การหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมในกระบวนการกัดโลหะด้วยสารเคมีแบบพ่น

นางสาวปรีดาภรณ์ มงคลรัตน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
วิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1235-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMIZATION OF A SPRAY CHEMICAL ETCHING PROCESS

Miss. Preedaporn Mongkolrat

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree Master of Engineering in Chemical Engineering

Deapartment of Chemical Engineering

Faculty of Engineering Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1235-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมในกระบวนการกัดโลหะด้วยสารเคมีแบบพ่น
โดย	นางสาว ปรีดาภรณ์ มงคลรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรา ปานเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายชัยศรี เอี่ยมอำไพ)

.....กรรมการ
(ดร.มนตรี วงศ์ศรี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปรีดาภรณ์ มงคลรัตน์ : การหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมในกระบวนการกัดโลหะด้วยสารเคมีแบบพ่น. (OPTIMIZATION OF A SPRAY CHEMICAL ETCHING PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ชัยศรี เอี่ยมอำไพ 108 หน้า. ISBN 974-03-1235-7.

โดยทั่วไปกระบวนการผลิตที่ได้รับการออกแบบไว้เป็นอย่างดีแล้ว จะอยู่ภายใต้การควบคุมที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสิ่งรบกวนที่ย่อมเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ส่งผลกระทบให้กระบวนการปรับเข้าหาสภาวะสมดุลใหม่ ทำให้กระบวนการผลิตออกนอกการควบคุมที่กำหนด และผลิตสินค้าที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ภายใต้การควบคุม จึงต้องควบคุมตัวแปรปรับให้ดำเนินการอยู่ภายใต้สภาวะที่กำหนดจึงจะทำให้การผลิตสินค้ามีคุณภาพดี

งานวิจัยนี้ นำเสนอวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC : Statiscal Process Control) เพื่อควบคุมคุณภาพของสินค้าที่ผลิตในกระบวนการผลิต กระบวนการกัดโลหะเพื่อขึ้นรูปชิ้นงานด้วยสารเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่งของการผลิตแขนจับหัวอ่านและเขียนในคอมพิวเตอร์ โดยหลักของกระบวนการกัดโลหะต้องใช้สารเคมีในการล้างและการกัดชิ้นงาน จากการศึกษาพบ ผลของความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารเคมีต่อคุณภาพสินค้า คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าปฏิกิริยาเคมี (ORP : Oxidation-Reduction Potential) และอุณหภูมิ จึงควบคุมปัจจัยทั้งสองในกระบวนการผลิตจริงด้วยระบบการควบคุมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก เพื่อช่วยตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ภายใต้การควบคุมที่กำหนดไว้ได้ และช่วยลดการผลิตสินค้าที่คุณภาพไม่ตรงตามข้อกำหนดได้เป็นที่น่าพอใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4171456421 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: SPRAY CHEMICAL ETCHING PROCESS/ STATICAL PROCESS CONTROL PROGRAM

PREEDAPORN MONGKOLRAT : OPTIMIZATION OF A SPRAY CHEMICAL ETCHING PROCESS. THESIS ADVISOR : PAISAN KITTISUPAKORN,Ph.D. THESIS COADVISOR : CHAISRI EIAMAMPAI, 108 pp. ISBN 974-03-1235-7.

In general, well designed production processes are normally controlled with regarding to a desired set point. However, when disturbances of the processes change, the outputs of the processes go to a new steady state shifting from the desired set point leading to off-spec products. Therefore, good control of such processes is needed to manipulate a desired operating condition as well as product's quality.

In this work, we present the use of statistical process control (SPC) in the control of product quality of the etching process for the production of disk drive reading arm as called suspension. The etching process studied involves the use of chemicals to clean and etch the surface of the arm. Therefore, the relationships among the product quality to chemical concentration, oxidation-reduction potential (ORP) and temperature are studied. Then, computer programs based on visual basic are developed to monitoring the inputs and outputs and control of the product quality. It was found that the developed programs are useful tools to be implemented in the etching process; the off-spec product can be decreased immensely.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Chemical Engineering
Field of study Chemical Engineering
Academic year 2001

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

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ทางผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร ที่ได้กรุณาให้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ กำลังใจ ตรวจแก้ไข จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการวิจัย คุณชัยศรี เอี่ยมอำไพ ผู้จัดการอาวุโส ส่วนงานวิศวกรรมการกัดขึ้นรูปโลหะของบริษัท เค.อาร์. พรีซิชั่น (มหาชน) จำกัด ในด้านการค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นในการวิจัย เอื้อเฟื้อ วัตถุดิบ อุปกรณ์เครื่องมือ และสถานที่ในกระบวนการจริงสำหรับการทดลอง รวมทั้งเจ้าหน้าที่และพนักงาน ของบริษัท เค.อาร์. พรีซิชั่น (มหาชน) จำกัด ทุกท่านทุกส่วนงานที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการวิจัยในกระบวนการจริง

ขอขอบคุณ คุณสิทธิชัย ปุณะปุง ผู้จัดการส่วนงานวิศวกรรมเครื่องมือ บริษัท เค.อาร์. พรีซิชั่น (มหาชน) จำกัด ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และตรวจสอบในด้านโปรแกรมจนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา น้องๆ และครอบครัว ซึ่งสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 คำนำ..... 1

1.2 แนวคิดและเหตุผล..... 2

1.3 วัตถุประสงค์..... 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 3

2. วารสารปริทัศน์..... 4

2.1 โรงงานตัวอย่างและข้อมูลก่อนการปรับปรุง..... 4

2.2 การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ..... 38

2.3 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 46

3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 48

3.1 การเลือกปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย..... 48

4. ผลการวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูล..... 52

4.1 ผลการวิจัยและบันทึกผลการวิจัย..... 52

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 61

5. การประเมินผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต..... 67

5.1 ข้อมูลจากกระบวนการผลิตสภาวะปัจจุบันแบบไม่มีโปรแกรมควบคุม..... 67

5.2 ข้อมูลจากกระบวนการผลิตสภาวะปัจจุบันแบบใช้โปรแกรมควบคุม..... 69

5.3 ประเมินผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต..... 82

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 86
6.1 สรุปผลการวิจัย..... 86
6.2 ข้อจำกัดของการวิจัย..... 86
6.3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็น..... 87
รายการอ้างอิง..... 89
ภาคผนวก..... 91
ภาคผนวก ก ความหมายของศัพท์..... 92
ภาคผนวก ข ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานตัวอย่าง..... 94
ภาคผนวก ค ตารางที่ ค.1 ตัวประกอบสำหรับแผนภูมิควบคุม X-bar และ R..... 99
ภาคผนวก ง คู่มืออ้างอิงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปควบคุมกระบวนการ..... 100
ภาคผนวก จ Ionic activity coefficient values (f) for various ionic strengths (l) of solution..... 107
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 108

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 ขั้นตอนวิธีการทำงานของการล้างงาน..... 10
2.2 ขั้นตอนวิธีการทำงานของการ Remove..... 19
2.3 องค์กรและกระบวนการที่รับผิดชอบของโรงงานตัวอย่าง..... 30
2.4 ปริมาณของเสียในช่วงเดือนกรกฎาคม..... 34
2.5 ตัวอย่างสัมประสิทธิ์ของพิกัดควบคุมแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย..... 40
2.6 ตัวอย่างแบบฟอร์มแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย..... 42
3.1 ปัจจัยที่มีสาเหตุมาจากการทำงานของคน..... 50
3.2 ปัจจัยที่มีสาเหตุมาจากเครื่องจักร..... 51
3.3 ปัจจัยที่มีสาเหตุมาจากวัตถุดิบ..... 51
3.4 ปัจจัยที่มีสาเหตุมาจากวิธีการทำงาน..... 51
4.1 Specific values of the used etchant $FeCl_3$..... 52
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ORP และลักษณะของชิ้นงาน..... 54
4.3 ผลของอุณหภูมิของน้ำยาที่เหมาะสม..... 56
4.4 ผลของอัตราการกัดของสารเคมีที่อุณหภูมิ 50^0C ณ ความดันต่างๆ..... 57
4.5 ผลการปรับระยะของแผ่นชิ้นงานและหัวฉีดพ่นแนวแกน Z..... 60
4.6 ตัวอย่างผลของค่า ORP และอุณหภูมิของกระบวนการผลิต..... 62
4.7 ตัวอย่างผลวิจัยเฉพาะชุดข้อมูล ORP..... 64
5.1 ข้อมูลปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตควบคุมด้วยสภาวะปัจจุบัน..... 68
5.2 เปรียบเทียบค่าของ ORP ระหว่างผลที่ได้จากทฤษฎีและกระบวนการผลิตจริง..... 81
5.3 ประเมินปัญหา, สาเหตุ และแนวทางแก้ไข..... 84

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

2.1 แบบจำลองผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและแขนจับยึดหัวอ่าน..... 4
2.2 ส่วนประกอบ Arm ของแขนจับยึดหัวอ่านเขียน..... 5
2.3 ส่วนประกอบ TG ของแขนจับยึดหัวอ่านเขียน..... 6
2.4 ส่วนประกอบ Plate ของแขนจับยึดหัวอ่านเขียน..... 6
2.5 ส่วนประกอบของแขนจับยึดหัวอ่านเขียน..... 7
2.6 การป้อนม้วนสแตนเลสเข้าเครื่อง Cut&Punch..... 8
2.7 แผ่นชิ้นงานสแตนเลสที่เจาะรูและตัดขนาดตามต้องการ..... 9
2.8 การล้างแผ่นสแตนเลสในเครื่องล้าง..... 10
2.9 กระบวนการ Dip coating..... 12
2.10 กระบวนการ Exposure..... 13
2.11 กระบวนการ Development..... 14
2.12 แบบจำลองของเครื่อง Spray etching..... 16
2.13 เครื่อง Spray etching..... 17
2.14 แผ่นสแตนเลสในเครื่อง Spray etching..... 18
2.15 การตรวจสอบของเสียบนแผ่นชิ้นงานด้วยกล้องกำลังขยาย 10 เท่า..... 19
2.16 ภาพขยายของแผ่นชิ้นงานใต้กล้องกำลังขยาย..... 20
2.17 การแยกแผ่นชิ้นงานเป็นแถวย่อย..... 21
2.18 แถวย่อยชิ้นงานรอการดัดขึ้นรูป..... 22
2.19 ชิ้นงานดัดขึ้นรูปค่า Gram..... 23
2.20 กระบวนการล้างชิ้นงาน..... 24
2.21 ชิ้นงานดัดขึ้นรูปค่า Gram อย่างละเอียด..... 25
2.22 การตรวจสอบของเสียบนตัวชิ้นงานด้วยกล้องกำลังขยาย 10 เท่า..... 26
2.23 การบรรจุหีบห่อ..... 27
2.24 ลำดับกระบวนการกัดขึ้นรูปด้วยสารเคมี..... 28
2.25 กระบวนการขึ้นรูปและประกอบ..... 29

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.26 ผังองค์กรแสดงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง..... 32
2.27 แผนภูมิแสดงปริมาณของเสียในช่วงเดือนกรกฎาคม..... 35
2.28 กราฟแสดงผลสัดส่วนของดีของกระบวนการกัดขึ้นรูปด้วยสารเคมีตั้งแต่เดือนมกราคม-พฤศจิกายน..... 36
2.29 กราฟแสดงผลสัดส่วนของดีของกระบวนการขึ้นรูปและการประกอบตั้งแต่เดือนมกราคม-พฤศจิกายน..... 37
2.30 กราฟแสดงการรับคืนสินค้าจากลูกค้าตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม..... 38
3.1 แผนภาพแสดงถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อของเสียในกระบวนการกัดโลหะ..... 49
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ORP และจำนวนชิ้นงาน..... 55
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกัดของสารเคมีและความดัน ณ อุณหภูมิ 50^{0}C 58
4.3 กราฟข้อมูลความเร็วของสายพานและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตจริง..... 59
4.4 ความสัมพันธ์ของระยะห่างระหว่างแผ่นชิ้นงานและหัวฉีดพ่นแนวแกน Z..... 60
4.5 กราฟตัวอย่างข้อมูลของ ORP ด้วยโปรแกรมทางสถิติทั่วไป..... 65
5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเสียและค่า ORP (ไม่ใช้โปรแกรมควบคุม)..... 69
5.2 กราฟข้อมูล (ชุดที่1) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 70
5.3 กราฟข้อมูล (ชุดที่2) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 71
5.4 กราฟข้อมูล (ชุดที่3) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 72
5.5 กราฟข้อมูล (ชุดที่4) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 73

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.6 กราฟข้อมูล (ชุดที่5) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 74
5.7 กราฟข้อมูล (ชุดที่6) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 75
5.8 กราฟข้อมูล (ชุดที่7) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 76
5.9 กราฟข้อมูล (ชุดที่8) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 77
5.10 กราฟข้อมูล (ชุดที่9) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 78
5.11 กราฟข้อมูล (ชุดที่10) ปัจจัยควบคุมค่า ORP จากชุดโปรแกรมควบคุมจากงานวิจัย..... 79
5.12 ความสัมพันธ์ของ $[Fe^{3+}]$ และ ORP..... 85
6.1 ความสัมพันธ์ของปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลในกระบวนการกัดขึ้นรูปด้วยสารเคมี..... 88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย