การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการเกิดคราบสกปรกบริเวณขาโลหะส่วนโค้งของวงจรรวม สำหรับเครื่องทำเครื่องหมายด้วยเลเซอร์

นางสาวณฏฐินี จงรักษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1477-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 20546038

ANALYSIS AND CORRECTIVE ACTION OF INTEGRATED CIRCUIT ' S METAL- PIN CONTAMINATION PROBLEMS FOR LASER MARKING MACHINE

NATTHINEE JONGRUK

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Industrial Engineering
Faculty of Industrial Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1477-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการเกิดคราบสกปรกบริเวณขาโลหะส่วนโค้งของวงจรรวมสำหรับเครื่องทำเครื่องหมายด้วยเลเซอร์
โดย	นางสาวณฏฐินี จงรักษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศรีรักษ์ ศรีทองชัย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณฏฐินี จงรักษ์: การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการเกิดคราบสกปรกบริเวณขาโลหะส่วนโค้งของ วงจรรวมสำหรับเครื่องทำเครื่องหมายด้วยเลเซอร์. (ANALYSIS AND CORRECTIVE ACTION OF INTEGRATED CIRCUIT 'S METAL-PIN CONTAMINATION PROBLEMS FOR LASER MARKING MACHINE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร, จำนวนหน้า 160 หน้า. ISBN 974-03-1477-5.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดคราบสกปรกบริเวณส่วนโค้งของขา Integrated circuit (IC) และหาแนวทางในการลดปริมาณคราบสกปรกที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนในการศึกษาในส่วนแรกคือ การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดคราบสกปรก ซึ่งจะทำการศึกษาสิ่งเจือปนที่อยู่ในคราบสกปรก โดยนำชิ้นงานไปวิเคราะห์ด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ เครื่องรามาน สเปกโทรสโกปี และ เครื่องฟูริเออร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ จากนั้นนำผลที่ได้พิจารณาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลของการเกิดคราบสกปรก โดยนำหลักการออกแบบการทดลอง มาประยุกต์ใช้ ซึ่งทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดคราบสกปรกได้แก่ ผงฝุ่นของCompound น้ำมันเคลือบผิว(Vanishing Oil) และ รางบรรจุชิ้นงาน(Track) จากนั้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะกับระดับคราบสกปรกและจำนวนของเสีย เพื่อนำข้อมูลไปศึกษาและวัดผลเทียบกับหลังการปรับปรุงกระบวนการ จากนั้นได้ออกแบบแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งประกอบด้วย การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงาน และการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark และทดลองนำแนวทางไปทดลองใช้ และวัดผลการปรับปรุง

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดคราบสกปรกคือ ผงฝุ่นของCompound ส่วน Vanishing Oil และ Track มีผลน้อยมาก ที่ระดับความมั่นใจร้อยละ 95 และผลการหาความสัมพันธ์พบว่าระดับคราบสกปรกและจำนวนของเสียของชิ้นงานจะแปรผันตามปริมาณเนื้อ Compound ที่ถูกกัดเซาะ

สำหรับผลการแก้ไขการเกิดคราบสกปรก พบว่า การเป่าลมทุกๆ 500 ชิ้นงานที่ผลิตจะสามารถลดระดับคราบสกปรกและของเสียเฉลี่ยจากเดิมก่อนการปรับปรุงลงร้อยละเท่ากับ 25 และ 29.8 ตามลำดับ และการเป่าลมทุกๆ 1,000 ชิ้นงาน จะสามารถลดระดับคราบสกปรกและของเสียเฉลี่ยจากเดิมก่อนการปรับปรุงลงร้อยละเท่ากับ 17.9 และ 20 ตามลำดับ สำหรับการปรับปรุงโดยออกแบบอุปกรณ์ครอบรางจะสามารถลดระดับคราบสกปรกและของเสียมากที่สุด เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุงร้อยละ 40 และ 70 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม .....

4370282521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORD: CORRECTIVE / INTEGRATED CIRCUIT / CONTAMINATION / LASER MARKING

NATTHINEE JONGRUK : ANALYSIS AND CORRECTIVE ACTION OF INTEGRATED CIRCUIT 'S METAL-PIN CONTAMINATION PROBLEMS FOR LASER MARKING MACHINE. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D. , 160 pp. ISBN 974-03-1477-5.

The objection of the research was to study the factors which have an influence on the integrated circuit's metal-pin contamination problems for laser marking machine, and the objection of the research was to expose techniques and methods to reduce the amount of contamination problems.

The first study procedure was to scrutinize factors causing contamination problem in which this procedure focused on the analysis of in contamination. The analyzing method was conducted by using Scanning Electron Microscope(SEM) and Energy Dispersive X-Ray(EDX), RAMAN Spectroscopy and Fourier Transform Infrared Spcetrophotometer. A result from the analysis was then examined to indicate factors that have an effect on contamination. By applying experimental design principles, the factors affecting the causes of contamination problem are the dust of compound, vanishing oil, and a track. A further research had been conducted to study a relationship between the amount of machined compound and contamination level including the waste of work piece in order to analyze this research information and later to compare the result after improving the systems. Likewise, designing improvement guidelines must consisted of the improvement of working procedure, and a dust-protector design using in Laser Mark machine. These improvement guidelines would be practically experimented. Data result would then be evaluated for further development.

The research found that the major factor that had affected the contamination was compound dust, whereas vanishing oil and track had affected the less at 95% confidence interval. The result of relationship, as mentioned, indicated that the level of contamination and the waste of work piece would fluctuate according to the amount of machined compound.

The solution of contamination cause could be noted as blowing at every 500 pieces of production work could reduce the contamination and waste comparing to the record when there was no improvement implied, averaged 25% and 29.8% as in order. And blowing at every 1,000 pieces of production work could reduce the contamination and waste equaled to 17.9% and 20%, and development on designs of track-covering tool could remarkaly reduce the contamination and waste showing the figures of 40% and 70% as in order.

Department .....INDUSTRIAL ENGINEER..... Student's signature .....

Field of study ...INDUSTRIAL ENGINEER..... Advisor's signature .....

Academic year .....2002..... Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาคำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการคุมสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.วัณชัย ริจิรวนิช กรรมการคุมสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช และ อาจารย์ ดร. ศรีรักษ์ ศรีทองชัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ พี่ศิริพร กิตติวัชระพล ที่เป็นที่ปรึกษา ดูแล และให้คำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัย และขอขอบพระคุณ พี่ปอ,พี่เจี๊ยบ,พี่ดล,พี่แน๊ต,พี่เชฐ,พี่ขนุน,พี่นา,พี่ตา อีกทั้งพี่ๆและพนักงานฝ่ายต่างๆ ของโรงงานตัวอย่างที่ได้ให้ความร่วมมือ และสนับสนุนในด้านข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา พี่สาว น้องสาว ญาติ เพื่อน และท่านที่มิได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

ณฏฐินี จงรักษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญรูป..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 3

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 20

3 ข้อมูลเฉพาะและสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่าง..... 29

3.1 ข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง..... 29

3.1.1 ผลิตภัณฑ์ 29

3.1.2 รูปแบบของผลิตภัณฑ์..... 29

3.1.3 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ PLCC..... 30

3.1.4 กระบวนการผลิต 30

3.1.5 กระบวนการทำงานของเครื่อง Laser Mark..... 35

3.1.6 ตัวอย่างรูปแบบผลิตภัณฑ์..... 36

3.1.7 ค่าพารามิเตอร์เครื่อง Laser Mark..... 37

3.2 การศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน..... 39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4 วิธีการศึกษา..... 47
4.1 การศึกษาการเกิดคราบสกปรก..... 47
4.1.1 การวิเคราะห์คราบสกปรกบริเวณขาส่วนโค้งของ IC..... 47
4.1.1.1 SEM และ EDX 47
4.1.1.2 RAMAN Spectroscopy..... 48
4.1.1.3 FT-IR..... 48
4.1.2 การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดคราบสกปรก..... 52
4.2 การคำนวณปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทำเครื่องหมายบน Compound 56
4.3 การศึกษาระดับคราบสกปรกบนขา IC ก่อนการปรับปรุง..... 56
4.4 การแก้ไขปัญหา..... 59
4.4.1 การคัดเลือกแนวทางการลดคราบสกปรก..... 59
4.4.2 การปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน..... 59
4.4.3 การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser mark..... 60
4.5 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง..... 61
4.5.1 เวลาในการทำงาน..... 61
4.5.2 ระดับคราบสกปรก..... 61
4.5.3 จำนวนของเสีย..... 61
4.5.4 Production Index..... 61
5 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล..... 62
5.1 ผลการศึกษาการเกิดคราบสกปรก..... 62
5.1.1 ผลการวิเคราะห์คราบสกปรกบริเวณขาส่วนโค้งของ IC..... 62
5.1.1.1 ผลของ SEM และ EDX..... 62
5.1.1.1.1 สิ่งเจือปน 62
5.1.1.1.2 ขนาดของผงฝุ่น..... 62
5.1.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย RAMAN Spectroscopy..... 63
5.1.1.2 ผลการวิเคราะห์ FT-IR..... 63
5.1.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดคราบสกปรก..... 75
5.1.2.1 ผลการศึกษา..... 77
5.1.2.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดคราบสกปรก..... 78

หน้า

5.2 ผลการคำนวณปริมาณฝุ่นจากการทำเครื่องหมายบน Compound..... 78
5.2.1 ความหนาแน่นของ Compound 78
5.2.2 ความกว้าง และ ความลึก 78
5.2.3 ความยาวของโครงร่าง 78
5.2.4 ความยาวจริง..... 79
5.2.5 ปริมาตรทั้งหมด..... 79
5.2.6 น้ำหนักฝุ่น..... 80
5.3 ผลการศึกษาระดับคราบสกปรกบนขา IC ก่อนการปรับปรุง..... 87
5.3.1 ผลก่อนการปรับปรุง..... 87
5.3.2 ความสัมพันธ์คราบสกปรกกับจำนวนUnitที่ผ่านการMark.... 87
5.3.2.1 แบบ A (1437 µg / 1unit)..... 87
5.3.2.2 แบบ B (1112 µg / 1unit)..... 88
5.3.2.1 แบบ C (811 µg / 1unit)..... 89
5.3.1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์..... 90
5.3.2 สรุปผลระดับคราบสกปรกบนขา IC ก่อนการปรับปรุง..... 105
5.4 ผลการแก้ไขปัญหา..... 105
5.4.1 ผลการคัดเลือกแนวทางการลดคราบสกปรก..... 107
5.4.2 ผลการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน..... 108
5.4.2.1 วิธีการปรับปรุงวิธีปฏิบัติงาน..... 109
5.4.2.2 ผลของการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน..... 116
5.4.3 ผลการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark..... 116
5.4.3.1 อุปกรณ์ที่ออกแบบ..... 116
5.4.3.2 ผลการปรับปรุงโดยการออกแบบอุปกรณ์..... 116
5.5 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง..... 121
5.5.1 เวลาในการทำงาน..... 121
5.5.2 ระดับคราบสกปรก..... 123
5.5.3 จำนวนของเสีย..... 125
5.5.4 Productivity Index..... 126

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

6 อภิปรายผล..... 135
6.1 อภิปรายผลการศึกษาการเกิดคราบสกปรก..... 135
6.2 อภิปรายผลการคำนวณปริมาณฝุ่น..... 136
6.3 อภิปรายผลการศึกษาระดับคราบสกปรกบนขา IC ก่อนการปรับปรุง... 136
6.4 อภิปรายผลการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน 137
6.5 อภิปรายผลการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser mark..... 138
6.6 อุปสรรคในการวิจัย..... 139
7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 140
7.1 สรุปผลการวิจัย..... 140
7.2 ข้อเสนอแนะ..... 141
รายการอ้างอิง..... 142
ภาคผนวก..... 143
ภาคผนวก ก..... 144
ภาคผนวก ข..... 148
ภาคผนวก ค..... 150
ภาคผนวก ง..... 155
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 160

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	แสดงส่วนประกอบของ Compound	33
3.2	แสดงส่วนประกอบของ Solder Plating	33
3.3	แสดงตัวอย่างแสดงตัวอย่างรูปแบบตัวอักษรและสัญลักษณ์ที่ Mark	36
3.4	ค่า GENERAL PARAMETERS	37
3.5	ค่า GENRAL NUMERIC VARIABLES	38
3.6	แสดงบันทึกผลคราบสกปรกของผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ	42
3.7	แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับคราบและวิธีปฏิบัติ	44
4.1	วิธีการเตรียมตัวอย่างงานของเครื่อง SEM – EDX	49
4.2	ตารางบันทึกผลจำนวนผงฝุ่นแต่ละช่วงขนาด	50
4.3	วิธีการเตรียมตัวอย่างงานเครื่อง RAMAN Spectroscopy	50
4.4	วิธีการเตรียมตัวอย่างงานด้วยเครื่อง FT-IR	51
4.5	ตารางทำการทดลอง	54
4.6	ตารางบันทึกผลการทดลอง	55
4.7	แสดงค่าที่ใช้ในการศึกษากระบวนการก่อนการปรับปรุง	58
4.8	แสดงค่าในการศึกษา เพื่อการตรวจสอบความสัมพันธ์	58
4.9	แสดงค่าที่กำหนดในการทดลอง	60
5.1	ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM – EDX	64
5.2	จำนวนผงฝุ่นในแต่ละช่วงขนาดที่พบ	64
5.3	ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RAMAN Spectroscopy	69
5.4	แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR	70
5.5	การเปรียบเทียบส่วนประกอบในคราบสกปรกFTIR	73
5.6	ผลการเปรียบเทียบกราฟ ที่ได้จาก FTIR	74
5.7	แสดงผลที่ได้จากการทดลอง	75
5.8	แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล	77
5.9	การหาความหนาแน่น Compound	81
5.10	แสดงผลการวัดความกว้างและความลึกของตัวอักษร	82
5.11	แสดงค่าปริมาณทั้งหมดของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์	82
5.12	ขนาดของ Character	86

หน้า

5.13 ผลความสัมพันธ์ระหว่างระดับคราบสกปรกกับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark.. 91

5.14 ผลความสัมพันธ์ระหว่างระดับคราบสกปรกกับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark โดยหาค่าเฉลี่ย..... 92

5.15 ผลความสัมพันธ์ระหว่างระดับคราบสกปรกกับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark โดยสรุป..... 93

5.16 การวิเคราะห์กรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 1437 µg 93

5.17 การวิเคราะห์กรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 1112 µg 94

5.18 การวิเคราะห์กรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 811 µg.. 94

5.19 แสดงค่า% ของเสียก่อนการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ A (1437 µg / 1unit).. 95

5.20 แสดงค่า% ของเสียก่อนการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ B (1121 µg / 1unit)... 96

5.21 แสดงค่า% ของเสียก่อนการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ C (811 µg / 1unit).... 97

5.22 ผลการตรวจสอบสมการ..... 103

5.23 กระบวนการปรับปรุงแบบที่ 1เป้าทุกๆ 500Units..... 110

5.24 กระบวนการทำความสะอาดแบบที่ 2 เป้าทุกๆ 1,000 Units..... 110

5.25 ผลของระดับคราบสกปรกหลังจากปรับปรุงแบบที่ 1..... 111

5.26 ผลของระดับคราบสกปรกหลังจากปรับปรุงแบบที่ 2..... 112

5.27 แสดงค่า% ของเสียหลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติฉีดทุกๆ500 unit..... 114

5.28 แสดงค่า% ของเสียหลังการปรับปรุงวิธีปฏิบัติฉีดทุกๆ1000 unit..... 115

5.29 ผลการทดลองระดับคราบ IC หลังการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark.... 117

5.30 แสดงค่า% ของเสียหลังใส่ที่ครอบราง..... 118

5.31 ค่าเฉลี่ยระดับคราบสกปรก ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ..... 128

5.32 Multiple Activity Chart ของกระบวนการ Laser Marking..... 131

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	ภาพแสดงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ PLCC.....	32
3.2	กระบวนการผลิตอย่างคร่าวๆกระบวนการผลิตอย่างคร่าวๆ	34
3.3	แสดงส่วนประกอบเครื่อง Laser Marking.....	35
3.4	จุดที่พบคราบสกปรก.....	41
3.5	แสดงพื้นที่ J – bent.....	41
3.6	คราบสกปรกบริเวณส่วนโค้งหลังจากผ่านLaser Marking.....	41
3.7	คราบสกปรกที่พบบริเวณส่วนโค้ง. จากชิ้นงานที่ลูกค้าส่งคืน.....	41
3.8	กราฟแสดงระดับคราบสกปรกที่พบบนขา IC.....	43
3.9	ระดับคราบสกปรก.....	45
3.10	แสดงบริเวณ Mark site.....	46
3.11	แสดงบริเวณ Track และ Clamp.....	46
5.1	SEM in DA Lab BKK.	65
5.2	SEM for Contaminate of DA Lab in Singapore.....	67
5.3	ภาพตัวอย่างผงฝุ่นในบริเวณรางจากเครื่อง SEM-EDX	68
5.4	ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RAMAN.....	69
5.5	ผลการวิเคราะห์ Contaminateด้วย FTIR.....	71
5.6	ผลการวิเคราะห์Compound Surface ด้วย FTIR.....	71
5.7	ผลการวิเคราะห์ Dust ด้วย FTIR.....	72
5.8	ผลการวิเคราะห์ Vanishing Oil ด้วย FTIR.....	72
5.9	กราฟ Normal Probability Plot ของ Residuals.....	76
5.10	กราฟทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล.....	76
5.11	การวัดความกว้าง และ ความยาวของตัวอักษรที่ได้จากการ Mark.....	81
5.12	โครงร่างของ ตัวอักษรและสัญลักษณ์จากโปรแกรม Font Master Program.	84
5.13	แสดงความสูงและความกว้างของตัวอักษร.....	86
5.14	แสดง%ของเสียสะสม.....	98
5.15	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคราบสกปรกกับจำนวน Unit ที่ผ่านการ Mark....	99
5.16	กราฟความสัมพันธ์จากสมการ.....	99

		หน้า
5.17	กราฟความสัมพันธ์กรณีน้ำหนักของCompoundที่ถูกกัดออก/unit=1437µg.	100
5.18	สมการกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 1437 µg.....	100
5.19	กราฟความสัมพันธ์กรณีน้ำหนักของCompoundที่ถูกกัดออก/unit=1112µg.	101
5.20	สมการในกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 1112 µg...	101
5.21	กราฟความสัมพันธ์กรณีน้ำหนักของCompoundที่ถูกกัดออก/unit=811µg..	102
5.22	สมการในกรณี น้ำหนักของ Compound ที่ถูกกัดออก / 1 unit = 811 µg....	102
5.23	ผลจากการตรวจสอบ.....	104
5.24	กราฟความสัมพันธ์จากการปรับปรุงแบบที่ 1เป่าทุกๆ 500 Units.....	113
5.25	กราฟความสัมพันธ์จากการปรับปรุงแบบที่ 2เป่าทุกๆ 1,000 Units.....	113
5.26	การทดลองการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่อง Laser Mark.....	114
5.27	เปรียบเทียบ%ของเสียสะสมหลังการปรับปรุง.....	119
5.28	แสดง Design ของครอบรางที่ออกแบบเพื่อลดคราบสกปรก.....	120
5.29	เปรียบเทียบเวลาในการทำงาน.....	129
5.30	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับคราบสกปรก.....	129
5.31	เปรียบเทียบ %ของเสีย.....	130
5.32	เปรียบเทียบ % ของเสียสะสมก่อนและหลังการปรับปรุง.....	130
5.33	แสดงผลการทดลองของระดับคราบสกปรก ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงกระบวน.....	132
5.34	เปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานที่เป่าลม/ครั้งกับ%ของเสียและเวลาในการทำงาน	133
5.35	เปรียบเทียบ Productivity Index.....	134
ก – 1	ผลการทดสอบ Normal Probability Plot ของข้อมูลกรณี 1437 ug.....	145
ก – 2	ผลการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลกรณี 1437 ug.....	145
ก – 3	ผลการทดสอบ Normal Probability Plot ของข้อมูลกรณี 1112 ug.....	146
ก – 4	ผลการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลกรณี 1112 ug.....	146
ก – 5	ผลการทดสอบ Normal Probability Plot ของข้อมูลกรณี 811 ug.....	147
ก – 6	ผลการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลกรณี 811 ug.....	147
ข – 1	ภาพถ่ายผงฝุ่นจากเครื่อง SEM-EDX.....	149