายของน้ำยาสารละลายของทองแดง พิจารณารูปที่ 2.3 แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ตามรูปน้ำยาชุบทองแดง ซึ่งประกอบด้วยคอปเปอร์ซัลเฟต บรรจุอยู่ในถังชุบ โดยมีแท่งทองแดงเป็นตัวล่ออยู่ที่ขั้วบวก และชิ้นงาน(แท่งเงิน)อยู่ที่ขั้วลบ

เมื่อละลายคอปเปอร์ซัลเฟตในน้ำจะได้

$$CuSO_4 \longrightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$

น้ำแตกตัวเป็น $H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$

เมื่อผ่านกระแสลงไปจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้

ที่ขั้วลบ

$$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu_{(S)}$$

อธิบายได้ว่า โลหะทองแดงไปเกาะที่ชิ้นงาน หมายถึงเกิดการชุบเคลือบผิวขึ้น

$$2H^+ + 2e \longrightarrow H_{2(g)}$$

อธิบายได้ว่า เกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบ

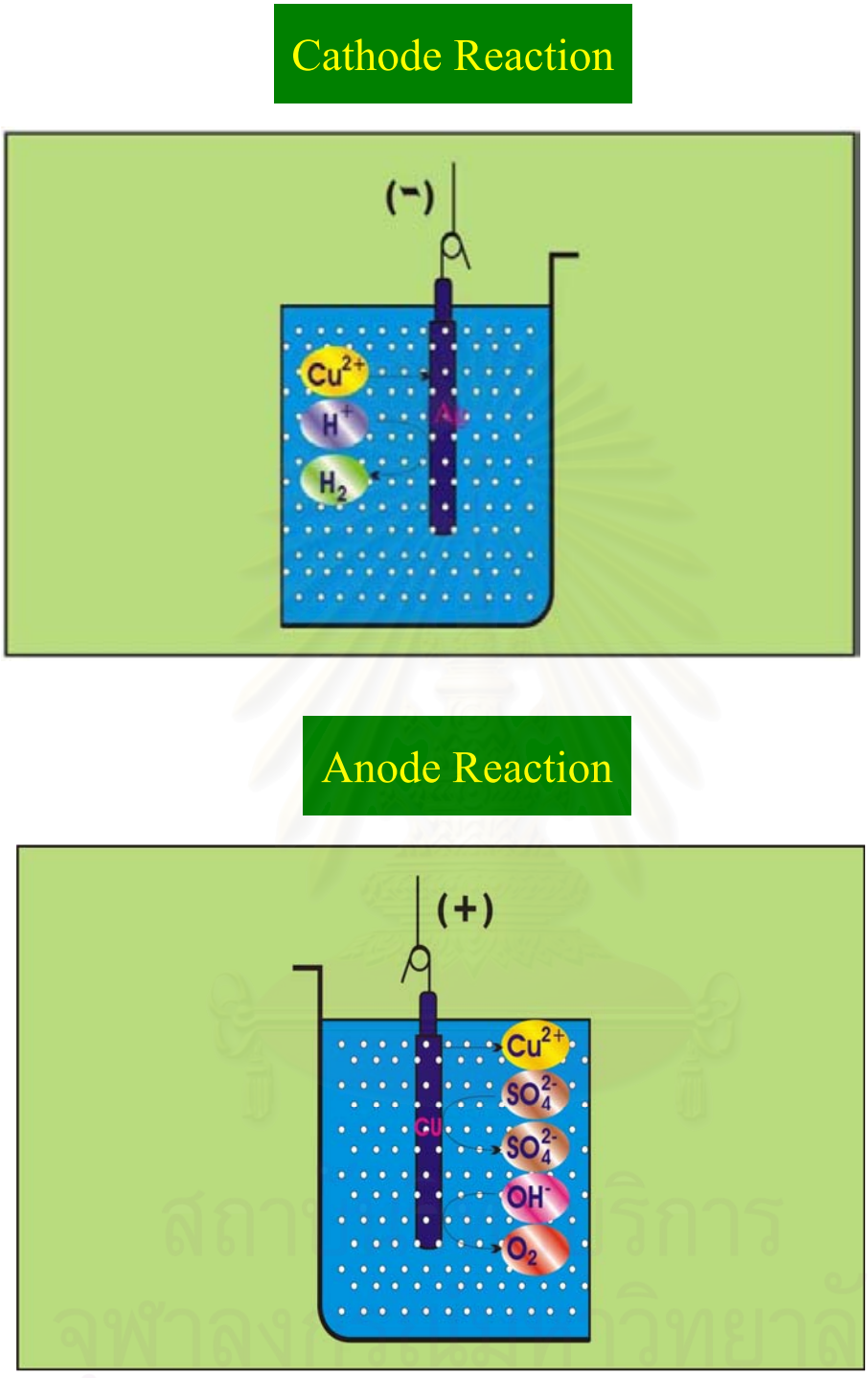
ที่ขั้วบวก

$$Cu_{(S)} - 2e \longrightarrow Cu^{2+}$$

อธิบายได้ว่า โลหะทองแดง(ตัวล่อ)ละลายลงมา

$$4OH^- - 4e \longrightarrow 2H_2O + O_{2(g)}$$

อธิบายได้ว่า เกิดก๊าซออกซิเจนที่ขั้วบวก



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขณะที่เกิดการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)

น้ำหนักของโลหะที่เข้าไปชุบเคลือบบนชิ้นงานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าและเวลา(= กระแส× เวลา) ที่ผ่านลงไปในสารละลายอิเล็กโทรไลท์ น้ำหนักของโลหะต่างชนิดกันที่ได้จากสารละลายอิเล็กโทรไลท์ต่างกัน โดยผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปเป็นปริมาณ

เท่ากันจะเป็นสัดส่วนกับน้ำหนักสมมูล(น้ำหนักอะตอม/วาเลนซี)ของโลหะนั้นๆ น้ำหนักของโลหะสามารถคำนวณได้จากกฎของฟาราเดย์ดังนี้

$$W = \frac{ItA}{zF}$$

$W =$ น้ำหนักโลหะที่เข้าไปเคลือบ (กรัม)

$I =$ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

$t =$ เวลา (วินาที)

$A =$ น้ำหนักอะตอม

$z =$ วาเลนซี

$F =$ ค่าคงที่ 96,500 Coulombs

ประสิทธิภาพของการชุบ (Current Efficiency) (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม,2524)

ในการชุบจริงๆ จะพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปในน้ำยาชุบไม่ได้ใช้สิ้นเปลืองไปในการแยกสลายให้ไอออนของโลหะที่ต้องการชุบไปเกาะที่แคโทดอย่างเดียว แต่ยังต้องสิ้นเปลืองไปกับการแยกสลายสิ่งอื่นๆที่มีอยู่ในน้ำยาอีก เช่น ก๊าซไฮโดรเจนเป็นต้น ประสิทธิภาพขั้วลบของน้ำยาชนิดต่างๆจะแตกต่างกันออกไป ที่แอโนดก็เช่นเดียวกัน กระแสไฟฟ้าที่ไปช่วยให้แอโนดละลายก็ไม่ได้ใช้ให้หมดไปในการละลายแอโนดแต่อย่างเดียว กระแสไฟฟ้าต้องสูญเสียไปกับสิ่งอื่นๆอีกเช่น ต้องเอาชนะความต้านทานที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาเคมีที่มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆรอบๆแท่งแอโนด , ต้องสูญเสียไปกับการละลายสิ่งเจือปนอื่นๆที่ผสมอยู่ในแอโนดเป็นต้น

ในการชุบโลหะโดยทั่วๆไป ถ้าประสิทธิภาพของแคโทดและแอโนดต่างก็มีประสิทธิภาพดีเลิศคือ 100% เท่ากัน นั่นคือมีโลหะไปเกาะที่แคโทดเท่าใด ที่แอโนดก็จะต้องมีโลหะละลายลงไปในน้ำยาจำนวนเท่าๆกัน ถ้าน้ำยาชุบใดเป็นเช่นนี้ ก็จะมีลักษณะดีเลิศ ไม่มีปัญหายุ่งยากใดๆจะต้องแก้ไขเลย แต่น้ำยาชุบโลหะทุกชนิดไม่ได้มีลักษณะเช่นนั้น น้ำยาทุกชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากเนื่องจากประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบหรือกล่าวโดยง่ายก็คือ การละลายของขั้วบวกและการเกาะจับโลหะที่ขั้วลบจะแตกต่างกันอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้เองน้ำยาชุบโลหะแต่ละชนิดจึงจำเป็นต้องประกอบด้วยตัวยาหลายๆอย่าง เพื่อให้ตัวยาเหล่านั้นทำหน้าที่ต่างๆกัน เช่นตัวที่หนึ่ง มีหน้าที่ปล่อยโลหะออกมา ,ตัวที่สอง มี หน้าที่ช่วยให้แอโนดละลายสม่ำเสมอ ,ช่วยเป็นสื่อไฟฟ้า , ตัวที่สาม มีหน้าที่ช่วยควบคุมไม่ให้น้ำยาเป็นกรดมากเกินไปหรือเป็นด่างมากเกินไป ฯลฯ ดังนี้เป็นต้น ทั้งนี้มีจุดมุ่งหมายให้ขั้วบวกและขั้วลบมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้นั่นเอง น้ำยาแต่ละชนิดประกอบด้วยตัวยาที่แตกต่างกันออกไป ตัวยาแต่ละชนิดมีหน้าที่อย่างไร เป็นเรื่องที่ช่างชุบโลหะควรศึกษาเอาไว้

ประสิทธิภาพของการชุบสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$CE = Act / Theo \times 100$$

โดยที่ CE คือเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของการชุบ (Current efficiency in percent)

Act คือน้ำหนักของโลหะที่เข้าไปเคลือบหรือกัดกร่อนจากตัวล่อ (Weight of metal deposited or dissolved)

Theo คือค่าน้ำหนักที่คำนวณจากทฤษฎี (The corresponding weight to be expected from Faraday's laws)

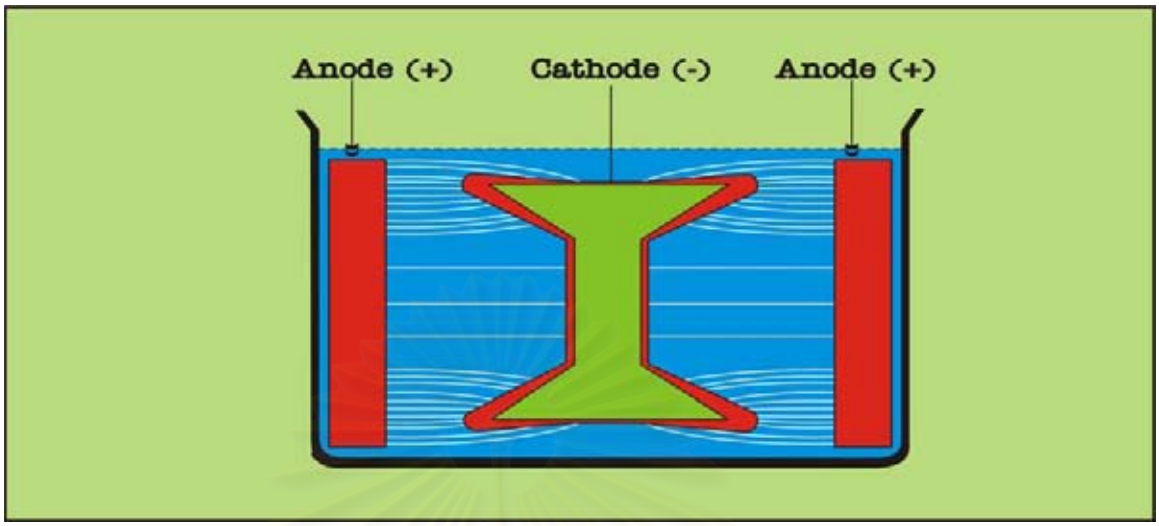
<u>ความหนาแน่นของกระแส (Current Density)</u>

ความหนาแน่นของกระแสของขั้วลบ คือค่าของปริมาณกระแสในหน่วยแอมแปร์ต่อขนาดของพื้นที่ที่ทำการชุบ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้ในหน่วย แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร ความหนาแน่นของกระแส เป็นตัวแปรที่สำคัญมากตัวหนึ่งของการชุบ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของผิวชุบ หรือ ประสิทธิภาพของการชุบ เป็นต้น การคำนวณหาพื้นที่ของแคโทดเพื่อทราบว่าจะจ่ายความหนาแน่นของกระแสให้แก่ชิ้นงานนั้นๆเท่าใด เป็นสิ่งจำเป็นมาก เพราะน้ำยาชุบแต่ละชนิดย่อมต้องการความหนาแน่นของกระแสแตกต่างกันออกไป และงานแต่ละชิ้นก็มีเนื้อที่ต่างๆกัน ด้วยเหตุนี้กระแสและเนื้อที่จึงควรต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกก่อนที่จะจุ่มชิ้นงานลงในถังเพื่อทำการชุบ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม,2524)

สมชาย มนัสเกียรติกุล(2546) กล่าวว่าความหนาแน่นของกระแสมีความสำคัญอยู่สองประการใหญ่คือ ประการแรกเป็นตัวกำหนดอัตราการของการเคลือบ ประการที่สองให้สภาวะการทำงานเป็นไปอย่างเหมาะไม่ให้เกิดปัญหาในการชุบ เช่น การไหม้ที่ชิ้นงาน

<u>การกระจายของกระแส (Current Distribution)และการกระจายของความหนาของการชุบ (Deposit Thickness Distribution)</u>

รูปร่างของชิ้นงานที่จะทำการชุบเคลือบผิวนั้นมักมีรูปร่างต่างกันออกไป เช่น กลม แบน โค้ง งอ กลวง ฯลฯ รูปร่างต่างๆเหล่านี้จะชุบให้มีการเกาะจับหนาแน่นเท่ากันโดยตลอดทั่วชิ้นงานย่อมยากมาก ในการปฏิบัติ เราพบว่าความหนาของผิวชุบที่บริเวณต่างๆบนชิ้นงานนั้นไม่ได้เท่ากัน ความหนาจริงที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งนั้น ขึ้นกับความหนาแน่นของกระแสที่จุดนั้นด้วย รูปที่ 2.4 แสดงการกระจายของกระแสและความหนาของการชุบ จากการศึกษาถึงธรรมชาติการเดินทางของกระแสในการชุบโลหะพบว่า กระแสจะเดินทางไปยังจุดที่ใกล้เคียงที่สุดก่อนอย่างหนาแน่น จุดที่ห่างออกไปก็จะมีกระแสเบาบางลงไป ชิ้นงานชุบที่มีลักษณะ กลวงหรือโค้งงอ ส่วนที่อยู่ลึกๆลงไปจะมีการเกาะจับบาง



รูปที่ 2.4 การกระจายของกระแสและความหนาของการชุบ (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)

<u>คำจำกัดความในเรื่องการชุบโลหะ</u>

การกระตุ้นผิว (Activation) การกำจัดชั้นผิวที่ไม่ยอมรับสภาพการชุบ

การยึดเกาะ (Adhesion) แรงยึดเกาะระหว่างผิวที่ชุบเคลือบกับชิ้นพื้นผิว

พื้นผิว (Basis) พื้นผิวด้านล่างที่ถูกชุบเคลือบ

ยาเงา (Brighteners) สารที่ช่วยทำให้ความเงาของผิวชุบดีขึ้น

Drag-in เกิดจากน้ำหรือน้ำยาที่เกาะติดไปกับชิ้นงานลงสู่น้ำยาชุบในถัง

Drag-out เกิดจากน้ำยาชุบที่เกาะติดกับชิ้นงานออกมานอกถังชุบ

Bath Makeup (น้ำยาเมคอัพ) เคมีภัณฑ์สำหรับผสมน้ำยาชุบเป็นน้ำยาสำเร็จรูปซึ่งประกอบด้วยสารเคมีพวก replenisher (สารช่วยปรับสภาพน้ำยาชุบ) และbrightener (สารช่วยให้เงา) กับน้ำกลั่นในอัตราส่วนที่กำหนด

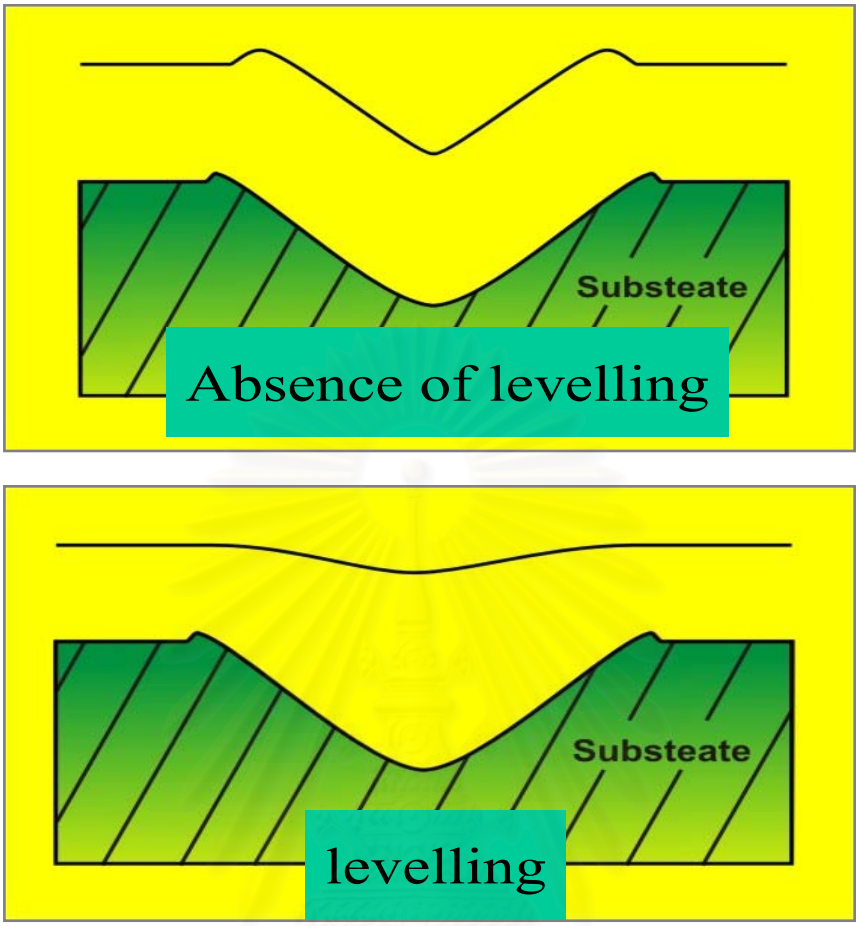
Bath Replenishment เคมีภัณฑ์สำหรับการดูแลรักษาน้ำยาชุบ

น้ำกลั่นหรือน้ำดี.ไอ. (Deionized Water) น้ำที่ปราศจากแร่ธาตุ

พลังชุบปิด (Covering Power) เป็นความสามารถของการชุบที่เคลือบปิดผิวของชิ้นงานที่มีความสลับซับซ้อนได้โดยมิได้คำนึงที่หนาที่บริเวณต่างๆเลย

พลังชุบแผ่ (Throwing Power) เป็นการวัดความสามารถของการชุบที่ทำให้ความหนาบริเวณต่างๆสม่ำเสมอกันเพียงใด

ความชุบเรียบ (Leveling) ความสามารถในการกลบรอยที่บริเวณผิวชิ้นงานที่จะชุบ แสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ความสามารถในการกลบรอยที่บริเวณผิวชิ้นงานที่จะชุบ (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)

<u>อุปกรณ์สำหรับการชุบเคลือบผิว</u> (Schmalhorst,2000)

- ถังชุบ (Tanks) ใช้บรรจุน้ำยาชุบ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดใหญ่เล็กขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงานที่จะชุบ
- ถังล้าง (Rinse tanks) บรรจุน้ำที่ใช้ล้างชิ้นงาน
- เครื่องกรอง (Filters) น้ำยาชุบจะถูกซึมเข้าสู่เครื่องกรอง ซึ่งมีผ้ากรองคอยดักจับสิ่งสกปรกต่างๆ เพื่อกรองน้ำยาให้สะอาด
- เครื่องกวนน้ำยา เพื่อให้น้ำยาชุบผสมเข้ากันดีตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงาน
- อุปกรณ์ที่ทำให้ชิ้นงานแห้ง (Drying equipment)
- ระบบดูดไอพิษ (Exhaust systems)
- อุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical equipment)
  - เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Rectifiers) เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง

- มิเตอร์วัดแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้านั่นคือแอมมิเตอร์และโวลท์มิเตอร์ซึ่งอยู่ในแผงควบคุมแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้า จะทำให้เราทราบถึงจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านน้ำยาและชิ้นงานจะได้ควบคุมให้ได้ผลตามความต้องการ นอกจากนั้นการควบคุมบำรุงรักษาน้ำยาและการเติมน้ำยาต่างๆ เช่นน้ำยาเงา ก็ขึ้นอยู่กับจำนวนแอมแปร์•ชั่วโมงของการใช้น้ำยาทั้งสิ้น
- หลอดความร้อน (Heaters) และอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control) น้ำยาชุบแต่ละชนิดจะมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งจะให้สภาวะการทำงานที่ดี
- เครื่องโยกชิ้นงาน (Product Agitation) ในขณะที่ทำการชุบจะเกิดก๊าซไฮโดรเจนขึ้นที่ชิ้นงานดังนั้นจึงต้องมีการโยกชิ้นงานเพื่อให้ฟองก๊าซสลัดหลุดไป

- อุปกรณ์เพิ่มเติม (Plating accessories)
  - ราวแขวนชุบ (Plating racks) ใช้ห้อยชิ้นงานขณะชุบ โลหะที่นิยมทำเป็นราวเช่น สเตนเลส
  - อุปกรณ์จับชิ้นงาน (Plating jigs) หรือที่จับยึดชิ้นงาน ชิ้นงานจะถูกแขวนไว้ในถังชุบโดยมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

<u>น้ำยาชุบหรืออิเล็กโทรไลท์ (Electrolyte)</u>

น้ำยาชุบ(Electrolyte) เป็นสารละลายของเกลือโลหะชนิดต่างๆกับสารเคมีชนิดอื่นๆที่ผสมลงไปเพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการให้เหมาะกับการใช้งานและช่วยให้ประสิทธิภาพของน้ำยาชุบดียิ่งขึ้น น้ำยาชุบจะแตกต่างกันไปแล้วแต่สูตรของบริษัทผู้คิดสูตรน้ำยาชุบนั้นๆ

สมชาย มนัสเกียรติกุล(2546) แบ่งส่วนประกอบของน้ำยาชุบออกเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ

1. องค์ประกอบพื้นฐาน (Basic Plating Chemicals)
   1.1 เกลือของโลหะ (Metal Salts) น้ำยาชุบจะต้องมีเกลือของโลหะที่จะชุบละลายอยู่
   1.2 Conducting Salts ช่วยให้การนำไฟฟ้าของสารละลายดีขึ้น
   1.3 บัฟเฟอร์ (Buffers) ควบคุมให้ค่าพีเอช (pH value)คงที่
   1.4 Complexing Agents รวมตัวกับไอออนของโลหะที่จะชุบ
   1.5 Additions to promote anode corrosion ช่วยให้แอโนดละลายได้ดีขึ้น
2. ตัวเติม (Additives)
   2.1 Brightener ช่วยทำให้ผิวที่ได้จากการชุบเงางาม

2.2 Wetting agents ช่วยลดแรงตึงผิวที่ชิ้นงานทำให้ฟองก๊าซที่บริเวณผิวชิ้นงานหลุดง่ายขึ้น

2.3 Grain Refiner(Carrier) ช่วยปรับแต่งโครงสร้างของผิวเคลือบให้มีความละเอียดขึ้น

2.4 Density correction salts ช่วยควบคุมความหนาแน่นของน้ำยาชุบ

น้ำยาชุบแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

- น้ำยาชุบที่ใช้ตัวล่อที่สามารถละลายได้ คือตัวล่อจะละลายลงมาเป็นส่วนหนึ่งของความเข้มข้นของโลหะในน้ำยา เช่น น้ำยาชุบทองแดงด่างและน้ำยาชุบทองแดงเงาใช้แผ่นทองแดงเป็นตัวล่อ น้ำยาชุบนิเกิลใช้แผ่นนิเกิล น้ำยาชุบเงินเงาใช้แผ่นเงินเป็นตัวล่อ
- น้ำยาชุบที่ใช้ตัวล่อที่ไม่สามารถละลายได้ เช่น น้ำยาชุบทอง โรเดียม พาราเดียม และแพลทตินัม จะใช้แพลตติไนซ์ติเตเนียม (platinized titanium) เป็นตัวล่อซึ่งเป็นตัวล่อประเภท inert anode ที่ไม่ละลายลงมาในน้ำยาชุบแต่จะควบคุมความเข้มข้นของโลหะที่เคลือบในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ได้โดยการเติมสารประกอบโลหะที่เหมาะสมหรือเรียกว่าเกลือโลหะ (Metal Salt) ลงในสารละลายอิเล็กโตรไลต์โดยตรง

น้ำยาชุบโลหะที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสารเคมีและเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปจะทำให้สารบางตัวกลายเป็นก๊าซ สารบางตัวทำให้ปริมาณสารเคมีในน้ำยาชุบสูญหายไป ควรมีการเติมสารที่ขาดมิฉะนั้นแล้ว น้ำยาชุบจะเสียสมดุลทำให้ชุบชิ้นงานได้ไม่สวยงามเท่าที่ควร

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u> (Schmalhorst,2000)

- มีการกรองน้ำยาอย่างต่อเนื่อง
- รักษาน้ำยาชุบให้อยู่ในสภาพที่สะอาดเสมอ
- ควรมีฝาปิดที่ถังชุบเมื่อไม่ใช้งาน
- ไม่ควรอุ่นน้ำยาชุบถ้าไม่จำเป็น
- ควบคุมตัวแปรต่างๆที่มีผลกับการชุบเคลือบผิวให้ถูกต้อง
- มีการตรวจวิเคราะห์น้ำยาชุบสม่ำเสมอ
- เมื่อมีสิ่งต่างๆตกลงไปในถังน้ำยาชุบรีบนำออกไปทันที

การดูแลรักษาน้ำยาให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานทำได้ดังนี้

1. รักษาระดับน้ำยาชุบให้ คงที่โดยการปรับระดับด้วยน้ำกลั่น
2. ความเข้มข้นของโลหะมีค่าลดลงได้ไม่เกิน 20%

3. ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบสำคัญเป็นช่วงๆ เพื่อตรวจสอบ ความคลาดเคลื่อนในการรักษาระดับของความเข้มข้นของโลหะมีค่า

4. ขจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำยาในช่วงเวลาที่เหมาะสม

<u>การบำรุงความเข้มข้นของโลหะโดยอาศัยเครื่องบันทึกค่าแอมแปร์•มินิต</u>

(สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)

ค่าแอมแปร์•มินิต เป็นการบันทึกค่าผลคูณแบบสะสมของกระแสไฟฟ้ากับเวลาที่ใช้ไปในการชุบของน้ำยาแต่ละชนิดซึ่งทำให้สามารถทราบได้ว่าโลหะในน้ำยาได้ถูกเคลือบผิวไปแล้วเป็นปริมาณเท่าใด (มิลลิกรัม) ซึ่งคำนวณได้จากค่าอัตราการเคลือบผิว (มิลลิกรัมต่อแอมแปร์มินิต)ของน้ำยาชุบโลหะแต่ละชนิด

เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น จะขอยกตัวอย่างจากน้ำยาชุบโรเดียมขนาดความจุ 1 ลิตร โดยที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโรเดียมคือ 2 กรัมต่อลิตรและอัตราการเคลือบผิวของน้ำยาชุบโรเดียม(Deposition rate) เป็น 3.2 mg/A•min ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1.0 A/dm^2

หลังจากชุบจนทำให้โรเดียมไปเกาะติดที่ผิวชิ้นงานประมาณ 20% (0.4 กรัม/ลิตร) จะต้องเติมยาบำรุงโรเดียม(น้ำยาบำรุง100 มิลลิลิตร มีโรเดียม 5 กรัม) จำนวน 8 มล. ซึ่งมีโรเดียม 0.4 กรัม (400 มิลลิกรัม) เพื่อรักษาปริมาณ โรเดียมในน้ำยาในอยู่ในสภาพคงที่ จากค่าอัตราการเคลือบผิวของน้ำยาชุบโรเดียม(Deposition rate) 3.2 mg/A•min สามารถคำนวณค่าแอมแปร์•มินิตที่จะต้องเติมยาบำรุงลงไปจากการเทียบบัญญัติไตรยางค์ดังนี้

เกลือโลหะเคลือบไป 3.2 mg เมื่อใช้ไป 1 A•min

เกลือโลหะเคลือบไป 400 mg เมื่อใช้ไป 400*1/3.2= 125 A•min

มีวิธีการคำนวณค่าแอมแปร์•มินิตดังนี้

แอมแปร์ (A)	เวลาชุบ (min)	A•min
a_1	b_1	$a_1 \cdot b_1$
a_2	b_2	$a_2 \cdot b_2$
a_3	b_3	$a_3 \cdot b_3$

หาผลรวมในคอลัมน์ A•min = (a1•b1) + (a2•b2) + (a3•b3) + … จนกระทั่ง

ผลรวมที่ได้มีค่าเท่ากับ 125 A•min แล้วจึงเติมยาบำรุงโรเดียมลงไป 8 มล.

<u>ประเภทของสิ่งปนเปื้อนที่ผิวชิ้นงาน (Types of Soils)</u>

สิ่งปนเปื้อนที่ผิวชิ้นงานก่อนทำการชุบ อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. สารอินทรีย์ (Organic Soils) เช่นไขมัน(Oils) ที่มาจากพืชหรือสัตว์ , Wax , สารหล่อลื่นในการขึ้นรูป (Lubricants)

2. สารอนินทรีย์ (Inorganic Soils) เช่นสนิม(Rust) ,ฟิล์มที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาที่ผิวของโลหะ (Tarnish)

<u>ประเภทของสิ่งปนเปื้อนในน้ำยาชุบ (Types of Impurity)</u>

1. ฝุ่นผงและสารที่ไม่ละลาย (Insoluble Impurities) มีที่มาจากหลายแหล่ง เช่นฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศ , สารเคมีที่ไม่บริสุทธิ์หรือหลุดมาจากตัวล่อ สารที่ไม่ละลายนี้จะไปเกาะที่ผิวงานทำให้ผิวชุบหยาบ
2. สิ่งเจือปนประเภทสารอินทรีย์ (Organic Impurities) เป็นผลมาจากการปนเปื้อนของไขมัน น้ำมันหรือตัวเติมอินทรีย์ที่เสื่อมสภาพ (Breakdown of Organic Additives) คราบไขมันเหล่านี้กระจายเป็นหยดเล็กๆที่ผิวงาน ทำให้ผิวชุบเป็นหลุม(Pitting)ได้ สารอินทรีย์นี้ยังอาจทำให้ผิวชุบเป็นหมอกๆ มัวๆได้
3. สิ่งเจือปนประเภทโลหะ (Metallic Impurities) มาจากโลหะที่ถูกกัดกร่อนหรือถูกนำเข้ามากับชิ้นงาน (Drag-in) จากกระบวนการก่อนหน้า (Preceding processes) หรือตัวเติมเคมีที่ไม่บริสุทธิ์

<u>ผลจากสิ่งปนเปื้อน(Effect of Impurities)</u>

- สีของผิวชุบเป็นสีเทา หรือ คล้ำ (grey, dark coatings)
- ความสามารถในการเคลือบในซอกลึกลดลง(Bad throwing power)
- มีพื้นที่บางส่วนชุบไม่ติด (Unplated areas)
- การเกาะติดไม่ดี(Poor adhesion)
- ความเงาของผิวชุบลดลง หรือ หมอง(Reduced brightness / hazy coatings)

<u>การกำจัดสิ่งปนเปื้อนของน้ำยาชุบ (Contamination of Electrolyte)</u>

เราอาจแบ่งสิ่งปนเปื้อนได้เป็นสองกลุ่มคือ

- สิ่งปนเปื้อนจากสารอินทรีย์(Organic Contamination)

  # แก้ไขได้โดยดูดซับโดยผงถ่าน(Carbon Treatment)

- สิ่งปนเปื้อนจากโลหะต่างๆ(Metallic Contamination)

  # แก้ไขโดยเพิ่มความหนาแน่นของกระแสไฟสูงขึ้น ทำให้สิ่งปนปื้นจะถูกชุบออก(Plate Out) ที่บริเวณความหนาแน่น ของกระแสไฟต่ำ

<u>สิ่งพึงกระทำในการชุบ</u>

- ควรให้กระแสไฟฟ้าก่อนจุ่มในสารละลายที่เป็นกรดแก่
- ในกรณีชิ้นงานที่ชุบยากๆ อาจใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟสูงในระยะเวลาสั้น
- ในกรณีที่ฟองก๊าซไฮโดรเจนเกาะที่ชิ้นงาน ควรเคาะที่ Rack เบาๆ

- ในขณะที่ชุบควรโยกแกว่งให้ดี
- พื้นที่ของแผ่นล่อต่อชิ้นงานควรให้ได้สัดส่วน 2 : 1

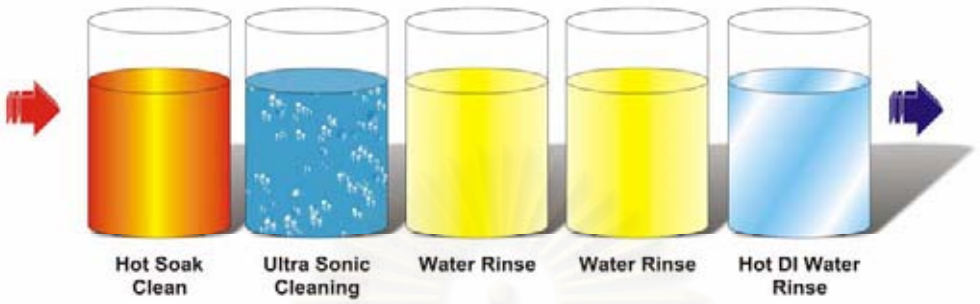
<u>กระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า</u>

ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น ไม่ใช่ว่าเมื่อมีชิ้นงานแล้ว จะนำมาชุบเป็นเงินหรือทองได้โดยตรง เพราะอาจชุบไม่ติดหรือติดแล้วล่อนออกง่าย จำเป็นจะต้องมีกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่ถูกต้องดังนี้

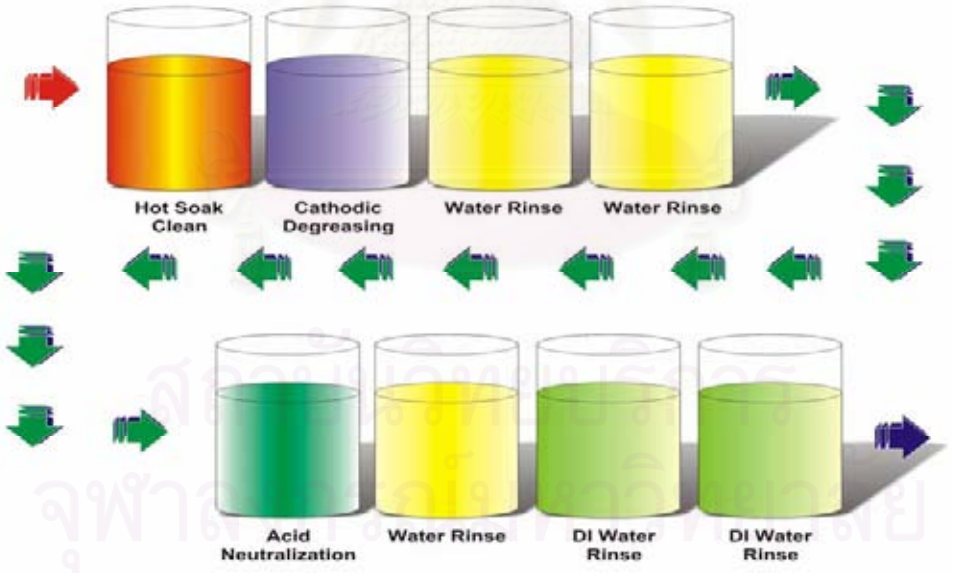
ขั้นตอนหลักของการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าจะแบ่งเป็น 5 ช่วงใหญ่ๆคือ

1. การขัดผิว (Polishing)
2. การล้างทำความสะอาดเบื้องต้น (Off Plant Cleaning)
3. การล้างผิวก่อนการชุบ (Pretreatment)
4. การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (Electroplating)
5. กระบวนการหลังการชุบ (Post-treatment)

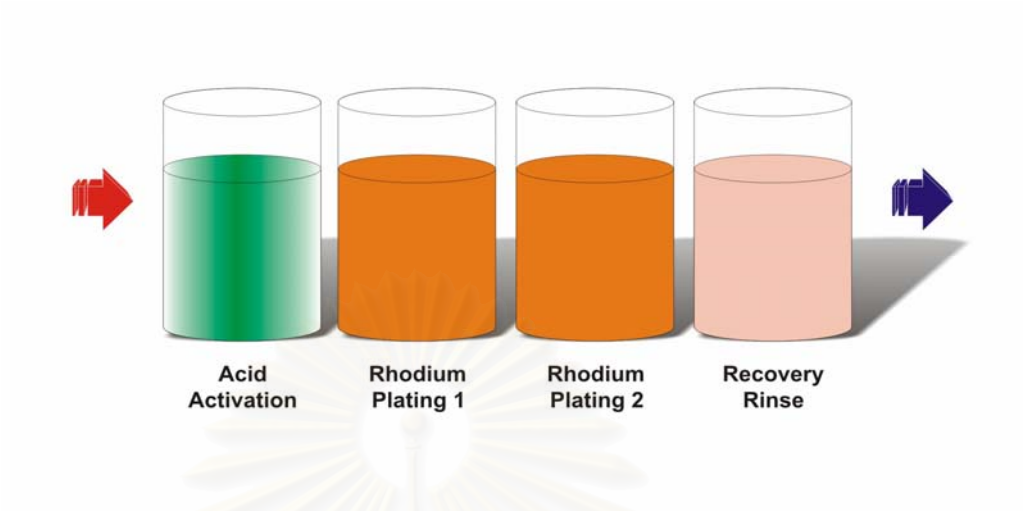
การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนชุบนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ชิ้นงานที่ผ่านการหล่อออกมามักจะมีผิวหยาบ ขรุขระ รอยขีดข่วนต่างๆ เมื่อจะทำการชุบจะต้องผ่านการขัดผิวให้เรียบเสียก่อน จุดมุ่งหมายหลักก็คือ ระเบิดผิวชิ้นงานที่มีออกไซด์ปกคลุมอยู่ แล้วทำความสะอาดชิ้นงานให้หมดคราบไขมันต่างๆ หลักใหญ่ของการเตรียมผิวชิ้นงานให้สะอาดสมบูรณ์ คือ การขัดชิ้นงานด้วยล้อขัด แบ่งเป็นการขัดหยาบ ขัดละเอียดและขัดเงา ต่อจากนั้นจึงนำชิ้นงานมาล้างไขมันออก(การล้างทำความสะอาดเบื้องต้น) ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ในกรณีที่ขัดด้วยล้อขัด คราบยาขัดเป็นสารอินทรีย์ ตัวทำละลายที่นำมาล้างคราบอินทรีย์ดังกล่าวให้ออกไปได้ดีที่สุดคือ ไตรคลอโรอีเทน และเพื่อทำให้ชิ้นงานสะอาดขึ้นอีก จะต้องนำชิ้นงานมาล้างผิวก่อนชุบ(รูปที่ 2.7)โดยนำมาล้างด้วยไฟฟ้า สูตรของสารเคมีที่ใช้จะเหมือนการต้มล้างด้วยด่างร้อนทุกประการ เพียงแต่ว่าเพิ่มกระแสไฟฟ้าเข้าไปช่วย โดยมีแผ่นสแตนเลสอยู่ที่ขั้วหนึ่ง และชิ้นงานอยู่ที่อีกขั้วหนึ่ง ในระหว่างการเตรียมผิวชิ้นงานก็มีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจน อาจเกิดเป็นออกไซด์บางๆขึ้นได้ ในกระบวนการชุบจึงต้องมีการจุ่มกรดกระตุ้นผิวก่อนแล้วจึงนำชิ้นงานลงชุบ (รูปที่ 2.8) สุดท้ายจะต้องมีกระบวนการหลังการชุบเพื่อล้างชิ้นงานให้สะอาดจากน้ำยาชุบและทำการเป่าให้แห้ง (รูปที่ 2.9) (“การชุบและเคลือบผิว.” ,สมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ)



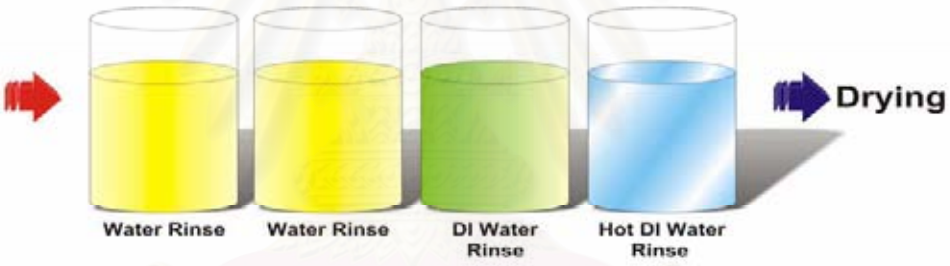
รูปที่ 2.6 การล้างทำความสะอาดเบื้องต้น (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)



รูปที่ 2.7 การล้างผิวก่อนชุบ (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)



รูปที่ 2.8 การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)



รูปที่ 2.9 กระบวนการหลังการชุบ (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)

<u>สภาวะการทำงานที่สำคัญของการชุบ</u>

- ความเข้มข้นของโลหะ
- อุณหภูมิที่ชุบ
- ค่าพีเอช
- ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า
- ความหนาแน่นของน้ำยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สภาวะการกวนน้ำยา

<u>องค์ประกอบการชุบชิ้นงานให้มีคุณภาพดี</u> (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์,2543)

1. องค์ประกอบของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า คือ น้ำยาชุบ ตัวล่อ และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ต้องถูกต้องและมีคุณภาพดี
2. เทคนิคการชุบต้องถูกต้องและละเอียดประณีต กล่าวคือ
   - การเตรียมชิ้นงาน ชิ้นงานโลหะที่จะนำมาชุบต้องมีผิวเรียบปราศจากสนิมหรือผิวขรุขระ ต้องขัดให้เรียบร้อย
   - การล้างทำความสะอาดชิ้นงาน ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ความสะอาดเป็นสิ่งสำคัญมาก ต้องทำชิ้นงานให้สะอาดที่สุด
   - แรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า ต้องเหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานและสูตรน้ำยาชุบ แต่ต้องไม่ต่ำหรือสูงจนเกินไป แรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าถ้าสูงจะทำให้ผิวชิ้นงานหยาบ ขรุขระ หรือไหม้ ถ้าต่ำจะเคลือบติดช้า ผิวละเอียดและด้าน
   - อุณหภูมิที่ใช้ขณะชุบต้องเหมาะสม

<u>การปรับปรุงคุณภาพของการชุบ</u>

- ให้ทำตามคู่มือของบริษัทขายน้ำยา : สารเคมีที่ใช้เตรียมเริ่มแรก สารเคมีที่ใช้เติมเมื่อสารเคมีเริ่มลดลง เงื่อนไขการทำงาน
- การทำความสะอาดขั้นงานหลังการชุบสำคัญมากๆ : ใช้น้ำที่ปราศจากแร่ธาตุ
- ตรวจสอบน้ำยาชุบ : ฮัลเซลเป็นวิธีวิเคราะห์ทางเคมีง่ายๆ ถ้าซื้อจากบริษัทขายน้ำยาที่ดี บริษัทจะทำการวิเคราะห์น้ำยาที่ทำยากให้

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการชุบ</u> (Corti,2002)

- อุณหภูมิ มีบทบาทสำคัญทำให้ได้การชุบที่ดี อุณหภูมิของน้ำยาชุบโลหะควรเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ขายน้ำยาชุบ น้ำยาชุบสูตรต่างๆ ต้องการอุณหภูมิแน่นอนจุดหนึ่ง เพื่อผลการชุบเคลือบผิวที่ดีที่สุด
- สภาวะทางไฟฟ้า เป็นความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า การกำหนดกระแสไฟที่ใช้ต่อพื้นที่ผิวของชิ้นงาน (แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร) ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้านี้มีความสำคัญต่อคุณภาพในการชุบ ถ้ากระแสไฟฟ้าสูง จะทำให้มีความเร็วในการ

เคลือบผิวมากแต่ก็อาจทำให้เกิดรูตามดได้ ถ้ากระแสไฟฟ้าต่ำอาจได้ลักษณะปรากฏที่ไม่ดี (not have good appearance) และทำให้การชุบช้าลง

- ค่า พี.เอช. เช่นเดียวกับอุณหภูมิ ต้องมีการกำหนดค่า พี.เอช.ที่แน่นอน
- การเขย่ากวนน้ำยา การชุบเคลือบผิวต้องมีการเขย่ากวนน้ำยาเพื่อให้ประจุของโลหะในน้ำยามีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่ชุบจะต้องมีการโยกหรือกวนสารละลายเพื่อให้มีสภาวะเหมาะสมและส่วนผสมในสารละลายกระจายสม่ำเสมอ
- ส่วนผสมของน้ำยาชุบโลหะ น้ำยาชุบโลหะที่ดีต้องมีความเข้มข้นของโลหะที่ต้องการเคลือบเพียงพอ และมีตัวเติมต่างๆ ในปริมาณที่เหมาะสม

ตัวเติมเหล่านี้จะทำหน้าที่ในการปรับปรุงน้ำยาชุบให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นเช่น

- เพิ่มพลังชุบแผ่ (Throwing Power) ของน้ำยาชุบทำให้มีความหนาของผิวเคลือบสม่ำเสมอกันดีทั่วทั้งชิ้นงาน

- เพิ่มความเงาของผิวเคลือบ

- ลดความเครียดภายในของการชุบ (internal stress) ตัวเติมจะควบคุมการเกิดขึ้นของความเครียดเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวเคลือบปริแตก

- รักษาเสถียรภาพของสารเคมีในน้ำยา ตัวเติมบัฟเฟอร์ (Buffering agents) ควบคุมให้ค่าพีเอชคงที่

ตัวเติมต่างๆเหล่านี้เป็นลิขสิทธิ์ที่มีค่าและเป็นความลับของบริษัทผู้ผลิตและยากที่จะหาข้อมูลได้ว่าเป็นส่วนประกอบของอะไร โดยทั่วไปมักเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic chemical compound)

- ตำแหน่งและพื้นที่ผิวแอโนด ในการชุบโลหะ บริเวณที่อยู่ใกล้แอโนดจะมีการเคลือบที่หนากว่าและบางลงในจุดไกลห่างจากแอโนดหรือบริเวณที่ถูกบดบัง(Area hidden (or out of line of sight) from anode) การจัดวางในตำแหน่งที่ถูกต้องและพื้นที่ผิวแอโนดที่ใหญ่(เทียบกับพื้นที่ผิวชิ้นงาน) เป็นสิ่งที่ดีต่อการชุบ

<u>การควบคุมคุณภาพน้ำยาชุบโลหะ</u> (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)

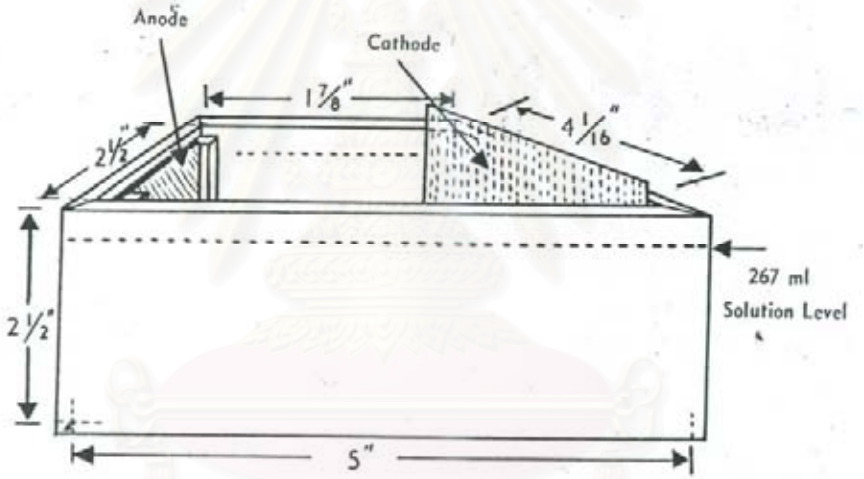
การควบคุมคุณภาพน้ำยาชุบโลหะทำได้ 2 วิธีคือ

- วิเคราะห์ทางเคมี เพื่อหาค่าในเชิงปริมาณว่าสารเคมีตัวใดขาด หรือสารเคมีตัวใดเกิน ทำได้โดยการไทเทรชั่นเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่แน่นอนในน้ำยา หรือวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AA (Atomic Absorption Spectrophotometry)
- ทดสอบน้ำยาชุบโลหะโดยใช้ฮัลเซล เป็นการทดสอบเชิงคุณภาพเพื่อดูลักษณะที่ปรากฏของผิวชุบ

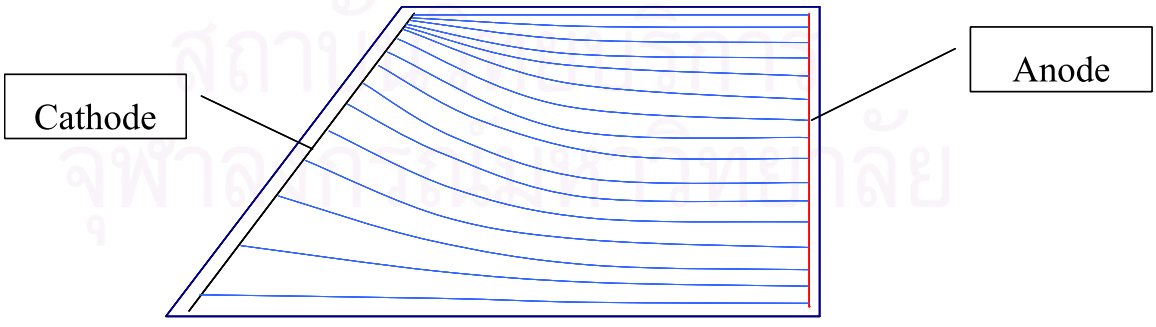
<u>การทดสอบน้ำยาชุบโลหะด้วยฮัลเซล</u> (Nohse,1966)

การทดสอบน้ำยาชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้วิธีการฮัลเซลจะเป็นการดูผลที่เกิดขึ้นบนแผ่นชิ้นงานที่ใช้ทดสอบเพื่อเป็นการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อชิ้นงานทดสอบ เพื่อควบคุมการชุบให้ได้ผลอย่างเต็มประสิทธิภาพ(อย่างดีที่สุด) และช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาในขั้นตอนการชุบว่ามาจากสาเหตุใด เช่นสภาพน้ำยา สภาวะการทำงาน หรือชิ้นงานเป็นต้น ซึ่งทำได้ง่ายและรวดเร็ว

ฮัลเซลเป็นกล่องพลาสติกใสรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แสดงในรูปที่ 2.10 ใช้ทดสอบน้ำยาชุบโลหะโดยอาศัยหลักการว่า ระยะทางที่ห่างจากขั้วบวกจะมีผลทำให้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบเปลี่ยนแปลง โดยชิ้นงานยิ่งอยู่ห่างจากขั้วบวกมากจะทำให้ได้รับความหนาแน่นกระแสน้อย รูปที่ 2.11 แสดงให้เห็นถึงการกระจายของความหนาแน่นกระแสในกล่องฮัลเซล



รูปที่ 2.10 กระบอกฮัลเซล (Nohse,1966)



รูปที่ 2.11 การกระจายของความหนาแน่นกระแสในกล่องฮัลเซล (สมชาย มนัสเกียรติกุล,2546)

การทดสอบจะนำน้ำยาชุบมาใส่ฮัลเซลซึ่งมีปริมาตร 267 มิลลิลิตร นำแผ่นล่อมาไว้ที่ด้านตั้งฉาก(ขั้วบวก) นำชิ้นงานไปอยู่ที่ขั้วลบตามแนวป้านของสี่เหลี่ยมคางหมู ใส่น้ำยาชุบที่

ต้องการทดสอบ แล้วเปิดกระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วหยิบชิ้นงานขึ้นมาตรวจดู จะสามารถเห็นสภาวะการชุบจริงที่ย่านความหนาแน่นกระแส (Current density) ที่ต่างๆกัน เพื่อนำไปประกอบการพิจารณาปรับแก้ไขน้ำยาชุบให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่จุดใดๆสามารถดูได้จากกราฟในรูปที่ 2.12 หรือคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$i = I\,(5.1 - 5.24 \log_{10} x)$$

i = ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ระยะ x (แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร)

I = ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

x = ระยะห่างจากด้านที่ได้รับกระแสไฟฟ้ามาก(High Current Density) (เซนติเมตร)

ผลลัพธ์ของการทำฮัลเซลจะบอกหลายสิ่งหลายอย่างเกี่ยวกับน้ำยาชุบ เช่นถ้าบริเวณที่ได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำเป็นสีดำ แสดงว่ามีโลหะอื่นเจือปนอยู่ในน้ำยาชุบ ถ้าชิ้นงานไม่เงาแสดงว่าขาดน้ำยาเงาเป็นต้น เนื่องจากในการทดสอบการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยวิธีการฮัลเซลเป็นการดูผลที่เกิดขึ้นบนแผ่นทดสอบ การเก็บแผ่นที่ใช้ทดสอบไว้เป็นหลักฐานจะเป็นการสิ้นเปลืองเนื้อที่และไม่สะดวกจึงได้มีการกำหนดสัญลักษณ์ของผลลัพธ์จากการทำฮัลเซลขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.13 เพื่อความสะดวกในการจดบันทึกไว้เป็นหลักฐาน รูปที่ 2.14 เป็นตัวอย่างการศึกษาผลของน้ำยาเงาในน้ำยาชุบนิเกิล

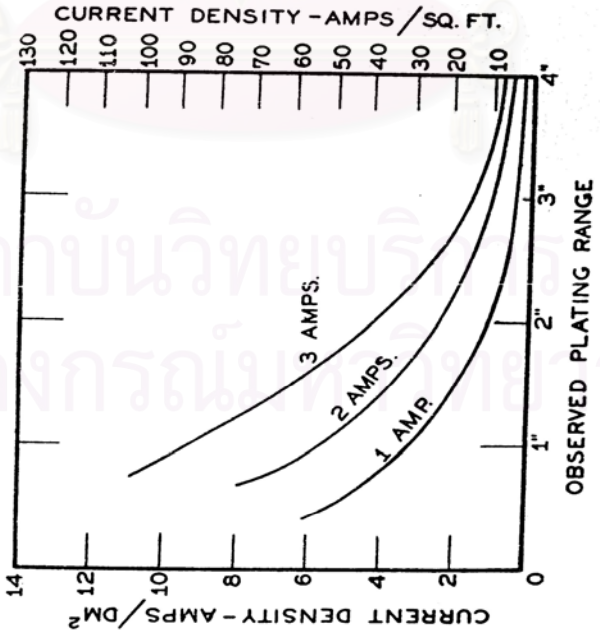
<u>สิ่งที่ทดสอบได้จากการทำฮัลเซล</u>

1. ทราบการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบหลักของน้ำยาชุบโลหะและตัวเติมต่างๆ
2. ทราบผลของการเปลี่ยนสภาวะการทำงาน เช่นอุณหภูมิ และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า
3. การปนเปื้อนของโลหะและสารอินทรีย์ในน้ำยาชุบ

<u>ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำฮัลเซล</u>

1. ลดความเสี่ยงในการปรับแก้ไขน้ำยา เนื่องจากนำน้ำยามาทดลองปรับแก้ในปริมาณน้อยๆก่อนที่จะทำการปรับจริงในถังชุบ ซึ่งจะสามารถสังเกตผลได้ง่ายกว่าและไม่ทำให้สูญเสียน้ำยาไปในกรณีที่ทำการปรับแก้ไม่เหมาะสม
2. สามารถปรับให้น้ำยาชุบใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ปรับตัวเติมต่างๆเพื่อให้คุณสมบัติต่างๆสูงสุดเช่นความสามารถในการกลบรอยที่บริเวณผิวชิ้นงานที่จะชุบ (levelling) และความเงา(brightness)เป็นต้น ได้โดยง่ายภายใต้การทดสอบด้วยฮัลเซลล์

3. ช่วยให้มีการควบคุมน้ำยาได้อย่างต่อเนื่องเพราะจะต้องมีการทดสอบอยู่เรื่อยๆเป็นประจำ เมื่อเริ่มมีอาการผิดปกติใดๆก็รู้ได้ล่วงหน้าและสามารถส่งน้ำยาไปตรวจสอบวิเคราะห์ส่วนผสมได้ทันการณ์
4. เป็นวิธีการวิเคราะห์สิ่งเจือปนต่างๆ (impurities) ในน้ำยาได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ
5. เป็นสิ่งหนึ่งที่จะบอกได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้นมาจากสาเหตุใดเช่น
    - สภาวะการชุบได้แก่ การปรับไฟ และพารามิเตอร์ต่างๆของการชุบ
    - สภาพการชุบ หรือสภาพของน้ำยาขณะนั้น
    - ชิ้นงาน
6. แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างฉับพลัน (กรณีที่น้ำยาผิดปกติ) เนื่องจากตัวเติมไม่สมดุล (imbalance) ซึ่งจะแสดงอาการให้เห็นดังเช่นชุบไม่เงา ไม่เงาในบริเวณซอก ปัญหาในบริเวณที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำเป็นต้น
7. สามารถพยากรณ์การชุบในสภาวการณ์ที่ต่างกันเช่นในน้ำยาเงินเงา ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าจะมีส่วนสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเงาของผิวเคลือบ ในน้ำยาชุบที่มีน้ำยาเงาอย่างพอเพียง ถ้าใช้ความหนาแน่นของกระแสไม่ถูกต้องก็อาจได้ผลงานที่มีความเงางามไม่ดีเท่าที่ควร ฮัลเซลเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ทราบว่าน้ำยาชุบแต่ละอย่างนั้นควรใช้ความหนาแน่นของกระแสเท่าใดและใช้น้ำยาเงามีปริมาณมากน้อยเท่าใด



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ากับระยะบนแผ่นทดสอบ (Nohse,1966:18)

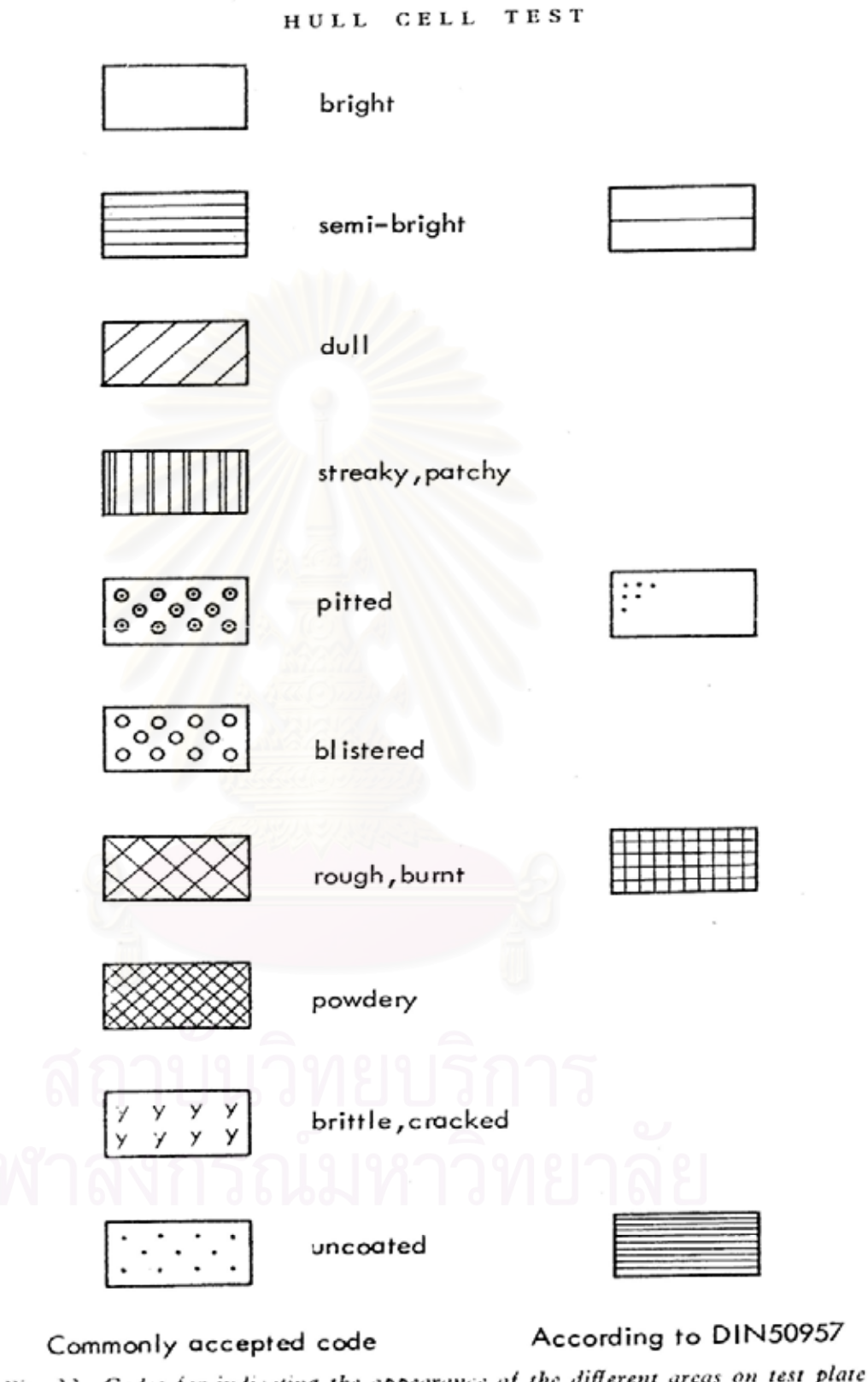


Fig. 23. Codes for indicating the appearance of the different areas on test plate

รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ของผลลัพธ์จากการทำฮัลเซล (Nohse,1966:24)

Combined Effect of Both Brighteners

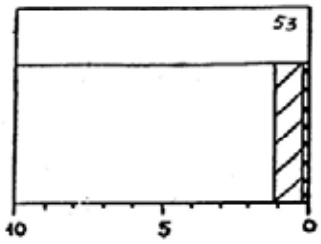
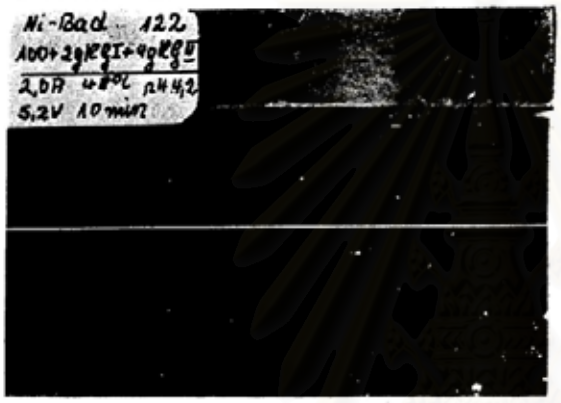


Fig. 73. Nickel plating bath (121)
Soln (100) + 1 g/l B I + 4 g/l B II
2.0 amp 48°C pH 4.2 5.2 v 10 min



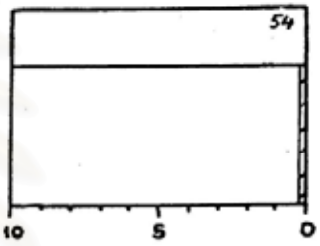


Fig. 74. Nickel plating bath (122)
Soln (100) + 2 g/l B I + 4 g/l B II
2.0 amp 48°C pH 4.2 5.2 v 10 min

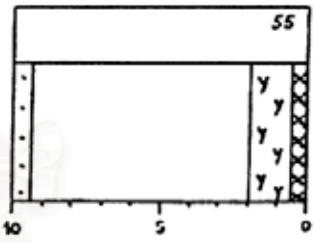


Fig. 75. Nickel plating bath (123)
Soln (100) + 4 g/l B I + 4 g/l B II
1.8 amp 46°C pH 4.2 5.2 v 10 min

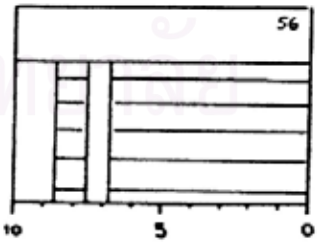
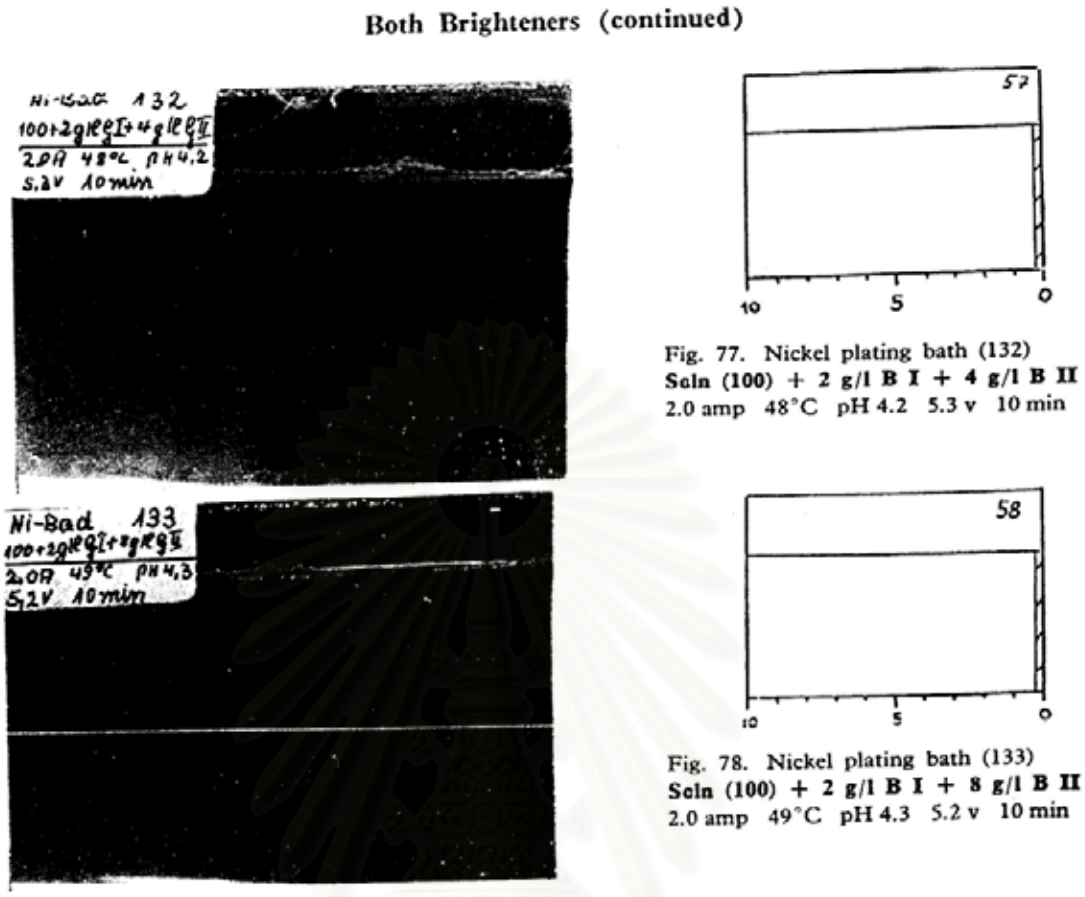


Fig. 76. Nickel plating bath (131)
Soln (100) + 2 g/l B I + 2 g/l B II
2.0 amp 48°C pH 4.5 5.5 v 10 min

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการศึกษาผลของน้ำยาเงาในน้ำยาชุบนิเกิล (Nohse,1966:53)



รูปที่ 2.14 (ต่อ) ตัวอย่างการศึกษาผลของน้ำยาเงาในน้ำยาชุบนิเกิล (Nohse,1966:54)

<u>การปรับปรุงคุณภาพ</u> (ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย,2540)

คำว่า “การปรับปรุงคุณภาพ” อาจจะมีความหมายแตกต่างกันได้หลายๆอย่างคือ

1. การสร้างหรือการแก้ไขกระบวนการที่ควบคุมไม่ได้ให้สามารถควบคุมได้
2. การพัฒนาการปฏิบัติงานให้บรรลุผลในระดับที่มีคุณภาพมากขึ้น
3. การวางแผนกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยให้กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่ดีที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้

กล่าวได้ว่าการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการเพื่อยกระดับคุณภาพสินค้าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันให้สูงขึ้นเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นมีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า การปรับปรุงคุณภาพจะต้องทำการตรวจสอบและประเมินผลการผลิตสินค้าว่ามีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้าหรือไม่ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่ไม่ดี จากนั้นทำการปรับปรุงปฏิบัติการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นก่อนที่ผลิตภัณฑ์นั้นจะส่งถึงมือลูกค้า

ขั้นตอนในการพัฒนาเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ

1. ให้มีการพิจารณาถึงความจำเป็นในการพัฒนาเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ
2. ค้นหาหรือกำหนดปัญหาด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุง
3. ต้องมีการดำเนินงานภายในองค์กรเพื่อที่จะให้มีการยอมรับในด้านการพัฒนาเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ
4. สร้างกลุ่มผู้ดำเนินงาน เพื่อทำหน้าที่แนะนำและเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพ
5. สร้างกลุ่มผู้ปฏิบัติงานเพื่อดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ
6. ทำการวินิจฉัยสาเหตุจากระบบ
7. พัฒนาวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ
8. ทวนสอบถึงความมีประสิทธิภาพของวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ
9. พัฒนาในการสร้างรูปแบบเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ
10. จัดระบบควบคุมขึ้นใหม่และพิจารณาถึงประโยชน์ที่พึงได้รับ
11. พัฒนาในการปฏิบัติงานเพื่อให้เป็นที่ยอมรับ
12. การเปลี่ยนการดำเนินงานให้อยู่ในระดับใหม่ที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงคุณภาพ

1. เพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองต่อความพึงพอใจและความต้องการของลูกค้า
2. แก้ไข ปรับปรุง และป้องกันข้อผิดพลาดในระยะสั้นโดยมุ่งความสนใจในการหาทางลดอัตราข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต
3. ภายหลังจากการดำเนินการในระยะสั้นแล้ว ทำการพิจารณาปรับปรุงในระยะยาวโดยมุ่งความสนใจไปยังการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าโดยไม่ให้มีข้อบกพร่อง (Zero defects)
4. เพื่อการลดต้นทุน

เครื่องมือเบื้องต้นแห่งคุณภาพ

ใบตรวจสอบ (CHECK SHEETS)

ความหมาย : ใบตรวจสอบหรือรายการตรวจสอบ คือตารางแผนผังหรือรายการที่มีการออกแบบไว้ล่วงหน้า เพื่อความสะดวกในการบันทึกข้อมูลหรือตัวเลข แต่เพื่อความสะดวก มักจะออกแบบไว้เพื่อให้สามารถใช้การ “ขีด” (/) ลงในใบตรวจสอบได้เลย ใบตรวจสอบ (CHECK SHEETS) บางแห่งเรียกว่า TALLY SHEET

วัตถุประสงค์ : - เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลหรือตัวเลขได้ง่ายและถูกต้อง

- เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลหรือสถานการณ์ต่างๆได้ง่ายและนำไปใช้ประโยชน์ต่อการตัดสินใจได้ถูกต้อง

วิธีการ :

ตารางที่ 2.1 แสดงรายการตรวจสอบ : จำนวนของเสีย

วันที่ผลิต	จำนวนของเสีย
1	𝍸 //
2	///
3	𝍸 /
4	////
5	//

ตารางที่ 2.2 แสดงรายการตรวจสอบ : จำนวนของเสียแยกตามสาเหตุ

สาเหตุ	จำนวนของเสีย
- วัตถุดิบไม่ดี	////
- พนักงานทำผิด	////
- สีถลอก	////
- อุปกรณ์ชำรุด	//// 𝍸

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังแสดงเหตุและผล (CAUSE AND EFFECT DIAGRAMS)

ความหมาย : ผังแสดงเหตุและผลคือแผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ (EFFECT) กับสาเหตุ (CAUSE) ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์นั้นๆ มีชื่อเรียกอีกอย่างว่าผังก้างปลา (FISH BONE DIAGRAMS) หรือผังอิชิกาว่า (ISHIGAWA DIAGRAM)

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุหรือองค์ประกอบต่างๆที่ทำให้เกิดผลลัพธ์นั้นๆ (มักเป็น "ผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนา" หรือผลลัพธ์ที่ไม่อยากให้เกิดขึ้น)

2. เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาที่สาเหตุ

วิธีการ :

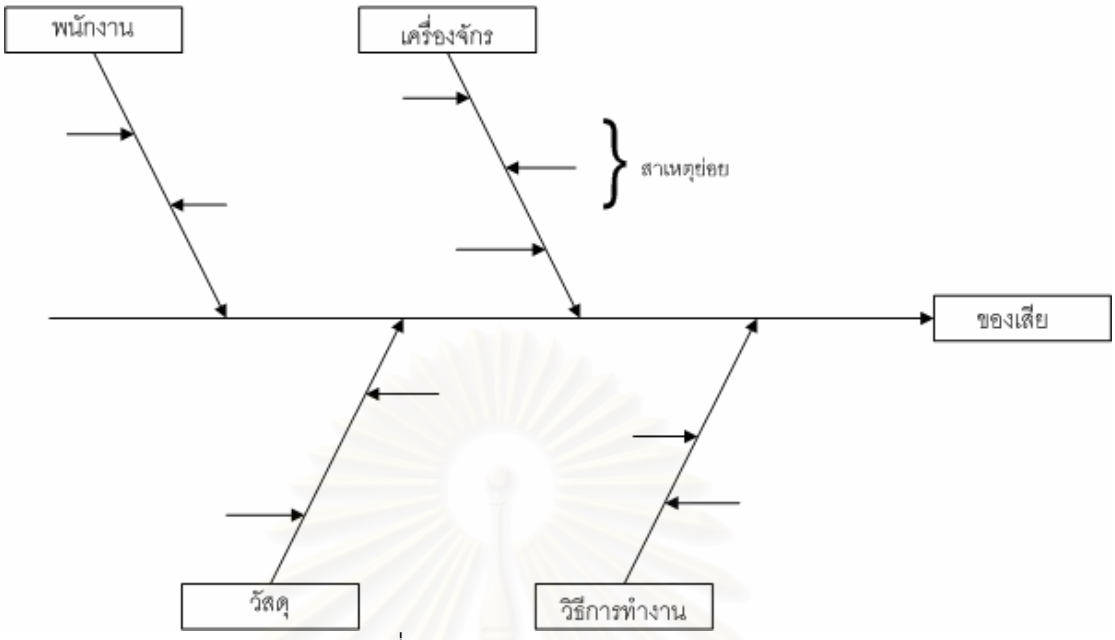
1. ระบุผลลัพธ์ที่ไม่ต้องการหรือผลลัพธ์ที่ต้องการให้บรรลุอยู่ปลายสุดของลูกศร
2. ระบุสาเหตุหรือองค์ประกอบที่ทำให้เกิดผลลัพธ์นั้นๆ เป็นกิ่งพุ่งเข้าลูกศรหลัก

   - องค์ประกอบหลักหรือสาเหตุที่นิยมใช้ในผังแสดงเหตุและผลคือ4 M

     - MAN คน
     - MACHINE เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์
     - MATERIAL วัตถุดิบหรือวัสดุ
     - METHOD วิธีการทำงาน

3. ระบุสาเหตุย่อยลงในกิ่งสาเหตุหลัก
4. กำหนดความสำคัญของสาเหตุหลักต่างๆ และหามาตรการแก้ไข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.15 แสดงผังแสดงเหตุและผล

ผังพาเรโต (PARETO DIAGRAMS)

ความหมาย : ผังพาเรโตคือ แผนภูมิที่ใช้สำหรับตรวจสอบปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในสถานที่ทำงาน หรือดรงงานว่า ปัญหาใดเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดและรองๆลงไปตามลำดับ โดยนำปัญหาหรือสาเหตุเหล่านั้นมาจัดหมวดหมู่ หรือแบ่งแยกประเภทแล้วเรียงลำดับตามความสำคัญจากมากไปน้อย โดยการแสดงขนาดความสำคัญมากน้อยด้วยกราฟแท่ง และแสดงค่าสะสมด้วยกราฟเส้น

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อแสดงให้เห็นถึงลำดับความสำคัญของปัญหาต่างๆ ว่ามีมากน้อยเพียงใดเพื่อการเลือกแก้ปัญหาก่อนหลัง

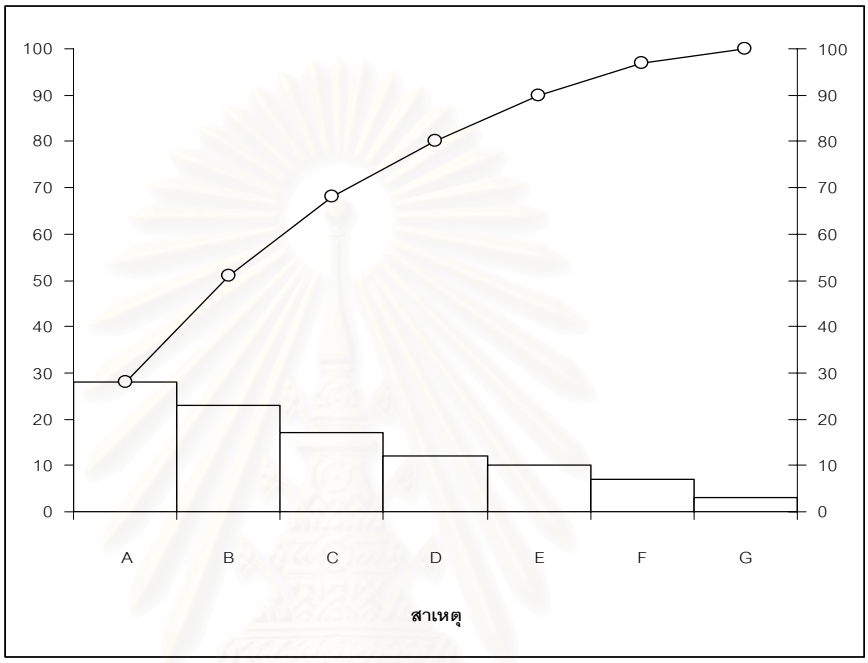
2. เพื่อแสดงให้เห้นว่าแต่ละปัญหามีอัตราส่วนเท่าใดเมื่อเทียบกับทั้งหมด

วิธีการ :

1. หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาโดยจัดหมวดหมู่ หรือแยกเป็นประเภทๆ
2. เก็บข้อมูลตามสาเหตุในข้อ1 ตามระยะเวลาที่กำหนด
3. คำนวณข้อมูลในแต่ละสาเหตุที่ได้ในข้อ2 ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเทียบกับข้อมูลทั้งหมด

4. เขียนกราฟแท่ง โดยใช้แกนนอนแสดงสาเหตุ แกนตั้งเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยเขียนกราฟแท่งเรียงจากสาเหตุที่มีเปอร์เซ็นต์สูงก่อนแล้วลดหลั่นลงตามลำดับ

5. ลงมือแก้ปัญหาโดยพิจารณาแก้ที่สาเหตุหลักไม่กี่ประการ (VITAL VIEW)



รูปที่ 2.16 แสดงผังพาเรโต

<u>กราฟ(GRAPH)</u>

ความหมาย : กราฟคือเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงหรือแปลข้อมูลเป็นภาพที่เห็นได้ชัดและเข้าใจง่าย อาจเป็นกราฟแท่ง กราฟเส้น กราฟวงกลม เป็นต้น เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ขั้นสูงต่อไป

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อใช้อธิบายผลหรือสิ่งต่างๆด้วยกราฟที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

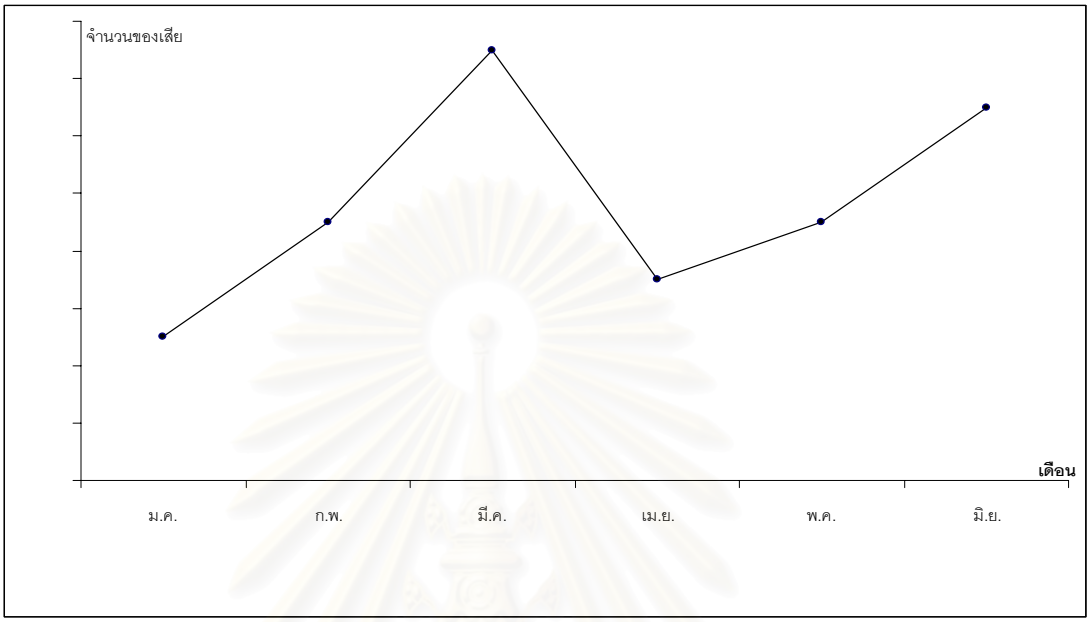
2. เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูล

3. เพื่อใช้ในการควบคุม

4. เพื่อใช้บันทึกข้อมูลที่เก็บได้

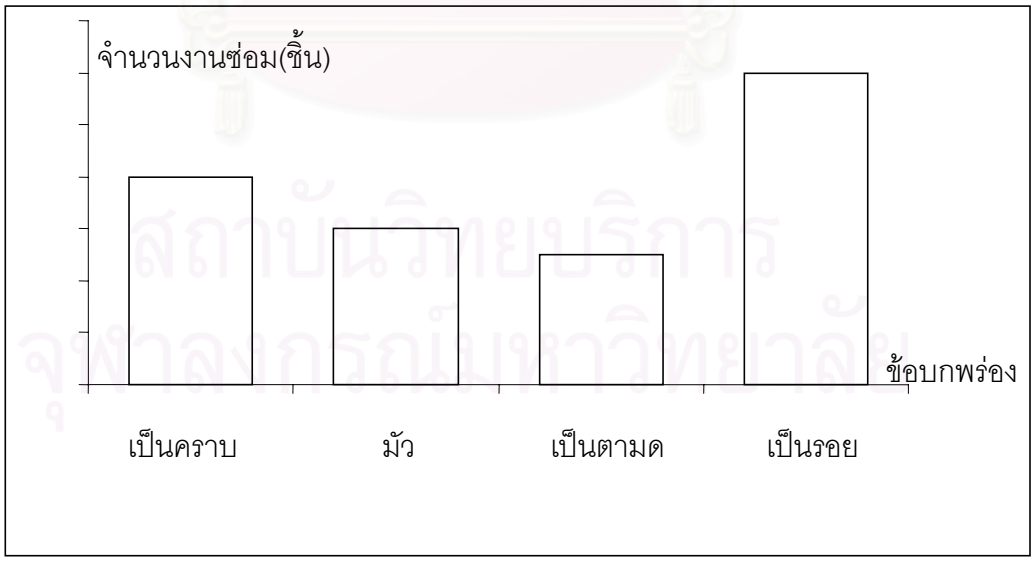
วิธีการ :

1. กราฟเส้น (LINE GRAPH)



รูปที่ 2.17 แสดงกราฟเส้น

2. กราฟแท่ง (BAR GRAPH)



รูปที่ 2.18 แสดงกราฟแท่ง

การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดความล้มเหลวและการแก้ปัญหาด้วยเทคนิค FAULT TREE ANALYSIS (กรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักควบคุมวัตถุอันตราย, 2546)

ในการแก้ปัญหาทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์/ระบบผลิต รวมถึงการแก้ปัญหาทางเทคนิคและปัญหาอื่นๆนั้น จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบเพื่อหาสาเหตุรากเหง้า (Root cause) ของปัญหา

FAULT TREE ANALYSIS (FTA) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงโครงสร้าง ซึ่งจะช่วยในการชี้บ่งสาเหตุรากเหง้าของปัญหา ทั้งนี้เพื่อทำการขจัดสาเหตุรากเหง้าอันจะทำให้ปัญหานั้นๆ ไม่กลับมาอีกซึ่งเป็นการแก้ปัญหาแบบยั่งยืน นอกจากนี้ FTA ยังสามารถใช้ได้กับการวิเคราะห์ปัญหาแนวโน้ม (Potential Problem) ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตได้อีกด้วย ซึ่งทำให้สามารถหาแนวทางป้องกันได้ก่อนที่ความล้มเหลวจะเกิดขึ้น

จุดเด่นของ FTA คือไม่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลมาเพื่อวิเคราะห์เหมือนกับข้อมูลอื่นๆ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบระบบ/แก้ปัญหาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์กระบวนการมีสมรรถนะตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

ประโยชน์ของ FTA

1. ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของอันตรายที่เกี่ยวกับงาน วิธีการทำงาน เครื่องจักร และกระบวนการผลิตได้
2. ใช้วางแผนป้องกันอุบัติเหตุเพราะจะทราบเหตุการณ์สำคัญที่มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุสูง
3. สามารถนำมาใช้ในการสอบสวนอุบัติเหตุที่สลับซับซ้อนได้
4. โครงสร้างการวิเคราะห์จะแสดงความสัมพันธ์ต่างๆของเหตุการณ์ทำให้อ่านเข้าใจง่าย

สัญลักษณ์ที่ใช้ใน FTA

สัญลักษณ์ที่ใช้กับเหตุการณ์ (Event)

FAULT EVENT ใช้เป็นเหตุการณ์อยู่ระหว่างกลาง (Intermediate Event) ซึ่งจะต้องถูกทำการวิเคราะห์อีกเสมอ

BASIC EVENT ใช้เป็นตัวแทนของเหตุการณ์ที่เกิดจากความบกพร่องหรือความผิดปรกติ ซึ่งเป็นเหตุการณ์สุดท้าย หรือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เหตุการณ์นี้จะอยู่ในส่วนล่างสุดของทุกๆ เหตุการณ์เสมอไม่สามารถวิเคราะห์ต่อไปได้อีก

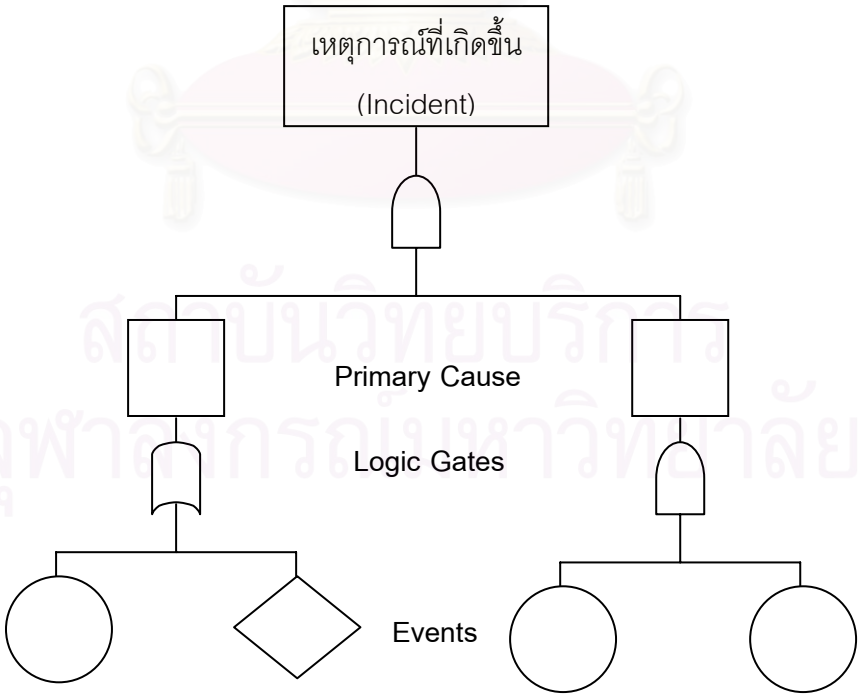
Undeveloped Intermediate Event ใช้เป็นตัวแทนของเหตุการณ์ที่ไม่มีข้อมูลเพียงพอ หรือยุ่งยากซับซ้อนหรือเป็นข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับ Top Event หรือไม่ใช่เหตุการณ์ที่สำคัญจึงไม่ทำการวิเคราะห์ต่อไป แต่ถ้ามีข้อมูลเพิ่มเติมเพียงพอก็สามารถวิเคราะห์ต่อไปได้

<u>สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความเป็นเหตุเป็นผลกัน (Logic Gate)</u>

OR GATE เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์อย่างน้อยหนึ่งเหตุการณ์ หรือมากกว่าหนึ่งเหตุการณ์ซึ่งเกิดภายในเวลาเดียวกันหรือมีผลต่อเหตุการณ์เดียวกัน ซึ่งเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดได้นั้นต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์นั้นๆอย่างน้อยหนึ่งเหตุการณ์หรือมากกว่าหนึ่งเหตุการณ์

AND GATE เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงว่าเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นได้ (output) จะต้องมีสาเหตุมาจากทุกๆเหตุการณ์ (input) ซึ่งจะต้องเกิดขึ้นพร้อมกัน

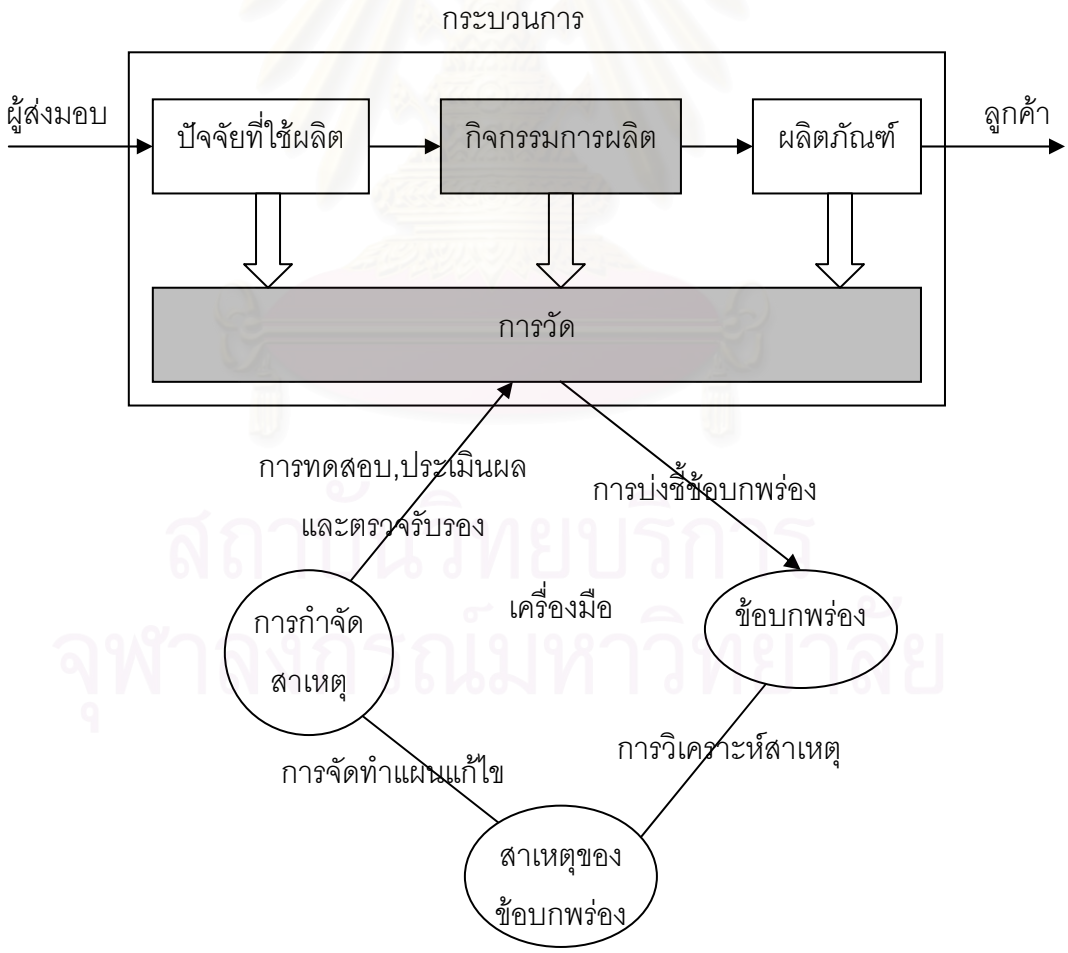
วิธีการ :



รูปที่ 2.19 Fault Tree Diagram

<u>บทบาทของระบบการวัดต่อการประกันคุณภาพ</u> (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ,2542)

การประกันคุณภาพ (Quality assurance) ถือว่าเป็นกลยุทธ์ที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการบริหารในยุคแข่งขัน ทั้งนี้ด้วยการสร้างความพึงพอใจอย่างเบ็ดเสร็จแก่ลูกค้าโดยรวมหรือผู้ได้รับผลประโยชน์จากธุรกิจ (Stakeholder) เป็นการดำเนินการป้องกันปัญหาต่างๆ ด้านคุณภาพโดยผ่านระบบการเตือนไว้ล่วงหน้า โดยการเตือนล่วงหน้านี้จะเป็นกลไกสำคัญต่อการป้องกันปัญหาคุณภาพที่จะเกิดขึ้นทั้งกับลูกค้าภายในและลูกค้าภายนอก ในการจัดตั้งระบบการเตือนเพื่อการป้องกันปัญหาด้านคุณภาพนี้ มีความจำเป็นต้องดำเนินการได้ด้วยการนำเอาผลจากการผลิตในอดีตไปคาดการณ์ (Predict) ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต แต่อย่างไรก็ตามการคาดการณ์จะเป็นไปอย่างมีประสิทธิผลก็ต่อเมื่อผลจากการผลิตอยู่ในสภาวะเสถียรภาพ (Stability) ซึ่งได้มาจากการควบคุมกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ดังตัวแบบวงจรการปรับปรุงคุณภาพของบริษัท IBM ตามรูปที่ 2.20 (IBM ,1985 อ้างถึงใน กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542)



รูปที่ 2.20 ตัวแบบวงจรการปรับปรุงคุณภาพของ IBM

ในตัวแบบของ IBM นี้ ได้นิยามความหมายของ “กระบวนการ” ว่าหมายถึงองค์ประกอบอย่างมีระบบของบุคลากร วิธีการ เครื่องจักรอุปกรณ์ และวัตถุดิบที่ให้กับกิจกรรมของงานเพื่อทำให้เกิดการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ระบุ โดยลำดับของกิจกรรมของงานดังกล่าวจะต้องมีคุณลักษณะสำคัญคือ

- ปัจจัยที่ใช้ในการผลิต (input) ที่สามารถวัดได้
- กิจกรรมการผลิตทีมีการเพิ่มมูลค่า
- ผลิตภัณฑ์ (output) ที่สามารถวัดได้
- คุณสมบัติด้านความสามารถในการทำซ้ำ (repeatability)

นอกจากนี้ในการบริหารกระบวนการดังกล่าว จะต้องอาศัยหลักการสำคัญ 5 ประการคือ

(1) ความมีส่วนร่วมในกระบวนการที่ทำงานแล้วสามารถตรวจสอบได้ (accountability)

(2) การบ่งชี้กระบวนการและจัดทำเป็นระบบเอกสารไว้

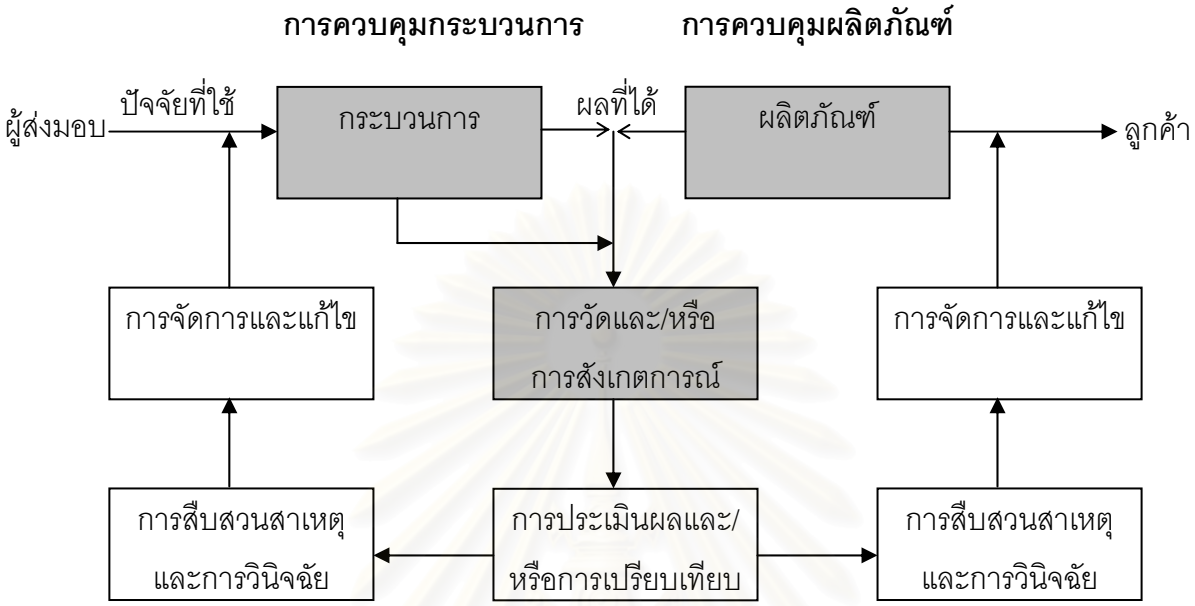
(3) การวัดเพื่อการควบคุมกระบวนการ

(4) ภาระหน้าที่ของการควบคุมกระบวนการ

(5) การปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้นในการตัดสินใจเพื่อคาดการณ์ผลจากกระบวนการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตแล้ว หาทางป้องกันแต่เริ่มแรกนี้จะขึ้นอยู่กับสารสนเทศที่ประเมินได้จากการวัดหรือการสังเกตผลจากกระบวนการ และจะดำเนินการตัดสินใจเพื่อการประกันคุณภาพใน 2 ประเด็นคือ การควบคุมผลิตภัณฑ์ (product control) และการควบคุมกระบวนการ (process control) โดยการควบคุมผลิตภัณฑ์จะได้จากการดึงสารสนเทศที่ได้จากการวัดผลจากกระบวนการแล้วประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะเพื่อบ่งชี้ถึงข้อบกพร่องแล้วดำเนินการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องตามความเหมาะสม อาทิ การนำกลับมาผลิตใหม่ การทำลายทิ้ง การจัดเกรดให้ต่ำลง ฯลฯ สำหรับการควบคุมกระบวนการจะเป็นการวิเคราะห์สาเหตุจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์อันเนื่องจากกระบวนการแล้วดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขกับสาเหตุที่ก่อให้เกิด

ข้อบกพร่องรวมถึงการดำเนินการปฏิบัติการป้องกันกับสาเหตุที่มีแนวโน้มก่อให้เกิดข้อบกพร่องด้วย การกำหนดให้อยู่ในรูปแผนการแก้ไขและป้องกันดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 บทบาทของการวัดต่อการควบคุมกระบวนการและผลิตภัณฑ์

<u>การวิเคราะห์ระบบการวัดในคุณลักษณะเชิงคุณภาพ</u>

การวิเคราะห์ระบบการวัดในคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Attribute characteristic) หรือการศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับ เป็นการประเมินความสามารถของระบบการวัดเมื่อข้อมูลได้มาจากการนับหรือคุณลักษณะที่ศึกษาเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพ เช่น ความสวยงาม ความเรียบร้อย ฯลฯ ในการศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับนี้ จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการทดสอบกับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับหรือปฏิเสธ หรือผ่านและไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร ซึ่งในการศึกษาความสามรถของระบบการวัดนี้แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือวิธีสั้น (Short Method) และวิธียาว (Long Method) สำหรับการศึกษาความสามารถของระบบการวัดโดยวิธียาวนั้นจะต้องมีชิ้นงานมากกว่า 300 ชิ้นในการทดสอบและมีวิธีการประเมินผลที่ซับซ้อนจึงไม่นำมาใช้ แนวความคิดของการประเมินผลวิธีสั้นจะอาศัยการจำแนกชิ้นส่วนตัวอย่างงานที่มีลักษณะทั้งผ่านไม่ผ่าน และก้ำกึ่ง ในสัดส่วนที่เหมาะสมแล้วให้พนักงานที่สุ่มมาหรือกำหนดไว้ล่วงหน้าทำการตรวจสอบ เพื่อจำแนกผลการตรวจสอบเป็นผ่านหรือไม่ผ่าน จากนั้นจะพิจารณาว่าผลการตรวจสอบคุณภาพตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างหรือไม่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบ่งบอกถึง

ความเที่ยงตรงในการตรวจสอบ ส่วนผลการทดสอบที่ตรงกันจากการทดสอบซ้ำๆในชิ้นงานเดียวกันจะบ่งบอกถึงความแม่นยำในการตรวจสอบ

ในการประเมินผลกระบวนการวัดหรือการบวนการตรวจสอบในระยะสั้น จะมีกระบวนวิธีในการประเมินผลดังนี้

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น โดยพยายามให้สิ่งตัวอย่างดังกล่าวประกอบด้วย สิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพไม่ดี และสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่ง ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

2. ทำการเลือกพนักงานตรวจสอบงานมา 2 คน โดยพนักงานที่เลือกมาจะต้องมีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดีและผ่านการสอบประเมินผลแล้ว (โดยเฉพาะการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึกเช่นความสวยงาม ความสะอาด ฯลฯ)

3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างงานอย่างสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพงานว่า “ผ่าน” หรือ “ไม่ผ่าน” พร้อมบันทึกผลลงในตารางทดสอบและในการประเมินผลของพนักงานแต่ละคนนี้มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบซ้ำ อย่างน้อยชิ้นงานละ 2 ครั้ง

4. ทำการเลือกพนักงานคนที่สองขึ้นมาแล้วดำเนินการตรวจสอบอย่างสุ่มเหมือนข้อ3.

5. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆดังนี้

$$\%\ \text{รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ในการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้ โดยที่ว่า ถ้า % รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ(% appraiser score) มีคะแนนต่ำกว่า 100% แล้ว มีความจำเป็นต้องทำการฝึกอบรมพนักงานรวมทั้งมีการประเมินผลพนักงานใหม่ เพื่อปรับปรุงให้รีพีททะบิลิตี้ดีขึ้น แต่ถ้าหาก % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score) มีคะแนนต่ำกว่า 100% แล้ว มีความจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเสียใหม่หรือมิฉะนั้นก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ สำหรับ % ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ (% screen effective score) และ % ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score) มีคะแนนต่ำกว่า 100% แล้ว ก็มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้นแล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง เพื่อให้ดัชนีทั้งสองมีค่า 100%

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยะรัตน์ ลิมปนิลชาติ (พ.ศ. 2544) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสาเหตุของงานทำซ้ำเพื่อลดการสูญเสียเวลาในโรงงานเครื่องประดับ ปัญหาที่พบคือการส่งงานไม่ทันตามกำหนดซึ่งมีสาเหตุจากการไม่มีการวางแผนการผลิตที่เหมาะสมและไม่มีการกำหนดมาตรฐานการตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพอย่างชัดเจน ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงในแผนกหล่อตัวเรือนและแผนกขัดซึ่งมีปริมาณงานทำซ้ำมาก โดยในแผนกหล่อตัวเรือนได้ทำการกำหนดลักษณะทางเดือยที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาการหล่อไม่เต็มและตัวเรือนเป็นรู กำหนดขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับการหล่อปูนและการอบเบ้า ออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการหล่อตัวเรือน สำหรับแผนกขัดได้เสนอให้นำเครื่องโม่เข้ามาใช้แทนการขัดโดยช่างฝีมือและทำการทดลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการโม่สำหรับงานประเภทต่างๆ

ภัทรวัต อุเบกขานนท์ (พ.ศ. 2544) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและเสนอแผนการบริหารคุณภาพในโรงงานเครื่องประดับ เพื่อให้สามารถวัด วิเคราะห์ ปรับปรุง และควบคุมคุณภาพในการผลิตเครื่องประดับเงิน พบว่าแผนการบริหารคุณภาพของโรงงานตัวอย่างมีข้อบกพร่องหลายประการได้แก่ เป้าหมายคุณภาพของแผนกผลิตไม่มีความชัดเจนไม่สามารถระบุออกมาเป็นรูปธรรมเชิงตัวเลขได้ทำให้ไม่สามารถประเมินสถานะปัจจุบันและกำหนดเป้าหมายในอนาคตได้ รูปแบบโครงสร้างองค์กรยังไม่ชัดเจนไม่มีการจัดทำรายละเอียดกำหนดหน้าที่การทำงานในแผนกต่างๆ ขาดความชัดเจนในการจัดทำเป็นเอกสารมาตรฐานวิธีการทำงานและขาดสารสนเทศด้านคุณภาพ ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านการบริหารจัดการ ปัญหาการเกิดของเสียและปัญหาการส่งมอบ

ไม่ทันตามที่กำหนด จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงข้อบกพร่องของแผนโดยเสนอผังโครงสร้างการบริหารขององค์กรใหม่ จัดทำแผนคุณภาพ (Quality Plan) สำหรับกระบวนการผลิตเครื่องประดับและจัดทำระบบการเก็บข้อมูลของเสีย

อรรถพล ฤทธิภักดี (พ.ศ. 2544) งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (FMEA) พบว่าปัญหาเกิดจากความบกพร่องของกระบวนการพ่นสีและปัญหาด้านคุณภาพที่เกิดจากการขาดการวางแผนการตรวจสอบทางด้านคุณภาพของชิ้นส่วน การขาดมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพ การขาดการบำรุงรักษาความสะอาดในกระบวนการพ่นสีและการขาดประสบการณ์ในการทำงานของพนักงาน สำหรับแนวทางในการแก้ไขนั้นผู้วิจัยได้จัดทำมาตรฐานการทำงาน มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานและมาตรฐานการทำความสะอาดขึ้นมาเพิ่มความถี่ในการทำความสะอาด จัดฝึกอบรมพนักงานและจัดทำการบันทึกความสามารถลงในใบบันทึกความสามารถ จัดทำใบตรวจสอบในกระบวนพ่นสีและนำไปใช้ในกระบวนการพ่นสีของโรงงานตัวอย่าง ผลการดำเนินการแก้ไขพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดการผลิต ลดลงจาก 16.37% เหลือ 9.37% (ลดลง7%) และมีแนวโน้มในการลดลงอย่างต่อเนื่อง

ชัชวาล พรพัฒน์กุล (พ.ศ. 2544) งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องมือวัดในโรงงานผลิตเครื่องเพชรพลอยและเครื่องประดับ เพื่อให้ทราบถึงแหล่งความผันแปรของระบบการวัด โดยมีการวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด ค่าไบอัส ค่าเสถียรภาพของระบบการวัดและค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัด และวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (%GR&R) ได้ทำการลดความผันแปรจากเครื่องมือวัด (Equipment Variation) โดยทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดตามมาตรฐาน NIS6 จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดทำให้ทราบถึงแหล่งความผันแปรจึงทำการแก้ไขเพื่อลดความผันแปรและจัดทำข้อเสนอแนะให้โรงงานตัวอย่าง พร้อมจัดทำคู่มือมาตรฐานและขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดอย่างละเอียด

พิพัฒน์ ไพศาลภานุมาศ (พ.ศ. 2543) งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างต้นแบบสำหรับการตรวจสอบสภาพการฝังอัญมณีบนตัวเรือนแหวนเพื่อช่วยลดความผิดพลาดในการตรวจสอบโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพซึ่งใช้การตรวจสอบจากการเคาะตัวเรือนแหวนแล้วฟังเสียงว่าอัญมณีบนตัวเรือนแหวนหลวมหรือไม่ การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบกับแหวนที่มีรูปแบบแตกต่างกันจำนวน 9 รูปแบบ ทำการทดสอบรูปแบบละ 10 ครั้ง พบว่าการใช้ต้นแบบนั้นมีความผิดพลาดน้อยกว่าการตรวจสอบด้วยวิธีเดิมและสามารถตรวจสอบได้ทั้ง 9 รูปแบบ ให้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้องและสามารถใช้งานได้จริงในการตรวจสอบสภาพการฝังอัญมณีบนตัวเรือนแหวน

ผจงกิจ โสธนะยงกุล (พ.ศ. 2543) งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ถึงความแม่นยำ และความเที่ยงตรงของระบบการวัดเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้เป็นไปตามข้อกำหนดของระบบบริหารคุณภาพ QS 9000 ในส่วนการวิเคราะห์ระบบการวัด โดยศึกษาชิ้นส่วนท่อส่งนำมันเข้าหัวฉีด ซึ่งทำการศึกษาเฉพาะความแม่นยำในการวัดสำหรับจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงผันแปร และทั้งความแม่นยำและความเที่ยงตรงสำหรับจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีดำเนินการศึกษาซึ่งเป็นการศึกษาถึงการทำงานชุบเครื่องประดับของแผนกชุบตัวเรือนของโรงงานตัวอย่าง แล้วทำการพิจารณาถึงข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการชุบเพื่อหาแนวทางแก้ไข จากนั้นทำการปรับปรุงแล้วสรุปผล การดำเนินงานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการปฏิบัติแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อค้นหาปัญหา

เป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆในการทำงานของแผนกชุบตัวเรือนของโรงงานตัวอย่าง ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน กระบวนการผลิตเครื่องประดับ ขั้นตอนการปฏิบัติงานของแผนกชุบตัวเรือน ลักษณะและขั้นตอนในการชุบแบบต่างๆ ปริมาณงานผลิต สภาพปัจจุบันในกระบวนการชุบเครื่องประดับ รวมถึงลักษณะและจำนวนข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นเพื่อค้นหาปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเสียในการผลิต และทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องของการชุบโลหะเพื่อจะได้นำไปวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป

3.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

จากข้อมูลที่ได้เก็บรวมรวมมา ทำการพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้น ทำการวิเคราะห์ปัญหาและศึกษาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องด้วย Fault Tree Analysis (FTA) แล้ววิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) จนสามารถนำมากำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาได้

3.3 การหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขปัญหา

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้ทราบถึงสาเหตุของข้อบกพร่องจึงสามารถเสนอแนะและร่วมหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้โดยการประชุมระดมสมองกับผู้บริหารในฝ่ายผลิตและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังนี้

- ปรับปรุงวิธีการทำงาน
- เพิ่มกระบวนการในการตรวจสอบ

- จัดทำเอกสารมาตรฐานในการควบคุมการทำงาน

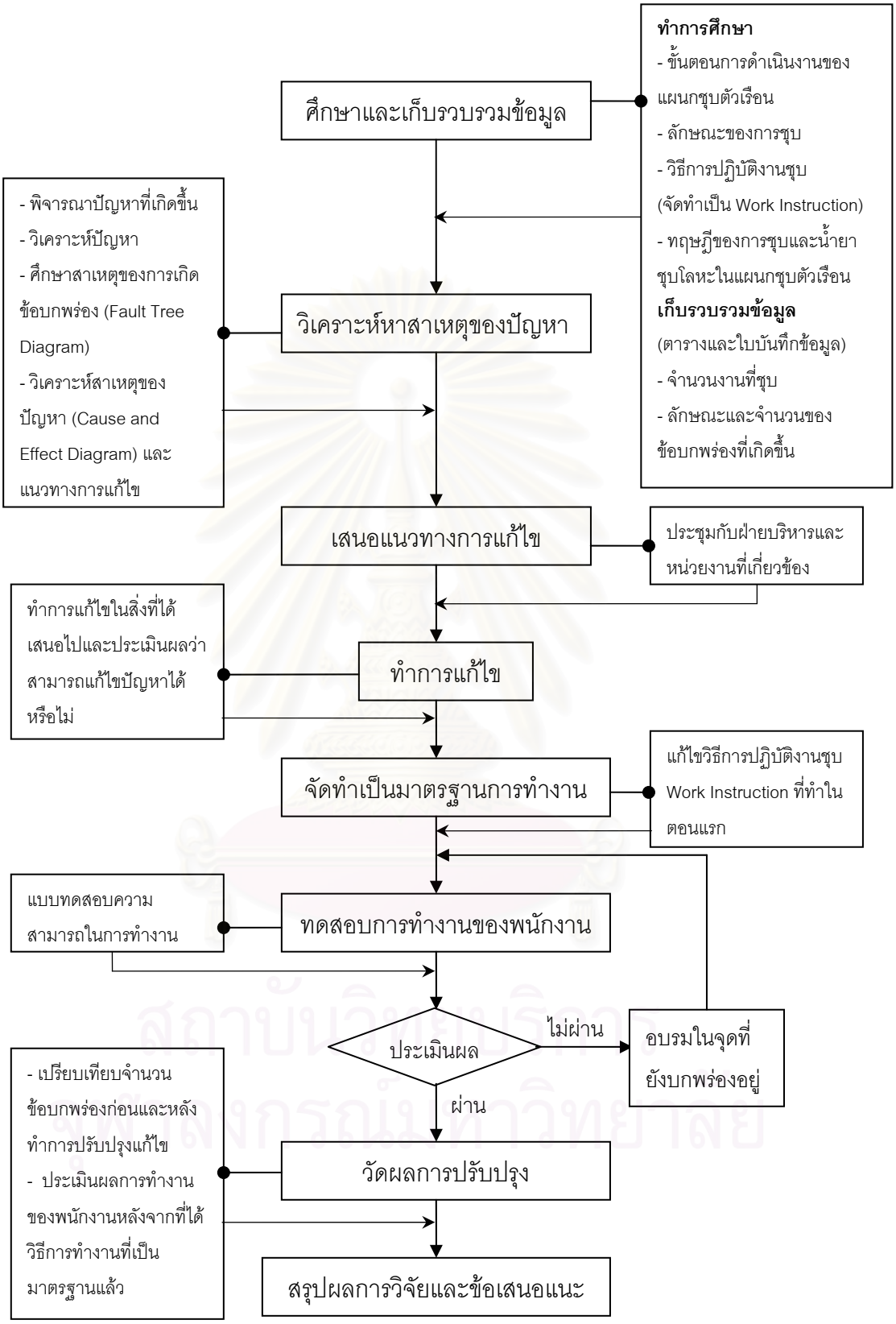
3.4 การนำผลการศึกษาและแนวทางแก้ไขปัญหาไปทำการปฏิบัติจริงและจัดทำให้เป็นมาตรฐาน

เมื่อได้ข้อสรุปในการแก้ปัญหาแล้วก็จะนำไปใช้จริงกับกระบวนการชุบของโรงงานตัวอย่างเพื่อประเมินผลว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้หรือไม่ และจัดทำมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานใหม่ที่เหมาะสมขึ้นมา

3.5 การประเมินผลการแก้ไขและสรุปผลการวิจัย

ทำการประเมินผลโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือเปรียบเทียบจำนวนข้อบกพร่องก่อนและหลังทำการปรับปรุงแก้ไข และประเมินผลการทำงานของพนักงานหลังจากที่ได้วิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานแล้ว จากนั้นทำการสรุปผลการวิจัย ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แผนภาพโดยรวมของการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4

การศึกษาการดำเนินงานและสภาพปัจจุบันของหน่วยงานที่ศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาและรวบรวมข้อมูลข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนกชุบตัวเรือนของโรงงานตัวอย่าง ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน กระบวนการผลิตเครื่องประดับ การชุบเครื่องประดับ การทำงานของแผนกชุบตัวเรือน ลักษณะการชุบแบบต่างๆ ปริมาณงานผลิต สภาพปัจจุบันในกระบวนการชุบเครื่องประดับ รวมถึงลักษณะและจำนวนข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้น

4.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

โรงงานกรณีศึกษานี้เป็นโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตขนาดกลาง (SME) ตั้งอยู่ที่จังหวัดปทุมธานี ก่อตั้งปี พ.ศ.2532 ทำการออกแบบและผลิตเครื่องประดับตามความต้องการของลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ ยอดขายปีละประมาณ 400 ล้านบาท พนักงานประมาณ 150 คน ทำงานตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ ตั้งแต่ 8.30 – 17.30 น. และมีการทำงานล่วงเวลาเมื่อมีความต้องการเร่งการผลิตให้ทันกำหนดส่งของลูกค้า วัตถุดิบทางตรงส่วนมากจะเป็น เพชร พลอย ทองคำ และเงินซึ่งมีมูลค่าสูง

4.1.1 ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน

โรงงานกรณีศึกษานี้ได้ทำการผลิตเครื่องประดับรูปแบบต่างๆ ที่มีความหลากหลายของรูปแบบโดยที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดผ่านขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน มีลักษณะการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ในเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2546 แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 พบว่าแหวนเป็นประเภทผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุด รองลงมาเป็นสร้อยข้อมือ ต่างหู จี้ สร้อยคอ และเข็มกลัด ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 รายการและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่มีคำสั่งผลิตของเดือนพฤษภาคมถึง กรกฎาคม พ.ศ.2546

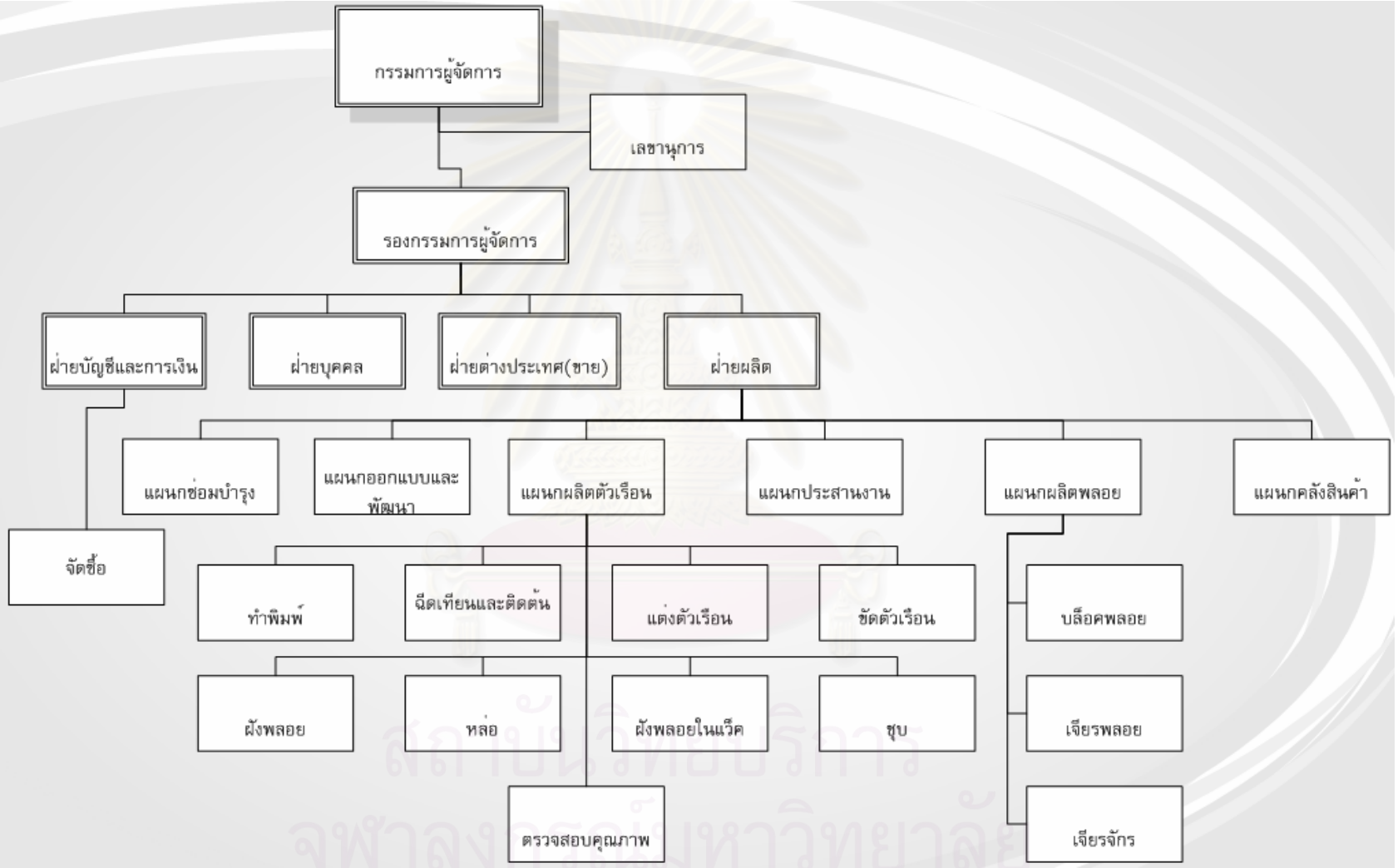
เดือน	แหวน (วง)	สร้อยข้อมือ (เส้น)	กำไล (วง)	จี้ (ชิ้น)	เข็มกลัด (ชิ้น)	ต่างหู (คู่)	สร้อยคอ (เส้น)	รวม (ชิ้น)
พฤษภาคม	12,696	2,021	27	1,584	179	2,071	31	18,609
มิถุนายน	14,859	745	80	2,596	121	2,788	323	21,512
กรกฎาคม	5,969	2,408	4	757	130	1,030	198	10,496

4.1.2 โครงสร้างองค์กร

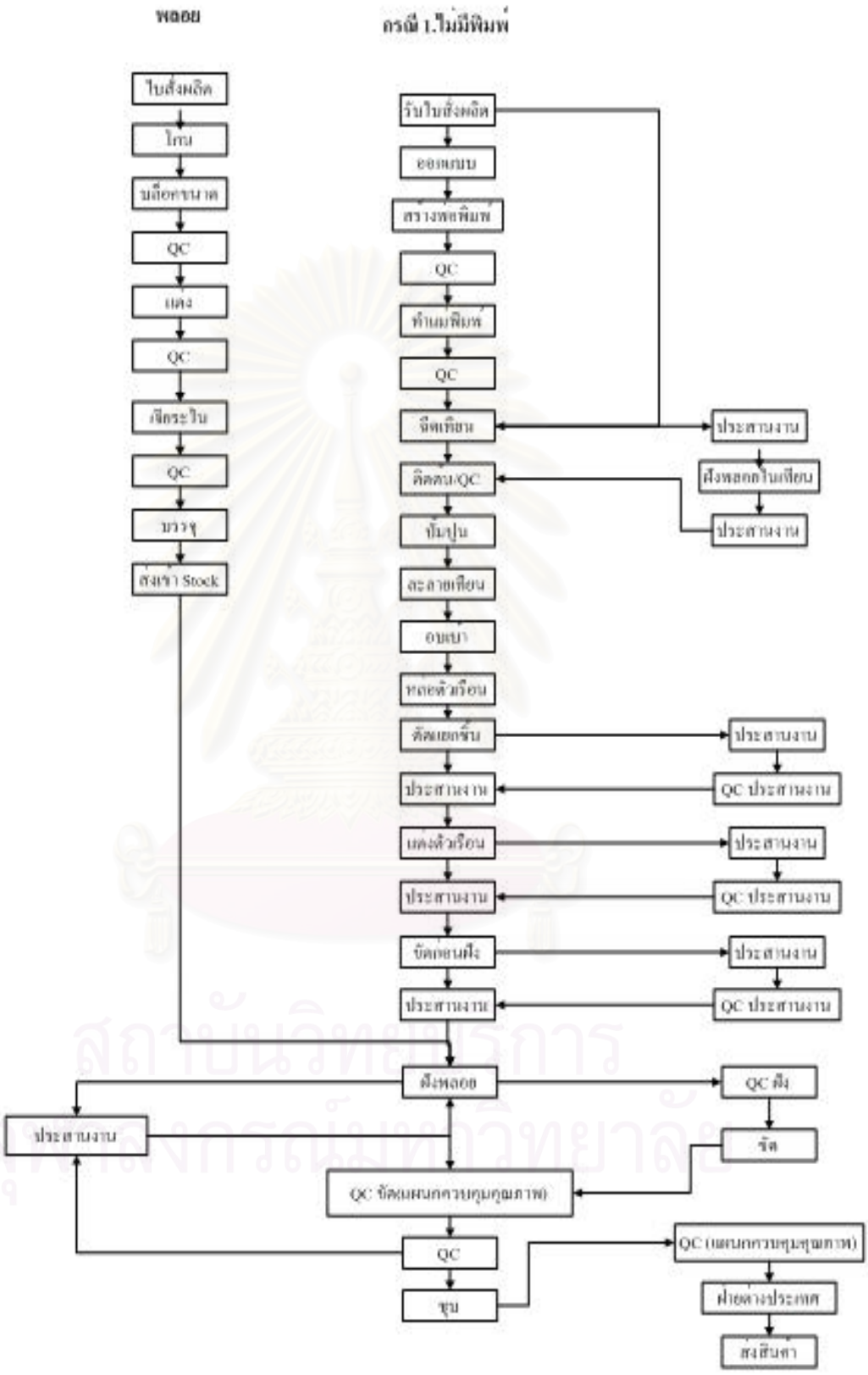
โครงสร้างองค์กรในการบริหารงานได้แบ่งเป็นฝ่ายและแผนกแสดงในรูปที่ 4.1 โดยหน่วยงานที่ศึกษาคือแผนกชุบซึ่งเป็นส่วนของแผนกผลิตตัวเรือนในฝ่ายผลิต

4.2 การผลิตสินค้าสำเร็จรูป

การผลิตสินค้าสำเร็จรูปจะมีกระบวนการผลิต แสดงในรูปที่ 4.2 กระบวนการผลิตเครื่องประดับประเภทแหวนฝังอัญมณี ซึ่งแบ่งการผลิตออกเป็นส่วนพลอยและส่วนตัวเรือน โดยประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักได้แก่ การสร้างพ่อพิมพ์(ต้นแบบ) การทำแม่พิมพ์ การหล่อเป็นตัวเรือน(เงินหรือทอง) การตกแต่งและฝังพลอย(ประดับอัญมณี) การขัดชิ้นงานเพื่อเตรียมผิวงานก่อนการชุบ การชุบงานตามใบสั่งผลิต สุดท้ายก็จะทำการตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียดเพื่อเตรียมส่งออกให้ลูกค้าต่อไป แผนกชุบตัวเรือนเป็นแผนกที่อยู่ในกระบวนการผลิตขั้นสุดท้าย มีความเกี่ยวเนื่องกับแผนกขัดตัวเรือนและแผนกควบคุมคุณภาพอย่างใกล้ชิด ผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาชุบนี้จะผ่านกระบวนการต่างๆ มาเรียบร้อยเกือบสมบูรณ์แล้ว ดังนั้นแผนกชุบตัวเรือนจึงเป็นแผนกที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการผลิตมีคุณภาพที่ดี โดยให้เกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุดเพื่อจะได้ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบผลิต การวางแผนการผลิตและต้นทุนการผลิตของโรงงาน



รูปที่ 4.1 โครงสร้างองค์กรของโรงงานตัวอย่าง



รูปที่ 4.2 กระบวนการผลิตเครื่องประดับประเภทแหวนฝังอัญมณี

4.3 การชุบเครื่องประดับ

ชิ้นงานที่ผ่านการหล่อและแต่งออกมามักจะมีผิวหยาบ ขรุขระและรอยขีดข่วนต่างๆ เมื่อจะทำการชุบจะต้องผ่านการขัดผิวให้เรียบเสียก่อน โดยแผนกขัดตัวเรือน ซึ่งมีวิธีการขัด 2 แบบคือ

1. ขัดดินแล้วนำไปขัดทราย สำหรับงานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง
2. ขัดดินแล้วนำไปขัดเงา สำหรับงานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง

การขัดดินนั้นจะใช้แปรงขัดดินขนาดต่างๆ ที่พอดีกับชิ้นงานโดยขัดทั้งตัวเรือนเมื่อขัดเสร็จจึงนำมาขัดดินด้วยลูกผ้า เพื่อให้ผิวงานเกลี้ยง หลังการขัดดินเสร็จ ชิ้นงานจะถูกนำไปล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค(ถังล้างยาดิน) ล้างในน้ำร้อนแล้วนำไปฉีดไอน้ำ เพื่อให้เศษผงที่ติดตามซอกออก จากนั้นจะส่งไปตรวจสอบคุณภาพในแผนก ถ้าไม่พบปัญหา ก็จะส่งไปขัดทรายหรือขัดเงาต่อได้เลย การขัดทราย จะใช้กระดาษทรายในการขัดตั้งแต่เบอร์หยาบไปจนถึงเบอร์ละเอียด คือกระดาษทรายเบอร์ 500 ถึง กระดาษทรายเบอร์1500 เพื่อให้ผิวของงานเกลี้ยงและเรียบโดยไม่ได้เน้นความเงา การขัดเงา เป็นการขัดเพื่อให้ชิ้นงานมีความเงา

จากนั้นชิ้นงานจะถูกนำไปล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิคอีกครั้ง แล้วนำไปล้างในน้ำเย็น ฉีดไอน้ำเพื่อให้สิ่งสกปรกหลุดออกให้หมด และตรวจสอบคุณภาพโดยการดูผิวขัดมาว่าเป็นรอยหยาบ ขัดมาเกลี้ยงหรือไม่ เงาพอหรือยัง เมื่อคุณภาพผ่านแล้วแผนกขัดตัวเรือนจะส่งชิ้นงานไปยังแผนกควบคุมคุณภาพเพื่อตรวจสอบก่อนที่จะส่งมาทำความสะอาดและชุบที่แผนกชุบตัวเรือนต่อไปโดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 การทำความสะอาดชิ้นงาน

ก่อนทำการชุบทุกครั้งต้องมีการทำความสะอาดชิ้นงานก่อนเพื่อที่จะกำจัดสิ่งสกปรกต่างๆ ที่ติดอยู่บนชิ้นงาน การชุบที่ไม่ได้ผ่านการทำความสะอาดจะทำให้ผิวงานนั้นลอกออกได้ง่าย หรือพองและยังไม่เรียบ วิธีในการทำความสะอาดชิ้นงานมีดังนี้

1. การทำความสะอาดโดยใช้แปรงสีฟัน+น้ำยาล้างจาน

   ใช้สำหรับผิวงานที่ผ่านการขัดทรายมาซึ่งจะมีสิ่งสกปรกที่บริเวณซอกแหวน โดยจะนำชิ้นงานไปแช่ในน้ำที่ผสมน้ำยาล้างจานแล้วทำการแปรงออกให้สะอาดที่สุดหลังจากนั้นก็นำไปล้างน้ำให้สะอาด

2. การเช็ดทำความสะอาดชิ้นงานโดยใช้ผ้านุ่ม (ผ้าสำลี)

เป็นการทำความสะอาดสำหรับงานชุบที่ไม่มีนิเกิลทองแดง(งานขัดเงา) โดยจะใช้ผ้านุ่มเช็ดทำความสะอาดผิวงานให้สะอาด

3. การทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค

การทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิคเป็นการทำความสะอาดด้วยระบบความถี่สั่นแรงของคลื่นความถี่สูง ชิ้นงานที่จุ่มในถังน้ำยาทำความสะอาดจะถูกกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงที่มีความถี่มากกว่า 20 kHz ทำให้คราบไขมัน น้ำมันหลุดออกได้ดี มีประสิทธิภาพสูงในการล้างไขมันประเภทยาขัดต่างๆ

4. การล้างชิ้นงานด้วยไฟฟ้า

การล้างชิ้นงานด้วยไฟฟ้าเป็นการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านลงไปในน้ำยาทำความสะอาดที่เป็นด่าง (น้ำด่างที่ร้อนประมาณ 60-90°C จะมีปฏิกิริยาทำความสะอาดกับโลหะทุกชนิด) โดยชิ้นงานที่จะทำความสะอาดจะต่อกับขั้วลบของไฟฟ้ากระแสตรง และแผ่นเหล็กสแตนเลสเป็นขั้วบวก

4.3.2 การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าเป็นกระบวนการทางไฟฟ้าเคมีที่ทำให้เกิดการเคลือบด้วยโลหะที่บริเวณพื้นผิวของชิ้นงานทำให้ได้ลักษณะและคุณสมบัติของโลหะนั้น น้ำยาชุบโลหะที่ใช้มีหลายชนิดดังนี้

1. น้ำยาชุบทองแดงด่าง (Cyanide Copper Strike Bath) จะมีกำลังการเคลือบผิวดีมากและการจับเกาะผิวที่แน่น เหมาะสำหรับการชุบรองพื้นขั้นแรก ก่อนที่จะเอาไปชุบในทองแดงแบบกรดและนิเกิลเงา

2. น้ำยาชุบทองแดงแบบกรดหรือทองแดงเงา (Acid Copper) จะได้ผิวทองแดงที่เคลือบเรียบ เป็นเงางามและชุบได้ความหนาตามต้องการ

3. น้ำยาชุบนิเกิลเงา งานที่ผ่านการชุบทองแดงเงาแล้วชุบนิเกิลต่อ จะมีความทนทานต่อการออกไซด์ดีกว่าผิวที่เป็นทองแดงธรรมดา การชุบนิเกิลจะเป็นตัวรองพื้นเพื่อจะนำไปชุบทองหรือโรเดียมในต่อไป

4. น้ำยาชุบทองสไตรค์สีทอง 24 K จะให้สีทอง 24 K และมีกำลังการเคลือบผิวดีมักใช้ชุบรองพื้นในงานชุบทอง

5. น้ำยาชุบทอง 2N ใช้สำหรับชุบตกแต่งเครื่องประดับเพื่อให้ได้สีทอง 14 K

6. น้ำยาชุบทอง High Speed สามารถชุบเคลือบผิวได้หนาอย่างรวดเร็ว ในการผลิตจึงมักจะใช้การชุบทอง High Speed จนเกือบได้ความหนาตามที่ต้องการแล้วจึงนำไปชุบทอง 2N 14K ต่อเพื่อให้ได้สีทอง 14 K

7. น้ำยาชุบโรเดียม จะให้สีขาวเงางามเหมาะสำหรับชุบตกแต่งเครื่องประดับ

8. น้ำยาชุบพาราเดียม จะได้เป็นสีขาวคล้ายโรเดียม เหมาะสำหรับชุบเครื่องประดับ

9. น้ำยาชุบแพลตตินัม จะให้ความขาวและแข็ง เหมาะสำหรับชุบเครื่องประดับ

4.4 การทำงานของแผนกชุบตัวเรือน

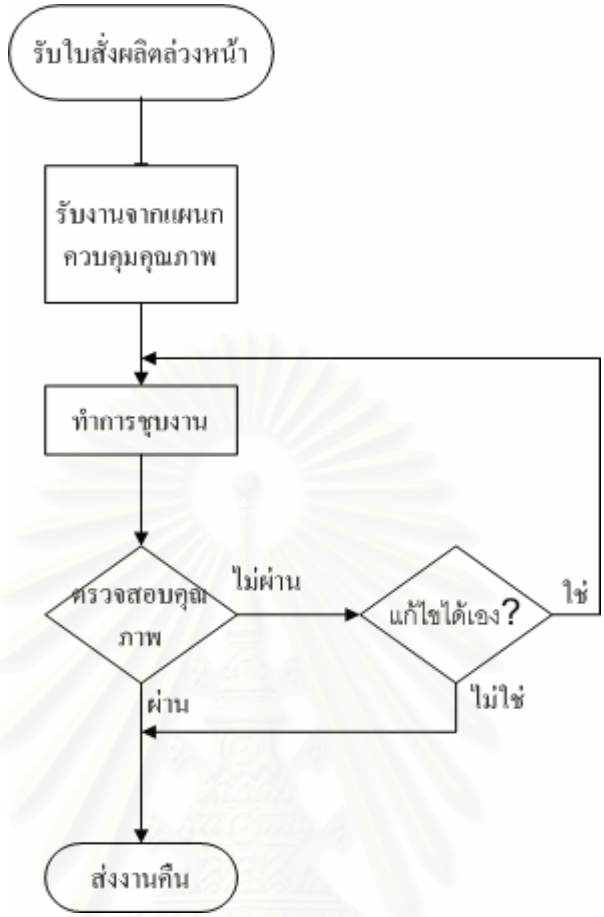
ในหัวข้อต่อไปนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานของแผนกชุบตัวเรือนที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยแบ่งเป็นหัวข้อต่อไปนี้

4.4.1 สภาพทั่วไปของแผนกชุบตัวเรือน

แผนกชุบตัวเรือนมีพนักงานทั้งหมด 3 คน ประกอบด้วยหัวหน้าแผนกชุบตัวเรือน 1 คนและพนักงาน 2 คน

ขั้นตอนการปฏิบัติงานของแผนกชุบตัวเรือนแสดงดังรูปที่ 4.3 โดยจะมีการรับใบสั่งผลิตล่วงหน้าเพื่อเตรียมการและวางแผนงาน ต่อมาเมื่อได้รับงานจากแผนกควบคุมคุณภาพจึงทำการชุบงานตามใบสั่งงานชุบ ตรวจสอบคุณภาพการชุบ สำหรับข้อกำหนดทางคุณภาพของงานชุบเครื่องประดับนั้นจะตรวจสอบที่การชุบที่ถูกต้องและสวยงามตามความต้องการของลูกค้า ดูผิวงาน ดูตราตอก ให้เรียบร้อย โดยตรวจสอบด้วยสายตา ถ้าผลการตรวจสอบผ่านจะส่งงานคืนให้แผนกควบคุมคุณภาพ แต่ถ้าคุณภาพไม่ผ่านและสามารถที่จะแก้ไขได้เอง(งานบางลักษณะไม่ต้องนำไปขัดซ่อมก่อน) ก็จะทำการชุบใหม่ ในกรณีที่ไม่สามารถแก้ไขเองได้ก็จะส่งงานคืนให้แผนกควบคุมคุณภาพเพื่อให้นำไปดำเนินการแก้ไขยังแผนกที่เกี่ยวข้องต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



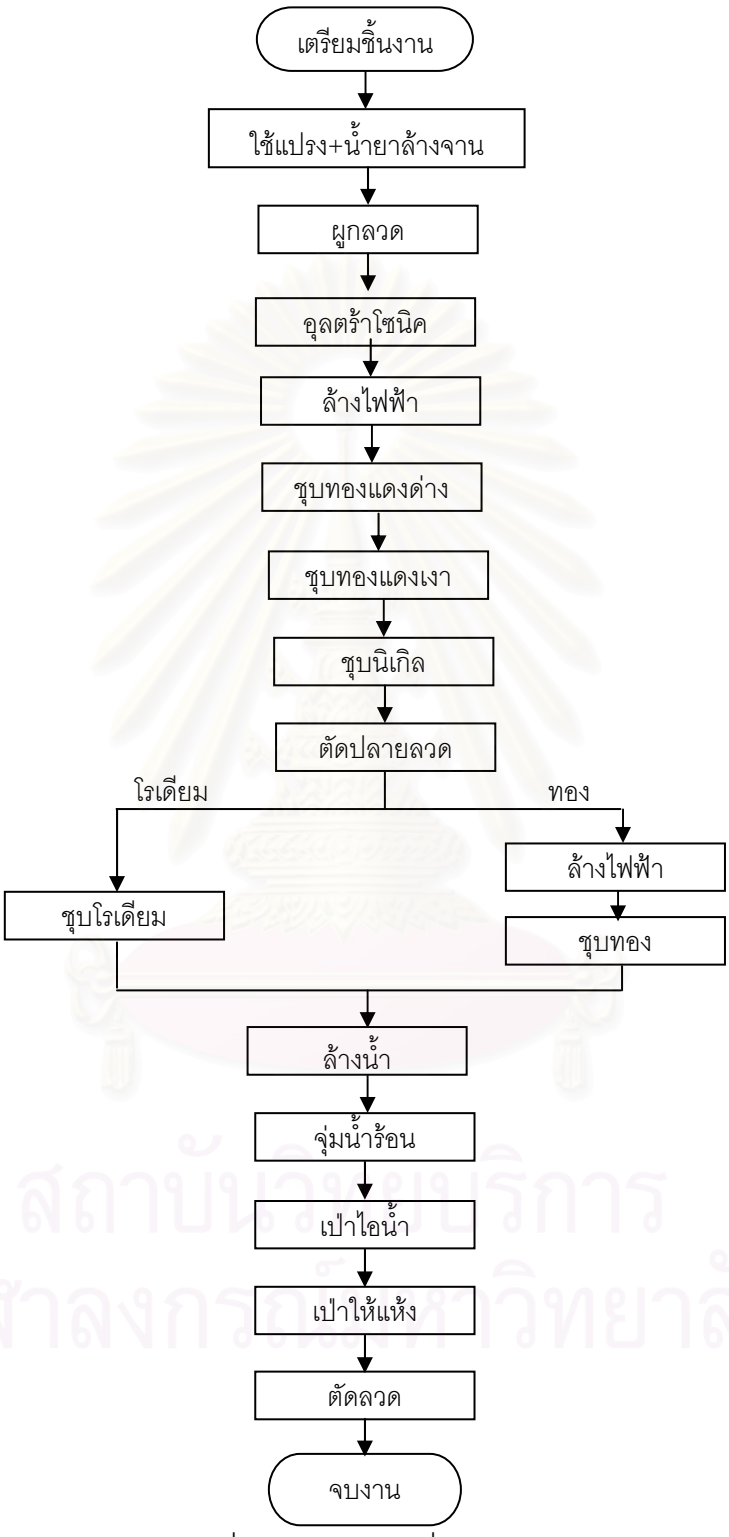
รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานของแผนกชุบตัวเรือน

4.4.2 ลักษณะของการชุบ

การชุบมีหลายลักษณะซึ่งจะเป็นการชุบอะไรนั้นจะระบุไว้ตามใบจ่ายงานที่รับมาตามความต้องการของลูกค้า เช่น การชุบโรเดียมที่มีนิเกิล-ทองแดง การชุบทองที่มีนิเกิล-ทองแดง การชุบทองที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง การชุบงาน 3 อย่าง และการชุบ 2 สี เป็นต้น การชุบแต่ละลักษณะก็จะมีขั้นตอนต่างๆ กัน โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. งานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง ชิ้นงานที่ชุบจะเป็นงานที่ผ่านการขัดทรายมา ผิวงานจะมีลักษณะหยาบ จะต้องมีการแปรงล้างชิ้นงานก่อนโดยเฉพาะชิ้นงานประเภทแหวนเพื่อทำความสะอาดในบริเวณซอก งานชุบประเภทนี้จะมีการชุบรองพื้นด้วยทองแดงและนิเกิล ส่วนผิวชุบสุดท้ายจะเป็นอะไรก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้ามีขั้นตอนการผลิตดังรูปที่ 4.4 ซึ่งมี 2 ลักษณะการชุบคือ

- ชุบโรเดียมมีนิเกิล-ทองแดง
- ชุบทองมีนิเกิล-ทองแดง



รูปที่ 4.4 การชุบงานที่มีนิเกิล-ทองแดง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. งานชุบไม่มีนิเกิล-ทองแดง ชิ้นงานที่จะนำมาชุบในประเภทนี้จะต้องผ่านการขัดดิน-ขัดเงามา ซึ่งจะมีผิวงานละเอียดและเป็นเงา มี 6 ลักษณะการชุบคือ

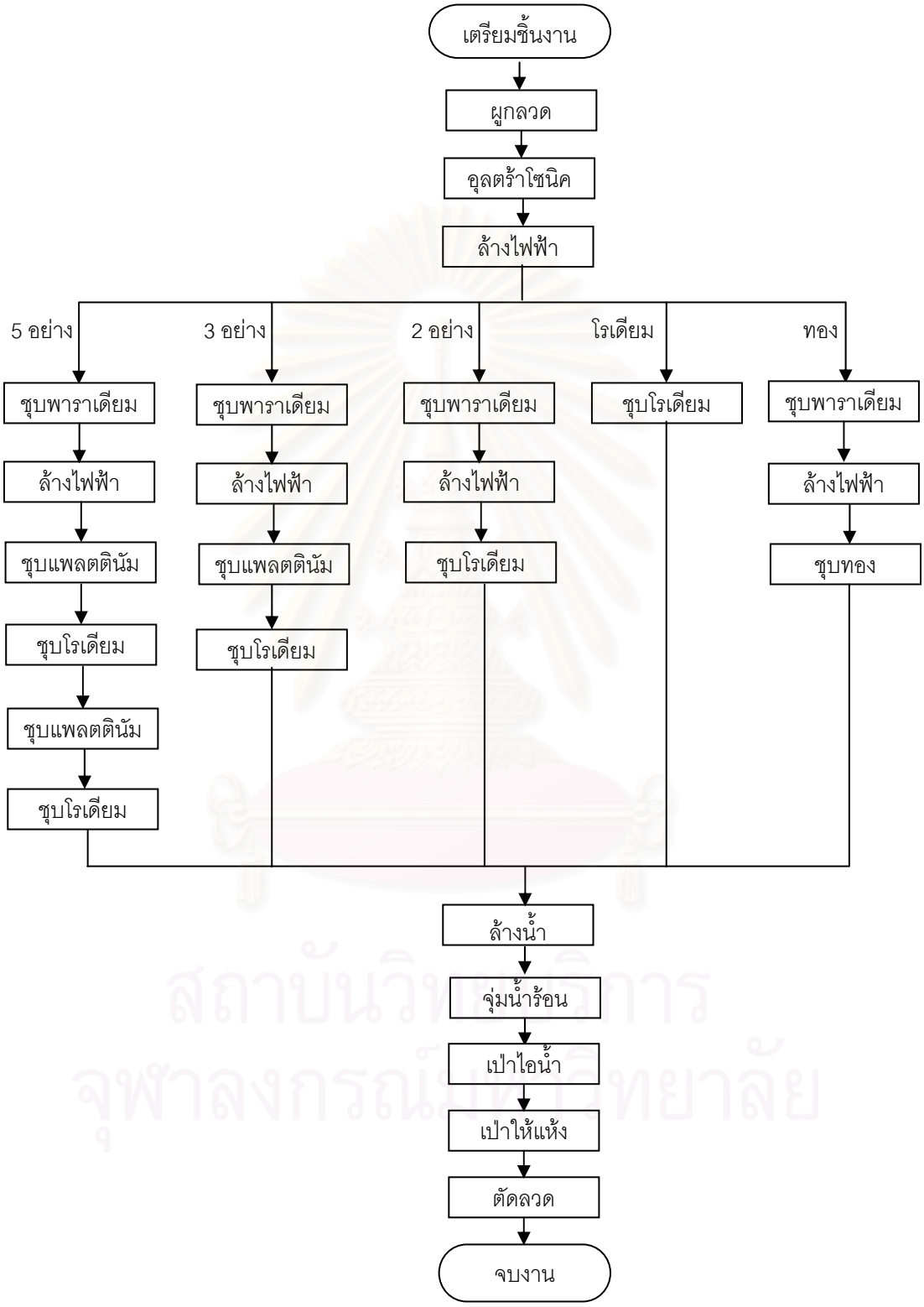
- ชุบโรเดียม
- ชุบทอง
- ชุบ 2 อย่าง (พาราเดียม-โรเดียม)
- ชุบ 3 อย่าง (พาราเดียม-แพลตตินัม-โรเดียม)
- ชุบ 5 อย่าง (พาราเดียม-แพลตตินัม-โรเดียม-แพลตตินัม-โรเดียม)
- ชุบ 2 สี (2 TONE) มี 2 แบบคือ
  - สีทอง-ขาว (ทอง-โรเดียม)
  - สีขาว-ดำ (โรเดียม-โรเดียมดำ)

งานที่ลูกค้าต้องการทำเป็น 2 สี เป็นงานที่ชุบทองหรือโรเดียมมาแล้วเกือบจะสมบูรณ์ ซึ่งจะนำมาทาสีด้วยยาทาเล็บหรือสีเมจิกเพื่อปิดพื้นที่บางส่วนที่ต้องการเป็นสีที่ชุบเดิม (สีที่หนึ่ง) นำไปชุบสีที่สอง เมื่อชุบเสร็จแล้วก็นำไปล้างทินเนอร์เพื่อให้สีที่ทาปิดไว้ออกให้หมด ก็จะได้งานที่เป็น 2 สี

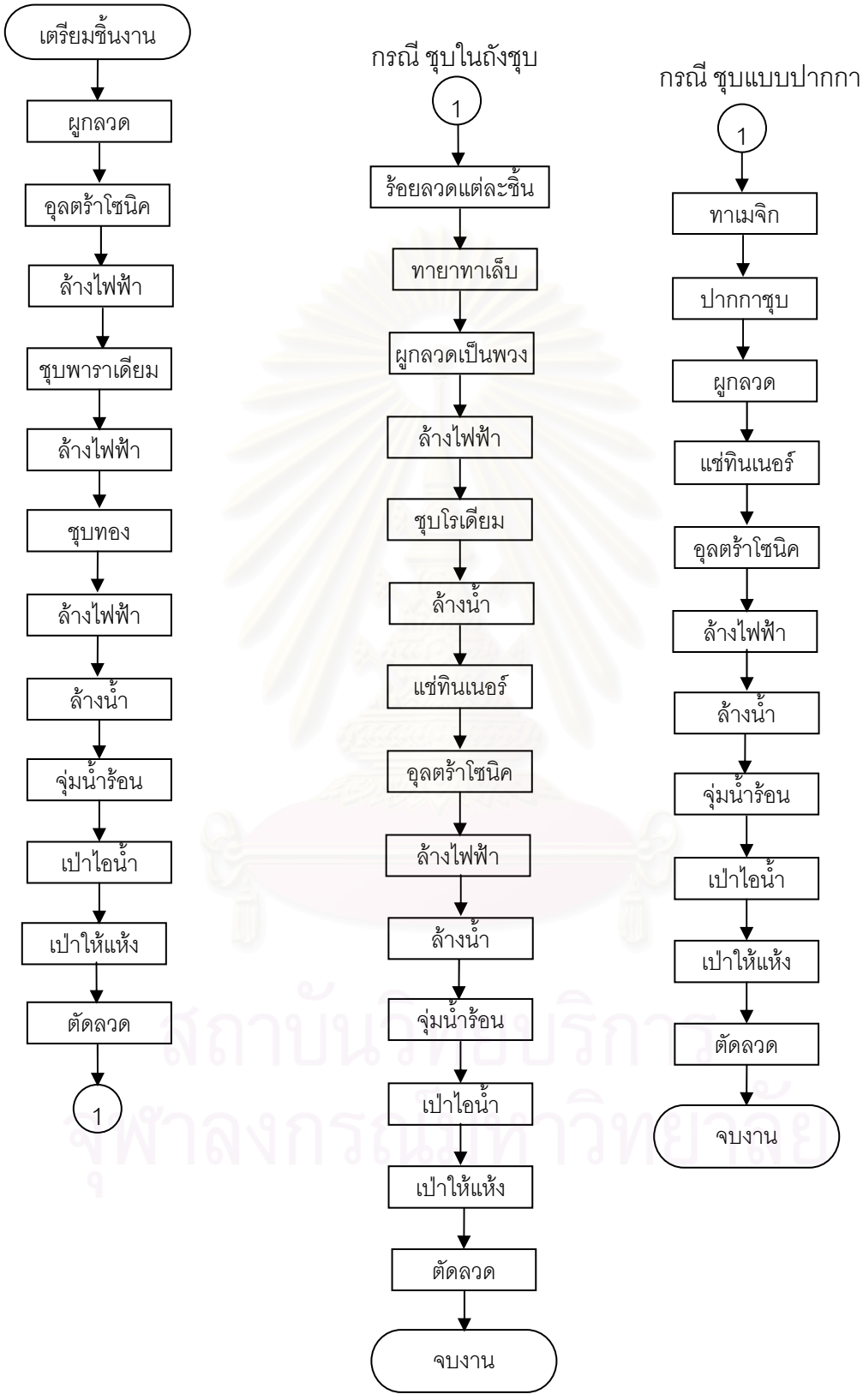
ขั้นตอนการชุบงานที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง แสดงดังรูปที่ 4.5 ส่วนขั้นตอนการชุบงาน 2 สีแบบสีทอง-ขาวจะแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณีคือ การชุบในถังชุบและการชุบแบบปากกา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานโดยถ้าบริเวณที่ต้องการเป็นสีที่สองมีพื้นที่มากก็จะใช้การชุบในถังชุบ แต่ถ้าบริเวณที่ต้องการเป็นสีที่สองมีพื้นที่ไม่มากเช่นตัวเรือนชุบโรเดียมและต้องการชุบทอง 14K ตรงพลอยจิกไข่ปลาหรือตัวเรือนชุบโรเดียมและต้องการชุบโรเดียมดำตรงพลอยสีดำหรือน้ำตาล ก็จะใช้ปากกาในการชุบสีที่สอง

3. งานจุ่มกันหมอง เป็นงานจุ่มชิ้นงานในน้ำยากันหมองเพื่อเคลือบผิวชิ้นงานไม่ให้หมอง ชิ้นงานที่จะนำมาจุ่มกันหมองจะผ่านการขัดเงามาอย่างดี มีขั้นตอนการผลิตแสดงดังรูปที่ 4.7

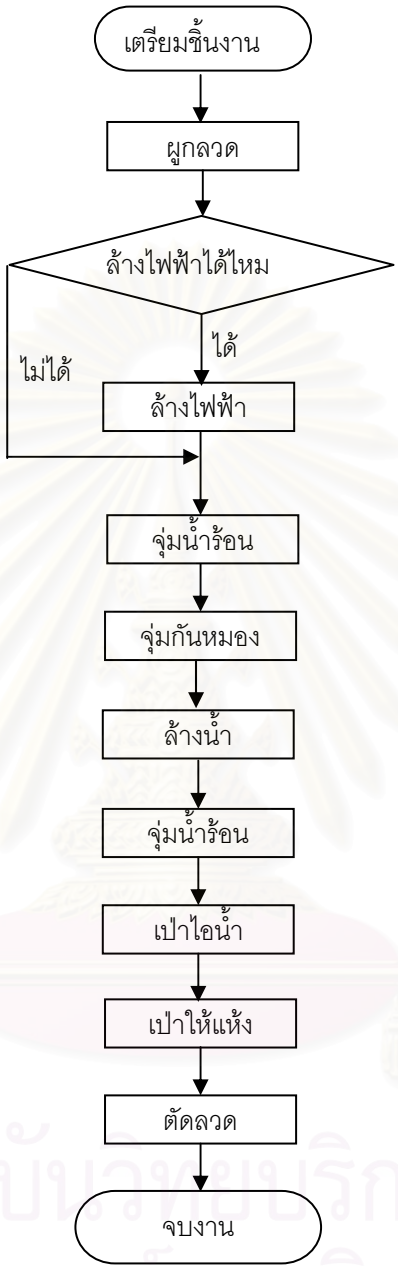
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 การชุบงานที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง



รูปที่ 4.6 การชุบงาน 2 สี (สีทอง-ขาว)



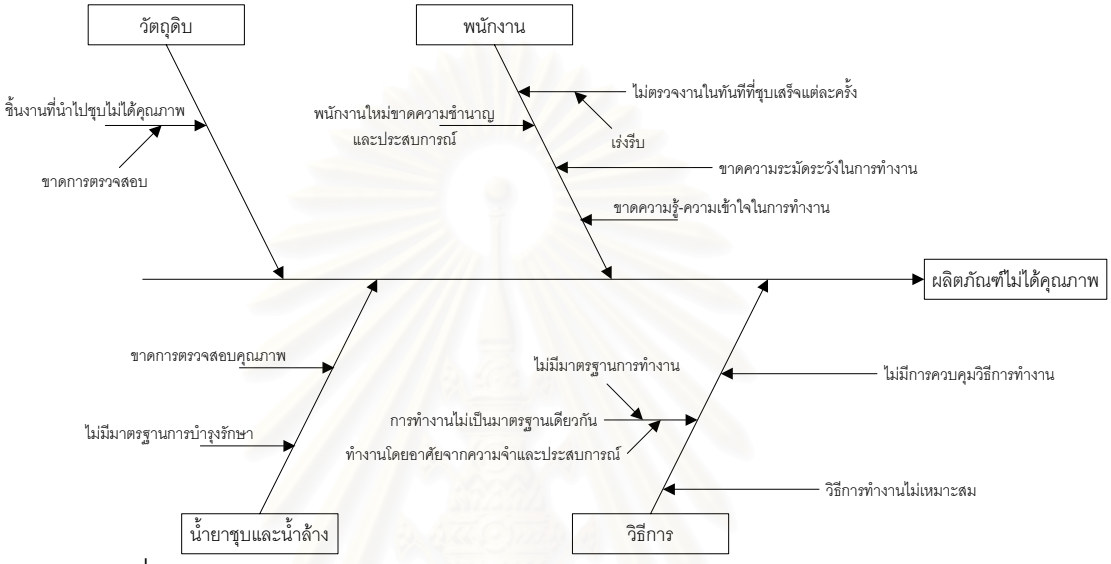
รูปที่ 4.7 การจุ่มกันหมอง

ลักษณะการชุบและปริมาณการผลิตจะขึ้นลงตามแฟชั่นและไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า พบว่างานส่วนใหญ่เป็นงานชุบประเภทไม่มีนิเกิล-ทองแดงคิดเป็น 80% ส่วนงานจุ่มกันหมองและงานชุบประเภทมีนิเกิล-ทองแดงมีประมาณ 20%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3 สภาพปัญหาของแผนกชุบตัวเรือน

จากการเข้าไปศึกษาแผนกชุบตัวเรือนพบว่าเกิดปัญหาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพขึ้นซึ่งสามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในเบื้องต้นได้ดังรูปที่ 4.8 ในหัวข้อต่อไปจะเป็นการแจกแจงรายละเอียดของปัญหาที่ละเอียดขึ้น



รูปที่ 4.8 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่ได้คุณภาพ

4.5 การแจกแจงความสูญเสียในแผนกชุบตัวเรือน

ในปัจจุบันแผนกชุบตัวเรือนยังไม่มีการเก็บข้อมูลของงานชุบทำให้ไม่ทราบว่างานที่ชุบออกไปนั้นมีปัญหาอะไรมากน้อยแค่ไหน มีแต่ข้อมูลในใบส่งงานซ่อมของแผนกควบคุมคุณภาพที่ใช้บันทึกเมื่อเกิดงานซ่อมขึ้นซึ่งจะบอกได้แต่เพียงอาการของปัญหาที่เกิดขึ้นเท่านั้น ไม่สามารถบอกได้ถึงรายละเอียดของปัญหาที่แน่ชัดได้ จึงได้ทำการออกแบบ check sheet ให้แผนกชุบตัวเรือนบันทึกดังแสดงในรูปที่ 4.9 เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลปริมาณของงานชุบแต่ละลักษณะที่ได้ทำการชุบระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2546 ได้ผลดังตารางที่ 4.2 สามารถแจกแจงลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ดังตารางที่ 4.3 ส่วนสาเหตุของปัญหาเท่าที่รวบรวมได้แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเกี่ยวข้องมากมาย

วันที่	Order	Model	เวลารับ / เวลาส่ง	ลักษณะงานชุบ	จำนวนงานที่ชุบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	จำนวนงานซ่อม	สาเหตุของปัญหา	การแก้ไข

รูปที่ 4.9 ใบบันทึกงานชุบที่ได้จัดทำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของงานชุบแต่ละลักษณะที่ได้ทำการชุบระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2546

เดือน	งานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง					งานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง		งานจุ่มกันหมอง	รวม
	โรเดียม	3 อย่าง	2 อย่าง	2 สี	ทอง	โรเดียม	ทอง		
พฤษภาคม	4,031	6,070	2,181	295	1,025	19	2	4,986	18,609
มิถุนายน	200	4,906	3,355	0	96	550	30	200	9,337
กรกฎาคม	2,536	4,258	632	0	2,500	100	470	0	10,496
สิงหาคม	1,749	3,224	1,000	0	38	381	129	2,399	8,920
กันยายน	5,000	10,101	751	0	2,428	204	0	1,000	19,484
ตุลาคม	4,756	295	2,332	0	830	438	0	4,153	12,804
รวม	18,272	28,854	10,251	295	6,917	1,692	631	12,738	79,650
	64,589					2,323		12,738	
	81.09%					2.92%		15.99%	

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2546

ลักษณะข้อบกพร่อง	จำนวน (ชิ้น)	ลักษณะการชุบ	เดือน					
			พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
เป็นคราบ	138	โรเดียม	24	0	0	0	0	0
		2 อย่าง	0	18	0	0	0	0
		3 อย่าง	24	10	0	0	29	27
		ทอง	2	0	0	0	4	0
ชุบติดไม่ทั่ว	31	โรเดียม	8	0	0	17	0	6
		2 อย่าง	0	0	0	0	0	0
เป็นขนแมว	40	ทอง	0	0	10	0	0	0
		3 อย่าง	10	6	10	0	4	0
มัว	83	3 อย่าง	63	0	0	8	0	0
		2 อย่าง	7	0	0	0	0	5

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) รายละเอียดลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2546

ลักษณะข้อบกพร่อง	จำนวน (ชิ้น)	ลักษณะการซุบ	เดือน					
			พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
เป็นรอย	515	ทอง	0	0	0	0	23	0
		3 อย่าง	0	4	0	15	0	11
		2 อย่าง	9	20	0	0	33	0
		จุ่มกันหมอง	0	0	0	0	0	400*
ไหม้	6	3 อย่าง	0	0	0	0	0	6
เป็นขี้กลาก	3	โรเดียมมีนิเกิล	0	3	0	0	0	0
เป็นผื่นเม็ดๆ	12	โรเดียมมีนิเกิล	0	12	0	0	0	0
เป็นขี้เตย	13	โรเดียมมีนิเกิล	0	13	0	0	0	0
เป็นเส้นพาด	5	โรเดียมมีนิเกิล	0	4	0	0	1	0
		3 อย่าง	0	0	0	0	0	0
		ทองมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0
เป็นตามด	7	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	7	0	0	0
		ทองมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0
ซุบทองลอกง่าย	18	ทองมีนิเกิล	0	3	15	0	0	0
รวมซ่อม	871		147	93	42	40	94	455
จำนวนที่ผลิต	79,650		18,609	9,337	10,496	8,920	19,484	12,804

* พนักงานใหม่นำจิ๊กมาใช้โดยไม่ตรวจสอบและไม่ตรวจงานทันทีที่ทำเสร็จ

หมายเหตุ ข้อบกพร่องที่รวบรวมนี้เป็นข้อบกพร่องที่เกิดจากแผนกซุบตัวเรือนเท่านั้น ยังไม่รวมงานซ่อมของแผนกอื่นที่นำมาซุบซ่อมในแผนกซุบตัวเรือน

ตารางที่ 4.4 สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2546

ลักษณะข้อบกพร่อง	ลักษณะการชุบ	สาเหตุของปัญหา								
		น้ำล้างไม่สะอาด	น้ำยาชุบ	ตัวเรือนเป็นรู	ชิ้นงานไม่สะอาด	ขั้นตอนการทำงาน	จิ๊ก	ผิวงานขัดมาไม่ดี	กระแสไฟชุบ	ไม่ทราบสาเหตุ
เป็นคราบ	โรเดียม	10	โรเดียม 8	0	6	0	0	0	0	0
	2 อย่าง	8	พาราเดียม 10	0	0	0	0	0	0	0
	3 อย่าง	39	พาราเดียม 10	16	7	0	0	0	0	18
	ทอง	0	ทอง 6	0	0	0	0	0	0	0
ชุบติดไม่ทั่ว	โรเดียม	0	0	13	0	0	0	10	0	8
	2 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เป็นขนแมว	ทอง	0	0	0	0	10	0	0	0	0
	3 อย่าง	0	0	0	0	14	0	0	0	16
มัว	3 อย่าง	0	พาราเดียม 51	0	0	0	0	0	18	2
	2 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	12
เป็นรอย	ทอง	0	0	0	0	23	0	0	0	0
	3 อย่าง	0	0	0	0	30	0	0	0	0
	2 อย่าง	0	0	0	0	62	0	0	0	0
	จุ่มกันหมอง	0	0	0	0	0	400*	0	0	0
ไหม้	3 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	6	0
เป็นขี้กลาก	โรเดียมมีนิเกิล	0	ทองแดงเงา 3	0	0	0	0	0	0	0
เป็นผื่นเม็ดๆ	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	9	0	0

* พนักงานใหม่นำจิ๊กมาใช้โดยไม่ตรวจสอบและไม่ตรวจงานทันทีที่ทำเสร็จ

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2546

ลักษณะข้อบกพร่อง	ลักษณะการชุบ	สาเหตุของปัญหา								
		น้ำล้างไม่สะอาด	น้ำยาชุบ	ตัวเรือนเป็นรู	ชิ้นงานไม่สะอาด	ขั้นตอนการทำงาน	จิ๊ก	ผิวงานขัดมาไม่ดี	กระแสไฟชุบ	ไม่ทราบสาเหตุ
เป็นขี้เตย	โรเดียมมีนิเกิล	0	ทองแดงเงา 13	0	0	0	0	0	0	0
เป็นเส้นพาด	โรเดียมมีนิเกิล	0	ทองแดงเงา 5	0	0	0	0	0	0	0
	3 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ทองมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เป็นตามด	โรเดียมมีนิเกิล	0	นิเกิล 7	0	0	0	0	0	0	0
	ทองมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ชุบทองลอกง่าย	ทองมีนิเกิล	0	0	15	0	0	0	0	0	3
รวม		57	113	44	13	139	400	19	24	62

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบางครั้งไม่สามารถบอกสาเหตุที่แน่ชัดได้เพราะอาจเป็นสภาวการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะชุบซึ่งตรวจสอบกลับไปไม่ได้อาจเกิดจากตัวเรือน,กระบวนการชุบ, การล้างชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การค้นหาปัญหาหลัก</u>

ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนั้นจะมีลักษณะการชุบมาเกี่ยวข้องด้วย แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. งานจุ่มกันหมอง มีลักษณะข้อบกพร่องคือชิ้นงานเป็นรอย 400 ชิ้น คิดเป็น 3.14 % ของปริมาณงานที่ทำการจุ่มกันหมอง

2. งานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง 413 ชิ้น ลักษณะข้อบกพร่องแสดงในตารางที่ 4.5 คิดเป็น 0.64 % ของปริมาณงานที่ชุบแบบไม่มีนิเกิล-ทองแดง พบว่าปัญหาส่วนใหญ่คือปัญหาเป็นคราบ เป็นรอยและมัว

ตารางที่ 4.5 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในงานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง

ลักษณะข้อบกพร่อง	จำนวน(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
1. เป็นคราบ	138	33.41%
2. เป็นรอย	115	27.85%
3. มัว	83	20.1%
4. เป็นขนแมว	40	9.68%
5. ชุบติดไม่ทั่ว	31	7.5%
6. ไหม้	6	1.45%

3. งานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง 58 ชิ้น ลักษณะข้อบกพร่องแสดงในตารางที่ 4.6 คิดเป็น 2.49 % ของปริมาณงานที่ชุบแบบมีนิเกิล-ทองแดง พบว่าปัญหาส่วนใหญ่คือปัญหาชุบทองลอกง่าย เป็นขี้เตยและเป็นผื่นเม็ดๆ

ตารางที่ 4.6 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในงานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง

ลักษณะข้อบกพร่อง	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
1.ชุบทองลอกง่าย	18	31.03%
2. เป็นขี้เตย	13	22.41%
3. เป็นผื่นเม็ดๆ	12	20.70%
4. เป็นตามด	7	12.07%
5. เป็นเส้นพาด	5	8.62%
6. เป็นขี้กลาก	3	5.17%

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นถึงแม้จะมีไม่มากเมื่อเทียบกับปริมาณที่ผลิต แต่เนื่องจากการชุบตัวเรือนเป็นกระบวนการผลิตในขั้นตอนสุดท้าย ชิ้นงานที่นำมาชุบได้ผ่านกระบวนการต่างๆมาเรียบร้อยเกือบสมบูรณ์แล้ว ถ้าเกิดปัญหาขึ้นก็ต้องนำกลับไปแก้ไขใหม่ เป็นการเสียทรัพยากรทั้ง

เวลา วัตถุดิบและแรงงาน ก็นับว่าข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเหล่านี้ได้ส่งผลอย่างมากต่อกระบวนการผลิตเครื่องประดับ

เนื่องจากปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ผลิตด้วยซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ตลอดตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ทำให้ลักษณะการชุบไม่คงที่ โอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องต่างๆจึงเป็นไปได้ทั้งหมด ในบทต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องเหล่านี้เพื่อกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและแนวทางในการแก้ไข

หลังจากได้ทราบถึงปัญหาข้อบกพร่องลักษณะต่างๆแล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกร่องโดยละเอียดเพื่อสามารถหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขและป้องกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

ข้อบกพร่องที่ได้แจกแจงในตารางที่4.3 นั้นเป็นลักษณะอาการ (Symptom) ที่ปรากฏออกมาซึ่งมีลักษณะดังนี้

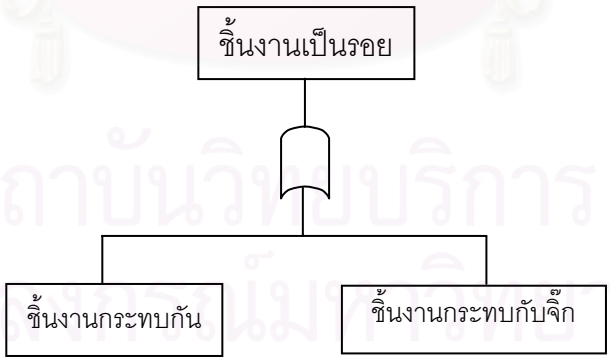
- เป็นรอย : ผิวชิ้นงานเป็นรอยกระแทกมีรอยขีดข่วน (Scratch)
- เป็นคราบ : ผิวชุบที่มีลักษณะเป็นคราบรอยด่าง(Stain) เกิดขึ้นเป็นแห่งๆ เฉพาะบริเวณ
- มัว : ผิวชุบเป็นหมอกมัว (Hazy/cloudy) ระเรื่อๆ
- ชุบติดไม่ทั่ว : บริเวณที่ชุบไม่ติด ผิวชุบมองเห็นเนื้อโลหะเดิม
- ไหม้ : ผิวชุบมีลักษณะด้านหรือคล้ำ
- เป็นเส้นพาด : ผิวชุบมีลักษณะเป็นเส้นพาด คล้ายสารแขวนลอย(Suspended particles) ไปเกาะติด
- ชุบทองลอกง่าย : ผิวชุบทองไม่ติดแน่น ลอกร่อนง่าย การเกาะติดไม่ดี(Poor adhesion)
- เป็นตามด : มีลักษณะเป็นแอ่งเว้าเล็กๆคล้ายตามด(Pinhole)
- เป็นขนแมว : ผิวชุบมีลักษณะเป็นรอยขนแมวเส้นๆ เป็นรอยผ้าเช็ด
- เป็นผื่นเม็ดๆ : ผิวชุบมองเห็นเป็นรอยหยาบ รอยริ้วทรายที่เป็นเม็ดๆ
- เป็นขี้เตย : โลหะที่ชุบพอกยื่นขึ้นมาบริเวณที่มีส่วนที่ยื่นออกมาจากชิ้นงาน(บริเวณเตยที่หัวแหวน)
- เป็นขี้กลาก : ผิวชุบมีลักษณะเป็นขี้กลากสกปรกเป็นกลุ่มเล็กๆ

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบางอย่างจะเกิดขึ้นเฉพาะกับงานบางลักษณะเท่านั้น ลักษณะข้อบกพร่องเป็นผื่นเม็ด เป็นขี้เตยและเป็นขี้กลากจะเกิดเฉพาะกับผิวงานที่ขัดทราย(งานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง) และลักษณะข้อบกพร่องเป็นขนแมวจะเกิดเฉพาะกับผิวงานที่ขัดเงา ลักษณะข้อบกพร่องที่

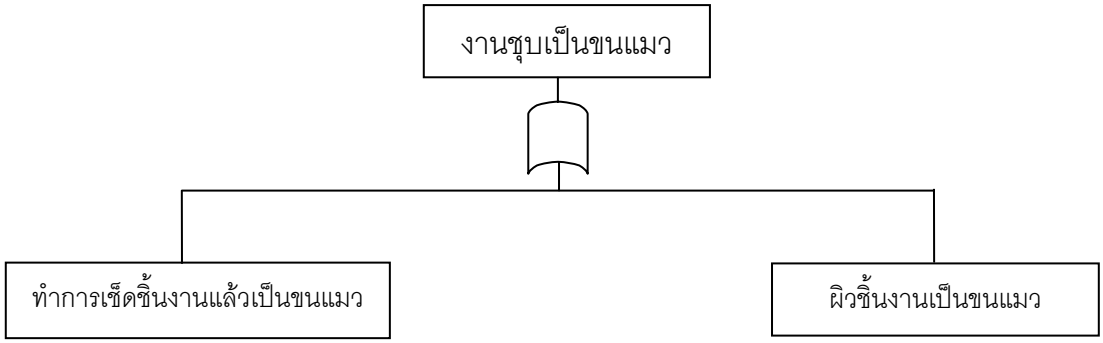
เหลือคือเป็นรอย เป็นคราบ มัว ชุบติดไม่ทั่ว ไหม้ ทองลอกง่าย เป็นตามด เป็นเส้นพาด จะเกิดขึ้นได้ในงานทุกลักษณะ

5.2 การศึกษาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง

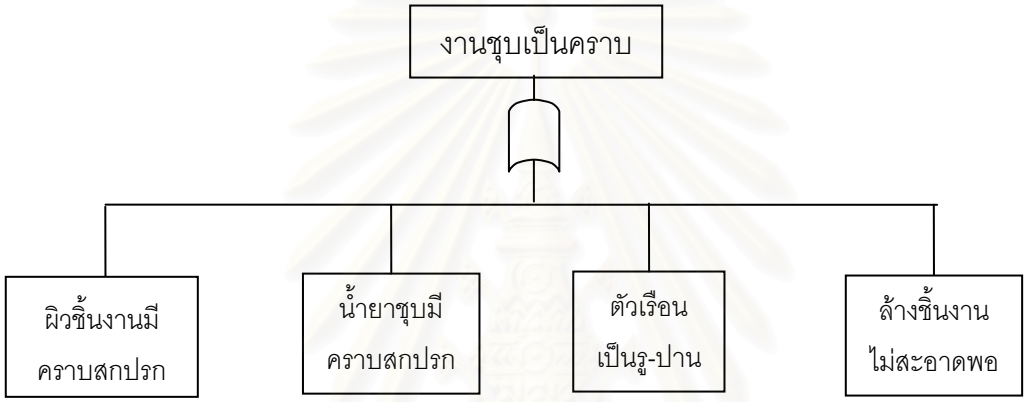
กรรมวิธีการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้านี้ไม่ใช่ว่าจะยุ่งยากต้องการเทคนิคมากมาย แต่ก็ไม่ง่ายเสียเลยทีเดียว การจะชุบให้ได้ของมีคุณภาพดีจำเป็นต้องปฏิบัติให้ถูกวิธีตั้งแต่เริ่มต้น ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ การเตรียมชิ้นงานก่อนชุบ อัตราส่วนผสมของน้ำยา การควบคุมน้ำยา และการชุบ ฯลฯ เทคนิคการชุบต้องถูกต้องและละเอียดประณีต แต่ละเรื่องต่างก็มีความสำคัญในตัวของมันเอง ถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งหรือควบคุมงานไม่ดี ก็มีผลทำให้ชิ้นงานที่ชุบมีคุณภาพต่ำลงไปได้ ในการเกิดข้อบกพร่องแต่ละครั้ง หัวหน้าแผนกชุบตัวเรือนจะสอบถามพนักงานที่ปฏิบัติงานว่าได้ทำงานขั้นตอนอย่างไร ตรวจดูอาการที่เกิดขึ้น ตรวจดูน้ำยาชุบและน้ำล้างที่ใช้ เพื่อหาสาเหตุและทำการแก้ไข ซึ่งบางครั้งก็ไม่สามารถบอกสาเหตุที่เกิดขึ้นได้เพราะอาจเกิดจากชิ้นงานหรือสภาวะการในระหว่างชุบที่ไม่สามารถตรวจสอบกลับไปได้ เมื่อนำไปขัดแล้วชุบซ่อมใหม่ก็ไม่เกิดปัญหาอีก จึงเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนและซับซ้อนมาก จากการศึกษาพบว่าข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเกิดได้จากหลายสาเหตุ ในที่นี้จึงใช้แนวทางของ Fault Tree Diagram สร้างแผนภาพต้นไม้หลักซึ่งแสดงสาเหตุที่เกี่ยวข้องของการเกิดข้อบกพร่องลักษณะต่างๆ โดยการปรึกษาจากหัวหน้าแผนกชุบตัวเรือนที่มีประสบการณ์สูงในการทำงาน พนักงานผู้ปฏิบัติงานและผู้ชำนาญด้านการชุบ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5.1 ถึง 5.12



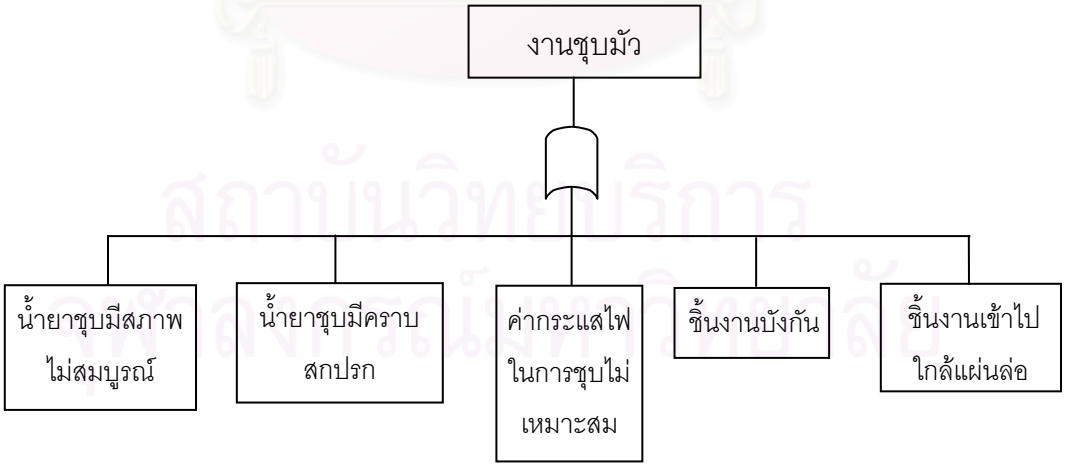
รูปที่ 5.1 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นรอย



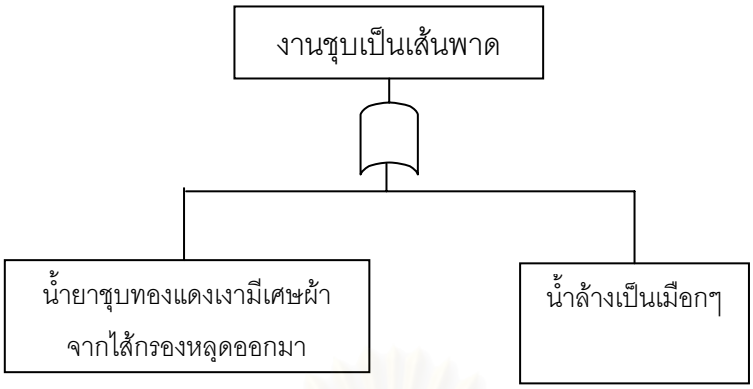
รูปที่ 5.2 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นขนแมว



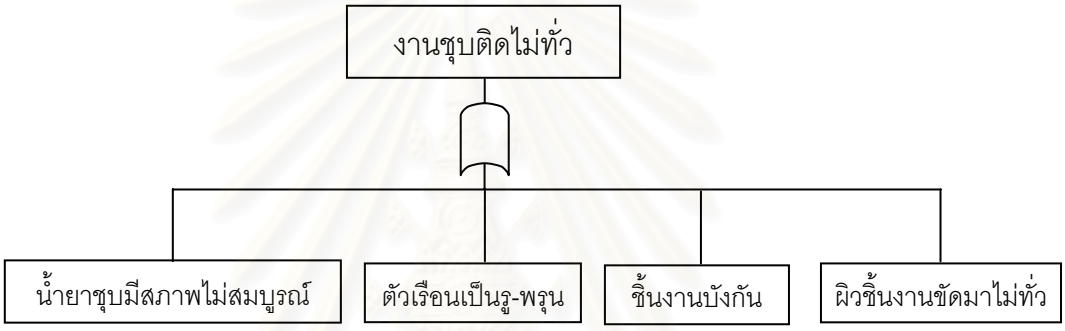
รูปที่ 5.3 สาเหตุการเกิดชิ้นงานเป็นคราบ



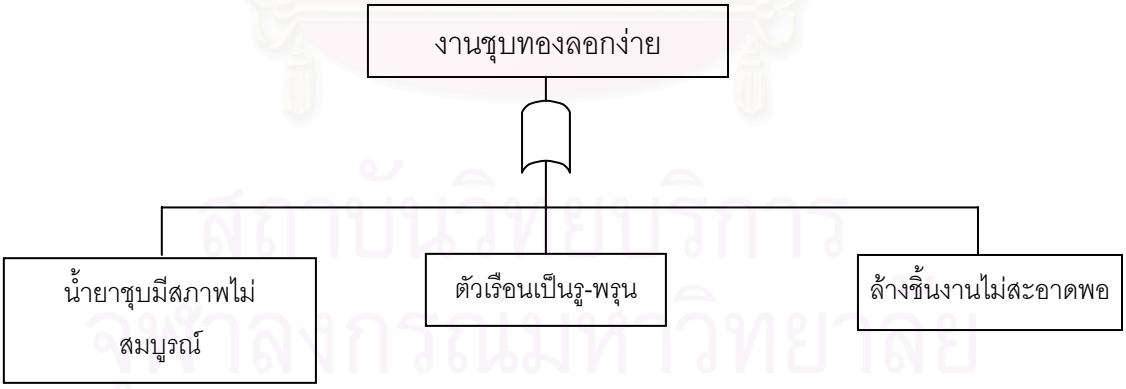
รูปที่ 5.4 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานมัว



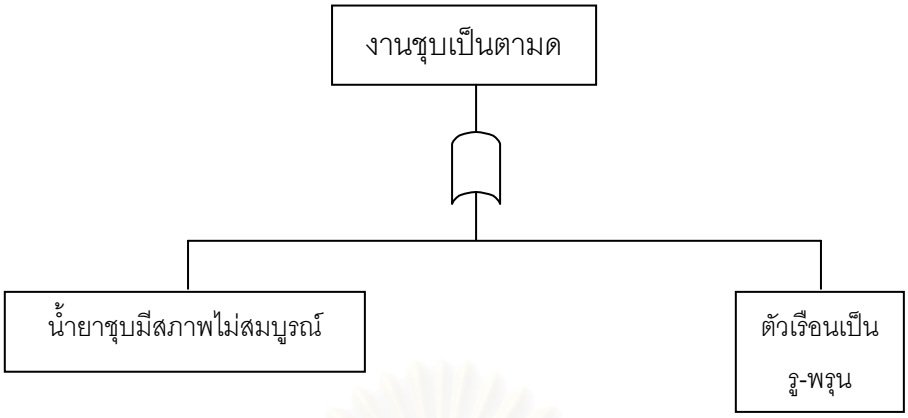
รูปที่ 5.5 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นเส้นพาด



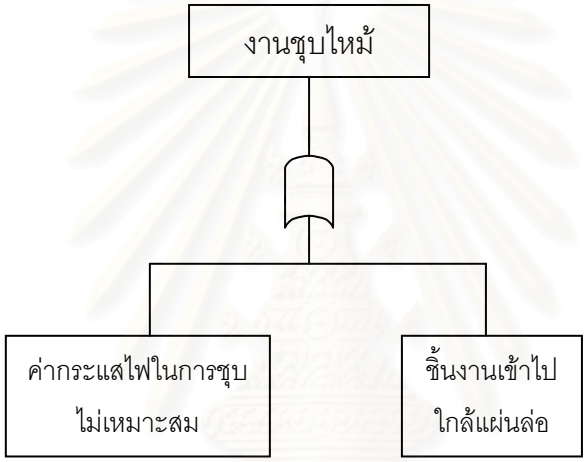
รูปที่ 5.6 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานชุบติดไม่ทั่ว



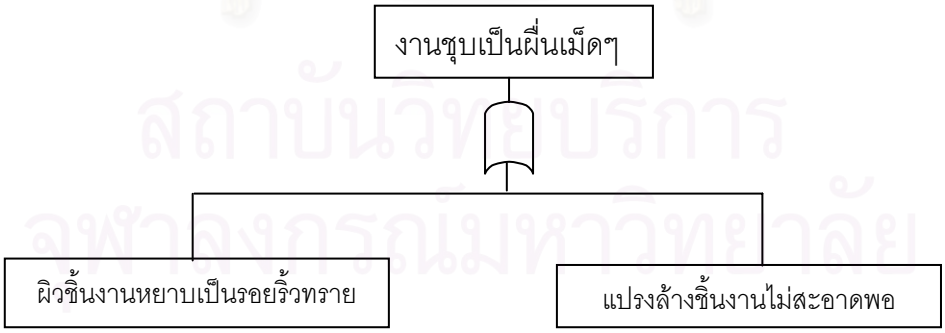
รูปที่ 5.7 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานทองลอกง่าย



รูปที่ 5.8 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นตามด

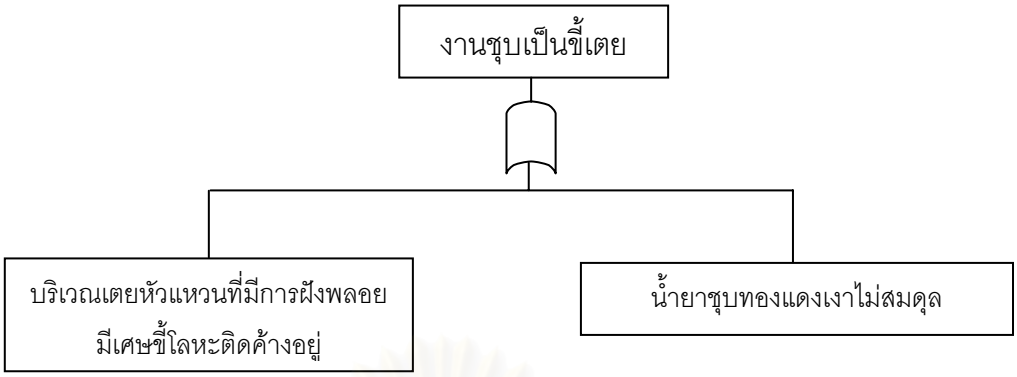


รูปที่ 5.9 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานไหม้

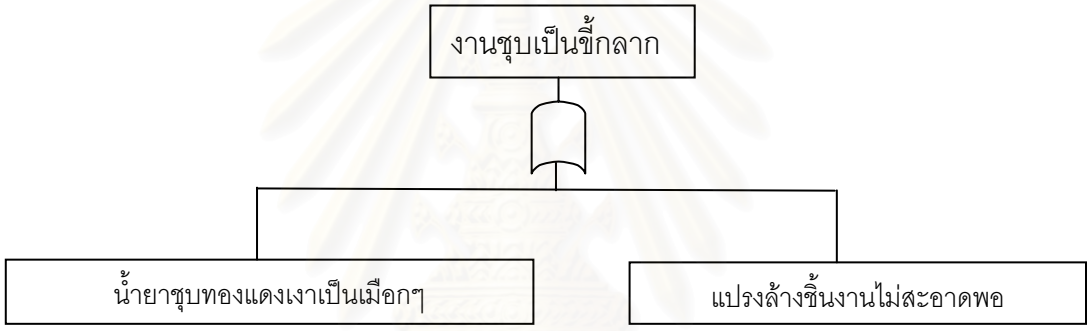


รูปที่ 5.10 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นผื่นเม็ดๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.11 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นขี้เตย



รูปที่ 5.12 สาเหตุของการเกิดชิ้นงานเป็นขี้กลาก

5.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและแนวทางในการแก้ไข

จากสาเหตุของการเกิดปัญหาในระดับที่ 1 ของแผนภาพต้นไม้หลัก สามารถสรุปสาเหตุของปัญหาได้ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งจำแนกปัญหาได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1. ปัญหาที่เกิดจากการทำงาน
2. ปัญหาจากตัวเรือนและผิวชิ้นงาน
3. ปัญหาจากน้ำยาชุบหรือน้ำล้าง

ตารางที่5.1 การสรุปสาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ

สาเหตุ	ลักษณะข้อบกพร่อง											
	เป็นรอย	เป็นขนแมว	เป็นสีดำ	ไม่เตย	ไม่เกลา	เป็นคราบ	เส้นพาด	ตามด	ซุปติดไม่ทั่ว	ซุปทองลอกง่าย	บวม	ไหม้
ปัญหาที่เกิดจากการทำงาน												
ชิ้นงานกระทบกัน	☆											
ชิ้นงานกระทบกับจิ๊ก	☆											
ทำการเช็ดชิ้นงานแล้วเป็นขนแมว		☆										
ล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ						☆				☆		
แปรงล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ			☆		☆							
ชิ้นงานเข้าไปใกล้แผ่นล่อ											☆	☆
ชิ้นงานบังกัน									☆		☆	
ค่ากระแสไฟในการชุบไม่เหมาะสม											☆	☆
ปัญหาที่เกิดจากชิ้นงาน												
ผิวชิ้นงานเป็นขนแมว		☆										
ผิวชิ้นงานมีคราบสกปรก						☆						
ผิวชิ้นงานขัดมาไม่ทั่ว									☆			
ผิวชิ้นงานหยาบเป็นรอยริ้วทราย			☆									
บริเวณเตยแหวนมีเศษขี้โลหะติดค้างอยู่จากการฝังพลอย				☆								

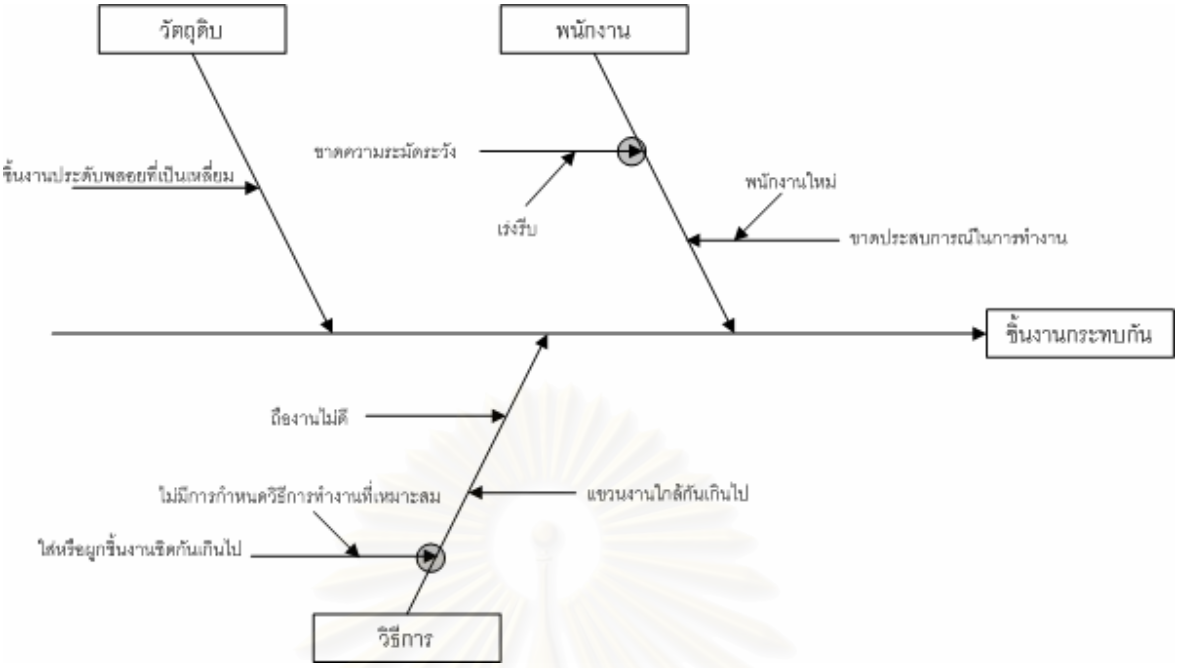
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่5.1 (ต่อ) การสรุปสาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ

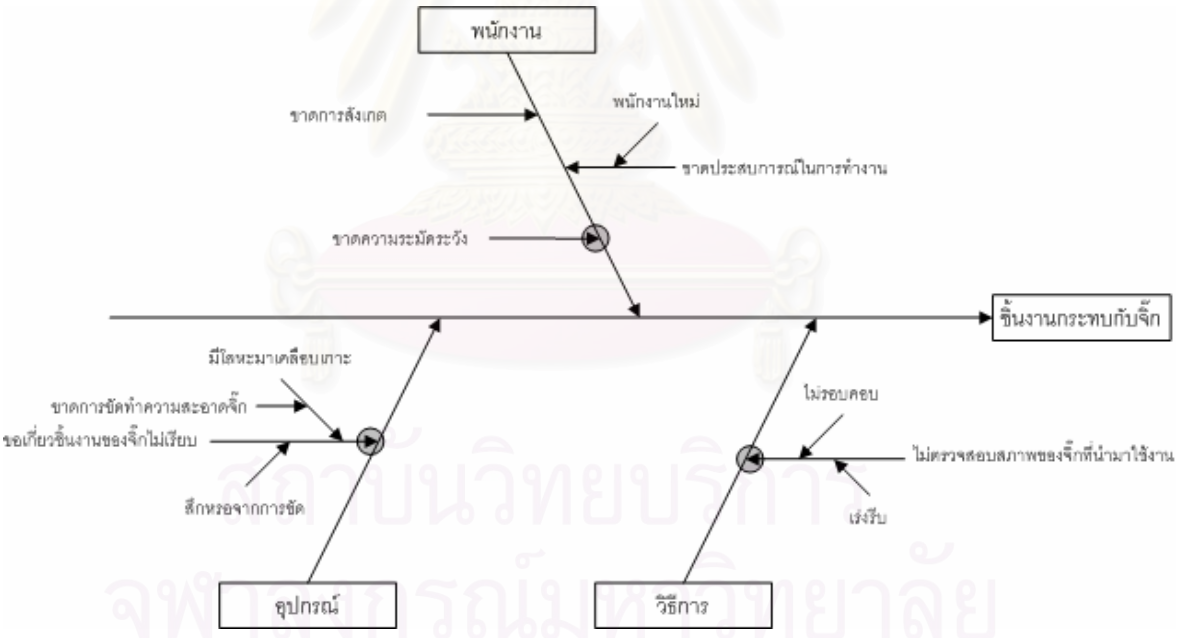
สาเหตุ	ลักษณะข้อบกพร่อง											
	เป็นรอย	เป็นแผลไหม้	ผิวไม่เรียบ	ใช้ไม่ได้	ใช้งานยาก	เป็นคราบ	เส้นพาด	ตามด	ติดไม่ทั่ว	ทองลอกง่าย	บวม	ไหม้
ปัญหาที่เกิดจากชิ้นงาน(ต่อ)												
ตัวเรือนเป็นรู-พรุน-ปาน						☆		☆	☆	☆		
ปัญหาที่เกิดจากน้ำยาชุบหรือน้ำล้าง												
น้ำยาชุบมีคราบสกปรก						☆					☆	
น้ำยาชุบมีสภาพไม่สมบูรณ์								☆	☆	☆	☆	
มีเศษผ้าและสิ่งสกปรกในน้ำยาชุบทองแดงเงา							☆					
น้ำยาชุบทองแดงเงาเป็นเมือกๆ					☆							
น้ำยาชุบทองแดงเงาไม่สมดุล				☆								
น้ำล้างเป็นเมือกๆ							☆					

5.3.1 ปัญหาที่เกิดจากการทำงาน

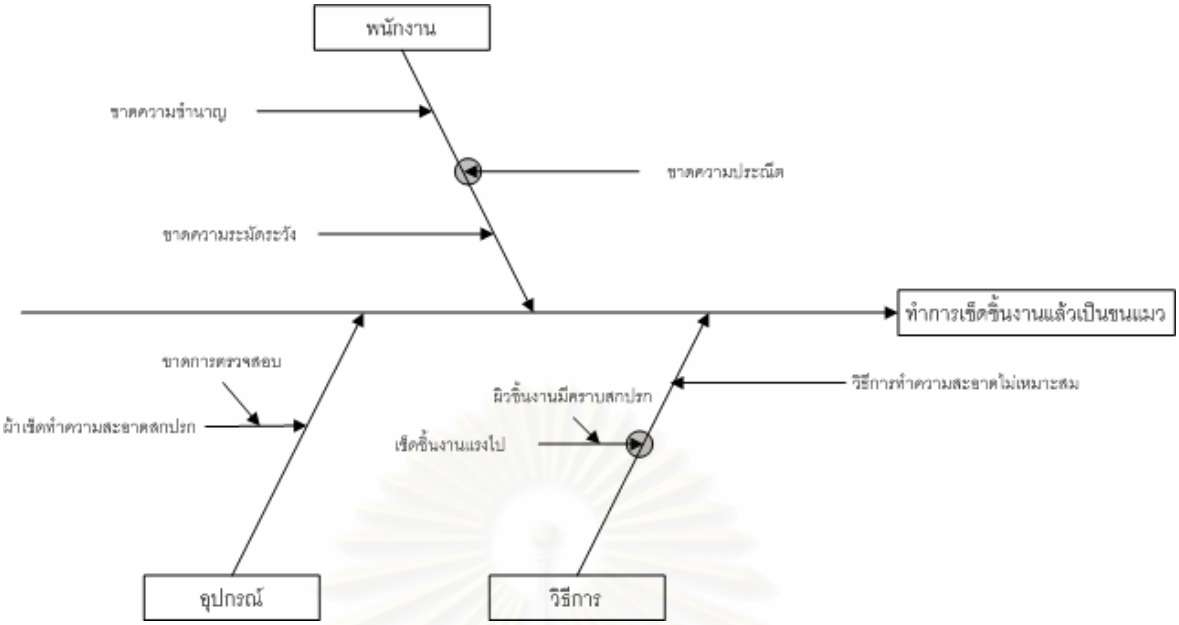
ปัญหาที่เกิดจากการทำงานได้นำมาวิเคราะห์สาเหตุของแต่ละปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ดังแสดงในรูปที่ 5.13 ถึง 5.20 จากนั้นพิจารณาถึงความสำคัญของปัญหาและความเป็นไปได้ในการแก้ไขโดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังตารางที่ 5.2 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการทำงานและแนวทางการแก้ไขได้ดังตารางที่ 5.3



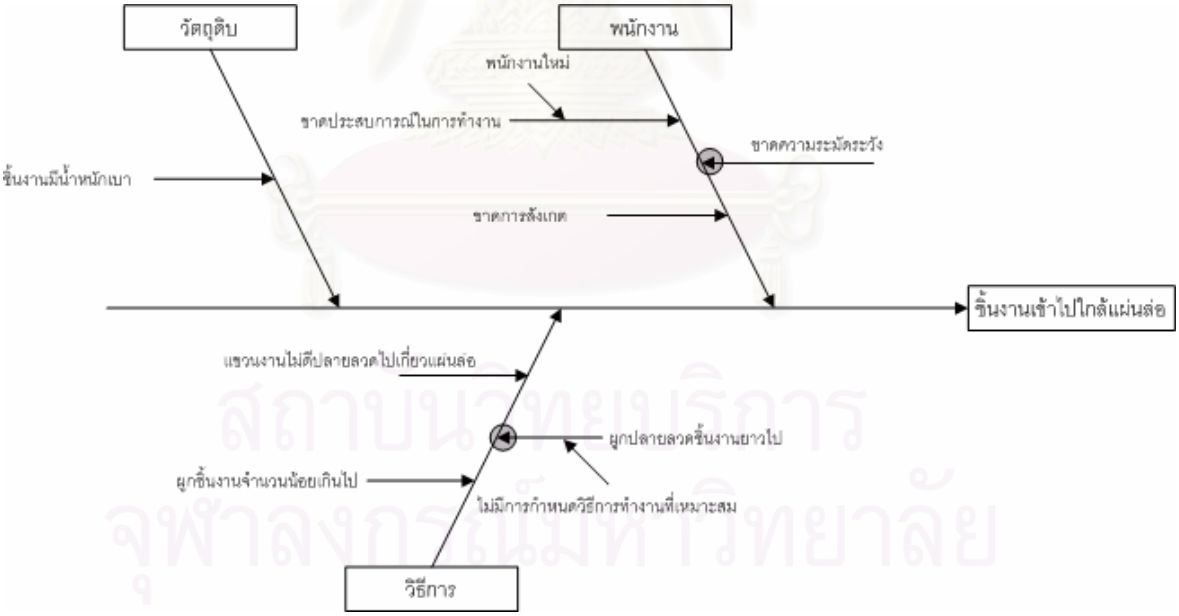
รูปที่ 5.13 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาชิ้นงานกระทบกัน



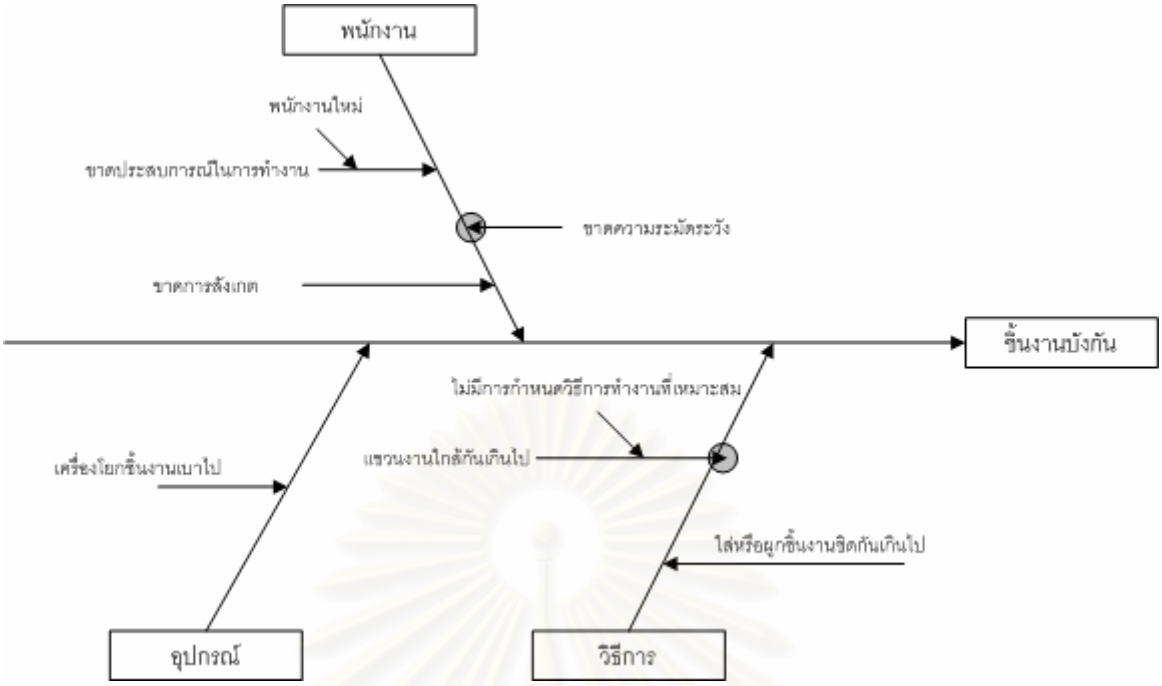
รูปที่ 5.14 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาชิ้นงานกระทบกับจิ๊ก



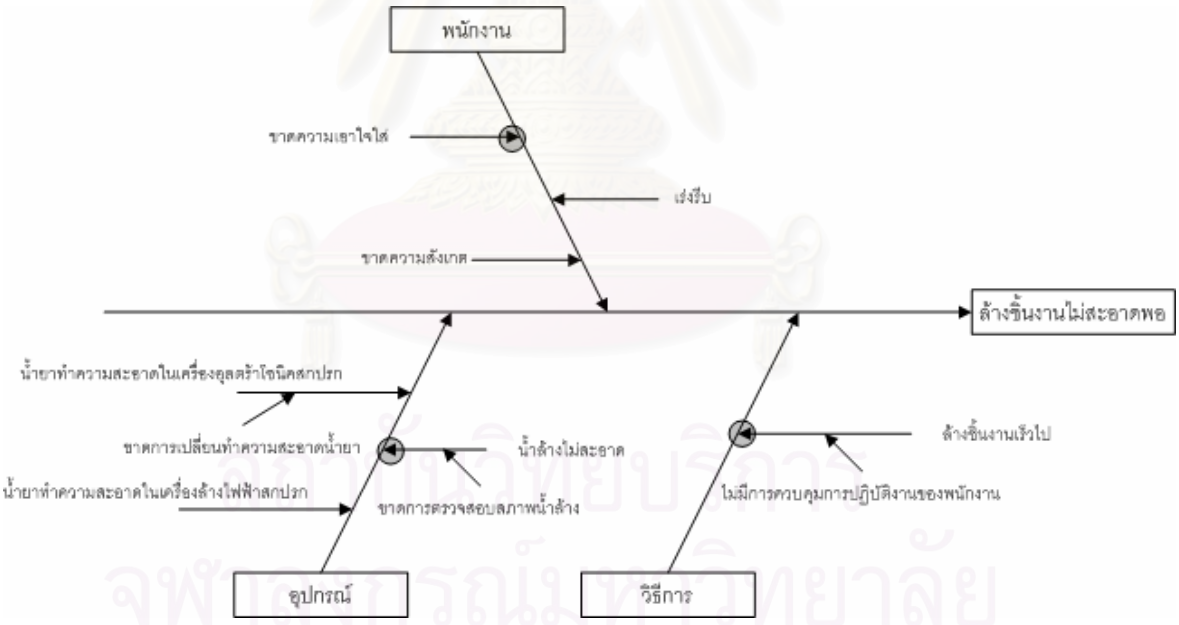
รูปที่ 5.15 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาทำการเช็ดชิ้นงานแล้วเป็นขนแมว



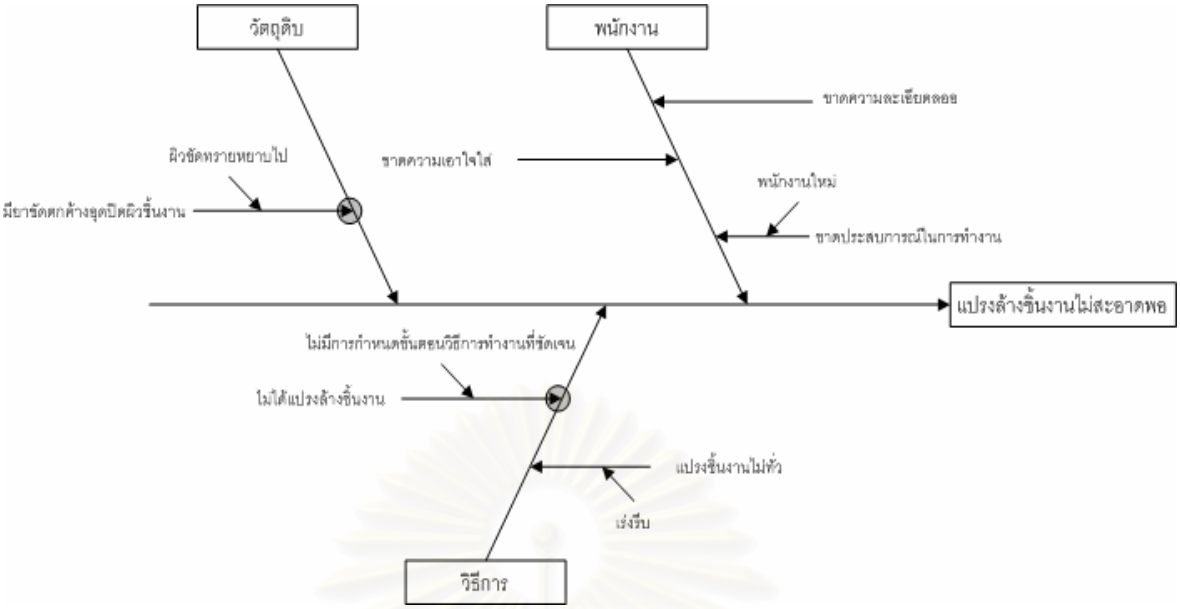
รูปที่ 5.16 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาชิ้นงานเข้าไปใกล้แผ่นล่อ



รูปที่ 5.17 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาชิ้นงานบังกัน



รูปที่ 5.18 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ



รูปที่ 5.19 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาแปรงล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ

รูปที่ 5.20 แผนผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาค่ากระแสไฟในการชุบไม่เหมาะสม

ตารางที่ 5.2 เกณฑ์ในการพิจารณาแบ่งระดับของปัญหา

ระดับ	ความสำคัญของปัญหา	ความเป็นไปได้ในการแก้ไข
สูง	เป็นปัญหาที่มีผลกระทบสูงทำให้เกิดข้อบกพร่องได้ปริมาณมากในทีเดียว และมีโอกาสสูงที่จะเกิดขึ้นในการทำงาน	สามารถทำการแก้ไขปัญหาได้โดยตรง
ปานกลาง	เป็นปัญหาที่มีผลกระทบปานกลางทำให้เกิดข้อบกพร่องเพียงบางส่วน และมีโอกาสเกิดขึ้นได้ถ้าไม่ระมัดระวัง	การแก้ไขเป็นในลักษณะของการป้องกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับความร่วมมือของพนักงานด้วย
ต่ำ	เป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่ำจะเกิดเฉพาะกับชิ้นงานนั้นและไม่ค่อยมีโอกาสเกิดขึ้น	เป็นปัญหาที่ต้องเกิดขึ้นเสมอยากที่จะทำการแก้ไข

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการทำงานและแนวทางในการแก้ไข

ปัญหา	ความสำคัญของปัญหา	ความเป็นไปได้ในการแก้ไข	วิธีการแก้ไข
ชิ้นงานกระทบกัน	ปานกลาง	ปานกลาง	ให้หัวหน้าแผนกอบรมพนักงานให้เกิดความชำนาญในการทำงานและสร้างจิตสำนึกให้ตระหนักถึงความสูญเสียจากการทำงานที่ไม่ระมัดระวังและกำหนดวิธีการผูกและแขวนชิ้นงานในวิธีการปฏิบัติงาน
ชิ้นงานกระทบกับจิ๊ก	สูง	สูง	1.เปลี่ยนวิธีการทำงานจากเดิมที่แขวนชิ้นงานลงบนจิ๊กโดยตรงมาเป็นการผูกชิ้นงานแต่ละชิ้นด้วยลวดทองแดงก่อนแล้วค่อยแขวนลวดทองแดงลงบนจิ๊ก 2.สั่งทำจิ๊กแบบที่มียางหุ้มขึ้นมาใช้งานโดยเฉพาะสำหรับงานจุ่มกันหมองที่ไม่ต้องล้างไฟฟ้าซึ่งเป็นงานที่มีครั้งละจำนวนมาก

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการทำงานและแนวทางในการแก้ไข

ปัญหา	ความสำคัญของปัญหา	ความเป็นไปได้ในการแก้ไข	วิธีการแก้ไข
ทำการเช็ดชิ้นงานแล้วเป็นขนแมว	ต่ำ	ปานกลาง	ให้หัวหน้าแผนกอบรมพนักงานให้ทำงานด้วยความระมัดระวังมากขึ้นและกำหนดวิธีการเช็ดชิ้นงานในวิธีการปฏิบัติงาน
ชิ้นงานเข้าไปใกล้แผ่นล่อ	ปานกลาง	ปานกลาง	ให้หัวหน้าแผนกอบรมพนักงานให้เกิดความชำนาญในการทำงานและกำหนดวิธีการผูกและแขวนชิ้นงานในวิธีการปฏิบัติงาน
ชิ้นงานบังกัน	ปานกลาง	ปานกลาง	ให้หัวหน้าแผนกอบรมพนักงานให้เกิดความชำนาญในการทำงานและกำหนดวิธีการผูกและแขวนชิ้นงานในวิธีการปฏิบัติงาน
ล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ	สูง	ปานกลาง	1.ให้หัวหน้าแผนกอบรมพนักงานให้เพิ่มความเอาใจใส่ในการล้างชิ้นงานและกำหนดวิธีการล้างชิ้นงานในวิธีการปฏิบัติงาน 2.จัดทำวิธีการตรวจสอบน้ำล้างและน้ำยาทำความสะอาดและให้พนักงานตรวจสอบน้ำล้างทุกครั้งก่อนที่จะทำการชุบ
แปรงล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ	สูง	สูง	1.ให้หัวหน้าแผนกอบรมพนักงานให้เพิ่มความเอาใจใส่ในการแปรงล้างชิ้นงานและกำหนดวิธีการแปรงล้างชิ้นงานในวิธีการปฏิบัติงาน 2.จัดทำขั้นตอนการชุบงานแต่ละลักษณะที่เป็นมาตรฐานชัดเจน
ค่ากระแสไฟในการชุบไม่เหมาะสม	สูง	สูง	1.ให้ความรู้พนักงานถึงวิธีการคำนวณกระแสไฟที่ถูกต้อง 2.แบ่งชิ้นงานออกเป็น 10 กลุ่ม จัดทำตารางแสดงพื้นที่ผิวชิ้นงานแต่ละลักษณะและบอร์ดแสดงตัวอย่างชิ้นงาน พื้นที่ผิวและค่ากระแสไฟ 3.กำหนดค่ากระแสไฟที่ที่ถูกต้องในการชุบน้ำยาชุบแต่ละชนิด

5.3.2 ปัญหาจากตัวเรือนและผิวชิ้นงาน

ปัญหาจากตัวเรือนและผิวชิ้นงานเป็นปัญหาที่ส่งผลโดยตรงต่อผิวงานชุบเพราะถ้าเตรียมชิ้นงาน (Substrate) ที่นำไปชุบไม่ดีพอ ผิวชุบเคลือบที่ได้ก็จะไม่มีคุณภาพ ซึ่งพบว่าปัญหานี้ไม่ได้เป็นปัญหาของแผนกชุบตัวเรือนโดยตรงเพราะต้องคอยรับชิ้นงานมาจากแผนกอื่น แต่แผนกชุบตัวเรือนไม่ได้ทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนการชุบทำให้เกิดปัญหาขึ้น แม้ว่าปัญหาบางอย่างสามารถจะสังเกตเห็นได้แต่ก็มีบางปัญหาที่ตรวจสอบได้ยากมากเมื่อชุบออกไปแล้วจึงเห็นข้อบกพร่องเกิดขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประชุมร่วมกับผู้จัดการโรงงาน หัวหน้าแผนกขัดและหัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพซึ่งเกี่ยวข้องกับงานที่ส่งเข้ามายังแผนกชุบตัวเรือนเพื่อสะท้อนปัญหาและจะได้ทำการแก้ไขสาเหตุที่ต้นตอของปัญหา

<u>แนวทางแก้ไข</u>

จัดทำรายการลักษณะของชิ้นงานคุณภาพที่จะนำไปชุบและกำหนดให้มีการตรวจสอบชิ้นงานก่อนนำไปชุบ

5.3.3 ปัญหาจากน้ำยาชุบหรือน้ำล้าง

ปัญหาจากน้ำยาชุบหรือน้ำล้างเป็นปัญหาที่ควบคุมได้ยากเนื่องจากมีสิ่งที่เกี่ยวข้องมากมายและเป็นสิ่งที่เรามองไม่เห็น น้ำยาชุบโลหะเป็นสารละลายที่ประกอบด้วยสารเคมีจำนวนมาก เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี สารบางตัวกลายเป็นก๊าซ สารบางตัวทำให้ปริมาณสารเคมีในน้ำยาชุบสูญหายไป สารบางตัวเกิดการสะสมหรือปนเปื้อนอยู่ในน้ำยา ควรมีการเติมสารที่ขาด หรือกำจัดสารที่เกิน มิฉะนั้นแล้วน้ำยาชุบจะเสียสมดุลทำให้ชุบชิ้นงานได้ไม่สวยงามเท่าที่ควร นอกจากการควบคุมในเรื่องของสัดส่วนขององค์ประกอบในน้ำยาชุบแล้วเรายังต้องคำนึงถึงสิ่งสกปรกหรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำยาด้วยเพราะถ้าเกิดมีขึ้นแล้ว สิ่งสกปรกที่อยู่ในถังอาจจะลอยตัววนเวียนมาเกาะที่ชิ้นงานจะทำให้ชุบงานออกมาไม่มีคุณภาพ การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขแสดงดังตารางที่ 5.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากน้ำยาชุบและแนวทางในการแก้ไข

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางในการแก้ไข
1. น้ำล้างเป็นเมือกๆ	สารเคมีสะสมในน้ำล้างเป็นเวลานานเนื่องจากไม่ค่อยได้ใช้งาน	ให้พนักงานตรวจสอบน้ำล้างให้ดีก่อนที่จะทำการชุบ
2. มีเศษผ้าและสิ่งสกปรกในน้ำยาชุบทองแดงเงา	ไส้กรองเสื่อมสภาพหรือฝุ่นในท่อลม	ให้พนักงานตรวจสอบน้ำยาชุบให้ดีก่อนที่จะทำการชุบ จัดทำวิธีการดูแลรักษาและทำความสะอาดน้ำยาชุบ
3. น้ำยาชุบมีคราบสกปรก	คราบไขมัน คราบสกปรกที่ติดมากับชิ้นงาน หรือฝุ่นที่ลอยในอากาศ	
4. น้ำยาชุบมีสภาพไม่สมบูรณ์	สารเคมีในน้ำยาชุบขาด-เกิน หรือมีสิ่งสะสมปนเปื้อนในน้ำยา การควบคุมดูแลและบำรุงน้ำยาชุบไม่ดีพอ	ศึกษาข้อมูลของน้ำยาชุบโลหะทั้งหมด ตรวจสอบสภาวะกับที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ปรับปรุงให้มีการใช้น้ำยาชุบอย่างถูกต้องและเหมาะสม พร้อมกับจัดทำคู่มือน้ำยาชุบที่ใช้ในแผนกชุบตัวเรือน กำหนดวิธีการตรวจสอบสภาวะของน้ำยาชุบและจัดทำใบบันทึกน้ำยาชุบซึ่งใช้บันทึกผลการตรวจสอบน้ำยาชุบและบันทึกการเปลี่ยนแปลงหรือเติมยาบำรุงน้ำยาชุบ เพื่อควบคุมสภาพของน้ำยาชุบให้อยู่ในเงื่อนไขเหมาะสม
5. น้ำยาชุบทองแดงเงาเป็นเมือกๆ	มียาบำรุงสะสมในน้ำยาชุบและเกิดการแยกตัวเนื่องจากไม่มีการใช้น้ำยาชุบมาเป็นเวลานาน	ให้พนักงานตรวจสอบน้ำยาชุบให้ดีก่อนที่จะทำการชุบ
6. น้ำยาชุบทองแดงเงาไม่สมดุล	การทำดัมมี่บ่อยๆเนื่องจากไม่มีการใช้น้ำยาชุบเป็นประจำและขาดวิธีในการบำรุงน้ำยาชุบที่เหมาะสม	เสนอวิธีการวิเคราะห์น้ำยาชุบด้วยฮัลเซลขึ้นมาเพื่อตรวจสอบสภาพการชุบและนำไปประกอบการพิจารณาบำรุงน้ำยาชุบให้เหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาเหตุการเกิดของปัญหา

ก) ปัญหาน้ำล้างเป็นเมือกๆ

น้ำล้างเป็นเมือกๆเกิดจากสารเคมีจากน้ำยาชุบที่ติดมากับชิ้นงานสะสมในน้ำล้างที่นิ่งๆเป็นเวลานานจนเกิดเป็นเมือกลื่นๆขึ้นในถัง ส่วนมากจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูหนาว จะต้องคอยสังเกตเมื่อพบแล้วต้องเปลี่ยนและทำความสะอาดน้ำใหม่

ข)ปัญหาน้ำยาชุบมีคราบสกปรก

น้ำยาชุบมีคราบสกปรกเกิดได้จากการใช้งาน เช่นมีคราบไขมัน คราบสกปรกที่ติดมากับชิ้นงานหรือฝุ่นที่ลอยในอากาศตกลงไปในน้ำยาชุบ

ค) ปัญหาน้ำยาชุบทองแดงเงามีเศษผ้าจากไส้กรองหลุดออกมา

น้ำยาชุบทองแดงเงามีเศษผ้าจากไส้กรองหลุดออกมาเนื่องจากไส้กรองเสื่อมสภาพ ผ้ากรองจึงหลุดออกมาในน้ำยาชุบ

ง) ปัญหาน้ำยาชุบมีสภาพไม่สมบูรณ์

น้ำยาชุบโลหะเมื่อน้ำยาผสมใหม่จะใช้ชุบได้ดีแต่เมื่อใช้ไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนผสมของน้ำยาเจือจางลง ตัวเติมต่างๆเช่นน้ำยาเงาจะค่อยๆเสื่อมหมดไป จะต้องมีการควบคุมดูแลและบำรุงให้ใช้งานได้ดีเสมอ

จ) ปัญหาน้ำยาชุบทองแดงเงาไม่สมดุล

เนื่องจากเป็นลักษณะงานผลิตตามสั่ง จึงไม่ได้มีงานชุบทองแดงเป็นประจำ สภาพของน้ำยาชุบทองแดงเงาที่ไม่ได้ใช้มาหลายวัน สารเคมีที่เป็นตัวเติมที่อยู่ในน้ำยาจะเกิดการแยกตัว เมื่อจะกลับมาชุบใหม่ จะต้องทำการดัมมี่น้ำยาชุบเพื่อให้งานชุบออกมาเงา (การดัมมี่เป็นการฟื้นคืนสภาพน้ำยาชุบโดยการชุบงานลงบนแผ่นดัมมี่ เพื่อให้น้ำยาชุบเกิดการทำงาน สังเกตความเงาของแผ่นดัมมี่ ถ้าไม่เงาก็เติมน้ำยาเงาลงไปบำรุงจนผิวชุบเงางามดี) การต้องบำรุงใหม่อยู่เรื่อยๆเช่นนี้ส่งผลให้น้ำยาเงาเกิดการสะสมและทำให้น้ำยาชุบไม่สมดุลได้

ฉ) ปัญหาน้ำยาชุบทองแดงเงาเป็นเมือกๆ

ปัญหาน้ำยาชุบทองแดงเงาเป็นเมือกๆ เกิดจากยาบำรุงที่สะสมอยู่ในน้ำยาชุบทองแดงเงาเกิดการแยกตัวเป็นเมือกๆเมื่อไม่ได้มีการใช้น้ำยาชุบมานานซึ่งโดยปกติแล้วจะสังเกตเห็นได้ยากมากเนื่องจากสีน้ำยาชุบทองแดงเงาเป็นสีน้ำเงินเข้ม

แนวทางในการแก้ไข

ปัญหาน้ำยาชุบและน้ำล้างได้ส่งผลต่อคุณภาพของงานชุบ ดังนั้นจึงต้องทำการตรวจสอบและควบคุมสภาพของน้ำยาชุบและน้ำล้างให้อยู่ในเงื่อนไขเหมาะสมเพื่อที่จะสามารถใช้ชุบงานได้อย่างมีคุณภาพขึ้น เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีการจัดทำวิธีการทำงานมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบ ทำให้ขาดความชัดเจนในการทำงาน และไม่มีการจัดทำคู่มือการใช้และการบำรุงรักษาน้ำยาชุบ จะใช้ความจำ

และความชำนาญเป็นหลัก ไม่มีการถ่ายทอดออกมาเป็นมาตรฐานจึงได้เสนอแนวทางในการแก้ไขดังนี้

1. จัดทำวิธีการตรวจสอบน้ำล้างและน้ำยาทำความสะอาด
2. กำหนดวิธีการตรวจสอบ และบำรุงรักษาน้ำยาชุบ
3. ให้พนักงานตรวจสอบน้ำล้างและน้ำยาชุบให้ดีก่อนที่จะทำการชุบ เนื่องจากปริมาณและลักษณะงานที่เข้ามาชุบไม่แน่นอน ช่วงใดที่มีงานมากน้ำล้างที่ใช้ก็จะสกปรกเร็ว ช่วงที่มีงานน้อย น้ำล้างบางถังก็อาจไม่มีการใช้งานเลย
4. ศึกษาข้อมูลของน้ำยาชุบโลหะทั้งหมด ตรวจสอบสภาวะกับที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ปรับปรุงให้มีการใช้น้ำยาชุบอย่างถูกต้องและเหมาะสม พร้อมกับจัดทำคู่มือน้ำยาชุบที่ใช้ในแผนกชุบตัวเรือน
5. จัดทำใบบันทึกน้ำยาชุบซึ่งใช้บันทึกผลการตรวจสอบน้ำยาชุบที่ต้องทำเดือนละครั้งและให้บันทึกทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเติมน้ำยา ตลอดจนรายละเอียดต่างๆเช่น ค่าพีเอช ค่าความหนาแน่นของน้ำยา จำนวนแอมแปร์-ชั่วโมงของการทำงาน จำนวนน้ำยาเงาที่ใช้เติมลงไป นอกจากจะช่วยบันทึกความจำแล้วยังสามารถใช้สำหรับคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆได้อีกด้วย
6. น้ำยาชุบทองแดงเงาที่ไม่ได้ใช้มานานมักเกิดการแยกตัว สารเคมีบางตัวเสื่อมสภาพไปต้องมีการฟื้นคืนน้ำยาโดยการดัมมี่ให้น้ำยาชุบเกิดการทำงานและทำการบำรุงน้ำยาให้น้ำยาชุบใช้งานได้อีกครั้ง จึงไม่เป็นไปตามแผนการบำรุงรักษาเดิม ทำให้เกิดการสะสมของยาเงาในน้ำยาชุบทองแดงเงาจึงเสนอวิธีการวิเคราะห์น้ำยาชุบด้วยฮัลเซลขึ้นมาใช้ในแผนกชุบตัวเรือน การทำฮัลเซลเป็นการทดสอบน้ำยาชุบเชิงคุณภาพเพื่อดูลักษณะที่ปรากฏของผิวชุบซึ่งจะช่วยเป็นข้อมูลในการควบคุมปริมาณในการปรับเติมน้ำยาเงาของน้ำยาชุบทองแดงเงาให้เป็นไปอย่างเหมาะสมได้ดีขึ้นซึ่งทำได้ง่ายและรวดเร็ว

ในการวิเคราะห์น้ำยาชุบโลหะซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน (Basic plating chemicals) และตัวเติม (Additives) ต่างๆ นั้นเนื่องจากองค์ประกอบพื้นฐานจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป สามารถจะส่งน้ำยาไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการภายนอกเป็นระยะๆได้ แต่สำหรับตัวเติม (Additives) ต่างๆ ที่อยู่น้ำยาชุบเป็นน้ำยาสูตรสำเร็จของบริษัทผู้ผลิตทำให้ไม่ทราบส่วนประกอบทางเคมีที่แน่นอน ไม่สามารถใช้การวิเคราะห์ทางเคมีหาความเข้มข้นในน้ำยาชุบตรวจสอบได้ การทดสอบน้ำยาชุบโลหะโดยใช้ฮัลล์เซล เป็นการทดสอบสภาพของน้ำยาชุบซึ่งทำให้สามารถเห็นผลการชุบที่ทำภายใต้เงื่อนไขหนึ่งๆ สามารถทดสอบน้ำยาชุบได้ว่ามีความสมบูรณ์แค่ไหน มีน้ำยาเงาพอหรือไม่ มีสิ่งปนเปื้อนหรือไม่ เพื่อที่จะได้แก้ไขและปรับปรุงน้ำยาชุบให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ เมื่อเริ่มมีอาการผิดปกติใดๆก็รู้ได้ล่วงหน้าและสามารถส่งน้ำยาไปตรวจสอบวิเคราะห์ส่วนผสมได้ทันการณ์ และยังช่วยลดความเสี่ยงในการปรับแก้ไขน้ำยา เนื่องจากนำน้ำยามาทดลองปรับแก้ในปริมาณน้อยๆก่อนที่

จะทำการปรับจริงในถังชุบ ซึ่งจะสามารถสังเกตผลได้ง่ายกว่าและไม่ทำให้สูญเสียน้ำยาไปในกรณีที่ทำการปรับแก้ไม่เหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การดำเนินการปรับปรุงและผลการปรับปรุง

จากที่ได้วิเคราะห์ปัญหาต่างๆและแนวทางในการแก้ไขมาแล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงการแก้ไขปรับปรุงที่ได้ดำเนินการ การนำไปใช้ในการปฏิบัติงานและการประเมินผลการปรับปรุง

6.1 การดำเนินการแก้ไขปัญหา

6.1.1 การแก้ไขปัญหาจากการทำงาน

สิ่งที่ได้ปรับปรุงแก้ไขในปัญหาจากการทำงานมีดังนี้

1. จัดทำบอร์ดแสดงตัวอย่างลักษณะชิ้นงาน พื้นที่ผิวและค่ากระแสไฟฟ้าในการชุบดังในรูปที่ 6.1 และตารางที่ 6.1 ทำให้เกิดความสะดวกในการคำนวณ ตารางที่จัดทำขึ้นนี้จะแสดงเฉพาะค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบทองเนื่องจากน้ำยาชุบทองมีการคำนวณที่ยุ่งยากกว่าน้ำยาชุบอื่น(น้ำยาชุบอื่นค่ากระแสไฟจะเป็นจำนวนเท่าของพื้นที่ผิว)
2. มีจิ๊กแบบใหม่ที่มียางหุ้มดังรูปที่ 6.2 ใช้สำหรับงานจุ่มกันหมองที่ไม่ต้องล้างไฟฟ้า
3. ปรับปรุงวิธีการทำงานและจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน ขั้นตอนกระบวนการชุบงานลักษณะต่างๆและวิธีการชุบขึ้นมาใหม่ รายละเอียดของเอกสารวิธีการปฏิบัติงานที่ได้จัดทำขึ้นแสดงดังภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงพื้นที่ผิวและกระแสไฟฟ้าในการชุบงาน

ลักษณะชิ้นงาน	พื้นที่ผิวต่อหนึ่งชิ้น (ตารางเดซิเมตร)	กระแสไฟ (แอมแปร์ต่อชิ้น)	
		ทอง High Speed (พื้นที่ผิว×1.2)	ทอง 2N (พื้นที่ผิว×0.8)
1. ต่างหูขนาดเล็ก	0.008	0.010	0.006
2. จี้	0.064	0.077	0.051
3. แหวนผู้หญิง ก้านเล็ก มีซอกไม่มาก	0.075	0.090	0.060
4. แหวนผู้หญิง ก้านเล็ก มีซอกมาก	0.107	0.129	0.086
5. แหวนผู้หญิง ก้านปกติ มีเตยเยอะ	0.120	0.144	0.096
6. แหวนผู้ชาย ก้านปกติ หัวแหวนใหญ่	0.141	0.169	0.113
7. แหวนผู้ชาย ก้านหนามาก	0.170	0.204	0.136
8. สร้อยข้อมือ หรือกำไล	0.312	0.374	0.250
9. สร้อยข้อมือเส้นใหญ่	0.507	0.608	0.406
10. สร้อยคอเส้นใหญ่	0.700	0.840	0.560

รูปที่ 6.1 บอร์ดแสดงพื้นที่ผิวและค่ากระแสไฟในการชุบชิ้นงานลักษณะต่างๆ

รูปที่ 6.1 (ต่อ) บอร์ดแสดงพื้นที่ผิวและค่ากระแสไฟในการชุบชิ้นงานลักษณะต่างๆ

รูปที่ 6.2 จิ๊กแขวนชิ้นงานที่ใช้อยู่และจิ๊กที่สั่งทำใหม่แบบมียางหุ้มสำหรับงานจุ่มกันหมอง

6.1.2 การแก้ไขปัญหาจากชิ้นงาน

คุณภาพของชิ้นงาน (Substrate) มีผลต่อลักษณะของผิวชุบ (Deposit) ถ้าชิ้นงานมีปัญหาเช่นผิวไม่เรียบ หรือบางบริเวณไม่ได้ขัด เป็นรู ปาน ปูด ผลงานที่ชุบได้ก็อาจจะปรากฏออกมาให้เห็นได้ ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปรับปรุงจึงได้กำหนดให้มีการตรวจสอบชิ้นงานก่อนนำไปชุบ เพื่อให้ชิ้นงานที่ชุบมีคุณภาพ

ชิ้นงานจะต้องถูกตรวจสอบดังนี้

- ผิวต้องขัดมาเรียบและทั่วถึง
- ไม่มีรอยขนแมวหรือรอยขีดข่วน
- สะอาดและไม่มีคราบยาขัด ดินน้ำมันหรือคราบออกไซด์
- ไม่เป็นรู พรุน ปาน ปูด
- บริเวณเตยหัวแหวนที่มีการฝังพลอยต้องไม่มีเศษขี้โลหะติดค้างอยู่

6.1.3 การแก้ไขปัญหาจากน้ำยาชุบและน้ำล้าง

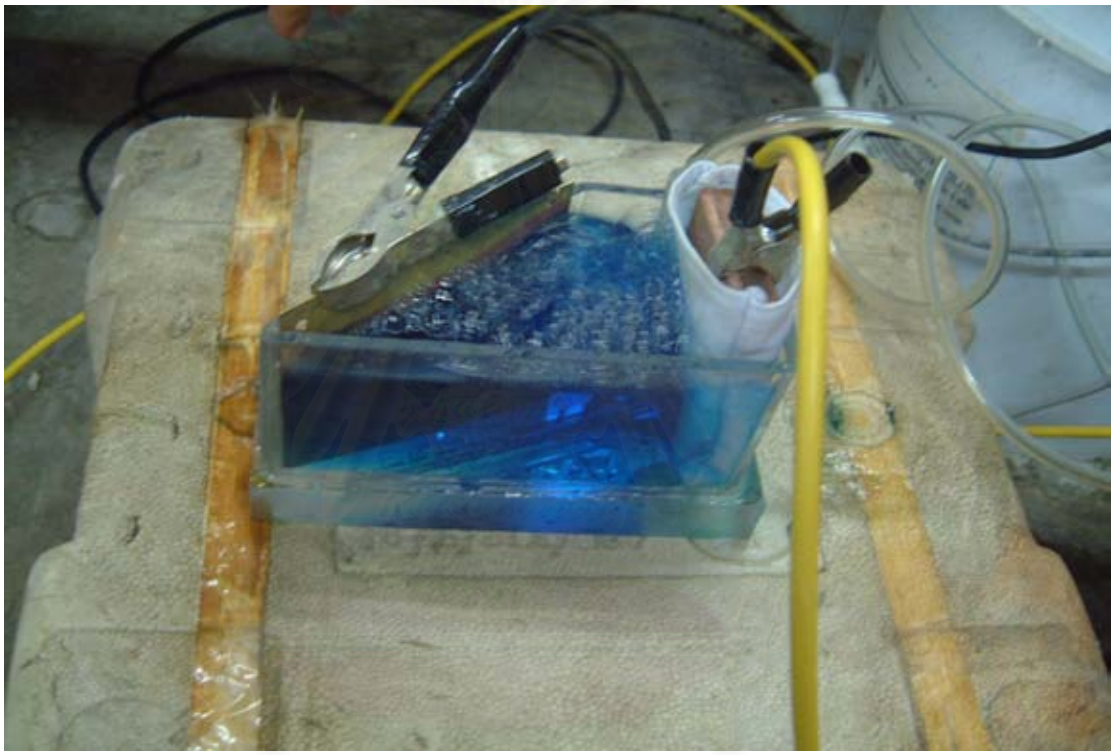
สิ่งที่ได้ปรับปรุงแก้ไขในปัญหาจากการน้ำยาชุบและน้ำล้างมีดังนี้

1. จัดทำวิธีการตรวจสอบน้ำล้างและน้ำยาทำความสะอาด
2. กำหนดวิธีการตรวจสอบ และบำรุงรักษาน้ำยาชุบ รายละเอียดอยู่ในเอกสารวิธีการปฏิบัติงานที่ได้จัดทำขึ้นในภาคผนวก ค
3. จัดทำคู่มือน้ำยาชุบโลหะแต่ละชนิดขึ้นมาให้แผนกชุบตัวเรือนได้ใช้เป็นแนวทางอ้างอิงได้ รายละเอียดในภาคผนวก ง
4. จัดทำใบตรวจสอบน้ำยาชุบ ดังแสดงในภาคผนวก จ ซึ่งใช้บันทึกผลการตรวจสอบน้ำยาชุบที่ต้องทำเดือนละครั้งเพื่อควบคุมตัวแปรต่างๆที่มีผลกับการชุบเคลือบผิวให้ถูกต้อง
5. ปรับปรุงให้มีการใช้น้ำยาชุบอย่างถูกต้อง จากการศึกษาข้อมูลน้ำยาชุบโลหะและการบำรุงรักษาน้ำยาชุบในปัจจุบันของแผนกชุบตัวเรือนพบว่า น้ำยาชุบบางชนิดมีการบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้อง จึงได้ทำการแก้ไขใหม่ดังนี้

น้ำยาชุบ	สภาวะเดิม	สภาวะที่ถูกต้อง
ทองสไตร์ค	10 กรัม/400 แอมแปร์มินิต	10 กรัม/200 แอมแปร์มินิต
แพลทตินัม	10 กรัม/311 แอมแปร์มินิต 2-3 รอบจึงเติม	10 กรัม/1211 แอมแปร์มินิต

6. อบรมวิธีการและนำการวิเคราะห์น้ำยาชุบทองแดงเงาด้วยฮัลเซลมาใช้ในแผนกชุบตัวเรือน วิธีการทดสอบน้ำยาชุบทองแดงเงาด้วยฮัลเซลดังในภาคผนวก ฉ

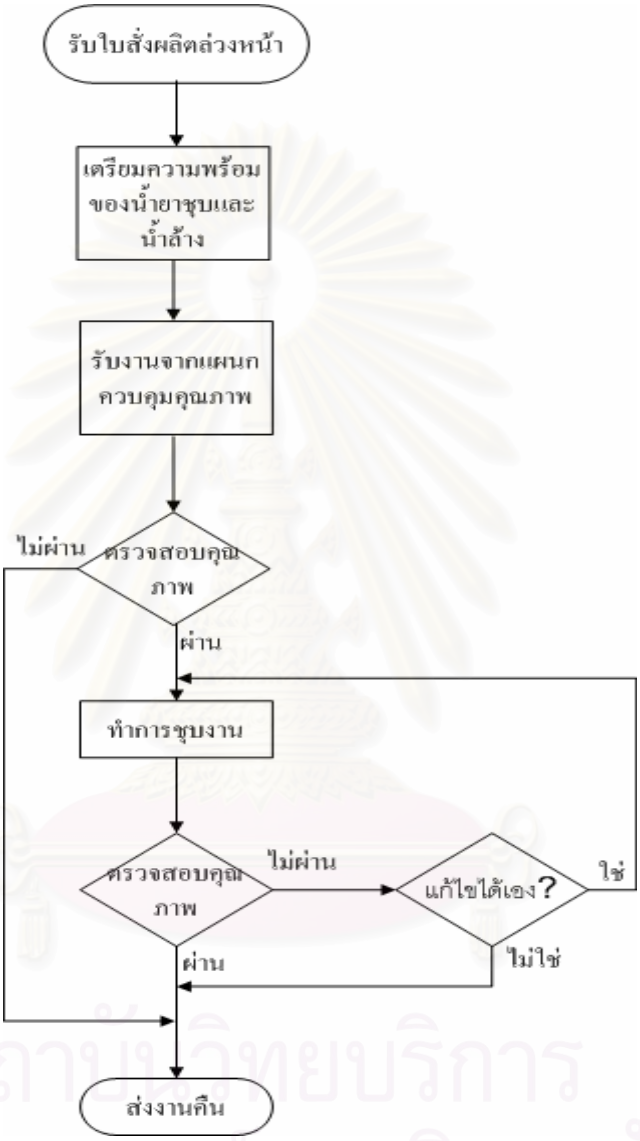
จากการศึกษาพบว่าสาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาจากน้ำยาชุบจะไม่เกิดขึ้นบ่อย แต่ที่ทำให้มีจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องมาก ก็เนื่องมาจากพนักงานไม่ตรวจงานในทันทีที่ชุบเสร็จในแต่ละครั้งทำให้ปัญหาลุกลามใหญ่โต จึงเสนอหัวหน้าแผนกกำหนดให้พนักงานต้องทำการตรวจงานที่ชุบในชุดแรก ทุกครั้งก่อนที่จะชุบงานชุดถัดไปได้



รูปที่ 6.3 การทำฮัลเซลน้ำยาชุบทองแดงเงาในแผนกชุบตัวเรือน

รูปที่ 6.4 ภาพแผ่นทดสอบที่ได้จากการทำฮัลล์เซลน้ำยาชุบทองแดงเงา

จากแนวทางที่ได้เสนอแนะไปสามารถกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ของแผนกชุบตัวเรือนซึ่งจะมีขั้นตอนของการตรวจสอบน้ำยาชุบและตรวจคุณภาพของชิ้นงานก่อนการชุบเพิ่มขึ้นมาดังนี้



รูปที่ 6.5 ขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ของแผนกชุบตัวเรือน

ตารางที่ 6.2 รายละเอียดและเอกสารที่จัดทำ

ปัญหา	รายละเอียดที่ได้จัดทำ	เอกสารอ้างอิง
ชิ้นงานกระทบกัน	วิธีการผูกชิ้นงาน วิธีการแขวนงานชุบ	วิธีการปฏิบัติงานของแผนกชุบตัวเรือน
ชิ้นงานเข้าไปใกล้แผ่นล่อ		
ชิ้นงานบังกัน		
ชิ้นงานกระทบกับจิ๊ก	วิธีการใช้จิ๊ก	
ทำการเช็ดชิ้นงานแล้วเป็นขนแมว	วิธีการเช็ดชิ้นงาน	
ล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ	วิธีการล้างชิ้นงาน วิธีการตรวจสอบน้ำยาทำความสะอาดและน้ำล้าง	
แปรงล้างชิ้นงานไม่สะอาดพอ	วิธีการแปรงล้างชิ้นงาน ขั้นตอนกระบวนการชุบงานแต่ละลักษณะ	
ค่ากระแสไฟในการชุบไม่เหมาะสม	วิธีการปรับไฟในการชุบ วิธีการชุบน้ำยาชุบแต่ละชนิด	
น้ำล้างเป็นเมือกๆ	วิธีการตรวจสอบน้ำล้าง	
มีเศษผ้าและสิ่งสกปรกในน้ำยาชุบทองแดงเงา	วิธีการดูแลรักษาและทำความสะอาดน้ำยาชุบ	
น้ำยาชุบมีคราบสกปรก		
น้ำยาชุบมีสภาพไม่สมบูรณ์	วิธีการตรวจสอบสภาวะของน้ำยาชุบ ส่วนประกอบของน้ำยาชุบ สภาวะของน้ำยาชุบ การบำรุงน้ำยาชุบ	วิธีการปฏิบัติงานของแผนกชุบตัวเรือน คู่มือน้ำยาชุบโลหะในแผนกชุบตัวเรือน
น้ำยาชุบทองแดงเงาเป็นเมือกๆ	วิธีการทดสอบน้ำยาชุบทองแดงเงาด้วยฮัลเซล	วิธีการทดสอบน้ำยาชุบทองแดงเงาด้วยฮัลเซล
น้ำยาชุบทองแดงเงาไม่สมดุล		

6.2 การนำไปใช้ในการปฏิบัติงาน

ผลการศึกษาและการแก้ไขปรับปรุงที่ได้ดำเนินการทั้งหมด ได้นำมาอบรมการปฏิบัติงานแก่พนักงานเพื่อควบคุมการทำงานของพนักงานให้เป็นมาตรฐาน และทำการประเมินผลพนักงานโดยใช้แนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัดดังนี้

<u>วิธีการประเมินผลโดยใช้แนวทางของการวิเคราะห์ระบบการวัด</u>

การประเมินผลจะใช้แนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัดในลักษณะสมบัติเชิงคุณภาพโดยวิธีสั้น (Short Method) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในศึกษาความสามารถของพนักงานในการทำงาน โดยแนวความคิดของการประเมินผลจะอาศัยแบบทดสอบซึ่งจัดทำขึ้น ให้พนักงานแต่ละคนทำ จากนั้นจะพิจารณาว่าผลการตอบตรงกับคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ เพื่อจำแนกว่าผ่านหรือไม่ผ่านการทดสอบ ถ้าสามารถทำได้แสดงว่าพนักงานมีความเข้าใจที่ถูกต้องบ่งบอกถึงความเที่ยงตรง ส่วนผลการทดสอบที่ตรงกันจากการทดสอบซ้ำในข้อเดียวกันจะบ่งบอกถึงความแม่นยำ โดยมีวิธีการดังนี้

1. สร้างแบบทดสอบพนักงานโดยนำคำถามมาจากวิธีการปฏิบัติงานที่ได้จัดทำขึ้น ดังในภาคผนวก ช
2. ทำการทดสอบพนักงานในแผนกชุบตัวเรือน (มีจำนวน 2 คน) ให้ทำแบบทดสอบชุดที่1 โดยให้พนักงานเลือกคำตอบที่คิดว่าถูก แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกข้อมูลการทดสอบ และให้พนักงานทำการทดสอบอีกครั้งในแบบทดสอบชุดที่ 2 (คำถามเดิมแต่สลับข้อ) (พนักงานแต่ละคนจะทำแบบทดสอบ 2 ครั้งคือชุดที่1 และชุดที่ 2)
3. ดำเนินการประเมินผล ดังภาคผนวก ช เพื่อหาค่าดัชนีต่างๆ ดังนี้

$$\%\ \text{รีพีททะบิลิตี้ของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการทดสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนข้อที่ทดสอบ}}$$

$$\%\ \text{ความไม่ไบอัสของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการทดสอบเหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนข้อที่ทดสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านไบอัสของการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทำได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนข้อที่ทดสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนทำได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนข้อที่ทดสอบ}}$$

4. ถ้าผลการทดสอบไม่ผ่าน(ค่าดัชนีไม่ถึง 100 %) ก็จะทำการอบรมพนักงานให้เข้าใจตามวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องใหม่ และทำการประเมินผลอีกครั้ง จนผ่านการทดสอบทุกคน

สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบพนักงานในแผนกชุบตัวเรือน 2 คน โดยให้ทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลพนักงาน ได้ผลดังนี้

- ไม่พบความผิดพลาดจากค่า% ความไม่ไบอัสที่ 100% แสดงว่าพนักงานมีความเข้าใจในการทำงานเป็นอย่างดี

- จาก % ความสามารถในการทดสอบซ้ำที่ 100 % แสดงว่าพนักงานมีความสามารถในการทำงานแสดงถึงความสม่ำเสมอของการทำงาน

- โดยรวมแล้วพนักงานมีความสามารถในการทำงานได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำ

จากการที่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานทำให้พนักงานมีองค์ความรู้ ส่งผลให้การทำงานเป็นไปอย่างถูกต้องและตรงกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3 การประเมินผลการปรับปรุง

จากการเก็บข้อมูลปริมาณของงานชุบแต่ละลักษณะที่ได้ทำการชุบระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2547 ซึ่งเป็นช่วงหลังการปรับปรุงได้ผลดังตารางที่ 6.3 (ไม่มีข้อมูลในเดือนพฤศจิกายน 2546 ถึงกุมภาพันธ์ 2547 เนื่องจากไม่ได้มีการเก็บข้อมูล) สามารถแจกแจงลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ดังตารางที่ 6.4 ส่วนสาเหตุของปัญหาได้แสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.3 ปริมาณของงานชุบแต่ละลักษณะที่ได้ทำการชุบระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2547

เดือน	งานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง					งานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง		งานจุ่มกันหมอง	รวม
	โรเดียม	3 อย่าง	2 อย่าง	2 สี	ทอง	โรเดียม	ทอง		
มีนาคม	2,775	2,496	1,496	0	215	492	0	2,568	10,042
เมษายน	1,646	4,158	710	377	186	650	170	0	7,897
พฤษภาคม	4,322	6,446	2,056	230	1,719	1,186	0	0	15,959
มิถุนายน	5,445	8,276	650	206	392	0	0	2,484	12,008
กรกฎาคม	2,897	9,014	1,012	183	128	2,243	1,294	0	16,771
สิงหาคม	3,528	4,115	2,856	341	427	2,745	583	1,342	15,937
รวม	15,168	34,505	8,780	1,337	3,067	7,316	2,047	6,394	78,614
	62,857					9,363		6,394	
	79.96%					11.91%		8.13%	

ตารางที่ 6.4 รายละเอียดลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2547

ลักษณะข้อบกพร่อง	จำนวน (ชิ้น)	ลักษณะการชุบ	เดือน					
			มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
เป็นคราบ	63	โรเดียม	2	0	11	0	0	0
		2 อย่าง	0	0	0	0	0	0
		3 อย่าง	0	0	38**	0	0	0
		ทอง	12	0	0	0	0	0
ชุบติดไม่ทั่ว	6	โรเดียม	0	0	0	0	0	0
		2 อย่าง	6	0	0	0	0	0
เป็นขนแมว	0	ทอง	0	0	0	0	0	0
		3 อย่าง	0	0	0	0	0	0
มัว	10	3 อย่าง	0	0	0	0	10	0
		2 อย่าง	0	0	0	0	0	0

**น้ำยาชุบหมดสภาพการใช้งาน

ตารางที่ 6.4 (ต่อ) รายละเอียดลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2547

ลักษณะข้อบกพร่อง	จำนวน (ชิ้น)	ลักษณะการชุบ	เดือน					
			มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
เป็นรอย	35	ทอง	0	0	0	0	0	0
		3 อย่าง	0	10	11	14	0	0
		2 อย่าง	0	0	0	0	0	0
		จุ่มกันหมอง	0	0	0	0	0	0
ไหม้	0	3 อย่าง	0	0	0	0	0	0
เป็นขี้กลาก	0	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0
เป็นผื่นเม็ดๆ	61	โรเดียมมีนิเกิล	21	0	0	0	27***	13
เป็นขี้เตย	0	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0
เป็นเส้นพาด	98	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0
		3 อย่าง	0	0	0	0	5	0
		ทองมีนิเกิล	0	0	0	0	93 (15+78****)	0
เป็นตามด	15	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0
		ทองมีนิเกิล	0	0	0	0	15	0
ชุบทองลอกง่าย	0	ทองมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0
รวมซ่อม	288		41	10	60	14	150	13
จำนวนที่ผลิต	78,614		10,042	7,897	15,959	12,008	16,771	15,937

***เป็นช่วงที่หัวหน้าแผนกลางงาน 1 สัปดาห์ พนักงานจึงรีบเร่งทำงานและไม่ได้ตรวจสอบชิ้นงานให้ดีก่อน

****เกิดมีสิ่งสกปรกในน้ำยาชุบ ต้องล้างท่อลมใหม่และทำการกรองน้ำยาชุบ

ตารางที่ 6.5 สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2547

ลักษณะข้อบกพร่อง	ลักษณะการชุบ	สาเหตุของปัญหา								
		น้ำล้างไม่สะอาด	น้ำยาชุบ	ตัวเรือนเป็นรู	ชิ้นงานไม่สะอาด	ขั้นตอนการทำงาน	จิ๊ก	ผิวงานขัดมาไม่ดี	กระแสไฟชุบ	ไม่ทราบสาเหตุ
เป็นคราบ	โรเดียม	2	0	0	11	0	0	0	0	0
	2 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 อย่าง	0	โรเดียม 38**	0	0	0	0	0	0	0
	ทอง	12	0	0	0	0	0	0	0	0
ชุบติดไม่ทั่ว	โรเดียม	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2 อย่าง	0	0	6	0	0	0	0	0	0
เป็นขนแมว	ทอง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
มัว	3 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	2 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เป็นรอย	ทอง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 อย่าง	0	0	0	0	35	0	0	0	0
	2 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	จุ่มกันหมอง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ไหม้	3 อย่าง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เป็นขี้กลาก	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เป็นผื่นเม็ดๆ	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	48 (21+27***)	0	13

**น้ำยาชุบหมดสภาพการใช้งาน

***เป็นช่วงที่หัวหน้าแผนกลางงาน 1 สัปดาห์ พนักงานจึงรีบเร่งทำงานและไม่ได้ตรวจสอบชิ้นงานให้ดีก่อน

ตารางที่ 6.5 (ต่อ) สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2547

ลักษณะข้อบกพร่อง	ลักษณะการชุบ	สาเหตุของปัญหา								
		น้ำล้างไม่สะอาด	น้ำยาชุบ	ตัวเรือนเป็นรู	ชิ้นงานไม่สะอาด	ขั้นตอนการทำงาน	จิ๊ก	ผิวงานขัดมาไม่ดี	กระแสไฟชุบ	ไม่ทราบสาเหตุ
เป็นขี้เตย	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เป็นเส้นพาด	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 อย่าง	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	ทองมีนิเกิล	15	ทองแดงเงา 78****	0	0	0	0	0	0	0
เป็นตามด	โรเดียมมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ทองมีนิเกิล	0	นิเกิล 15	0	0	0	0	0	0	0
ชุบทองลอกง่าย	ทองมีนิเกิล	0	0	0	0	0	0	0	0	0
รวม		34	131	6	11	35	0	48	0	23

****เกิดมีสิ่งสกปรกในน้ำยาชุบ ต้องล้างท่อลมใหม่และทำการกรองน้ำยาชุบ

ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเป็นงานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง 119 ชิ้น คิดเป็น 0.19 % ของปริมาณงานที่ชุบแบบไม่มีนิเกิล-ทองแดง และเป็นงานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง 169 ชิ้น คิดเป็น 1.8 % ของปริมาณงานที่ชุบแบบมีนิเกิล-ทองแดง เมื่อได้ทำการตัดข้อมูลที่ผิดปกติออกไป ทำให้มีลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในงานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดงลดลงเป็น 81 ชิ้น คิดเป็น 0.13 % ของปริมาณงานที่ชุบแบบไม่มีนิเกิล-ทองแดง และงานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดงลดลงเป็น 64 ชิ้น คิดเป็น 0.68 % ของปริมาณงานที่ชุบแบบมีนิเกิล-ทองแดง

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ทำการปรับแก้ไขข้อมูลโดยตัดข้อมูลที่ผิดปกติออกไป สามารถนำมาเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์งานซ่อมของช่วงก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.6 ถึง 6.8 และรูปที่ 6.6 ถึง 6.8 พบว่าปริมาณงานซ่อมมีแนวโน้มที่ลดลงจากเดิม 0.591 % เป็น 0.184 %

ตารางที่ 6.6 จำนวนและเปอร์เซ็นต์งานซ่อมในแต่ละเดือนของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

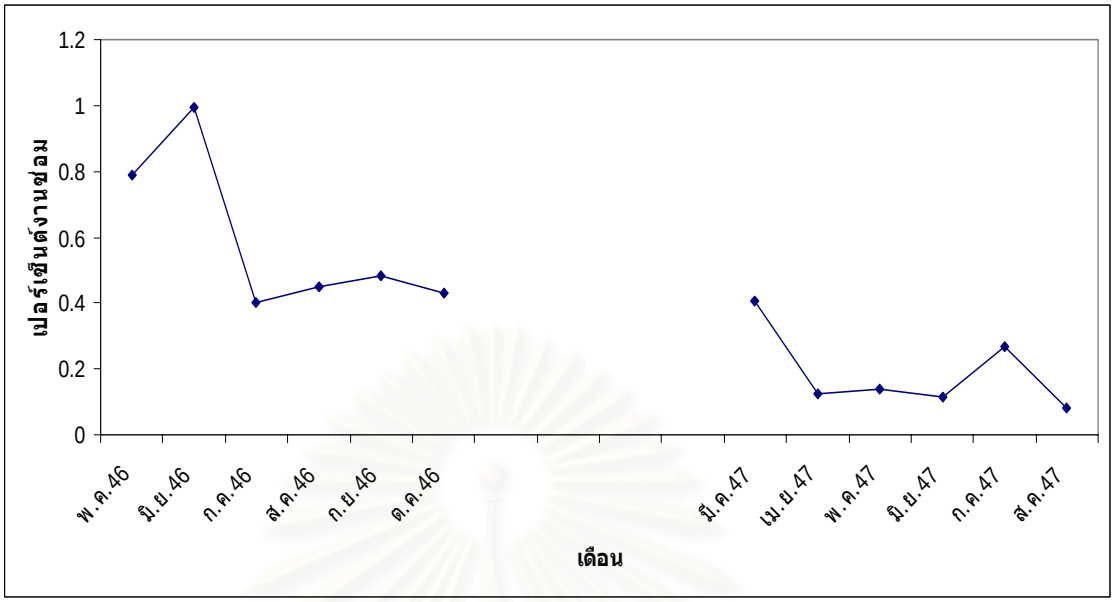
เดือน	จำนวนงานซ่อม	จำนวนที่ผลิต	เปอร์เซ็นต์งานซ่อม
ก่อนการปรับปรุง			
พ.ค. 46	147	18,609	0.790
มิ.ย. 46	93	9,337	0.996
ก.ค. 46	42	10,496	0.400
ส.ค. 46	40	8,920	0.448
ก.ย. 46	94	19,484	0.482
ต.ค. 46	455-400*=55	12,804	0.430
รวม	871-400=471	79,650	0.591
หลังการปรับปรุง			
มี.ค. 47	41	10,042	0.408
เม.ย. 47	10	7,897	0.127
พ.ค. 47	60-38**=22	15,959	0.138
มิ.ย. 47	14	12,008	0.117
ก.ค. 47	150-27***-78****=45	16,771	0.268
ส.ค. 47	13	15,937	0.082
รวม	288-143=145	78,614	0.184

* พนักงานใหม่นำจิ๊กมาใช้โดยไม่ตรวจสอบและไม่ตรวจงานทันทีที่ทำเสร็จ

**น้ำยาชุบหมดสภาพการใช้งาน

***เป็นช่วงที่หัวหน้าแผนกลางาน 1 สัปดาห์ พนักงานจึงรีบเร่งทำงานและไม่ได้ตรวจสอบชิ้นงานให้ดีก่อน

****เกิดมีสิ่งสกปรกในน้ำยาชุบ ต้องล้างท่อลมใหม่และทำการกรองน้ำยาชุบ



รูปที่ 6.6 เปอร์เซ็นต์งานซ่อมในแต่ละเดือนของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 6.7 จำนวนและเปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามลักษณะข้อบกพร่องของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

ลักษณะข้อบกพร่อง	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนผลิต 79,650 ชิ้น	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนผลิต 78,614 ชิ้น
เป็นคราบ	138	0.173	63-38**=25	0.032
ชุบติดไม่ทั่ว	31	0.039	6	0.008
เป็นขนแมว	40	0.050	0	0
มัว	83	0.104	10	0.013
เป็นรอย	515-400*=115	0.144	35	0.045
ไหม้	6	0.008	0	0

* พนักงานใหม่นำจิ๊กมาใช้โดยไม่ตรวจสอบและไม่ตรวจงานทันทีที่ทำเสร็จ

**น้ำยาชุบหมดสภาพการใช้งาน

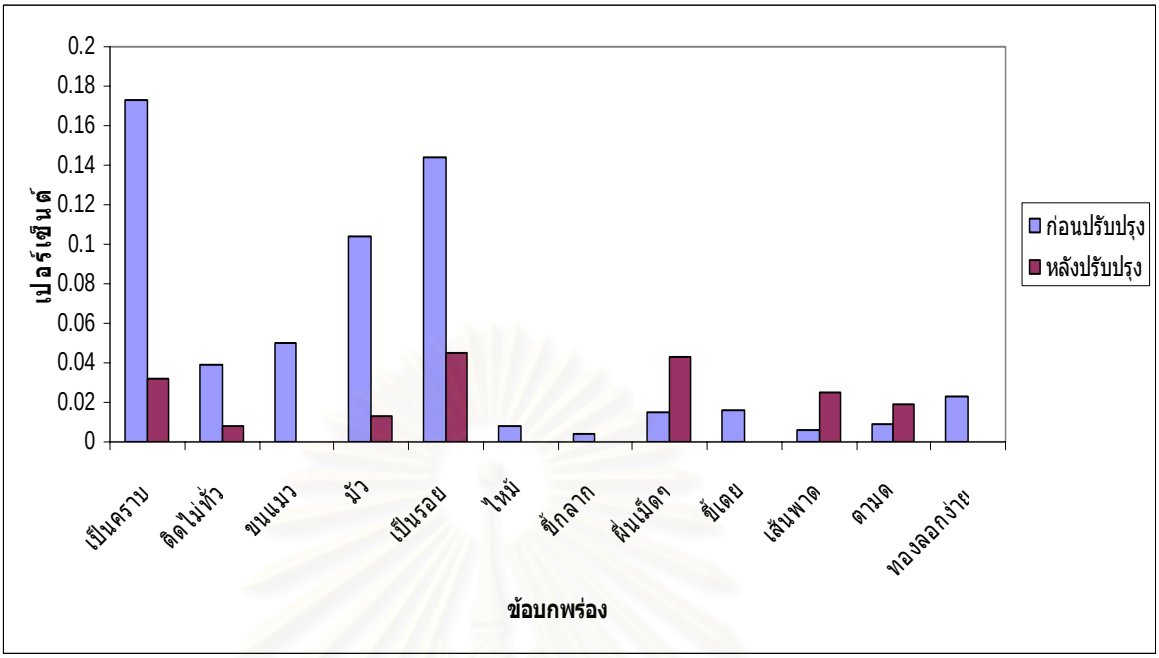
ตารางที่ 6.7 (ต่อ) จำนวนและเปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามลักษณะข้อบกพร่องของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

ลักษณะข้อบกพร่อง	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนผลิต 79,650 ชิ้น	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนผลิต 78,614 ชิ้น
เป็นขี้กลาก	3	0.004	0	0
เป็นผื่นเม็ดๆ	12	0.015	61-27***=34	0.043
เป็นขี้เตย	13	0.016	0	0
เป็นเส้นพาด	5	0.006	98-78****=20	0.025
เป็นตามด	7	0.009	15	0.019
ชุบทองลอกง่าย	18	0.023	0	0

***เป็นช่วงที่หัวหน้าแผนกลางงาน 1 สัปดาห์ พนักงานจึงรีบเร่งทำงานและไม่ได้ตรวจสอบชิ้นงานให้ดีก่อน

****เกิดมีสิ่งสกปรกในน้ำยาชุบ ต้องล้างท่อลมใหม่และทำการกรองน้ำยาชุบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.7 เปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามลักษณะข้อบกพร่องของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

หมายเหตุ : ลักษณะข้อบกพร่องเป็นผื่นเม็ดๆ เป็นเส้นพาดและตามดที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากในช่วงหลังการปรับปรุงมีงานชุบที่มีนิเกิลทองแดงมากขึ้นแต่เปอร์เซ็นต์งานซ่อมได้คิดจากปริมาณงานผลิตทั้งหมด

ตารางที่ 6.8 จำนวนและเปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามสาเหตุของปัญหาของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

สาเหตุของปัญหา	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนผลิต 79,650 ชิ้น	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนผลิต 78,614 ชิ้น
น้ำล้างไม่สะอาด	57	0.072	34	0.043
น้ำยาชุบ	113	0.142	131-38**-78****=15	0.019

**น้ำยาชุบหมดสภาพการใช้งาน

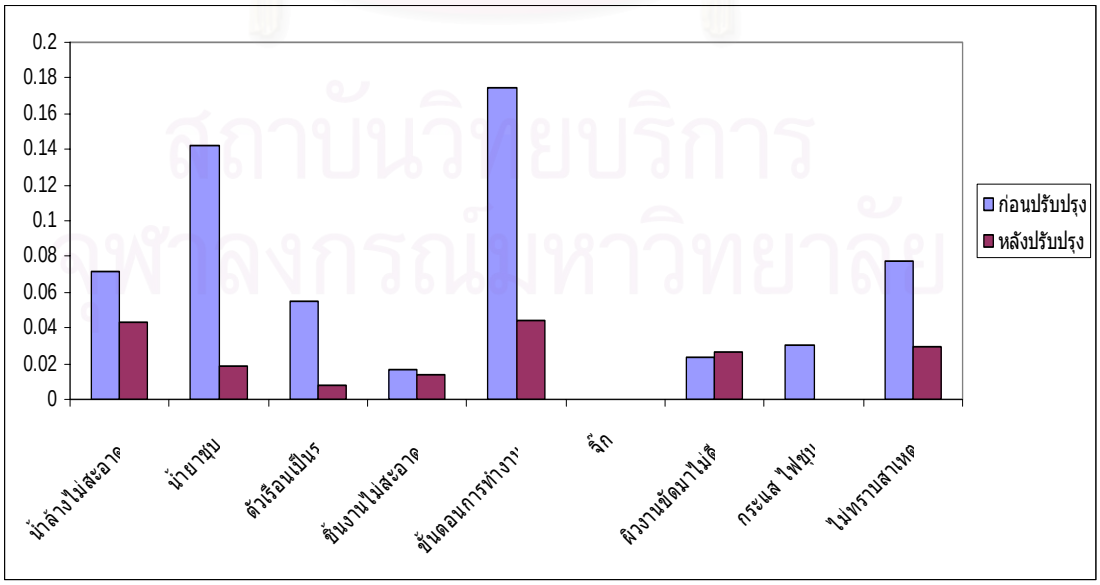
****เกิดมีสิ่งสกปรกในน้ำยาชุบ ต้องล้างท่อลมใหม่และทำการกรองน้ำยาชุบ

ตารางที่ 6.8 (ต่อ) จำนวนและเปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามสาเหตุของของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

สาเหตุของปัญหา	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนผลิต 79,650 ชิ้น	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนผลิต 78,614 ชิ้น
ตัวเรือนเป็นรู	44	0.055	6	0.008
ชิ้นงานไม่สะอาด	13	0.016	11	0.014
ขั้นตอนการทำงาน	139	0.175	35	0.045
จิ๊ก	400-400*=0	0.502	0	0
ผิวงานขัดมาไม่ดี	19	0.024	48-27***=21	0.027
กระแสไฟชุบ	24	0.030	0	0
ไม่ทราบสาเหตุ	62	0.078	23	0.029

* พนักงานใหม่นำจิ๊กมาใช้โดยไม่ตรวจสอบและไม่ตรวจงานทันทีที่ทำเสร็จ

***เป็นช่วงที่หัวหน้าแผนกลางาน 1 สัปดาห์ พนักงานจึงรีบเร่งทำงานและไม่ได้ตรวจสอบชิ้นงานให้ดีก่อน



รูปที่6.8 เปอร์เซ็นต์งานซ่อมแยกตามสาเหตุของปัญหาของช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

บทที่ 7

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงกระบวนการชุบเครื่องประดับ โดยได้ทำการศึกษาปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแผนกชุบตัวเรือนและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทำการแก้ไข พบว่าข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมีสาเหตุหลักเนื่องมาจากปัญหาการทำงานของพนักงาน ชิ้นงานและน้ำยาชุบหรือน้ำล้าง ซึ่งเกิดจากการไม่มีการกำหนดวิธีการทำงานเป็นเอกสารมาตรฐานที่ชัดเจน ทำให้ไม่มีการควบคุมวิธีการทำงาน จึงได้ทำการแก้ไขดังนี้

- จัดทำวิธีการปฏิบัติงาน ขั้นตอนกระบวนการชุบงานลักษณะต่างๆและวิธีการชุบขึ้น
- จัดทำบอร์ดแสดงตัวอย่างลักษณะชิ้นงาน พื้นที่ผิวและค่ากระแสไฟฟ้า
- จัดทำรายการลักษณะของชิ้นงานคุณภาพที่จะนำไปชุบและกำหนดให้มีการตรวจสอบชิ้นงานก่อนนำไปชุบ
- จัดทำวิธีการตรวจสอบน้ำล้างและน้ำยาทำความสะอาด
- กำหนดวิธีการตรวจสอบ และบำรุงรักษาน้ำยาชุบ
- ปรับปรุงให้มีการใช้น้ำยาชุบอย่างถูกต้องและจัดทำคู่มือน้ำยาชุบโลหะแต่ละชนิดขึ้น
- จัดทำใบตรวจสอบน้ำยาชุบ
- นำการวิเคราะห์น้ำยาชุบทองแดงเงาด้วยฮัลเซลมาใช้ในแผนกชุบตัวเรือน

สามารถสรุปผลเปรียบเทียบการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1 การสรุปผลเปรียบเทียบการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
1) ไม่มีความชัดเจนในการทำงาน เนื่องจากไม่มีการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานเป็นลายลักษณ์อักษร	1) มีการปรับปรุงวิธีการทำงาน มีการกำหนดรายละเอียดต่างๆในการทำงานที่ชัดเจนและจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ขึ้น
2) วิธีการคำนวณกระแสไฟฟ้าในการชุบไม่เหมาะสม	2) มีการจัดทำบอร์ดแสดงรายละเอียดของชิ้นงาน และขนาดพื้นที่ผิวเพื่อใช้ในการคำนวณค่ากระแสไฟที่ถูกต้อง
3) ไม่มีการทดสอบการทำงานของพนักงานแต่ละคน	3) มีการประเมินการทำงานของพนักงานจากแบบทดสอบโดยใช้แนวทางของการวิเคราะห์ระบบการวัด ทำให้มั่นใจได้ว่าพนักงานมีความเข้าใจในการทำงานที่ถูกต้องในแนวทางเดียวกัน
4) ไม่มีวิธีการตรวจสอบน้ำยาชุบโลหะ	4) มีการตรวจสอบและมีวิธีในการวิเคราะห์น้ำยาชุบโลหะเพื่อควบคุมสภาพของน้ำยาชุบให้อยู่ในเงื่อนไขเหมาะสม
5) ไม่สามารถตรวจสอบการทำงานชุบได้	5) สามารถตรวจสอบและควบคุมการทำงานจาก WI ที่ได้จัดทำ
6) ขาดความชัดเจนในการบำรุงรักษาน้ำยาชุบ	6) มีการปรับปรุงการบำรุงรักษาน้ำยาชุบให้ถูกต้องและจัดทำคู่มือน้ำยาชุบโลหะขึ้น
7) ไม่มีข้อมูลการแก้ไขปรับปรุงน้ำยาชุบ	7) มีการบันทึกผลการตรวจสอบน้ำยาชุบและบันทึกการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงแก้ไขน้ำยาชุบเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำยาชุบได้

ผลการแก้ไขปรับปรุงทำให้ปริมาณงานซ่อมของแผนกชุบตัวเรือนจากเดิมที่มี 0.591 % ลดลงเป็น 0.184%

7.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

1. เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องประดับและอัญมณีมีราคาสูง จึงไม่สามารถที่จะทำการทดลองอื่นนอกเหนือจาการผลิตได้
2. พนักงานยังไม่ค่อยมีการบันทึกข้อมูล หรือบันทึกไม่ครบถ้วนทำให้การสรุปและรวบรวมข้อมูลต่างๆไม่ค่อยสมบูรณ์
3. เนื่องจากการชุบเครื่องประดับเป็นงานที่ต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ร่วมด้วย การแก้ปัญหาต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการฝึกฝน
4. สาเหตุของปัญหาบางอย่างไม่สามารถทราบได้แน่ชัด อาศัยเพียงการสันนิษฐานเท่านั้นเนื่องจากเป็นกระบวนการจึงไม่สามารถตรวจสอบกลับไปยังสภาวะขณะที่เกิดปัญหานั้นได้

7.3 ข้อเสนอแนะ

1. ปัญหาที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานควรทำการแก้ไขที่ต้นตอของปัญหาซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายหน่วยงานไม่ว่าจะเป็นการหล่อตัวเรือน การฝังพลอยในตัวเรือนและการขัด เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นในการชุบ
2. เนื่องจากปริมาณและลักษณะงานที่เข้ามาชุบไม่แน่นอน จึงไม่สามารถที่จะกำหนดเวลาของการเปลี่ยนทำความสะอาดที่แน่นอนได้ ดังนั้นอาจมีการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำความสะอาดน้ำล้างหรือน้ำยาชุบโดยพิจารณาจากค่าแอมแปร์มินิตของการใช้งานน้ำยาชุบ
3. แผนการผลิตควรให้มีงานชุบน้ำยาชุบแต่ละชนิดอยู่เป็นประจำ
4. ระบบการวัดมีประโยชน์และมีความสำคัญต่อการประกันคุณภาพอย่างมาก เป็นการดำเนินการป้องกันปัญหาต่างๆโดยผ่านระบบการเตือนไว้ล่วงหน้า การวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นการศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดซึ่งทำให้สามารถตัดสินใจได้

ว่ากระบวนการที่ทำการศึกษานั้นมีประสิทธิผลมากน้อยเพียงใด เราสามารถนำแนวทางของการวิเคราะห์ระบบการวัดนี้ไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงานอื่นได้

5. การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดความล้มเหลวและการแก้ปัญหาด้วยเทคนิค Fault Tree Analysis เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาในเชิงโครงสร้างได้เป็นอย่างดี แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ต่างๆของเหตุการณ์ที่เป็นเหตุเป็นผลกันซึ่งเข้าใจได้โดยง่าย สามารถบ่งชี้สาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหาเพื่อที่จะทำการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาได้อย่างยั่งยืน
6. การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ปัญหาที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (สาเหตุ)ต่างๆที่ทำให้เกิดผลลัพธ์โดยแตกแยกออกเป็นสาเหตุย่อยๆลงไปอย่างเป็นระบบ สามารถใช้เป็นตัวนำทางสำหรับการปรึกษาหารือ แสดงความคิดเห็นเพื่อร่วมในการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา
7. จากการเข้าไปช่วยประสานงานเพื่อแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมขนาดย่อม (SMEs) ได้พบว่าแนวทางในการจัดการกับปัญหาในอุตสาหกรรม SMEs ที่ดีควรมีการชี้ให้บุคคลากรในระดับต่างๆที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนมุมมองและแนวทางในการทำงานมาเป็นการทำงานเชิงรุกมากขึ้นบนพื้นฐานของการมีความคิดเชิงกลยุทธ์และการมีวิสัยทัศน์ในการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. การบ่งชี้อันตราย การประเมินความเสี่ยงและแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (โครงการส่งเสริมความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : สำนักควบคุมวัตถุอันตราย,2546.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า.พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ:กองบริการอุตสาหกรรม,2524

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ.การวิเคราะห์ระบบการวัด.พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.

ชัชวาล พรพัฒน์กุล, การวิเคราะห์ระบบการวัด: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องเพชรพลอยและเครื่องประดับ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

ซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด ,บริษัท. High Speed Durago. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., ม.ป.ป.อัดสำเนา.

ซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด ,บริษัท. น้ำยาทองกรด. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., ม.ป.ป.อัดสำเนา.

ซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด ,บริษัท. น้ำยาทอง 24 เค. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., ม.ป.ป.อัดสำเนา.

ซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด ,บริษัท. ยาเงา 81 เอ. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., ม.ป.ป.อัดสำเนา.

ซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด ,บริษัท. ยาเงาทองแดง 210. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., ม.ป.ป.อัดสำเนา.

ซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด ,บริษัท. ทองแดงด้านแบบชุบหนา (Deweka-Cu 401). กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., ม.ป.ป.อัดสำเนา.

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย,การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: บริษัทเอ็มแอนด์อี จำกัด, 2540.

ปิยะรัตน์ ลิมปนิลชาติ, การศึกษาสาเหตุของงานทำซ้ำ เพื่อลดการสูญเสียเวลาในโรงงานเครื่องประดับ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

ผจงกิจ โสธนะยงกุล, การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับโรงงานผลิตท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีดในรถยนต์,วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. ชุบทอง. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ หจก. มิตรเจริญการพิมพ์, 2543

พิพัฒน์ ไพศาลภาณุมาศ, ต้นแบบสำหรับการตรวจสภาพการฝังอัญมณีบนตัวเรือนแหวน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

ภัทรวัต อุเบกขานนท์, การศึกษาแผนการบริหารคุณภาพในโรงงานเครื่องประดับ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

สมชาย มนัสเกียรติกุล. หลักการเบื้องต้นของการชุบเคลือบผิว และ การชุบเคลือบผิวด้วยโรเดียม [เอกสารประกอบการอบรมและสัมมนา]. Umicore Precious Metals (Thailand) Ltd.Jewellery & Electroplating Business , 17 ตุลาคม 2546

สมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ. การชุบและเคลือบผิว. กรุงเทพฯ.

อรรถพล ฤทธิภักดี, การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์,วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

<u>ภาษาอังกฤษ</u>

Corti, C.,W. Back to Basics:Electroplating&Electropoloishing of Jewellery. Gold Technology 35 Summer 2002 :19-26.

Nohse, W. The Hull Cell, Robert Draper ,Teddington,1966

OMG Galvanotechnik GmbH. Platinum K [Operating Instructions]. 20 April 2002 Edition

OMG Galvanotechnik GmbH. Rhodium J1 [Operating Instructions]. 29 April 2002 Edition

Sahanavy Trading Co.,Ltd. Palladium FS. n.d.

Schmalhorst, J. Introduction into Electroplating (Degussa Electroplating) . Degussa Galvanotechnik GmbH, 2000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

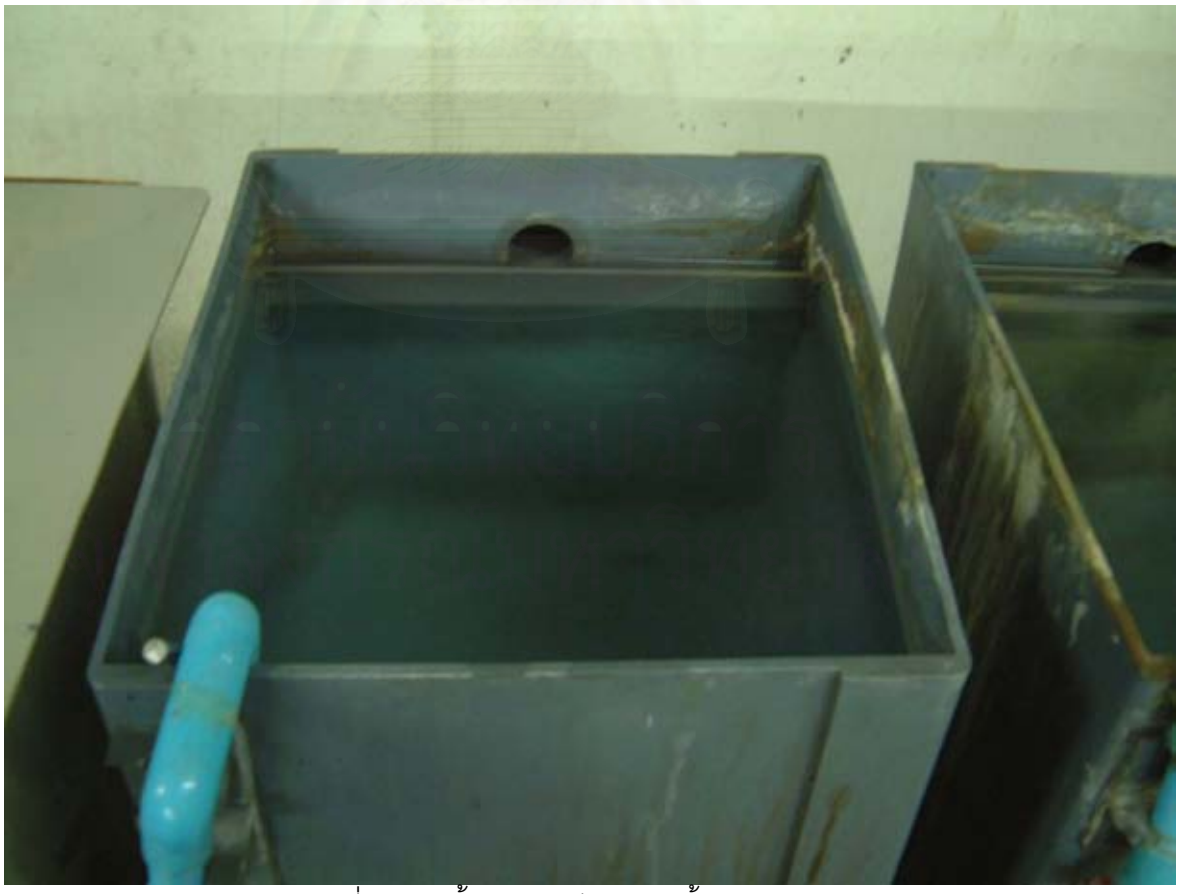
ภาพอุปกรณ์ภายในห้องชุบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก-1 ถังชุบ , ถังล้างและอุปกรณ์ชุดจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ ก-2 ถังน้ำยาชุบและอุปกรณ์ควบคุม

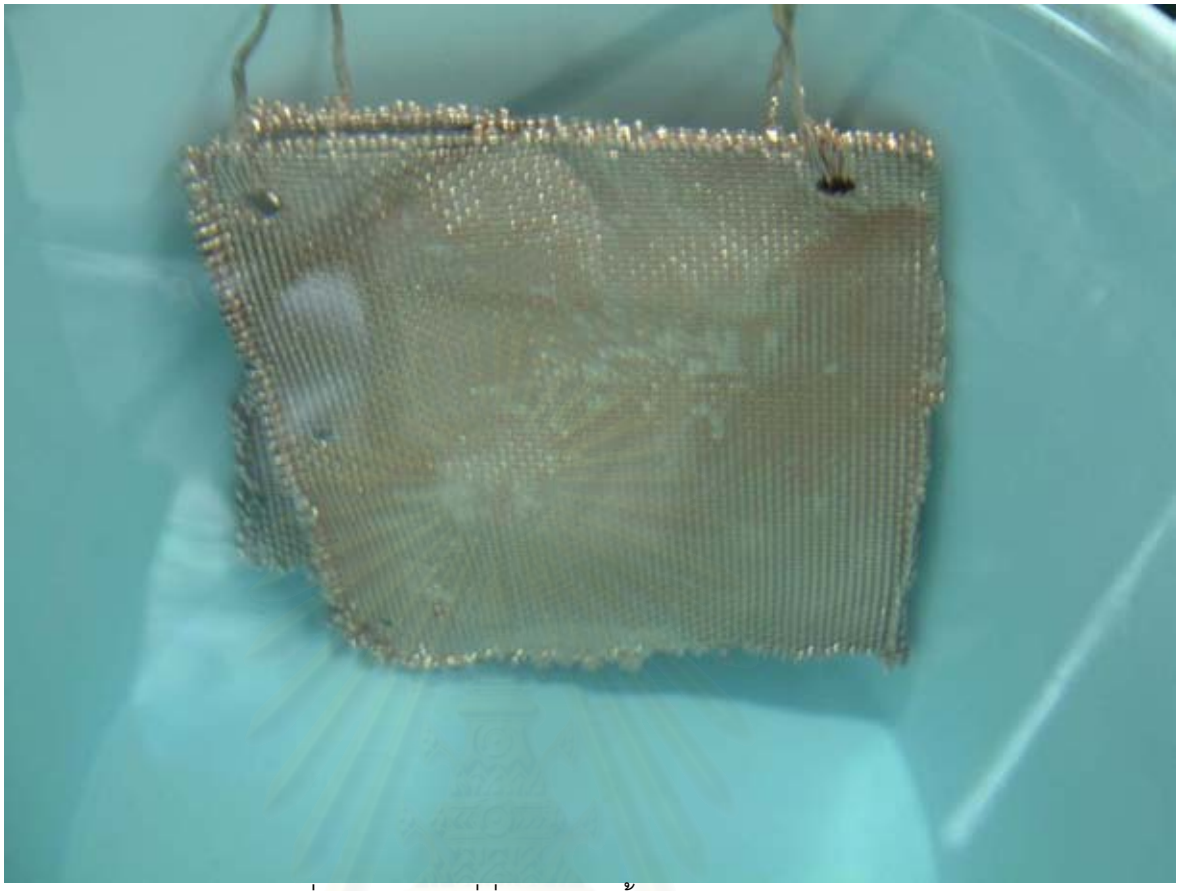
รูปที่ ก-3 เครื่องวัดค่าแอมแปร์•มินิตและแผงควบคุมกระแสไฟฟ้า



รูปที่ ก-4 ถังน้ำล้างแบบไหลล้น (น้ำประปา)

รูปที่ ก-5 ถังน้ำล้าง (น้ำกลั่น)

รูปที่ ก-6 น้ำยาบำรุงของน้ำยาชุบทองแดงเงา



รูปที่ ก-7 แผ่นดัมมี่ที่ใช้ทดสอบน้ำยาชุบทองแดงเงา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.
ภาพการทำงานในแต่ละขั้นตอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข-1 การผูกชิ้นงานด้วยลวดทองแดง

รูปที่ ข-2 การล้างด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค

รูปที่ ข-3 การล้างไฟฟ้า

รูปที่ ข-4 การชุบทองแดงเงา

รูปที่ ข-5 การชุบโรเดียมในถังชุบ

รูปที่ ข-6 การเป่าไอน้ำ

รูปที่ ข-7 การเป่าด้วยลมร้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.
วิธีการปฏิบัติงานของแผนกซุบตัวเรือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 1/23

วิธีการชุบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เขียนโดย :	ผู้ตรวจสอบ :	ผู้อนุมัติ :

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ :2 /23

1. ผู้ปฏิบัติ : หัวหน้าและพนักงานแผนกชุบตัวเรือน

2. วัตถุประสงค์ : เพื่อให้ได้การชุบที่ถูกต้องและสวยงามตามความต้องการของลูกค้า

3. ขอบข่าย : รับงานจากแผนกควบคุมคุณภาพหรือห้องตัวอย่าง มาชุบให้เรียบร้อยและถูกต้องตามใบจ่ายงาน(SD-05) และ รับงานชุบซ่อมจากแผนกควบคุมคุณภาพ มาชุบให้เรียบร้อยตามใบส่งงานซ่อม (SD-08)

4. สิ่งที่เกี่ยวข้อง :

4.1 ใบสั่งผลิต (SD-01)

4.2 ใบส่งงานซ่อม (SD-08)

5. นิยาม : ไม่มี

6. รายละเอียด : วิธีการชุบ

<u>การจับชิ้นงาน</u>

ให้ใส่ถุงนิ้วทุกครั้ง เมื่อผูกชิ้นงานขัดเงาหรือเมื่อจับงานที่ชุบเสร็จแล้วใส่ตะกร้า

<u>การเช็ดชิ้นงาน</u>

ใช้ผ้าสำลีที่สะอาดหรือสำลีชุบแอลกอฮอล์เช็ดชิ้นงานอย่างเบามือ

<u>การแปรงล้างชิ้นงาน</u>

นำชิ้นงานไปแช่ในน้ำที่ผสมน้ำยาล้างจานประมาณ 10 นาทีและทำการแปรงออกให้สะอาดที่สุด

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 3/23

การผูกชิ้นงาน

ในการผูกชิ้นงานด้วยลวดทองแดงให้ผูกชิ้นงานให้หลวมพอควรและควรเว้นระยะในการผูกชิ้นงานให้เหมาะสม ไม่ผูกชิ้นงานชิดกันจนเกินไปและอย่าให้ปลายลวดยาวไป ถ้าชิ้นงานมีน้ำหนักเบาให้ใส่ตัวพ่วงเข้าไปถ่วงด้วยเพื่อไม่ให้ชิ้นงานแกว่งเข้าไปใกล้แผ่นล่อ จำนวนชิ้นงานต่อหนึ่งพวงถ้าเป็นแหวนชิ้นใหญ่ ใส่พวงละ 7 วง ชิ้นเล็ก ใส่พวงละ 10-12 วง

การใช้จิ๊ก

จะใช้จิ๊กในการชุบพาราเดียม, แพลตตินัมและโรเดียม กรณีของแหวนขัดเงาวงใหญ่ที่มีหน้ากว้าง เพื่อป้องกันรอยกระแทก โดยผูกชิ้นงานแต่ละชิ้นด้วยลวดทองแดงก่อนแล้วค่อยแขวนลวดทองแดงลงบนจิ๊ก (ไม่แขวนชิ้นงานลงบนจิ๊กโดยตรง) และอย่าใส่ชิ้นงานชิดติดกันเกินไป

ในงานจุ่มกันหมองที่ไม่ต้องล้างไฟฟ้า ให้แขวนชิ้นงานในจิ๊กที่มียางหุ้ม และอย่าใส่ชิ้นงานชิดติดกันเกินไป

การแขวนงานชุบ

การแขวนชิ้นงานลงชุบในถังชุบอย่าแขวนใกล้กันเกินไป ควรเว้นระยะแขวนขอเกี่ยวอันเว้นอันและควรระมัดระวังไม่ให้ปลายลวดไปเกี่ยวกับแผ่นล่อ

การล้างชิ้นงาน

ควรจุ่มล้างชิ้นงานให้สะอาดนานอย่างน้อย 2 วินาที เพื่อให้น้ำยาออกจากชิ้นงานให้หมด

การปรับไฟในการชุบ

คำนวณพื้นที่ผิวของชิ้นงาน(ตารางเดซิเมตร)ที่จะนำลงชุบจากตารางแสดงพื้นที่ผิวของชิ้นงาน แล้วนำไปคูณกับค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า(แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร) ของน้ำยาชุบแต่ละชนิด จะได้ค่ากระแสไฟฟ้า(แอมแปร์) ที่เหมาะสมในการชุบชิ้นงาน

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 4/23

การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องชุบ

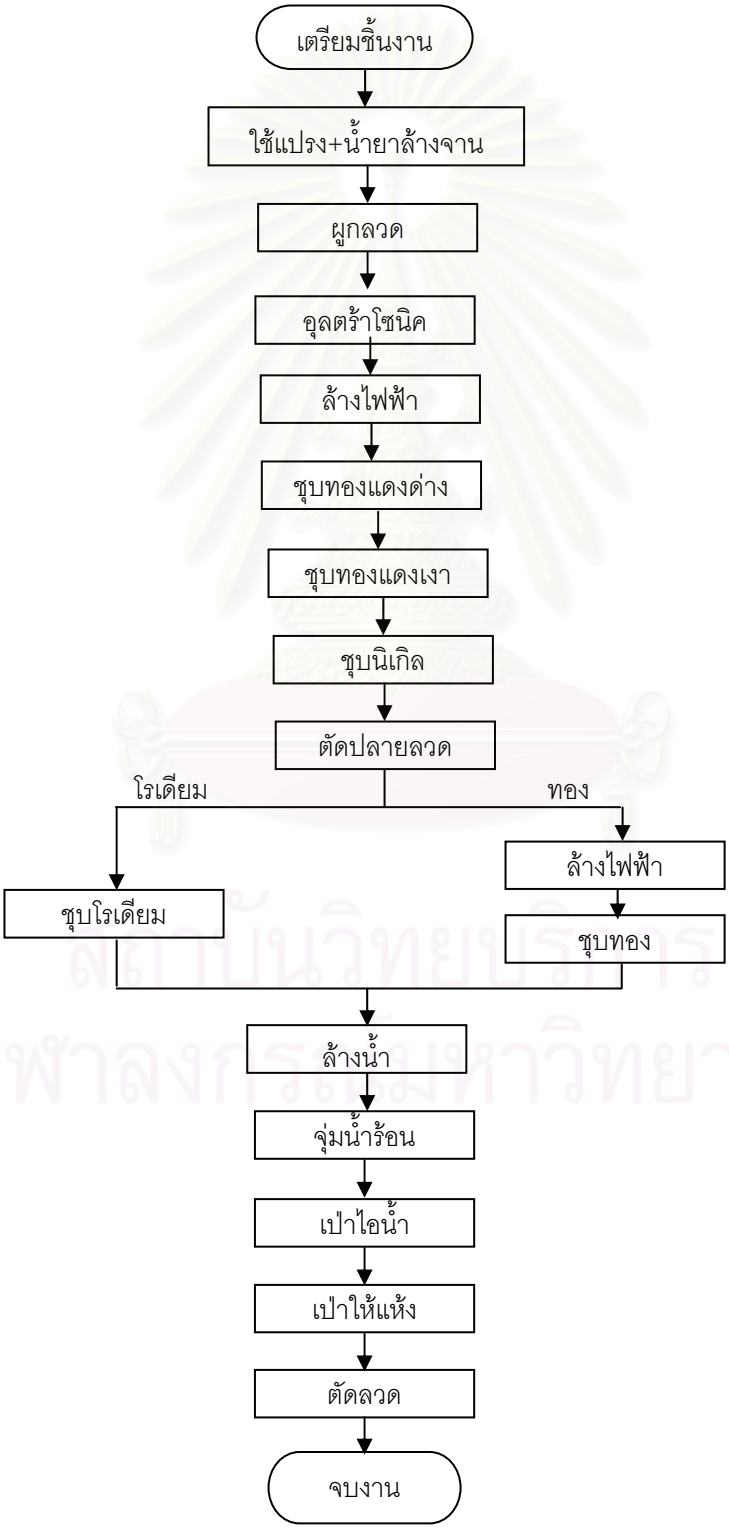
- ถังชุบทองแดงด่าง เปิดเครื่องกรองไว้ตลอด
- ถังชุบทองแดงเงา ถ้ามีงานชุบทองแดงเงา ในตอนเช้าให้เปิดเครื่องกรองเพื่อทำการกรองน้ำยาก่อน ใช้เวลากรองประมาณ 2 ชั่วโมงแล้วปิด เนื่องจากการกรองตลอดเวลาจะทำให้น้ำยาชุบมีอุณหภูมิสูงได้
- ถังชุบนิเกิล เปิดเครื่องกรองไว้ตลอด แต่จะปิดในขณะที่ทำการชุบงานเพื่อป้องกันชิ้นงานเป็นรอยเนื่องจากใช้เวลาในการชุบนาน และค่อยเปิดอีกทีหลังจากชุบงานเสร็จ
- ถังชุบทอง Strike เปิดเครื่องกรองและเครื่องทำความร้อน (Heater) อุณหภูมิ 60 องศาฯ ไว้ตลอด
- ถังชุบทอง High Speed เปิดเครื่องกรองไว้ตลอดแต่จะปิดในขณะที่ทำการชุบงาน และค่อยเปิดอีกทีหลังจากชุบงานเสร็จ
- ถังชุบทอง 2N เปิดเครื่องกรองไว้ตลอดแต่จะปิดในขณะที่ทำการชุบงาน และค่อยเปิดอีกทีหลังจากชุบงานเสร็จ
- ถังชุบโรเดียม เปิดเครื่องกรองไว้ตลอด
- ถังชุบพาราเดียม เปิดเครื่องกรองไว้ตลอด
- ถังชุบแพลตตินัม เปิดเครื่องกรองและเครื่องทำความร้อน (Heater)อุณหภูมิ 40 องศาฯไว้ตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 5/23

ขั้นตอนกระบวนการชุบ

1. งานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดง



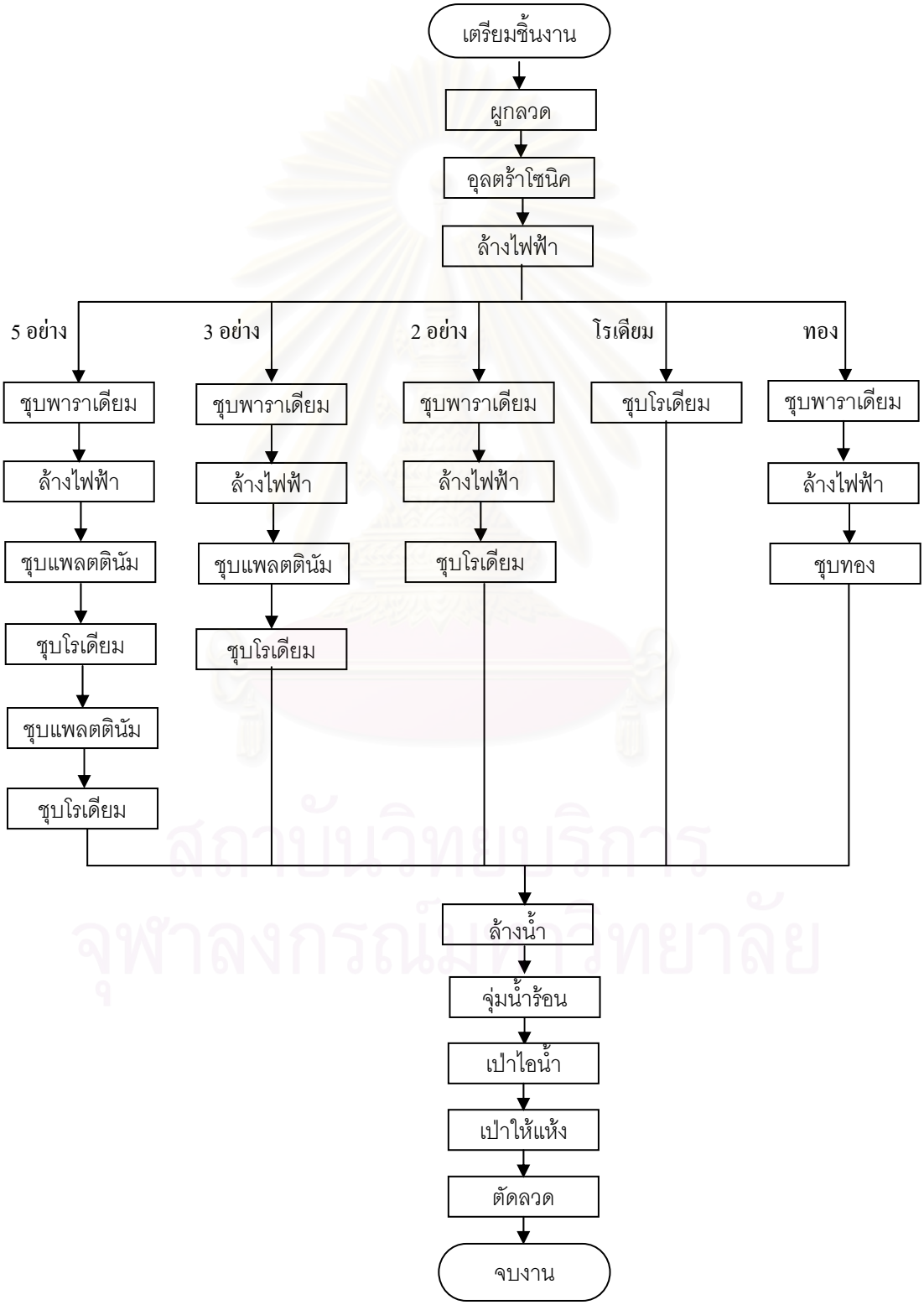
โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 6/23

1. ชิ้นงานที่ขัดทรายมาจะมีผิวหยาบและสกปรกมีขี้ดินติดอยู่ ให้นำไปทำความสะอาดโดยแปรงสีฟันและน้ำยาล้างจานในกะละมังล้างแหวน เพื่อแปรงล้างสิ่งสกปรกตามซอกมุมต่างๆจนสะอาด และล้างน้ำให้สะอาด
2. นำชิ้นงานมาผูกลวดทองแดง โดยผูกลวดให้มีปลายยาวๆ ถ้ามีชิ้นงานจำนวนน้อยให้พ่วงตัวพ่วงไว้ตรงปลายเพื่อกันชิ้นงานไหม้
3. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค
4. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า
5. ทำการชุบทองแดงด่าง
6. ทำการชุบทองแดงเงา
7. ทำการชุบนิเกิล
8. ตัดปลายลวดที่ยาวและ/หรือตัวพ่วงออก
9. ลักษณะของงานชุบ
    a. กรณีของงานชุบทอง ให้นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าและชุบทอง
    b. กรณีของงานชุบโรเดียม ให้ชุบโรเดียม
10. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
11. จุ่มในน้ำร้อนเพื่อให้น้ำยาที่ค้างอยู่ตามซอกชิ้นงานออกไป
12. นำชิ้นงานไปเป่าไอน้ำที่เครื่องเป่าไอน้ำ
13. เป่าชิ้นงานด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้แห้ง
14. ตัดลวดทองแดงออก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 7/23

2. งานชุบที่ไม่มีนิเกิล-ทองแดง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

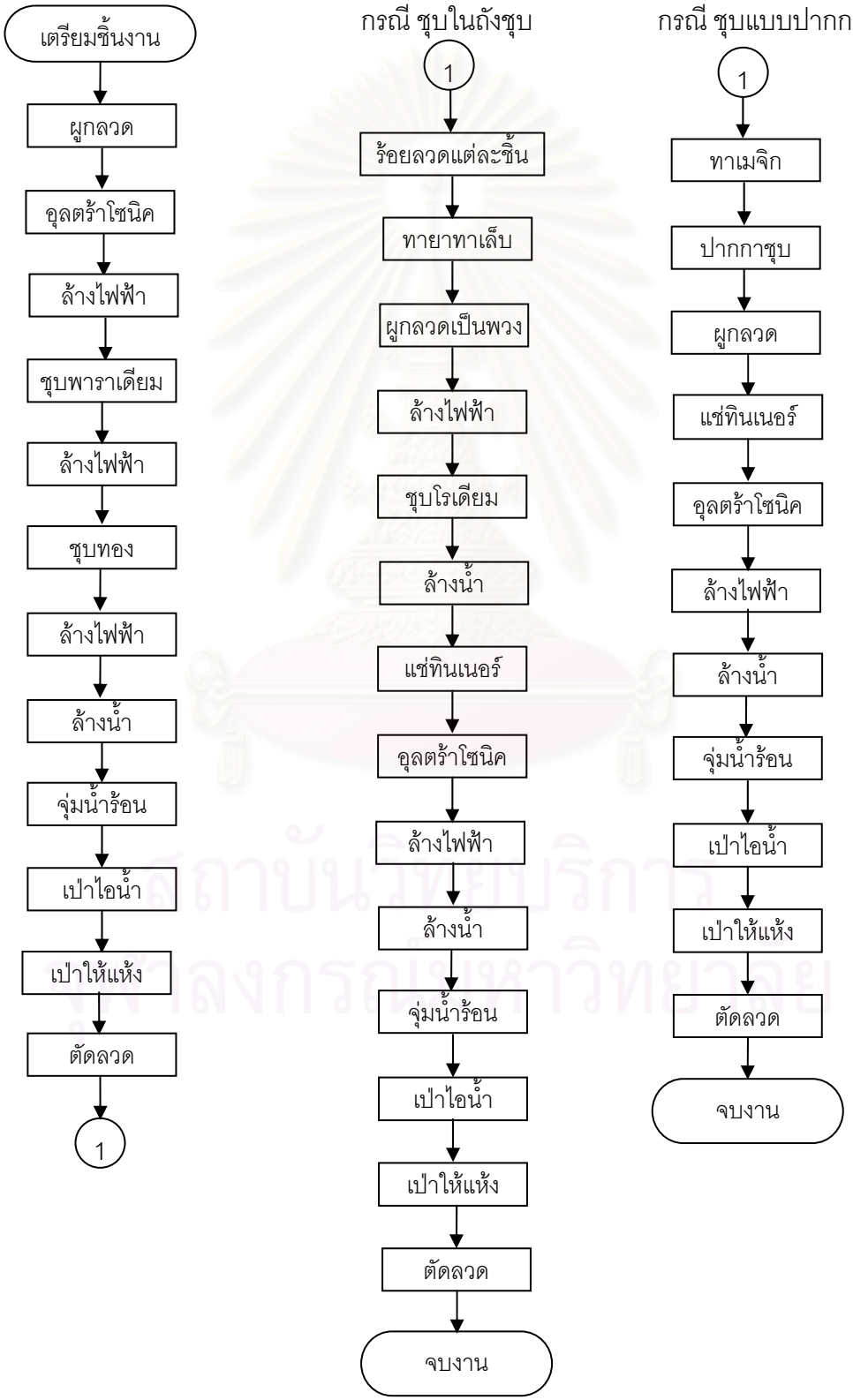
โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 8/23

1. นำชิ้นงานมาผูกลวดทองแดง
2. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค
3. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า
4. ลักษณะของงานชุบ
    a. กรณีของงานชุบทอง ให้ทำการชุบพาราเดียม เพื่อรองพื้นก่อน จากนั้นก็นำชิ้นงานไปล้างไฟฟ้า แล้วจึงทำการชุบทอง
    b. กรณีของงานชุบโรเดียม ให้ชุบโรเดียม
    c. กรณีของงานชุบ 2 อย่าง ให้ทำการชุบพาราเดียม จากนั้นก็นำชิ้นงานไปล้างไฟฟ้าแล้วชุบโรเดียมตามลำดับ
    d. กรณีของงานชุบ 3 อย่าง ให้ทำการชุบพาราเดียม จากนั้นก็นำชิ้นงานไปล้างไฟฟ้าชุบแพลตตินัม แล้วชุบโรเดียมตามลำดับ
    e. กรณีของงานชุบ 5 อย่าง ให้ทำการชุบพาราเดียม จากนั้นก็นำชิ้นงานไปล้างไฟฟ้าชุบแพลตตินัม ชุบโรเดียม แล้วชุบแพลตตินัมและโรเดียมซ้ำอีกครั้งหนึ่ง
5. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
6. จุ่มในน้ำร้อนเพื่อให้น้ำยาที่ค้างอยู่ตามซอกชิ้นงานออกไป
7. นำชิ้นงานไปเป่าไอน้ำที่เครื่องเป่าไอน้ำ
8. เป่าชิ้นงานด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้แห้ง
9. ตัดลวดทองแดงออก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 9/23

3. งานชุบ 2 สี



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 10/23

การชุบสีที่หนึ่ง (ชุบทอง)

1. นำชิ้นงานมาผูกลวดทองแดง
2. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค
3. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า
4. ทำการชุบพาราเดียม เพื่อรองพื้นก่อน
5. นำชิ้นงานไปล้างไฟฟ้า
6. ทำการชุบทอง
7. นำชิ้นงานไปล้างไฟฟ้า เพื่อเตรียมผิวในการชุบสีที่สอง
8. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
9. จุ่มในน้ำร้อนเพื่อให้น้ำยาที่ค้างอยู่ตามซอกชิ้นงานออกไป
10. นำชิ้นงานไปเป่าไอน้ำที่เครื่องเป่าไอน้ำ
11. เป่าชิ้นงานด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้แห้ง
12. ตัดลวดทองแดงออก

การชุบสีที่สอง (ชุบโรเดียม)

a. กรณีของงานชุบพื้นที่มาก (ชุบในถังชุบ)
    1. ร้อยลวดทองแดงแต่ละชิ้น
    2. ทายาทาเล็บปิดพื้นที่บางส่วนที่ต้องการเป็นสีที่ชุบเดิม(สีที่หนึ่ง)โดยเว้นบริเวณที่ต้องการจะชุบสีที่สองและส่วนที่เป็นลวดทองแดงไว้ รอจนยาทาเล็บแห้ง
    3. นำชิ้นงานที่ร้อยลวดทองแดงไว้แล้วมาผูกเป็นพวง
    4. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า แต่ให้ลดไฟลง ใช้ไฟ 3-4 โวลต์และลดเวลาลง ใช้เวลาประมาณ 20 วินาที เพื่อป้องกันไม่ให้ยาทาเล็บหลุด
    5. ทำการชุบโรเดียม กระแสไฟที่ใช้จะลดลงเนื่องจากพื้นที่ที่จะชุบลดลง
    6. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
    7. แช่ชิ้นงานในน้ำยาทินเนอร์ 3 ถัง ถังละประมาณ 20 นาที เพื่อให้ยาทาเล็บหลุดออก

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 11/23

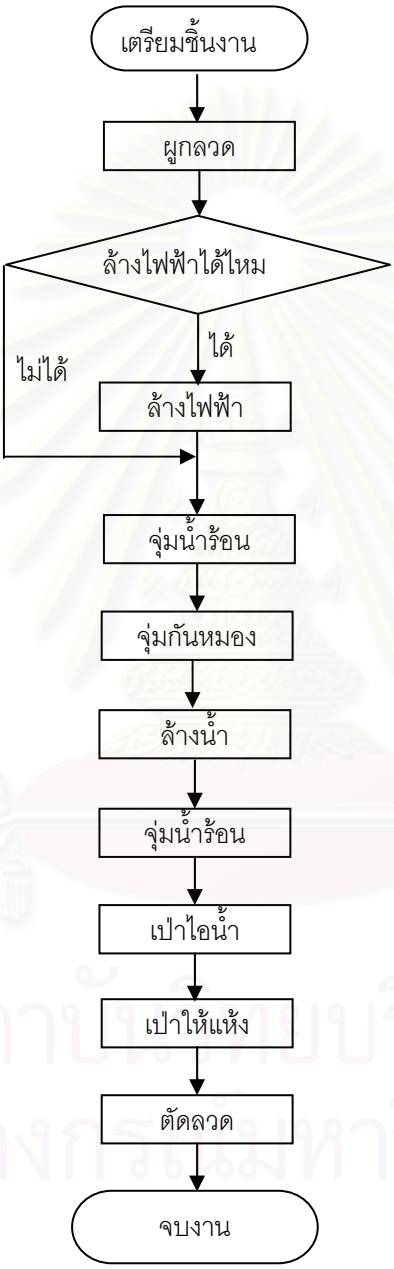
8. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค
9. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า
10. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
11. จุ่มในน้ำร้อนเพื่อให้น้ำยาที่ค้างอยู่ตามซอกชิ้นงานออกไป
12. นำชิ้นงานไปเป่าไอน้ำที่เครื่องเป่าไอน้ำ
13. เป่าชิ้นงานด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้แห้ง
14. ตัดลวดทองแดงออก

b. กรณีของงานชุบพื้นที่ไม่มาก (ชุบแบบปากกา)
1. ทาเมจิกปิดพื้นที่บางส่วนรอบๆบริเวณที่ต้องการจะชุบสีที่สอง รอจนสีเมจิกแห้ง
2. ใช้ปากกาชุบ ชุบชิ้นงานในบริเวณที่ต้องการ
3. ผูกชิ้นงานด้วยลวดทองแดงเพื่อเตรียมนำชิ้นงานไปล้าง
4. แช่ชิ้นงานในน้ำยาทินเนอร์ 3 ถัง ถังละประมาณ 1 นาที เพื่อให้สีเมจิกหลุดออก
5. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค
6. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า
7. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
8. จุ่มในน้ำร้อนเพื่อให้น้ำยาที่ค้างอยู่ตามซอกชิ้นงานออกไป
9. นำชิ้นงานไปเป่าไอน้ำที่เครื่องเป่าไอน้ำ
10. เป่าชิ้นงานด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้แห้ง
11. ตัดลวดทองแดงออก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 12/23

4. งานจุ่มกันหมอง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

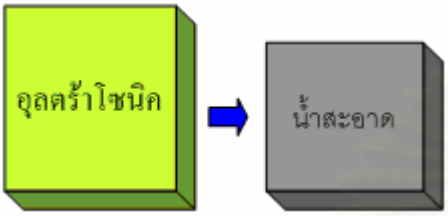
โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 13/23

1. นำชิ้นงานมาผูกลวดทองแดง หรือใส่ชิ้นงานในจิ๊กที่หุ้มด้วยยางถ้าเป็นชิ้นงานที่จะไม่ล้างไฟฟ้า
2. นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า กรณีที่โลหะผ่านการเชื่อมน้ำประสานมาไม่ต้องนำไปล้างไฟฟ้าเพราะชิ้นงานจะเป็นคราบได้
3. จุ่มชิ้นงานในน้ำร้อน
4. จุ่มชิ้นงานในน้ำยากันหมอง ประมาณ 30 วินาที
5. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
6. จุ่มในน้ำร้อนเพื่อให้น้ำยาที่ค้างอยู่ตามซอกชิ้นงานออกไป
7. นำชิ้นงานไปเป่าไอน้ำที่เครื่องเป่าไอน้ำ
8. เป่าชิ้นงานด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้แห้ง
9. ตัดลวดทองแดงออก
10. หยิบชิ้นงานจัดเรียงใส่ตะกร้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 14/23

<u>วิธีการทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค</u>



1. นำลวดชิ้นงานไปแขวนบนราวแขวนของเครื่องอุลตร้าโซนิคโดยให้ผูกลวดแยกกันเพื่อป้องกันชิ้นงานกระทบกัน
2. เปิดเครื่องอุลตร้าโซนิคทำความสะอาดชชิ้นงานประมาณ 1 นาที ปิดเครื่องและยกลวดชิ้นงานขึ้น
3. จุ่มล้างชิ้นงานในอ่างน้ำ

<u>วิธีการทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า</u>

1. นำชิ้นงานไปพาดกับราวแขวนโลหะ(ขั้วลบ)
2. เปิดเครื่องล้างไฟฟ้า ใช้ไฟประมาณ 7-8 โวลต์ ประมาณ 1 นาที ปิดเครื่องล้างไฟฟ้าและยกชิ้นงานขึ้น
3. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด 2 ถัง (Running water)
4. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกระตุ้นผิวเพื่อปรับสภาพชิ้นงานให้เป็นกลาง (Acid Neutralization)
5. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น (Deionized water)

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 15/23

การชุบนิเกิล-ทองแดง

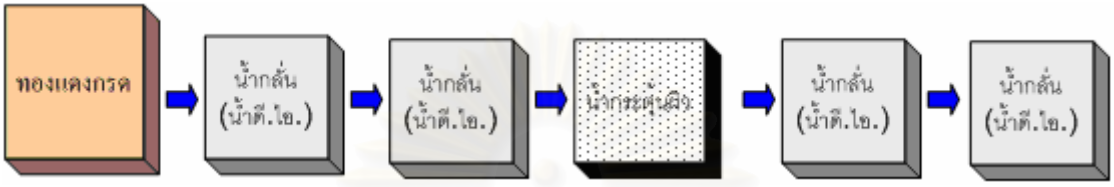
- เปิดเครื่องชุบทองแดงด่าง ตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ประมาณ 6 โวลต์
- เปิดเครื่องชุบทองแดงเงา ตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ประมาณ 0.65 โวลต์
- เปิดเครื่องชุบนิเกิล ตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ประมาณ 2.3 โวลต์
- เปิดเครื่องเป่าลมของน้ำยาชุบทองแดงเงาและนิเกิล
- ปิดเครื่องกรองน้ำยาชุบทองแดงเงาและนิเกิล

วิธีการชุบทองแดงด่าง

1. แตะลวดชิ้นงานกับราวชุบทองแดงด่าง แรงดันไฟฟ้าจะมีค่าประมาณ 3 โวลต์ ใช้เวลาประมาณ 4 วินาที เพื่อชุบรองพื้น แล้วยกชิ้นงานขึ้น
2. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
3. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
4. จุ่มชิ้นงานในน้ำยากระตุ้นผิวเพื่อกำจัดชั้นผิวที่ไม่ยอมรับสภาพการชุบ (Acid activation)
5. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น

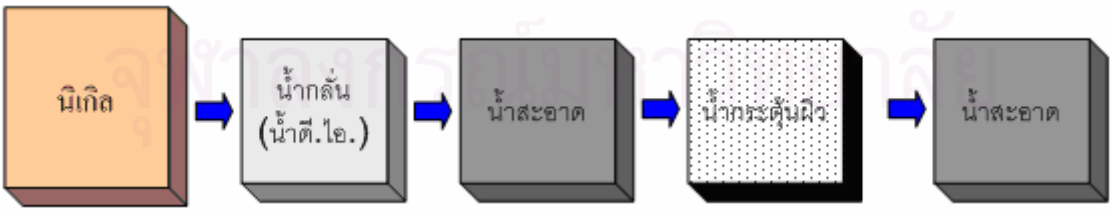
โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 16/23

<u>วิธีการชุบทองแดงเงา</u>



1. ผูกลวดชิ้นงานแขวนกับราวชุบทองแดงเงา เปิดเครื่องโยกชิ้นงาน ปรับค่ากระแสไฟฟ้าโดยสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของชิ้นงาน น้ำยาชุบทองแดงเงาใช้ไฟ 3-4 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร และเปิดนาฬิกาจับเวลา ใช้เวลาในการชุบ 10 นาที จากนั้นแกะลวดออกขึ้นทีละพวง ถ้ามีงานหลายพวง ก่อนเอาชิ้นงานขึ้นให้ลดไฟลงเล็กน้อย เพื่อไม่ให้ชิ้นงานที่ยังแขวนอยู่ไหม้
2. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น
3. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น
4. จุ่มชิ้นงานในน้ำยากระตุ้นผิว
5. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น
6. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น

<u>วิธีการชุบนิเกิล</u>



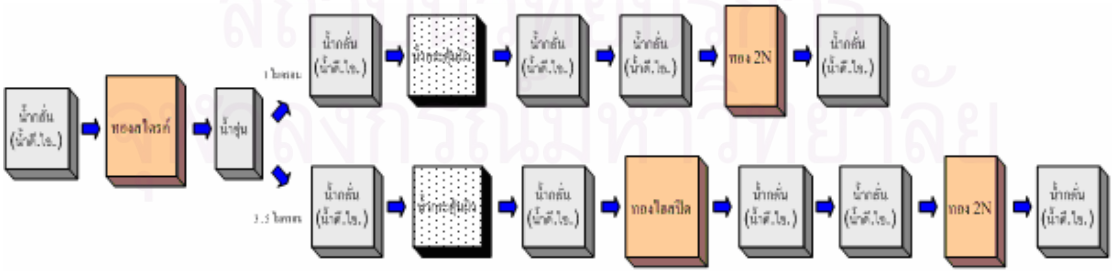
โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 17/23

1. ผูกลวดชิ้นงานแขวนกับราวชุบนิเกิล เปิดเครื่องโยกชิ้นงาน ปรับค่ากระแสไฟฟ้าโดยสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของชิ้นงาน น้ำยาชุบนิเกิลใช้ไฟ 3-4 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร และเปิดนาฬิกาจับเวลา ใช้เวลาในการชุบ 7.5 นาที จากนั้นแกะลวดออกขึ้นทีละพวง ถ้ามีงานหลายพวง ก่อนเอาชิ้นงานขึ้นให้ลดไฟลงเล็กน้อย เพื่อไม่ให้ชิ้นงานที่ยังแขวนอยู่ไหม้
2. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น
3. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด
4. จุ่มชิ้นงานในน้ำยากระตุ้นผิว
5. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำสะอาด

<u>การชุบทอง</u>

- เปิดเครื่องชุบทองสไตรค์ ตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ประมาณ 10 โวลต์
- เปิดเครื่องชุบทองไฮสปีด ตั้งค่ากระแสไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของชิ้นงาน น้ำยาชุบทองไฮสปีดใช้ไฟ 1.2 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- เปิดเครื่องชุบทอง 2N ตั้งค่ากระแสไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของชิ้นงาน น้ำยาชุบทอง 2N ใช้ไฟ 0.8 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- ปิดเครื่องกรองน้ำยาชุบทองไฮสปีดและน้ำยาชุบทอง 2N

<u>วิธีการชุบทอง</u>



โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 18/23

1. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น
2. แตะลวดชิ้นงานกับราวชุบทองสไตรค์ จับลากลวดไปตามราวชุบ แรงดันไฟฟ้าจะมีค่าประมาณ 6-7 โวลต์ ใช้เวลาประมาณ 5 วินาที เพื่อชุบรองพื้น แล้วยกชิ้นงานขึ้น
3. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำอุ่นเพื่อปรับอุณหภูมิลง
4. ก) กรณีชุบทองหนา 1 ไมครอน
    1) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น
    2) จุ่มชิ้นงานในน้ำยากระตุ้นผิว
    3) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น
    4) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น
    5) ผูกลวดชิ้นงานแขวนกับราวชุบทอง 2N เปิดเครื่องโยกชิ้นงาน กดปุ่ม start เพื่อเริ่มชุบ และเปิดนาฬิกาจับเวลา ใช้เวลาในการชุบ 8 นาที กดปุ่ม stop ปิดเครื่องโยกชิ้นงาน เอาชิ้นงานขึ้น
    6) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น

    ข) กรณีชุบทองหนา 3 หรือ 5 ไมครอน

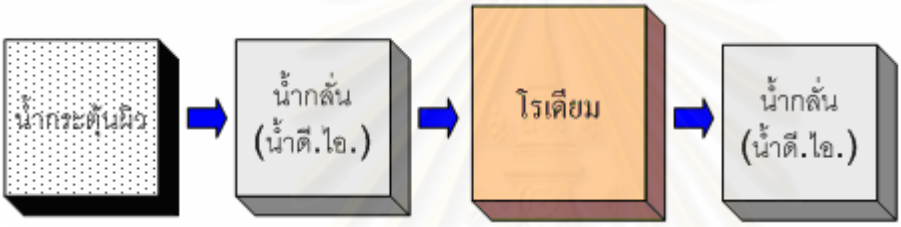
    (ชุบทองไฮสปีดก่อน 2 หรือ 4 ไมครอน)
    1) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น
    2) จุ่มชิ้นงานในน้ำยากระตุ้นผิว
    3) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น
    4) ผูกลวดชิ้นงานแขวนกับราวชุบทองไฮสปีด เปิดเครื่องโยกชิ้นงาน กดปุ่ม start เพื่อเริ่มชุบ และเปิดนาฬิกาจับเวลา ใช้เวลาในการชุบ 6 นาที(2ไมครอน) หรือ12 นาที(4ไมครอน) กดปุ่ม stop ปิดเครื่องโยกชิ้นงาน เอาชิ้นงานขึ้น
    5) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น

    (ชุบทอง 2N ต่อ 1 ไมครอน)
    6) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 19/23

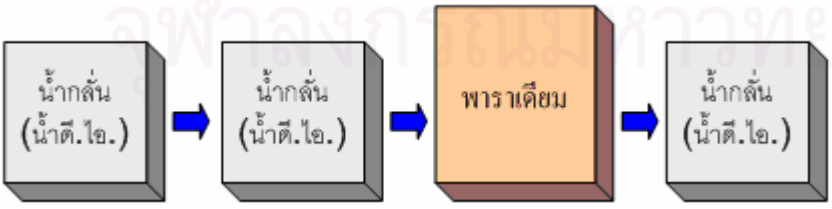
7) ผูกลวดชิ้นงานแขวนกับราวชุบทอง 2N เปิดเครื่องโยกชิ้นงาน กดปุ่ม start เพื่อเริ่มชุบ และเปิดนาฬิกาจับเวลา ใช้เวลาในการชุบ 8 นาที กดปุ่ม stop ปิดเครื่องโยกชิ้นงาน เอาชิ้นงานขึ้น
8) จุ่มชิ้นงานในน้ำกลั่น

<u>วิธีการชุบโรเดียม</u>



1. จุ่มชิ้นงานในน้ำยากระตุ้นผิว
2. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น
3. ผูกลวดชิ้นงานแขวนกับราวชุบโรเดียม เปิดเครื่องโยกชิ้นงาน เปิดเครื่องชุบโรเดียมซึ่งต่อพ่วงกับนาฬิกาจับเวลาและปรับค่ากระแสไฟฟ้าโดยสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของชิ้นงาน น้ำยาชุบโรเดียมใช้ไฟ 1 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร ใช้เวลาในการชุบ 1 นาที จากนั้นแกะลวดออกขึ้นทีละพวง
4. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น

<u>วิธีการชุบพาราเดียม</u>

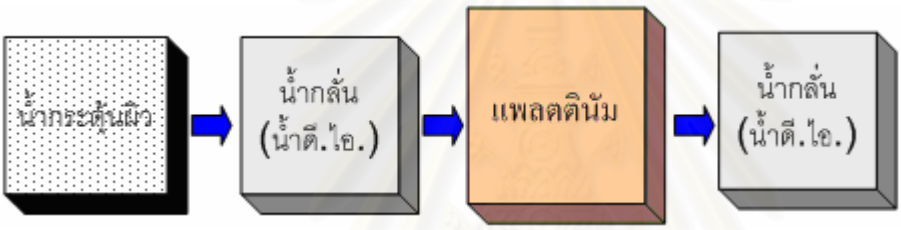


1. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น
2. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 20/23

3. ผูกลวดชิ้นงานแขวนกับราวชุบพาราเดียม เปิดเครื่องโยกชิ้นงาน เปิดเครื่องชุบพาราเดียมซึ่งต่อพ่วงกับนาฬิกาจับเวลาและปรับค่ากระแสไฟฟ้าโดยสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของชิ้นงาน น้ำยาชุบพาราเดียมใช้ไฟ 1 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร ใช้เวลาในการชุบ 25 วินาที จากนั้นแกะลวดออกขึ้นทีละพวง
4. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น

<u>วิธีการชุบแพลตตินัม</u>



1. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกระตุ้นผิว
2. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น
3. ผูกลวดชิ้นงานแขวนกับราวชุบแพลตตินัม เปิดเครื่องโยกชิ้นงาน เปิดเครื่องชุบแพลตตินัมซึ่งต่อพ่วงกับนาฬิกาจับเวลาและปรับค่ากระแสไฟฟ้าโดยสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของชิ้นงาน น้ำยาชุบแพลตตินัมใช้ไฟ 1 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร ใช้เวลาในการชุบ 25 วินาที จากนั้นแกะลวดออกขึ้นทีละพวง
4. จุ่มล้างชิ้นงานในน้ำกลั่น

<u>วิธีการใช้ปากกาชุบ</u>

1. เปิดเครื่องชุบปากกา ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าในช่วง 8-10 โวลต์ ขึ้นอยู่กับลักษณะผิวงาน
2. นำปลายสายไฟฟ้าที่ยึดติดกับขั้วลบยึดชิ้นงาน สายไฟฟ้าที่ปลายปากกาจะยึดติดกับขั้วบวก
3. จุ่มปลายปากกาลงในน้ำยาชุบให้ชุ่มพอสมควร และระบายลงตรงบริเวณที่ต้องการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 21/23

วิธีการตรวจสอบน้ำยาทำความสะอาด

ใช้การสังเกตด้วยสายตา ถ้าน้ำยาสกปรก เป็นสีดำก็ให้เปลี่ยนใหม่โดยมีวิธีการดังนี้

ผสมน้ำยา Ultrasonic 1.5 ลิตร กับน้ำประปาในเครื่องล้างอุลตร้าโซนิค

ผสมผง ACTIVAX Cleaner 1200 กรัม กับน้ำประปาในเครื่องล้างไฟฟ้า

วิธีการตรวจสอบน้ำกระตุ้นผิว

น้ำยากระตุ้นผิวจะมีคุณสมบัติคล้ายๆกับน้ำยาชุบที่เราต้องการจะชุบ ก่อนทำการชุบจะต้องจุ่มชิ้นงานในน้ำยากระตุ้นผิว เพื่อเป็นการเตรียมชิ้นงานให้เป็นกลางก่อนการชุบทำให้คุณภาพชิ้นงานที่ชุบสูงขึ้น ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำกระตุ้นผิวจะใช้การสังเกตด้วยสายตาว่ามีสิ่งสกปรก เป็นเมือกหรือเชื้อราหรือไม่ ถ้าสกปรกไม่มากให้ทำการกรองด้วยกระดาษกรอง แต่ถ้าสกปรกมากก็จะเปลี่ยนใหม่โดยมีวิธีการดังนี้

1.ผสมกรดแห้ง (Dry acid salt) 2 กิโลกรัมกับน้ำประปาหรือน้ำกลั่น(ถังขนาด50 ลิตร) สำหรับน้ำกระตุ้นผิวของการล้างไฟฟ้า การชุบทองแดงด่าง ทองแดงเงาและนิเกิล

2. ผสมกรดซัลฟูริก 1 ลิตร กับน้ำกลั่น 19 ลิตร (น้ำกลั่น 95 ส่วน กรด 5 ส่วน) (ถังขนาด 20 ลิตร) สำหรับการชุบโรเดียมและแพลทตินัม

3. ผสมกรดปรับทองเล็กน้อยกับน้ำกลั่น (ถังขนาด 20 ลิตร) ให้มีค่าพีเอชประมาณ 2 สำหรับการชุบทอง

วิธีการตรวจสอบน้ำล้าง

น้ำล้างในห้องชุบมี 2 ลักษณะคือ

- ถังน้ำประปาไหลล้น (running water) เป็นน้ำจากก๊อกน้ำที่ไหลตลอดเวลา น้ำจะมีการถ่ายเทตลอด
- ถังน้ำกลั่น (Deionized water) จะใช้การสังเกตด้วยสายตาว่ามีสิ่งสกปรกหรือไม่ ถ้ามีสิ่งสกปรกไม่มาก ลอยที่ผิวน้ำก็จะใช้การเทน้ำให้ล้นออกแต่ถ้าสกปรกมาก เป็นเมือกหรือเชื้อราก็จะเปลี่ยนน้ำใหม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 22/23

การดูแลรักษาน้ำยาชุบ

⟹ ให้ปรับระดับน้ำยาด้วยน้ำกลั่นเนื่องจากสิ่งที่ระเหยไปในน้ำยาชุบมีแต่น้ำกลั่นเท่านั้น

⟹ ปรับความหนาแน่นของน้ำยา ตามคำแนะนำของน้ำยาชุบแต่ละชนิด เช่นการเติมน้ำยาเมคอัพ หรือ Density Correction Salt

⟹ ปรับค่าพีเอชด้วยการเติมสารละลายกรดหรือเบสตามคำแนะนำของน้ำยาแต่ละชนิด

⟹ บำรุงความเข้มข้นของโลหะเป็นระยะโดยอาศัยเครื่องบันทึกค่าแอมแปร์•มินิต

⟹ ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบสำคัญเป็นช่วงๆ เพื่อตรวจสอบ ความคลาดเคลื่อนในการรักษาระดับของความเข้มข้นของโลหะมีค่า

⟹ เมื่อมีสิ่งปนเปื้อนในน้ำยาชุบให้ทำความสะอาดน้ำยาชุบ โดยมีวิธีการทำความสะอาดน้ำยาชุบ 3 วิธีดังนี้

- การกรองด้วยไส้กรอง ในถังชุบจะมีเครื่องกรองน้ำยาชุบอัตโนมัติโดยดูดน้ำยาชุบไปกรองและนำกลับเข้าถังหมุนเวียนไปมาตลอดเวลา
- การกรองด้วยกระดาษกรอง เพื่อกำจัดฝุ่นผงสารแขวนลอยที่เครื่องกรองไม่สามารถกรองได้
- การกรองคาร์บอน เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆที่มีอยู่ในน้ำยาชุบ ใช้ได้เฉพาะกับน้ำยาชุบทองแดงเงาและน้ำยาชุบทอง มีวิธีการกรองคาร์บอน 2 วิธี
    - การกรองด้วยผงคาร์บอนสำหรับน้ำยาชุบทองแดงเงาโดยใส่ผงถ่าน (Activated carbon) 3 กรัมต่อลิตร ในน้ำยา กวนน้ำยาตลอดเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้ผงถ่านตกตะกอนอย่างน้อย 8 ชั่วโมง จึงนำมากรองน้ำยาชุบให้สะอาดด้วยกระดาษกรอง
    - การกรองด้วยไส้กรองคาร์บอนสำหรับน้ำยาชุบทองโดยเปลี่ยนใส่ไส้กรองคาร์บอนลงไปในเครื่องกรองและเปิดเครื่องกรองให้ทำการกรอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานตัวอย่าง	วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)	รหัส : WI 09-10-01
	ชื่องาน : วิธีการชุบ	เริ่มใช้ :
แก้ไขครั้งที่(Rev.) : 1		แผ่นที่ : 23/23

<u>วิธีการตรวจสอบสภาวะของน้ำยาชุบ</u>

1. ตรวจสอบค่าพีเอช โดยใช้กระดาษวัดค่าพีเอชหรือพีเอชมิเตอร์ (pH meter)
2. ตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำยาชุบ โดยใช้หลอดแก้ววัดค่าความเข้มข้นไฮโดรมิเตอร์จุ่มลงไป อ่านมาตรวัดที่หลอดแก้วแล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ระบุไว้ในสูตรน้ำยาชุบนั้น
3. ตรวจสอบปริมาณยาเงา ในน้ำยาชุบบางชนิดมีน้ำยาเงาผสมอยู่เพื่อเพิ่มความเงาของชิ้นงาน น้ำยาชุบเมื่อใช้ไปนานๆ น้ำยาเงาจะหมดไป จึงต้องควรเติมให้มีคุณภาพดังเดิม วิธีตรวจสอบทำได้ง่ายๆโดยนำชิ้นงานทดสอบชุบในน้ำยาชุบนั้นๆตรวจดูความเงาบนผิว ค่อยๆเติมน้ำยาเงาลงไป จนได้ความเงาที่ถูกต้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.
คู่มือน้ำยาชุบโลหะในแผนกชุบตัวเรือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยาชุบทองแดงด่าง (Cyanide Copper Solution)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด) ทองแดงที่มีส่วนผสมของฟอสฟอรัสอยู่ (Phosphorized copper) ใส่ในตะกร้าไททาเนียมห่อด้วยถุงผ้าทนกรด-ด่าง ซึ่งจะละลายลงมาเป็นส่วนหนึ่งของความเข้มข้นของโลหะในน้ำยา

<u>ส่วนประกอบของน้ำยาที่ซื้อมา</u>

คอปเปอร์ไซยาไนต์ (Copper Cyanide)	60 กรัมต่อลิตร
โพแทสเซียมไซยาไนต์ (Potassium Cyanide)	120 กรัมต่อลิตร
Salt K1	5 กรัมต่อลิตร
Salt K2	30 กรัมต่อลิตร

ปริมาตรน้ำยาชุบ 120 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

1. น้ำยาชุบทองแดงด่าง	120 ลิตร
2. น้ำยาเงา Cu 401 B (สีใส)	5 ซีซีต่อลิตร
3. น้ำยาปรับสภาพ Cu 401 S (สีน้ำตาล)	5 ซีซีต่อลิตร
4. น้ำยากันตามด Cu 4011 W (สีใส)	5 ซีซีต่อลิตร

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

ความหนาแน่นน้ำยา	15 โบเม่
อุณหภูมิ	60-70 องศาเซลเซียส (ใช้อุณหภูมิห้อง)

เมื่อความหนาแน่นน้ำยาต่ำกว่า 15 โบเม่ หรือเมื่อชุบแล้วติดไม่ดี ให้เติมโพแทสเซียมไซยาไนต์ก่อนแล้วละลายคอปเปอร์ไซยาไนต์ ในอัตราส่วนโพแทสเซียมไซยาไนต์ : คอปเปอร์ไซยาไนต์ เท่ากับ 1.5 : 1 ส่วน

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

การบำรุงน้ำยาชุบ

เมื่อใช้ไปครึ่งปีหรือหนึ่งปี ขึ้นอยู่กับปริมาณงานที่ชุบ ให้บำรุง

น้ำยาเงา	1-1.5 ซี.ซี./ลิตร
น้ำยาปรับสภาพ	1-1.5 ซี.ซี./ลิตร
น้ำยากันตามด	1-1.5 ซี.ซี./ลิตร

แหล่งอ้างอิง :

บริษัทซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด , ทองแดงด้านแบบชุบหนา (Deweka-Cu 401).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยาชุบทองแดงเงา (Acid Copper Solution) ของ Sherlling (ประเทศเยอรมัน)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด) ทองแดงที่มีส่วนผสมของฟอสฟอรัสอยู่ (Phosphorized copper) ใส่ในตะกร้าไททาเนียมห่อด้วยถุงผ้าทนกรด-ด่าง ซึ่งจะละลายลงมาเป็นส่วนหนึ่งของความเข้มข้นของโลหะในน้ำยา

<u>ส่วนประกอบของน้ำยาที่ซื้อมา</u>

คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulphate)	220 กรัมต่อลิตร
กรดซัลฟูริคแลป	32.6 ซีซีต่อลิตร

ปริมาตรน้ำยาชุบ	100 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

1. น้ำยาชุบทองแดงเงา	100 ลิตร
2. โซเดียมคลอไรด์แลป	0.12 กรัมต่อลิตร
3. น้ำยาเมคอัพ 210 (สีเขียว)	8 ซีซีต่อลิตร
4. น้ำยาเงา 210 เอ (สีน้ำเงินกรมท่า)	0.5 ซีซีต่อลิตร
5. น้ำยาเงา 210 บี (สีฟ้าอ่อน)	0.2 ซีซีต่อลิตร

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

ความหนาแน่นน้ำยา	22 โบเม่
อุณหภูมิ	20-30 องศาเซลเซียส (ใช้อุณหภูมิห้อง)

การกรองน้ำยาชุบจะทำให้อุณหภูมิน้ำยาสูงขึ้น เมื่อจะชุบงานไม่ควรเปิดเครื่องกรองน้ำยา

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

<u>การบำรุงน้ำยาชุบ</u>

เมื่อค่าแอมแปร์ชั่วโมงถึงค่า 50 แอมแปร์ชั่วโมง ให้เติม

น้ำยาเงา 210 เอ	40 ซี.ซี./ถัง
น้ำยาเงา 210 บี	20 ซี.ซี./ถัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยาชุบทองแดงเงาเมื่อไม่ได้ใช้นานๆ ตัวเติมประเภทยาเงามักเกิดการแยกตัว สารเคมีบางตัวเสื่อมสภาพไปจะต้องทำการฟื้นคืนสภาพน้ำยาชุบโดยการชุบงานลงบนแผ่นดัมมี่(แผ่นลูกฟูก) เพื่อให้น้ำยาชุบเกิดการทำงาน พร้อมทั้งทำการบำรุงน้ำยาให้น้ำยาชุบใช้งานได้อีกครั้งโดยสังเกตความเงาของแผ่นดัมมี่(ความเงาจะวิ่งจากขอบเข้าหาตรงกลางแผ่น) ถ้าไม่เงาก็ปรับแก้ด้วยน้ำยาเงา การเติมให้ค่อยๆเติมทีละนิดก่อนแล้วดูผลเพราะถ้าเติมมากไปจะทำให้น้ำยาเสียสมดุลได้ คอยสังเกตจนความเงาทั่วถึงทั้งแผ่น

ข้อแนะนำ

- เมื่อเติมคอปเปอร์ซัลเฟต 10 กิโลกรัม ให้เติมเมคอัพ210 จำนวน 500 ซีซี
- เมื่อไฟวิ่งไม่ดี ดูจากสภาพงานถ้าข้างในไม่เงาแต่ข้างนอกเงาแสดงว่าไฟวิ่งไม่ดี ให้เติมกรดกำมะถัน การเติมกรดลงไปจะไปทำลายยาเงา ดังนั้นควรเติมครั้งละ100ซี.ซี./ถัง ก่อนแล้วดูสภาพงาน แล้วจึงเติมต่อ ถ้าสงสัยควรส่งให้แลปตรวจ
- ถ้าช่วงไฟกลางถึงต่ำไม่เงาหรือมัว ให้เติมยาเงา 210 เอ ทีละน้อยประมาณ 0.1-0.3 ซีซี/ลิตร
- ถ้าช่วงไฟสูงไหม้แสดงว่าขาดยาเงา 210 บีหรือขาดคอปเปอร์ซัลเฟต ให้เติม 210 บี ทีละประมาณ 0.1-0.3 ซีซี/ลิตร หรือถ้าตรวจดูแล้วขาดคอปเปอร์ซัลเฟตก็ให้เติมให้ครบ ถ้าสงสัยควรส่งให้แลปตรวจ
- น้ำยาเก่าจะนำมากรองคาร์บอนโดย ใส่ผงคาร์บอน 3 กรัมต่อลิตร กวนให้เข้ากันนาน 2-3 ชั่วโมง ทิ้งให้ตกตะกอนอย่างน้อย 8 ชั่วโมง และกรองให้สะอาดด้วยกระดาษกรอง เก็บน้ำยาไว้ใช้ใหม่ได้ ส่งน้ำยาไปวิเคราะห์ในห้องแลปเพื่อหาว่ายังขาดสารใด จะได้เติมได้ถูก เมื่อจะนำมาใช้งานต้องเติมยาบำรุงใหม่

แหล่งอ้างอิง :

บริษัทซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด , ยาเงาทองแดง 210.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยาชุบนิเกิลเงา (Bright Nickel Solution)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด) แผ่นนิเกิลใส่ในตะกร้าไททาเนียมห่อด้วยถุงผ้าทนกรด-ด่าง ซึ่งจะละลายลงมาเป็นส่วนหนึ่งของความเข้มข้นของโลหะในน้ำยา

<u>ส่วนประกอบของน้ำยาที่ซื้อมา</u>

นิเกิลซัลเฟต (Nickel Sulphate)	250 กรัมต่อลิตร
นิเกิลคลอไรด์ (Nickel Chloride)	65 กรัม/ลิตร
กรดบอริค (Boric Acid)	45 กรัมต่อลิตร

ปริมาตรน้ำยาชุบ	100 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

1. น้ำยาชุบนิเกิลเงา	100 ลิตร
2. ยาเงา #99 (สีชาจางๆ)	0.3-0.5 ซีซีต่อลิตร
3. ยาพื้น #99 (สีใส)	15 ซีซีต่อลิตร

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

ความหนาแน่นน้ำยา	24 โบเม่
อุณหภูมิ	55 องศาเซลเซียส
ค่าพี.เอช.	4.3-5.3

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

<u>การบำรุงน้ำยาชุบ</u>

เมื่อค่าแอมแปร์ชั่วโมงถึงค่า 1000 แอมแปร์ชั่วโมง ให้เติม

น้ำยาเงา	0.01-0.02 ซี.ซี./ลิตร
น้ำยาพื้น	0.01-0.02 ซี.ซี./ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้าน้ำยานิเกิลมียาเงาเยอะไปจะทำให้เป็นตามด
ถ้าช่วงไฟต่ำชุบไม่ติด ให้เติมยาเร่งซอก 0.5-1 ซีซี/ลิตร
ถ้ามีไขมันลงไปหรือ มัวที่ไฟสูงแสดงว่าน้ำยาไม่ดีแล้ว ให้เปลี่ยนน้ำยาใหม่

แหล่งอ้างอิง :
บริษัทซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด , ยาเงา 81 เอ.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยาชุบพาราเดียม (Palladium FS Solution)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด) แผ่นแพลตติไนซ์ติเตเนียม (platinized titanium) ซึ่งจะไม่ละลายลงมาในน้ำยาชุบ

ปริมาตรน้ำยาชุบ 25 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

เกลือพาราเดียม 2 กรัม/ลิตร (น้ำยาที่ซื้อมาเป็นสารละลายเกลือพาราเดียม 10 ซีซีต่อหนึ่งกรัมของพาราเดียม)

น้ำยาเมคอัพ 25 ลิตร

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

ความหนาแน่นน้ำยา 11-12 โบเม่

อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ค่าพี.เอช. 8.5-9.0

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

<u>การบำรุงน้ำยาชุบ</u>

ใช้การควบคุมความเข้มข้นของโลหะที่เคลือบในสารละลายอิเล็กโตรไลต์โดยการเติมเกลือโลหะ (Metal Salt) ลงในสารละลายอิเล็กโตรไลต์โดยตรง

เมื่อค่าแอมแปร์มินิตถึงค่า 300 แอมแปร์มินิต ให้เติม

สารละลายเกลือพาราเดียม 50 ซี.ซี.(5กรัมของเกลือพาราเดียม)

ยาบำรุง Pd FS replenisher 1 15 ซี.ซี.

ยาบำรุง Pd FS replenisher 2 15 ซี.ซี.

แหล่งอ้างอิง :

Sahanavy Trading Co.,Ltd. Palladium FS.

น้ำยาชุบโรเดียม (Rhodium Solution)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด)	แผ่นแพลตติไนซ์ติเตเนียม (platinized titanium)
ปริมาตรน้ำยาชุบ	25 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

เกลือโรเดียม	2 กรัม/ลิตร (น้ำยาที่ซื้อมาเป็นสารละลายเกลือโรเดียม 200 ซีซีต่อ 2 กรัมของโรเดียม)
น้ำกลั่น	20 ลิตร

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

อุณหภูมิ	20-40 องศาเซลเซียส

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

<u>การบำรุงน้ำยาชุบ</u>

เมื่อค่าแอมแปร์มินิตถึงค่า 2300 แอมแปร์มินิต ให้เติม

Rhodium TD Replenisher Solution	200 ซีซี(มีเกลือโรเดียม 10 กรัม)

แหล่งอ้างอิง :

OMG Galvanotechnik GmbH. Rhodium J1 [Operating Instructions].

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยาชุบแพลตตินัม (Platinum Solution)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด) แผ่นแพลตติไนซ์ติเตเนียม (platinized titanium)

ปริมาตรน้ำยาชุบ 25 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

เกลือแพลตตินัม Platinum K Initial 6 กรัม/ลิตร (น้ำยาที่ซื้อมาเป็นสารละลาย 250 ซีซีต่อ 6 กรัมของแพลตตินัม)

น้ำกลั่น 18.750 ลิตร

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

ความหนาแน่นน้ำยา 2.83 โบเม่

อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ค่าพี.เอช. 1.5

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

<u>การบำรุงน้ำยาชุบ</u>

เมื่อค่าแอมแปร์มินิตถึงค่า 1211 แอมแปร์มินิต ให้เติม

Platinum K Replenisher Solution 200 ซีซี (มีเกลือแพลตตินัม 10 กรัม)

แหล่งอ้างอิง :

OMG Galvanotechnik GmbH. Platinum K [Operating Instructions].

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยาชุบทองสไตรค์ (Strike Gold Solution)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด) แผ่นสแตนเลส แพลทติไนซ์

ปริมาตรน้ำยาชุบ 50 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

เกลือทอง 1.5 กรัม/ลิตร

น้ำยาเมคอัพ Strike Gold 50 ลิตร (M1 2500 กรัม (50 กรัมต่อลิตร), M2 2500 ซีซี (50ซีซีต่อลิตร) ผสมกับน้ำกลั่น)

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

ความหนาแน่นน้ำยา 3-10 โบเม่

อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

ค่าพี.เอช. 7-8

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

<u>การบำรุงน้ำยาชุบ</u>

เมื่อแอมแปร์มินิตถึงค่า 200 แอมแปร์มินิต (ชุบแล้วติดไม่ดี) ให้เติม

เกลือทอง 10 กรัม

ยาเงา R1 50 กรัม

ยาเงา R2 50 ซีซี

เมื่อน้ำยาสกปรกให้เปลี่ยนใส่ไส้กรองคาร์บอนลงในเครื่องกรองแล้วกรองสิ่งเจือปนออก จะทำให้ยาเงาหายไป ให้เติมยาเงาลงไปบำรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แหล่งอ้างอิง :

บริษัทซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด , น้ำยาทอง 24 เค.

น้ำยาชุบทองHS (High Speed Gold Solution)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด) แผ่นแพลตติไนซ์ติเตเนียม (platinized titanium)

ปริมาตรน้ำยาชุบ 50 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

เกลือทอง	6 กรัม/ลิตร
น้ำยาเมคอัพHS (สีเขียว)	50 ลิตร

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

ความหนาแน่นน้ำยา	12 โบเม่
อุณหภูมิ	35 องศาเซลเซียส
ค่าพี.เอช.	4.2

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

<u>การบำรุงน้ำยาชุบ</u>

เมื่อค่าแอมแปร์มินิตถึงค่า 400 แอมแปร์มินิต ให้เติม

เกลือทอง	35 กรัม
Replenisher HS	100 ซีซี

เมื่อน้ำยาสกปรกให้เปลี่ยนใส่ไส้กรองคาร์บอนลงในเครื่องกรองแล้วกรองสิ่งเจือปนออก จะทำให้ยาเงาหายไป ให้เติมยาเงาลงไปบำรุง

แหล่งอ้างอิง :

บริษัทซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด , High Speed Durago.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยาชุบทอง2N (2N Gold Solution)

แผ่นล่อ(ขั้วแอโนด) แผ่นแพลตติไนซ์ติเตเนียม (platinized titanium)

ปริมาตรน้ำยาชุบ 50 ลิตร

<u>การผสมน้ำยาชุบ (Bath Makeup)</u>

เกลือทอง	6 กรัม/ลิตร
น้ำยาเมคอัพ 2N (สีเขียวมรกต)	50 ลิตร

<u>สภาวะของน้ำยาชุบ</u>

ความหนาแน่นน้ำยา	10 โบเม่
อุณหภูมิ	35 องศาเซลเซียส
ค่าพี.เอช.	3.2-3.4

<u>การดูแลรักษาน้ำยาชุบ</u>

กรองผ่านไส้กรองของเครื่องกรองน้ำยา

<u>การบำรุงน้ำยาชุบ</u>

เมื่อค่าแอมแปร์มินิตถึงค่า 1000 แอมแปร์มินิต ให้เติม

เกลือทอง	35 กรัม
Replenisher 2N	40 ซีซี
ยาเงา 321	40 ซีซี

เมื่อน้ำยาสกปรกให้เปลี่ยนใส่ไส้กรองคาร์บอนลงในเครื่องกรองแล้วกรองสิ่งเจือปนออก จะทำให้ยาเงาหายไป ให้เติมยาเงาลงไปบำรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แหล่งอ้างอิง :

บริษัทซี เอ็น แอล เพลทติ้ง ซิสเท็ม จำกัด , น้ำยาทองกรด.

น้ำยาล้างไฟฟ้า (Electroclean)

ขั้วแอโนด สแตนเลส

ปริมาตรน้ำยา 60 ลิตร

การผสมน้ำยา (Bath Makeup)

ผง ACTIVAX Cleaner 20 กรัมต่อลิตร (1200 กรัมต่อถัง) ผสมกับน้ำประปา

สภาวะของน้ำยา

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

น้ำยาล้างอุลตร้านิค (Ultrasonic)

ปริมาตรน้ำยา 60 ลิตร

การผสมน้ำยา (Bath Makeup)

น้ำยา 1.5 ลิตรต่อถัง ผสมกับน้ำประปา

สภาวะของน้ำยา

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

น้ำยาจุ่มกันหมอง (Antitarnishing)

ปริมาตรน้ำยา 20 ลิตร

การผสมน้ำยา (Bath Makeup)

น้ำยา 10 ซีซีต่อลิตร ผสมกับน้ำกลั่น

สภาวะของน้ำยา

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.
ใบตรวจสอบน้ำยาชุบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่	น้ำยาชุบ	ความหนาแน่น (โบเม่)	ค่าพีเอช	ค่าแอมแปร์•มินิต	ปัญหาที่เกิดขึ้น	สิ่งที่ได้แก้ไข	หมายเหตุ

ต้องมีการตรวจสอบค่าพีเอชและความหนาแน่นของน้ำยาชุบอย่างน้อยเดือนละครั้ง

รูปที่ จ-1 ใบตรวจสอบน้ำยาชุบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.
วิธีการทดสอบน้ำยาชุบทองแดงเงาด้วยฮัลเซล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบน้ำยาชุบโลหะด้วยฮัลเซล

ฮัลเซลคืออะไร

ฮัลเซลเป็นวิธีในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำยาชุบโลหะ เป็นการทดสอบเชิงคุณภาพเพื่อดูลักษณะที่ปรากฏของผิวชุบเพื่อนำไปประกอบการพิจารณาปรับแก้ไขน้ำยาชุบให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

หลักการ

กระทำการทดสอบในกล่องพลาสติกใสรูปสี่เหลี่ยมคางหมูโดยนำขั้วบวกมาไว้ที่ด้านตั้งฉาก นำแผ่นทดสอบอยู่ที่ขั้วลบตามแนวป้านของสี่เหลี่ยมคางหมู จะสามารถเห็นสภาวะการชุบจริงที่ย่านความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ต่างๆกัน (ระยะห่างจากขั้วบวกยิ่งมากจะมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าน้อย)

ประโยชน์

-เห็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากตัวเติมไม่สมดุลได้ซึ่งจะแสดงอาการให้เห็นดังเช่นชุบไม่เงาในบริเวณที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำ ทำให้แก้ไขน้ำยาชุบได้ก่อนที่จะเกิดขึ้นกับการผลิต

-ลดความเสี่ยงในการปรับแก้ไขน้ำยาเนื่องจากนำมาทดลองปรับแก้ในปริมาณน้อยๆก่อนที่จะทำการปรับจริงในถังชุบซึ่งสามารถสังเกตผลได้ง่ายกว่า

-การทดสอบอยู่เรื่อยๆเป็นประจำจะช่วยในการควบคุมน้ำยาชุบ เมื่อเริ่มมีอาการผิดปกติใดๆก็รู้ได้ล่วงหน้าและสามารถส่งน้ำยาไปตรวจสอบวิเคราะห์ส่วนผสมได้ทันการณ์

อุปกรณ์

1. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (rectifier)
2. กระบอก hull cell
3. แผ่นทดสอบ brass sheet (hull cell panel)
4. แผ่นตัวล่อทองแดง (anode) และถุงผ้า
5. เครื่องเป่าลม

การเตรียมการทดสอบ

กระบอกฮัลเซล : ล้างกระบอกฮัลเซลให้สะอาด

ตัวล่อ : ใช้แปรงหรือสก็อตไบรต์ขัดล้างตัวล่อทองแดงในน้ำผงซักฟอกอ่อนๆให้สะอาด แล้วนำไปกระตุ้นผิวด้วยกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 10 %

แผ่นทดสอบ (แผ่นทองแหลืองขนาด 10*7ซม.) : นำไปล้างไฟฟ้าและกระตุ้นผิวด้วยกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 10 %

วิธีการดำเนินงาน

1. นำบิกเกอร์ เก็บตัวอย่างน้ำยาชุบที่ต้องการทดสอบปริมาตร 250 ซีซี ใส่ลงไปในกระบอกฮัลเซล โดยการตรวจสอบที่ดีควรทำทุกครั้งที่ทำการชุบเสร็จ แล้วก่อนการตรวจสอบควรเติมน้ำจนถึงระดับปกติ ทดสอบความหนาแน่น และอุณหภูมิของน้ำยาก่อนที่จะตักน้ำยาไปทดสอบ
2. จัดสภาวะการชุบให้เหมือนกับที่ใช้ทำงานจริง น้ำยาชุบทองแดงเงาให้เปิดเครื่องเป่าลมเพื่อกวนน้ำยา
3. ใส่ตัวล่อทองแดงลงไปไว้ที่ด้านตั้งฉาก
4. นำแผ่นทดสอบไปอยู่ที่ขั้วลบตามแนวป้านของสี่เหลี่ยมคางหมู
5. น้ำยาทองแดงเงาเปิดกระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์ แรงดัน 1.5 – 2 โวลต์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วปิดไฟ หยิบแผ่นทดสอบขึ้นมาล้างน้ำ เป่าให้แห้ง จะสามารถเห็นสภาวะการชุบจริงที่ย่านความหนาแน่นกระแส (Current density) ที่ต่างๆกัน เพื่อนำไปประกอบการพิจารณาปรับแก้ไขน้ำยาชุบให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
6. ตรวจดูคุณลักษณะของผิวเคลือบที่เกิดขึ้นบนแผ่นทดสอบเพื่อศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อชิ้นงานทดสอบ ใช้ปากกาเมจิเขียนรายละเอียด(ชนิดของน้ำยาชุบ ,วันที่ทดสอบ , สภาวะการทำงาน) ลงไปบนแผ่นทดสอบเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐานบันทึกคุณลักษณะของน้ำยาชุบ
7. วิเคราะห์ผลการทดสอบคุณภาพของน้ำยาชุบโลหะ แล้วค่อยๆปรับแก้ตามความเหมาะสม

   น้ำยาทองแดงเงา

   อาการ ด้านที่ได้รับกระแสไฟฟ้าน้อย (Low Current Density) ชุบไม่ติด

   สาเหตุ ขาดกรดซัลฟูริก

   วิธีแก้ไข เติมกรดซัลฟูริกทีละน้อย ครั้งละ 1 ซีซี/ลิตร

   อาการ แผ่นไม่เงาใส(มัว)ช่วงความหนาแน่นกระแสไฟกลางถึงต่ำ

   สาเหตุ ยาเงาไม่สมบูรณ์ ขาดยาเงา 210 เอ

   วิธีแก้ไข เติม ยาเงา 210 เอ ทีละน้อย ครั้งละ 0.1-0.3 ซีซี/ลิตร

   อาการ ด้านความหนาแน่นกระแสไฟสูงเกิดอาการไหม้

   สาเหตุ ยาเงาไม่สมบูรณ์ ขาดยาเงา 210 บี

   วิธีแก้ไข เติม ยาเงา 210 บี ทีละน้อย ครั้งละ 0.1-0.3 ซีซี/ลิตร
8. นำผลการทดลองไปปรับจริงในถังชุบ

9. ประเมินผลและบันทึกสิ่งที่ได้จากการทดลองในสมุดบันทึกเพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับน้ำยาชุบ

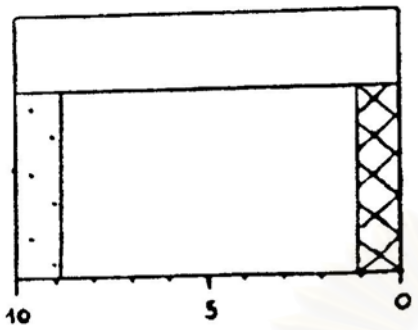
การทดสอบน้ำยาชุบโลหะด้วยฮัลเซลนี้จะใช้ประสบการณ์ในการประเมินผลได้ โดยควบคุมการทดสอบขึ้นมาอันหนึ่งให้เป็นเกณฑ์ จากนั้นก็เปลี่ยนปัจจัยไปหนึ่งปัจจัยแล้วทดสอบใหม่ ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ฮัลเซลจะให้ภาพที่มองเห็นซึ่งต้องทำการทดลองด้วยตนเอง ผลของการทำฮัลเซลสามารถใช้ทำนายความผิดปกติของน้ำยาชุบล่วงหน้าได้เป็นอย่างดีก่อนที่จะเกิดขึ้นกับการผลิตก็เนื่องจากสามารถเห็นผลที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆกัน ซึ่งจะบ่งบอกให้เห็นถึงปัญหาที่เริ่มจะเกิดขึ้นทำให้เราสามารถปรับแก้น้ำยาได้ทัน

<u>การกำหนดสัญลักษณ์ของผลลัพธ์จากการทำฮัลเซล</u>

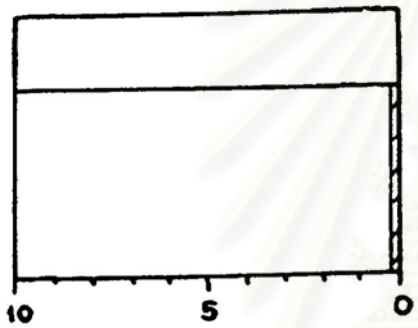
สัญลักษณ์	**ความหมาย**
	เงา หมายถึงมีลักษณะเป็นเงาใส สะท้อนแสงได้ดี
	กึ่งเงา หมายถึงมีลักษณะไม่เงาใสเท่าที่ควร
	ไม่มีผิวเคลือบเกาะ หมายถึงบางส่วนของชิ้นงานไม่ถูกเคลือบ
	หยาบหรือไหม้ หมายถึงมีลักษณะผิวด้าน หยาบหรือมีสีคล้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

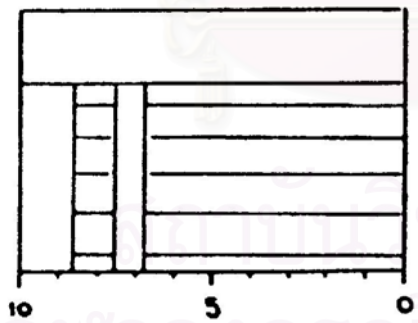
ตัวอย่างผลของการทำฮัลเซล



อธิบายได้ว่าทางซ้ายมือของแผ่นทดสอบซึ่งได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำ จะชุบไม่ติด ส่วนบริเวณที่ได้รับกระแสปานกลางเงางามดี บริเวณที่ได้รับกระแสสูงได้ผิวเคลือบที่มีลักษณะด้านหรือไหม้

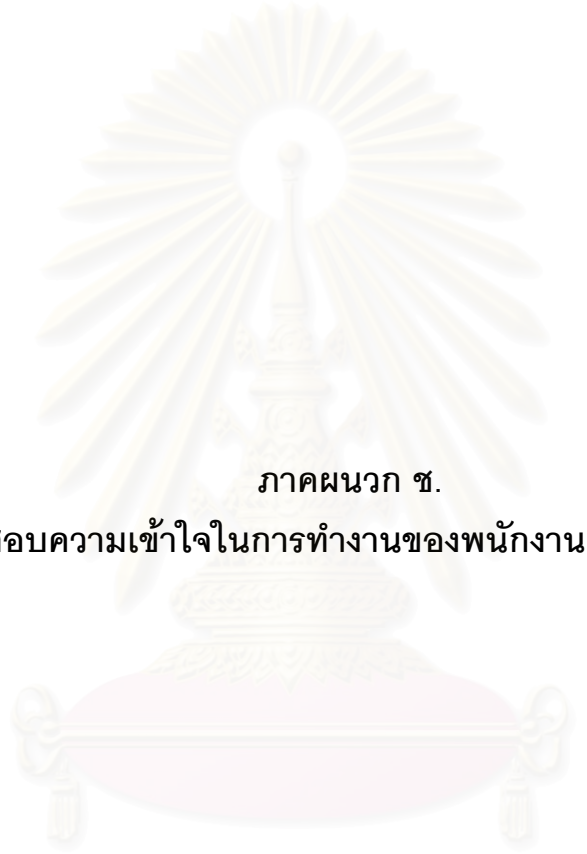


อธิบายได้ว่าผิวชุบที่ได้มีความเงางามดี บริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าสูงมีผิวเคลือบที่ด้านหรือไหม้เพียงเล็กน้อย



อธิบายได้ว่าผิวชุบที่ได้ไม่เงาเท่าที่ควร บริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าต่ำมีผิวเคลือบที่เงาเพียงเล็กน้อย

“น้ำยาชุบที่ดีจะให้ช่วงการเงาของชิ้นงานกว้างไม่ว่าชิ้นงานจะได้รับกระแสไฟฟ้ามากหรือน้อยก็ยังคงเงางามอยู่”



ภาคผนวก ช.

แบบทดสอบความเข้าใจในการทำงานของพนักงานแผนกชุบตัวเรือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบความเข้าใจในการทำงานของแผนกชุบตัวเรือน

1. เราจะใช้ไฟในการล้างไฟฟ้าเท่าไร

   ก. 3-4 โวลท์ ข. 7-8 โวลท์

2. เราจะต้องจุ่มชิ้นงานในน้ำอุ่นก่อนหรือหลังการชุบทองสไตรค์

   ก. ก่อน ข. หลัง

3. เราต้องเปิดหรือปิดเครื่องกรองในขณะที่ทำการชุบทอง

   ก. ปิด ข. เปิด

4. เราต้องเป่าลมกวนน้ำยาในน้ำยาชุบใด

   ก. ทองแดงเงาและนิเกิล ข. ทอง

5. งานใดที่ต้องมีการแปรงล้างด้วยน้ำยาล้างจาน

   ก. งานขัดเงา ข. งานขัดทราย

6. การชุบทองหนา 3 ไมครอนจะต้องชุบอย่างไร

   ก. ชุบทอง HS 6 นาที และชุบทอง 2N 8 นาที

   ข. ชุบทอง HS 8 นาที และชุบทอง 2N 6 นาที

7. การชุบใดที่ต้องคอยเคาะงานเบาๆในขณะชุบ

   ก. ชุบโรเดียม ข. ชุบพาราเดียม

8. น้ำยาชุบใดที่ต้องใช้ heater ทำความร้อน

   ก. พาราเดียม ข. นิเกิล

9. งานชุบที่มีนิเกิล-ทองแดงใดที่ต้องล้างไฟฟ้าหลังการชุบนิเกิล

   ก. ชุบทองมีนิเกิล-ทองแดง ข. ชุบโรเดียมมีนิเกิล-ทองแดง

10. เราไม่ใช้จิ๊ก (JIG) ในการชุบงานใด

    ก. งานชุบโรเดียม ข. งานชุบทอง

11. ในการชุบทองแดงเงาจะใช้ไฟในการชุบเท่าใด

    ก. 3-5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร ข. 1-2 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

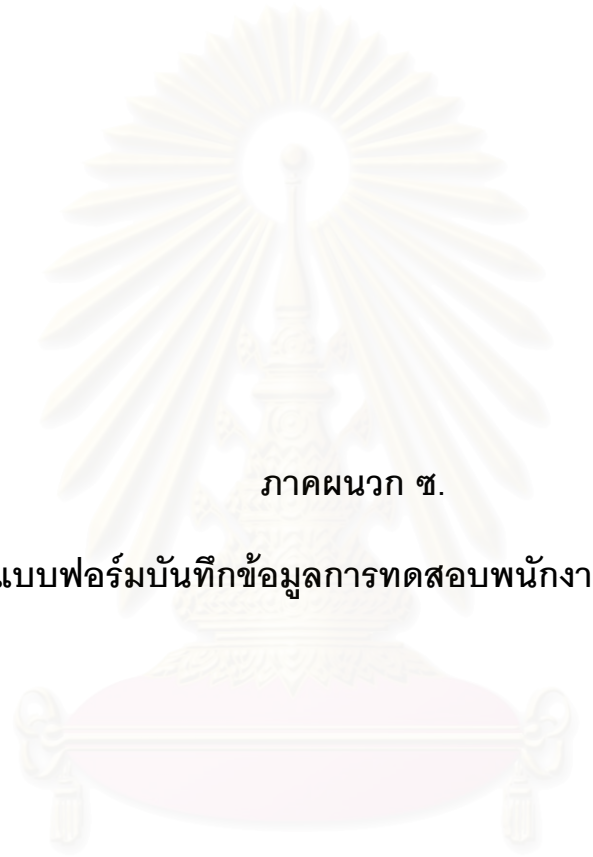
12. เราใช้เวลาเท่าไรในการชุบทองแดงเงา

    ก. 6 นาที ข. 10 นาที

13. เราต้องล้างไฟฟ้าหลังการชุบอะไร

    ก. พาราเดียม ข. แพลทตินัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ซ.

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการทดสอบพนักงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการทดสอบพนักงาน

ข้อ	คำตอบที่ถูก	พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 2			
		ครั้งที่1	ผล	ครั้งที่2	ผล	ครั้งที่1	ผล	ครั้งที่2	ผล
1.	ข	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก
2.	ข	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก
3.	ก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก
4.	ก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก
5.	ข	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก
6.	ก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก
7.	ก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก
8.	ข	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก
9.	ก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก
10.	ข	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก
11.	ก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก
12.	ข	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก	ข	ถูก
13.	ก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก	ก	ถูก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

	พนักงานคนที่ 1	พนักงานคนที่ 2
% ความสามารถในการทดสอบซ้ำของพนักงาน	100	100
% ความไม่ไบอัสของพนักงาน	100	100
%ประสิทธิผลด้านความสามารถในการทำซ้ำของการทดสอบโดยรวม	100	
%ประสิทธิผลด้านความไม่ไบอัสของการทดสอบโดยรวม	100	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมัณยาภรณ์ ภูริปัญญาคุณ เกิดวันที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปีพ.ศ. 2545 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีพ.ศ. 2545

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย