

การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์
โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า



นางสาวศิริวดี เอื้ออรุณโชติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3738-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTAMINATION REDUCTION IN SLIDER PRODUCTION PROCESS
BY APPLYING SIX SIGMA APPROACH

Miss Siriwadee Aerarunchot



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 2003

ISBN 974-17-3738-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตตัวหัวอ่าน-เขียนสำหรับ
คอมพิวเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า

โดย

นางสาวศิริวิดี เอื้ออรรถโชติ

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรง ทวีแสงสกุลไทย)

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

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.นภัสวงศ์ ไอสถศิลา)

ศิริวิดี เอื้ออรุณโชติ : การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับ
คอมพิวเตอร์โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า (CONTAMINATION REDUCTION IN
SLIDER PRODUCTION PROCESS BY APPLYING SIX SIGMA APPROACH)

อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ปารเมศ ชูติมา, 168 หน้า. ISBN 974-17-3738-6

การวิจัยนี้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของซิกซ์ซิกม่าเพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากคราบสกปรก (Contamination) ของกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 245,153 DPPM ระบบการดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ซิกม่าจะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ ขั้นตอนตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure) ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve) และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control) ตามลำดับ

ในแต่ละขั้นของการสำรวจผลวิจัยสามารถระบุสาเหตุของปัญหาและทำการแก้ไขโดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรม ซึ่งขั้นตอนเริ่มต้นของการศึกษาได้ทำการนิยามปัญหา ศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทำโดยแผนภาพแสดงเหตุและผล และเชื่อมโยงเพื่อหาความรุนแรงของปัญหาด้วยวิธีการ FMEA หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุต่าง ๆ เหล่านี้ว่ามีผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน เมื่อสามารถระบุถึงสาเหตุของปัญหา ขั้นตอนต่อไปคือการปรับปรุงเพื่อลดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรก (Contamination Defect Proportion) โดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรมเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองเช่นเดียวกันสุดท้ายคือการจัดทำมาตรฐานการควบคุมและป้องกันปัญหา

จากข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า สามารถที่จะลดความสูญเสียได้เป็นจำนวนเงิน US\$8,091 โดยพิจารณาจากระยะเวลาระหว่างการดำเนินการวิจัย ซึ่งคิดเป็น 53 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียที่ลดได้จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 79,080DPPM

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิติ
.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4471476221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : SIX SIGMA / SLIDER / DEFECT PART PER MILLION / DEFINE PHASE / MEASUREMENT PHASE / ANALYSIS PHASE / IMPROVE PHASE / CONTROL PHASE

SIRIWADEE AERARUNCHOT : CONTAMINATION REDUCTION IN SLIDER PRODUCTION PROCESS BY APPLYING SIG SIGMA APPROACH

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D., 168 pp.

ISBN 974-17-3738-6

This research has been performed on the slider in disc drive manufacturing. The research aims to reduce the contamination defects which causes high fallout in the slider. The current process has 245,153 DPPM. Six Sigma Method is used as a process tools in this research. It consists 5 phases which are define phase, measurement phase, analyze phase, improve phase and control phase.

In each phase of Six Sigma method mainly applies the statistical techniques to make decisions for any key input process variable. The first phase is problem define phase. The second phase is to determine the repeatability and reproducibility of measurement system. Key process input variables are listed by cause and effect diagram, cause and effect matrix and FMEA (Failure mode Effect Analysis). The third phase is to use statistic to analyze the actual root cause. The fourth phase is to improve all the key process input to reduce contamination defect. Finally, control in the acceptance level by control phase.

The data of Contamination defects after improving the process show 79,080 DPPM which is equal to 53% of the amount of defect after improving the process. In addition, it could reduce cost about US\$8,091.

Department Industrial Engineering

Student's signature

Field of study Industrial Engineering

Advisor's signature

Academic year 2003

Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกล่วงไปด้วยดี ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งเป็นผู้ทำให้ความรู้ทางทฤษฎีหลักการ ตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัยอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดำรง ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงามประเสริฐ และอาจารย์ ดร. นภัสดวงศ์ โอสถศิลป์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ พร้อมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่องภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะผู้บริหารโรงงานตัวอย่าง ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้ศึกษาดำเนินการวิจัยภายในโรงงาน ขอขอบพระคุณสมาชิกทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลและเข้าร่วมการระดมความคิดเห็นในการทำการวิจัย ตลอดจนพนักงานในโรงงานตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการทำการทดลองเป็นอย่างดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ พี่น้อง เพื่อนนิสิต นอกจากนั้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา.....	2
1.3 การศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน.....	4
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	5
1.6 แนวทางของการดำเนินการวิจัย.....	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดไดรฟ์.....	8
2.2 ความรู้เกี่ยวกับหัวอ่าน-เขียนข้อมูล (Slider).....	14
2.3 ความรู้เกี่ยวกับการเกิด Contamination ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	19
2.4 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
3.1 ความหมายและประวัติความเป็นมาของซีกซ์ ซิกม่า.....	24
3.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซีกซ์ ซิกม่า.....	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การนิยามปัญหา	
4.1 บทนำ.....	41
4.2 การกำหนดทีมงานดำเนินงาน.....	41
4.3 การศึกษากระบวนการผลิต.....	41
4.4 สภาพปัญหาในปัจจุบัน.....	52
4.5 สรุปการนิยามปัญหา.....	59
บทที่ 5 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา	
5.1 บทนำ.....	60
5.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR & R).....	60
5.3 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram).....	64
5.4 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA).....	70
5.5 สรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุปัญหา.....	78
บทที่ 6 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	
6.1 บทนำ.....	79
6.2 ปัจจัยนำเข้าไปนำมาทดสอบสมมุติฐาน.....	79
6.3 การทดสอบสมมุติฐาน.....	80
บทที่ 7 การปรับปรุง	
7.1 บทนำ.....	112
7.2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ.....	112
7.3 ตัวแปรตอบสนอง.....	114
7.4 การออกแบบการทดลอง.....	114
7.5 การเตรียมการทดลอง.....	115
7.6 ขั้นตอนในการทดลอง.....	116
7.7 ผลการทดลอง.....	116
7.8 การตรวจสอบความถูกต้อง.....	118
7.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	121
7.10 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ.....	125
7.11 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ.....	128

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 8 การทดสอบยืนยันผล	
8.1 บทนำ.....	129
8.2 ขั้นตอนการทดสอบยืนยันผล.....	129
8.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	130
8.4 สรุปขั้นตอนการยืนยันผล.....	130
บทที่ 9 การควบคุมกระบวนการผลิต	
9.1 บทนำ.....	132
9.2 แผนการควบคุม.....	132
9.3 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต.....	137
9.4 ความสูญเสียที่สามารถลดได้.....	140
9.5 สรุปการควบคุมกระบวนการผลิต.....	140
บทที่ 10 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
10.1 บทนำ.....	142
10.2 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา.....	142
10.3 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....	143
10.4 บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ.....	144
10.5 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต.....	145
10.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย.....	146
10.7 ข้อเสนอแนะ.....	146
รายการอ้างอิง.....	148
ภาคผนวก.....	150
ภาคผนวก ก ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา.....	151
ภาคผนวก ข รายละเอียดวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการ Wax Bonding.....	156
ภาคผนวก ค รายละเอียดวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการ Prewash.....	165
ภาคผนวก ง รายละเอียดวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการควบคุมความสะอาด Chip Tray.....	167
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	168

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ตารางแสดงพื้นที่การผลิต และกระบวนการผลิตหลักของหัวอ่านเขียน.....	42
4.2 ตารางแสดงการคำนวณค่า DPU และ DPPM.....	58
4.3 ตารางแสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์หัวอ่าน-เขียนในแต่ละรุ่น.....	59
5.1 ตารางแสดงเกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด.....	62
5.2 ตารางแสดงผลลัพธ์ของการตรวจวัด.....	63
5.3 ตารางแสดง Cause and Effect Matrix.....	66
5.4 ตารางแสดงลำดับของ KPIV ทั้ง 19 อันดับ.....	69
5.5 ตารางการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่อง.....	71
5.6 ตารางแสดงสาเหตุของปัญหาและค่า RPN.....	75
6.1 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียเนื่องจากการ Bond ขึ้นงานด้วยกาว และ Wax.....	84
6.2 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียเนื่องจากการทำความสะอาดชิ้นงานด้วย Rod Brushและ Rounding Brush.....	90
6.3 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียเนื่องจากการ Debond ด้วยน้ำยา NMP 1/2/3 รอบ.....	93
6.4 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียจากการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A Prime ที่ระดับความแรงอุณหตริ์ไซนิค 0.4 และ 0.6.....	96
6.5 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียเนื่องจากการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA Prime ที่ระยะเวลาการอบแห้ง 200 วินาที และ 230 วินาที.....	99
6.6 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียเนื่องจากการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA Prime ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 190 F และ 240 F.....	101
6.7 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียเนื่องจากการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A Prime ที่ระยะเวลาการอบแห้ง 90 วินาที และ 120 วินาที.....	104
6.8 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียเนื่องจากการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A Prime ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 210 F และ 250 F.....	107
6.9 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียเนื่องจากการการไม่ควบคุมและควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ก่อนใช้งาน.....	110
6.10 ตารางสรุปปัจจัยและผลกระทบจากปัจจัย.....	111
7.1 ตารางแสดงปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการทดลอง.....	113
7.2 แสดงจำนวนสิ่งตัวอย่างของการเปรียบเทียบ Two Proportion ในแต่ละปัจจัย.....	115
7.3 ตารางแสดงผลการทดลอง.....	116
7.4 ตารางแสดงการผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง.....	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
7.5	การทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอย.....	126
7.6	ตารางแสดงปัจจัยและการกำหนดค่าที่เหมาะสมของระบบ.....	127
9.1	ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงค่า σ เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง.....	138
9.2	แสดงการวิเคราะห์ทางการเงินหลังจากดำเนินการคุณภาพซิกซ์ซิกม่า.....	140



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	ผลิตภัณฑ์หัวอ่าน-เขียน (Slider)..... 2
1.2	ผลิตภัณฑ์หัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Head Gimbal Assembly)..... 2
1.3	ชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly)..... 3
1.4	ความสามารถของกระบวนการ..... 4
1.5	แนวทางซิกซ์ ซิกม่า 5 ขั้นตอน..... 5
4.1	แผนภาพกระบวนการผลิต Bar Alignment..... 44
4.2	แผนภาพกระบวนการผลิต Head Part..... 45
4.3	แผนภาพกระบวนการ Prewash..... 46
4.4	แผนภาพกระบวนการ Slider Debond..... 47
4.5	แผนภาพกระบวนการ Graphics Tablet..... 48
4.6	แผนภาพกระบวนการ Robot Sort..... 48
4.7	แผนภาพกระบวนการ SA Prime Slider Cleaning..... 49
4.8	แผนภาพกระบวนการ MFI และ QST..... 50
4.9	แผนภาพกระบวนการ Contour..... 50
4.10	แผนภาพกระบวนการ A Prime Slider Cleaning..... 51
4.11	ตรวจสอบปรกเนื่องจากฝุ่นละอองบนด้าน ABS..... 52
4.12	ตรวจสอบปรกเนื่องจากคราบน้ำยาบนด้าน ABS..... 53
4.13	ตรวจสอบปรกเนื่องจากคราบขาวบนด้าน ABS..... 53
4.14	ตรวจสอบปรกเนื่องจากฝุ่นละอองบนด้าน DEPO..... 54
4.15	ตรวจสอบปรกเนื่องจากคราบน้ำยาบนด้าน DEPO..... 54
4.16	ตรวจสอบปรกเนื่องจากคราบขาวบนด้าน DEPO..... 54
4.17	ตรวจสอบปรกเนื่องจากฝุ่นละอองบนด้าน Serial No..... 55
4.18	ตรวจสอบปรกเนื่องจากคราบน้ำยาบนด้าน Serial No..... 55
4.19	ตรวจสอบปรกเนื่องจากคราบขาวบนด้าน Serial No..... 55
4.20	ตรวจสอบปรกเนื่องจากฝุ่นละอองบนด้าน Backside..... 56
4.21	ตรวจสอบปรกเนื่องจากคราบน้ำยาบนด้าน Backside..... 56
4.22	ตรวจสอบปรกเนื่องจากคราบขาวบนด้าน Backside..... 56
4.23	แผนภาพพาเรโตของพื้นที่การผลิตต่าง ๆ ตามปริมาณของเสียในหน่วย DPPM..... 58
5.1	ผังก้างปลา..... 65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.2	แผนภูมิพาเรโตเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ด้วย Cause and Effect Matrix..... 68
5.3	ผังพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของค่า RPN..... 77
6.1	แสดงวัสดุ Loctite 480 ที่ใช้ในการ Bond..... 81
6.2	แสดงวัสดุ Wax ที่ใช้ในการ Bond..... 81
6.3	ขั้นตอนการ Bond ชิ้นงานด้วย Loctite 480..... 82
6.4	ขั้นตอนการ Bond ชิ้นงานด้วย Wax..... 82
6.5	แปรง Rod Brush..... 85
6.5	แปรง Rounding Brush..... 86
6.6	ขั้นตอนการขัดทำความสะอาดชิ้นงานด้วย Rod Brush..... 87
6.7	ขั้นตอนการขัดทำความสะอาดชิ้นงานด้วย Rounding Brush..... 87
6.8	ลักษณะการ Debond ด้วยน้ำยา NMP..... 91
7.1	กราฟแสดงการกระจายของค่าส่วนตกค้าง..... 110
7.2	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล..... 120
7.3	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกพิต..... 121
7.4	กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ..... 122
7.5	แผนภูมิพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ..... 122
7.6	ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน)..... 123
7.7	อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน)..... 123
7.8	การวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ..... 127
8.1	แผนภาพการศึกษาความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ..... 130
9.1	ใบตรวจสอบ parameter สำหรับเครื่องล้าง SA Prime..... 135
9.2	ใบตรวจสอบ parameter สำหรับเครื่องล้าง A Prime..... 136
9.3	แสดงภาพสัดส่วนของของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง..... 138

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาวะปัจจุบันสิ่งที่มีการพัฒนาควบคู่ไปกับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ก็คือระบบของข้อมูลข่าวสาร ที่ต้อง มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ และอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และเพิ่ม ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานในปัจจุบันก็คือ "คอมพิวเตอร์" นั่นเอง ฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นหน่วยเก็บข้อมูล ในเครื่องคอมพิวเตอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างมากที่จะทำให้ข้อมูลสำคัญที่เราต้องการ ดำรงหรือเก็บไว้มีความปลอดภัยและไม่เกิดการสูญหายขึ้น โดยชิ้นส่วนภายในฮาร์ดแวร์ชิ้นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญที่จะทำให้การเก็บข้อมูลหรืออ่านข้อมูลที่เก็บไว้มีความถูกต้องก็คือ หัวบันทึกข้อมูล (Slider)

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาเป็นหัวบันทึกข้อมูล เป็นชิ้นส่วนขนาดเล็กเท่ากับปลายปากกา ใช้สำหรับอ่านและเขียนข้อมูล จากหน่วยเก็บข้อมูลถาวรหรือสื่อเก็บข้อมูลอื่นเมื่อทำการเขียน หัวบันทึกนี้ จะทำหน้าที่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กๆ ช่วงบวกลบของกระแสไฟฟ้าจะถูกแปลงเป็นขั้วแม่เหล็กกลับไปเป็นช่วง สัญญาณบวกและลบ และช่วงสัญญาณบวกและลบนี้จะเป็นข้อมูลทางดิจิทัลเก็บลงแผ่นดิสก์

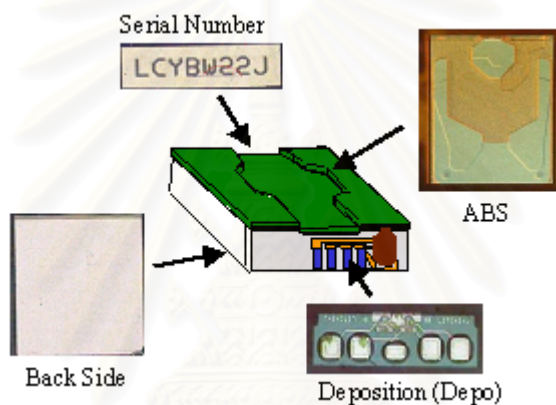
ความสะดวกบนหัวบันทึกข้อมูลเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตฮาร์ดแวร์จำเป็นต้องควบคุม เนื่องจากคราบสกปรกอาจจะก่อให้เกิดการขัดข้องกับผิวหน้าของจานโลหะ ซึ่งทำให้เกิดการสึกหรอและความผิดพลาดในการอ่าน และเขียนข้อมูลได้

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการลดความสกปรกบนชิ้นงาน จากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ ซึ่งการผลิตในปัจจุบันมีของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขัน จึงได้ดำเนินการวิจัยเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ด้วยวิธีการซีทซ์ ซิกม่า

1.2 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดโรงงานกรณีศึกษา

1.2.1 ประวัติองค์กร

โรงงานกรณีศึกษาได้รับการจดทะเบียนเป็นบริษัทขึ้น เมื่อวันที่ 7 มกราคม 2534 และได้รับอนุมัติ ใบส่งเสริมการลงทุน ในเดือนมีนาคม 2534 สถานที่ผลิตแห่งแรกตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน อำเภอบางปะอิน จังหวัด พระนครศรีอยุธยา เริ่มการผลิตชิ้นส่วน ของคอมพิวเตอร์ 3 ชนิด คือ หัวอ่าน-เขียน (Slider) หัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (HGA) และชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (HSA) ดังแสดงในรูปที่ 1.1, รูปที่ 1.2 และ รูปที่ 1.3



รูปที่ 1.1 ผลิตภัณฑ์หัวอ่าน-เขียน (Slider)



รูปที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์หัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Head Gimbal Assembly)



รูปที่ 1.3 ชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly)

เมื่อเดือนพฤษภาคม 2534 เนื่องจากการเติบโตอย่างรวดเร็ว ของบริษัท สองปีถัดมา บริษัทกรณีสึกขาก็มีอาคารทันสมัย 3 ชั้น เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งอาคาร และในเดือนมีนาคม 2536 บริษัทฯ ได้เปลี่ยนฐานะเป็นโรงงานในเขต อุตสาหกรรมส่งออก บริษัทกรณีสึกขาจากเดิมมีพื้นที่ การผลิต 353,000 ตารางฟุต และในปี 2538 ได้สร้างอาคารหลังที่ 3 ขึ้น เพื่อขยายกำลังการผลิต ซึ่งมีพื้นที่ 97,000 ตารางฟุต นอกจากนี้ ยังได้เช่า อาคารพื้นที่ 20,000 ตารางฟุต เพื่อใช้เป็นคลังสินค้าอีก

บริษัทกรณีสึกขาเป็นฐานการผลิตที่ใหญ่ที่สุดของคอร์เปอเรชั่น และได้ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างสูง ในฐานะผู้นำทางเทคโนโลยี และระบบการผลิตที่ทันสมัย บริษัทฯ ให้ความสำคัญอย่างจริงจัง และต่อเนื่องในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง และมีราคาที่แข่งขันได้ในตลาดโลก นอกจากนี้ ยังเน้น การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติของกฎหมาย ปัจจุบันบริษัทกรณีสึกขามีพนักงานมากกว่า 7,855 คน และตระหนักถึงการพัฒนาศักยภาพมนุษย์ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างต่อเนื่อง

บริษัทกรณีสึกขาเป็นบริษัทผู้นำในตลาดโลกทางด้านการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ สำหรับอุปกรณ์เก็บข้อมูลอย่างถาวรของคอมพิวเตอร์ และหัวอ่าน-เขียน แบบใช้ความต้านทานทางแม่เหล็กที่ใช้ในการเก็บข้อมูลถาวรบนเทปขนาด 0.25 นิ้ว บริษัทกรณีสึกขามีพนักงานอยู่มากกว่า 18,000 คน ทั่วโลก สำนักงานใหญ่ของบริษัทฯ ตั้งอยู่ที่เมือง มิลฟิตัส มลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา และมีหน่วยปฏิบัติการตั้งอยู่ที่ ประเทศญี่ปุ่น ไทย ฟิลิปปินส์ และ สิงคโปร์ ผลิตภัณฑ์หัวอ่าน-เขียนสำเร็จ ของ ริท-ไรท์ ถูกใช้กับอุปกรณ์ เก็บข้อมูลอย่างถาวร ของคอมพิวเตอร์ ทั้งคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และอื่นๆ เช่น เนตเวิร์คเซิร์ฟเวอร์ เวอร์คสเตชัน เมนเฟรม มัลติมีเดีย และอินเทอร์เน็ตเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ เหล่านี้ก่อให้เกิดความต้องการในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

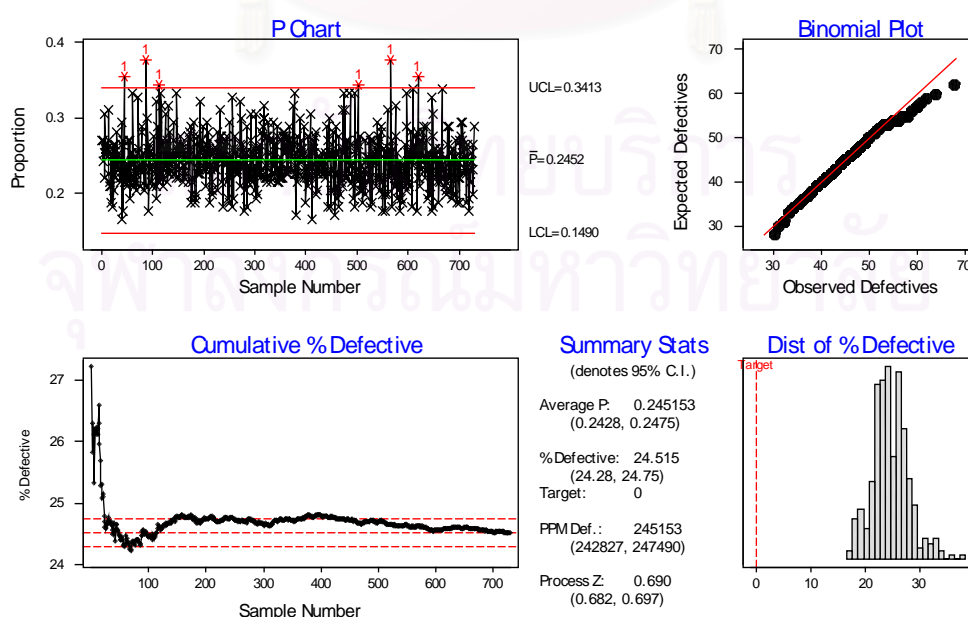
ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) จะมีอุปกรณ์หลัก ตัวหนึ่งซึ่งเรียกว่า หน่วยเก็บข้อมูลอย่างถาวรที่เรียกว่า Disk Drive การเก็บข้อมูล และการดึงข้อมูล ที่มีอยู่แล้วออก มาใช้งาน จะต้องผ่านชิ้นส่วนที่สำคัญที่เรียกว่า หัวอ่าน-เขียน ซึ่งชิ้นส่วนที่สำคัญอันนี้ได้ถูกผลิตขึ้น ที่บริษัททรูนิศึกษา

1.3 การศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน

ภายในกระบวนการผลิตหัวบันทึกข้อมูล มีกระบวนการประกอบย่อย ๆ เป็นจำนวนมากที่ทำให้เกิด Contamination ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานไม่ผ่านการตรวจสอบ ทำให้ต้องมีการนำกลับไปทำใหม่ (Rework) หรือ ในบางครั้งไม่สามารถนำกลับไปทำใหม่ (Rework) ของชิ้นงานได้ ทำให้ต้องทิ้ง (Scrap) ชิ้นงานนั้น สิ่งเหล่านี้ถือเป็นการสูญเสียที่สำคัญอย่างมาก จึงควรมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดจำนวน ของเสียที่เกิดขึ้นนี้ให้ลดน้อยลงให้มากที่สุดหรือแทบไม่มีเลย (Zero Defect)

จากการศึกษาสภาพปัจจุบัน สามารถศึกษาได้จากสัดส่วนของของเสียต่อล้านชิ้นการผลิตที่เกิดขึ้น (Defect Part Per Million, DPPM) ผลจากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตด้วยข้อมูล ระหว่างวันที่ 1 ถึง 29 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ของผลิตภัณฑ์หัวอ่านเขียนรุ่น Maverick ในขั้นตอนการตรวจสอบ Contamination หลังกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนขั้นสุดท้าย พบว่า มีจำนวนชิ้นงานที่มี Contamination เกิดขึ้น 245,153 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้น (Defect Part Per Million : DPPM) แสดงดังรูปที่ 1.4

Binomial Process Capability Report for Dec,02



รูปที่ 1.4 ความสามารถของกระบวนการ

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

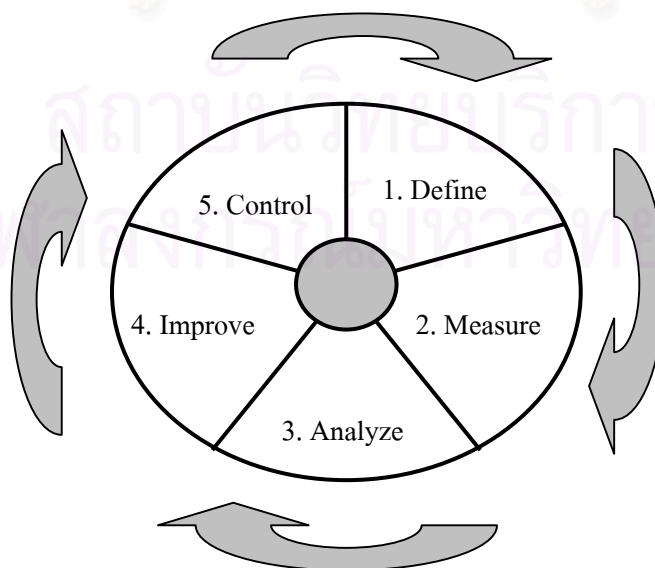
เพื่อลดปริมาณของเสียเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงาน ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์โดยใช้แนวทางของซิกซ์ซิกม่า

1.5 ขอบเขตการศึกษางานวิจัย

- 1.5.1 การวิจัยฉบับนี้ทำการศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์รุ่น Maverick
- 1.5.2 การวิจัยจะมุ่งเน้นวิธีการวิเคราะห์แบบซิกซ์ซิกม่าเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นบนหัวอ่าน-เขียน เนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงานไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งสเปคของคราบสกปรกบนหัวอ่าน-เขียนถูกกำหนดไว้ที่ขนาด 0.4 มิล
- 1.5.3 การวิจัยฉบับนี้ทำการศึกษาเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นบนหัวอ่าน-เขียน 3 ประเภท คือ คราบสกปรกจากฝุ่นละออง คราบสกปรกจากการตกค้างของกาว คราบสกปรกจากการตกค้างของคราบน้ำยา
- 1.5.4 ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต่าง ๆ ด้วยเทคนิคทางสถิติโดยใช้โปรแกรม MINITAB ช่วยในการคำนวณ

1.6 แนวทางการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอนหลัก โดยใช้แนวทางซึ่งประกอบด้วย 5 เฟสของ ซิกซ์ ซิกม่า ดังรูปที่ 1.2 คือ



รูปที่ 1.5 แนวทางซิกซ์ ซิกม่า 5 ขั้นตอน

1. สํารวจงานวิจัย และ ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. กำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase)
 - 2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิต
 - 2.2 กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
 - 2.3 พิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน ปริมาณของเสียในปัจจุบัน
 - 2.4 ระดมความคิดเพื่อแจกแจงสาเหตุและผลกระทบของกระบวนการที่เลือก
3. การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)
 - 3.1 วิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gauge R&R)
 - 3.2 ระดมความคิดเพื่อแจกแจง สาเหตุและผลกระทบของกระบวนการที่เลือกโดยผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) และตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)
 - 3.3 ระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis : FMEA)
 - 3.4 สรุปผลและวางแผนขั้นตอนต่อไป
4. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)
 - 4.1 จากปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (KPIV) ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ด้วย FMEA นำมาทดสอบความ มีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น การทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis Testing)
 - 4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญที่จะนำไปทำการทดลองในขั้น ตอนถัดไป
 - 4.3 สรุปผลและวางแผนขั้นตอนต่อไป
5. การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)
 - 5.1 ออกแบบการทดลอง (DOE)
 - 5.2 กำหนดตัวแปร และ ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง
 - 5.3 กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล
 - 5.4 ทำการทดลองตามแผนการที่วางไว้
 - 5.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

6. การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ (Control Phase)

- 6.1 พิจารณาลักษณะและข้อจำกัดของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะทำการควบคุม
- 6.2 พิจารณาเลือกแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมกับตัวแปรนั้น ๆ
- 6.3 กำหนดวิธีการวัด ขนาดกลุ่มตัวอย่าง และความถี่ในการวัด
- 6.4 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง
- 6.5 สรุปผลการปรับปรุงที่ได้โดยพิจารณาจากระดับของเสียที่สามารถลดได้

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1 ผลการศึกษาจะเป็นแนวทางในการปฏิบัติวิธีเพื่อวิเคราะห์ปัญหา ปรับปรุง และแก้ไข ปัญหา ที่เกิดขึ้นของบริษัทกรณีศึกษากรณีอื่น ๆ รวมทั้งเข้าใจถึงการนำเสนอในรูปแบบ ทางสถิติ
- 1.7.2 เพื่อความเชื่อมั่นต่อลูกค้าที่จะได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ รวมทั้งช่วยสร้างความพึงพอใจ สำหรับลูกค้า
- 1.7.3 ลดปริมาณของเสียอันเนื่องมาจากไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในกระบวนการผลิต
- 1.7.4 สามารถลดระยะเวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดและสามารถแข่งขันกับคู่แข่ง
- 1.7.5 สามารถกำหนดเป็นแนวทางปฏิบัติในผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆ ในอนุกรมที่ลักษณะใกล้เคียงกัน ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดไดรฟ์

ในยุคต้น ๆ ของการใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุปกรณ์ที่หรูหราเกินความจำเป็น แต่ปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างมากสำหรับระบบคอมพิวเตอร์เพราะว่าซอฟต์แวร์สมัยใหม่มีขนาดใหญ่ขึ้นและต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก ในการเก็บโปรแกรมและข้อมูลต่าง ๆ ลงบนแผ่น Floppy Disk อาจทำไม่ได้อย่างสมบูรณ์ถึงแม้ว่าจะถ่ายลงแผ่น Floppy Disk ได้ก็ตาม การประมวลผลนั้นก็ยุ่งยากไม่สะดวก เพราะต้องมีการสลับแผ่น Floppy Disk เข้าออกช่องกลับไปกลับมาซึ่งทำให้ต้องหันมาใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพราะจะทำให้ทำงานได้ง่ายและสะดวกกว่าการใช้ Floppy Disk แต่ที่สำคัญก็คือความได้เปรียบทางด้านขนาดความจุ ประสิทธิภาพ ความเร็วในการทำงานทำให้เทคโนโลยีทางด้านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก้าวต่อไปอีกไกล

ความสามารถของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ถูกพัฒนาตามความต้องการของตลาดตลอดมา ตั้งแต่ยุคต้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8" ความจุเพียง 10 MB จนถึงปัจจุบันนี้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีขนาดเล็กลงมาเหลือเพียง 5.5", 3.5", 2.5", 1.8" และ 1.3" ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันความสามารถในการเก็บข้อมูลกลับมากขึ้นหลายสิบเท่า รวมทั้งความเร็วในการเก็บและการค้นหาข้อมูลได้เร็วขึ้น

ฮาร์ดไดรฟ์ เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้แผ่นจานโลหะกลมเคลือบด้วยสารเคลือบผิวพิเศษที่ถูกออกแบบให้สามารถที่จะเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้

ฮาร์ดไดรฟ์ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแผ่นจานแม่เหล็กสองแผ่นหรือมากกว่ามาจัดเรียงอยู่บนแกนเดียวกันเรียกว่า "Spindle" ทำให้แผ่นจานแม่เหล็กหมุนไปพร้อม ๆ กัน จากการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยความเร็วต่างๆ (มีหน่วยรอบต่อนาที เช่น 3600, 5400 และ 7200 รอบต่อนาที) แต่ละหน้าของจานแม่เหล็กจะมีหัวอ่านเขียนประจำเฉพาะโดยหัวอ่านเขียนทุกหัวจะเชื่อมติดกันคล้ายหวี สามารถเคลื่อนเข้าออกระหว่างแทร็คต่างๆ อย่างรวดเร็ว

2.1.1 โครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

โครงสร้างและการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะมีความแตกต่างกันที่ขนาดและความจุ โดยที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รุ่นใหม่ที่ออกมาในท้องตลาด จะเพิ่มประสิทธิภาพความจุความไวในด้านของการค้นหาข้อ

มูลและพยายามลดขนาดแผ่นมีเดียและหัวอ่านและบันทึก ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการเช่น 1.8"/2.5" เป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบประเภทกระเป๋าหิ้ว หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า Notebook ขนาด 3.5 และ 5.5 นิ้วจะเหมาะกับ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะที่ใช้กันโดยทั่วไปในสำนักงาน ส่วนขนาดที่ใหญ่ขึ้นไปคือ 8 นิ้วจะใช้สำหรับระบบที่ต้องการหน่วยความจำมาก ๆ เช่น Work Station

โครงสร้างภายในของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1.1 ดิสก์ ทำมาจากโลหะที่เป็นอะลูมิเนียมที่มีการขัดผิวและแม่เหล็ก (Magnetic Material) ซึ่งประกอบไปด้วย Co-C2, Co-Ni ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำที่เก็บบันทึกข้อมูลไว้ในลักษณะของสนามแม่เหล็ก เทคโนโลยีของ Media จะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.1.1.2 Spindle Motor เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่ในการขัดแผ่นจานแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยควบคุมความเร็วรอบให้หมุนได้ตามกำหนดทั้งนี้เพื่อให้การเขียนและอ่านข้อมูลเป็นไปอย่างแม่นยำและได้ความจุข้อมูลทีมาก เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทำงานด้วยสัญญาณไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งความไวมากอยู่แล้ว

2.1.1.3 Read and Write Heads เป็นตัวเขียน-อ่าน ข้อมูล ที่ติดอยู่กับก้านยึดหัวอ่าน-เขียน ที่เรียกว่า Flexure หัวอ่านจะทำมาจากวัสดุที่สามารถกำหนดสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าได้มีขนาดเล็กและมีคอยล์ (Coil) เพื่อเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กตรงปลายหัว เมื่อทำงานจะแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นสนามแม่เหล็กเพื่อที่จะเขียนลงไปบนจานแม่เหล็ก และในขณะที่อ่านสัญญาณกลับ หัวอ่านจะวิ่งผ่านตำแหน่งที่บันทึกข้อมูลบนแผ่นจานแม่เหล็กเพื่ออ่านสัญญาณแม่เหล็กบนแผ่น Disc กลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง

2.1.1.4 Head Positioning หรือที่เรียกในวงการอุตสาหกรรมว่า HGSA (Head Gimbal Stack Assembly) เป็นขั้นตอนที่นำ HGA มาประกอบบนตัว ARM เพื่อให้มี HGA หลาย ๆ ตัวทำหน้าที่เคลื่อนที่เพื่ออ่านและเขียนข้อมูลได้พร้อม ๆ กัน เนื่องจากในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะประกอบด้วยดิสก์หลายแผ่น โดยมีคอยล์และขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ช่วยในการควบคุมการเคลื่อนที่และมี PCC เป็นตัวเชื่อมสัญญาณจากหัวอ่าน-เขียน ที่ทำหน้าที่เป็น TRANSDUCER ไปยัง Print Circuit Board (PCB)

2.1.1.5 Disk Drive Controller การทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะถูกส่งงานโดยส่วนควบคุม CPU จาก Computer โดยผ่านทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า Interface เพื่อจะติดต่อกับระบบควบคุม (Drive Controller) ซึ่งมีหน้าที่ทำการควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และเป็นตัวติดต่อกับ CPU เพื่อส่งข้อมูลเขียนหรืออ่านตามตำแหน่งที่ต้องการ (Track/Sector) บนแผ่นดิสก์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

2.1.1.6 Disk Drive Interface เนื่องจากการทำงานของฮาร์ดดิสก์จะอยู่ภายใต้การควบคุมของ Controller ฉะนั้นคำสั่งต่าง ๆ จาก CPU จะถูกส่งผ่าน Interface Card เพื่อเป็นตัวกลางในการติดต่อกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ระบบการติดต่อที่ใช้อยู่ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รุ่นใหม่ ๆ ได้แก่ AT, IDE, ESDI, SCEI, PCMCIA/ATA

จากส่วนประกอบที่กล่าวมาข้างต้นเทคโนโลยีที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก็คือหัวอ่านและบันทึกข้อมูล และแผ่นมีเดีย

2.1.2 การนำเอาฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปใช้งาน

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำเป็นจะต้องมีข้อมูลการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์ว่าประเภทใดเป็นที่นิยมมากที่สุด เพื่อทำการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดให้ได้มากที่สุด ในปัจจุบัน ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้มีการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงให้มีขนาดเล็กลงแต่ในขณะเดียวกันก็มีความสามารถมากขึ้น มีหน่วยความจำมากขึ้นและถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลายอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมเหล่านั้นได้แก่

1. โทรคมนาคม

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถูกใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์สื่อสารประเภทโทรคมนาคมปริมาณ 3% ของปริมาณฮาร์ดดิสก์ที่ผลิตออกสู่ตลาด ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถูกนำไปใช้ในเครื่องอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ Fax Servers, Wireless, LANs, Text Messaging, Computer-Aided, Dispatch, Frame Relay, Network Monitoring, Management Systems, Video Servers, Telecomputing, Cooperative Work Groupware และ Cellular CDPD

2. ผู้ประกอบการด้านอิเล็กทรอนิกส์

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถูกใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประมาณ 7% ของปริมาณฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ผลิตออกสู่ตลาด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นชิ้นส่วนสำคัญได้แก่

- Wireless PCS and Home Fax
- Broadband Application (Fiber-in-the-loop)

- Non-Video Cable TV Services
- Subscriber Alert Paging
- Videophones
- Wireless Vehicle Location and Monitoring

3. คอมพิวเตอร์

ส่วนใหญ่ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ผลิตได้ ประมาณ 90% ถูกใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบในคอมพิวเตอร์จะมีราคาอยู่ประมาณ 30,000 บาท โดยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะมีส่วนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งมีราคาประมาณ 6,000 ถึง 10,000 บาท ประกอบอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องสามารถกล่าวได้ว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังกล่าวมีมูลค่าคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 15-20% ของราคาเครื่องคอมพิวเตอร์

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นับเป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะในตลาดต่างประเทศที่เป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีความจุของข้อมูลน้อยกว่า 1 กิกะไบต์

2.1.3 คุณสมบัติของแม่เหล็ก

คุณสมบัติของแม่เหล็กได้ถูกค้นพบในครั้งแรกเป็นคุณสมบัติของแม่เหล็กธรรมชาติ ซึ่งถูกค้นพบในแร่ชนิดหนึ่งเรียกว่า “แมกนีเซียม (Magnesia)” ซึ่งในแมกนีเซียมจะมีแร่เหล็กออกไซด์สีดำที่เป็นแร่เหล็กที่สำคัญซึ่งเรียกว่า “แมกนีไทต์ (Magnetite)” โดยมีสูตรในทางธาตุ เรียกว่า Fe_3O_4 โดยทั่วไปแร่แมกนีเซียมจะถูกเรียกว่า Loadstone หรือ Waystone

แร่แมกนีเซียมจะมีคุณสมบัติของแม่เหล็กธรรมชาติ คือ มีแรงดึงดูดที่มีทิศทางโดยทิศทางแรงดึงดูดนี้จะมีอยู่สองทิศทางคือจากขั้วเหนือไปขั้วใต้และจากขั้วใต้ไปขั้วเหนือซึ่งในความเป็นจริงแรงดึงดูดเช่นนี้ก็มีในโลกของเราด้วยซึ่งเรียกว่าสนามแม่เหล็กโลก อนุภาคเล็ก ๆ เช่น อะตอม ก็จะมีการเคลื่อนไหวของแม่เหล็ก ซึ่งมนุษย์ได้พัฒนาจากแม่เหล็กธรรมชาติมาเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นทฤษฎีและที่มาของการผลิตหัวอ่านและบันทึกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.1.4 สนามแม่เหล็กและความเข้มของสนามแม่เหล็ก

การค้นพบความสัมพันธ์ของผลกระทบของแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า โดย D. Oersted เมื่อปี ค.ศ. 1775-1851 และเป็นที่รู้จักกันในนามของกฎมือขวา

ในปี ค.ศ. 1791-1867 M. Faraday ได้อธิบายสนามแม่เหล็กด้วยเส้นของแรง (Line of force) และได้พบว่าการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าในเส้นลวดจะมีผลกระทบทำให้ความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเรียกว่า Oersted และความเข้มของสนามแม่เหล็กจะเรียกว่า Gauss โดยความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กกับความเข้มข้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

$$\begin{aligned} 1 \text{ Oersted} &= 1 \text{ line of force / cm} \\ &= 1 \text{ Maxwell / cm} \\ &= 1 \text{ Gauss (Gs)} \end{aligned}$$

2.1.5 การเกิดสนามแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็กโดยทั่วไปจะเกิดได้โดยแท่งโซลินอยด์ (Solenoid) ที่สม่ำเสมอมีเส้นลวด N รอบพันอยู่โดยมีความยาวแท่ง L เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง D เมตร เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กตรงกลางแท่ง ซึ่งทำให้สนามแม่เหล็กดังสมการต่อไปนี้

$$H = \frac{0.4 Ni}{(D+L)} \quad \text{เมื่อ } L > D$$

$$H = \frac{0.4 Ni}{L}$$

หรือสามารถอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้อีกรูปแบบหนึ่งคือการพันเส้นลวดรอบวงแหวนแม่เหล็กและปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไป 1 แอมแปร์เข้าไปในเส้นลวดซึ่งพันวงแหวนแม่เหล็กอยู่จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กดังสมการข้างล่างนี้ คือ

$$H = \frac{0.4 Ni}{l}$$

เมื่อ l คือ ความยาวของแม่เหล็กตรงศูนย์กลางของวงแหวน

2.1.6 พื้นฐานกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูลของหัวอ่านและบันทึก

ในกระบวนการบันทึกข้อมูลของหัวอ่านและบันทึกลงบนแผ่นบันทึกข้อมูลหรือที่เรียกว่า Media นั้น มีอยู่สองกระบวนการ คือกระบวนการเขียนซึ่งเรียกว่า Write และกระบวนการอ่านซึ่งเรียกว่า Reading หรือ Reproducing โดยทั้งสองกระบวนการนั้นได้อาศัยทฤษฎีของการกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

กระบวนการเขียนนั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ ในขั้นตอนการเขียนข้อมูลนั้นจะทำการป้อนกระแสไฟฟ้าชนิดสลับเข้าไปยังตัวหัวอ่านและบันทึก ซึ่งมีส่วนของเส้นลวดที่พันอยู่รอบแกนโลหะอยู่จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น และสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะสร้างเส้นแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตรงช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างแกนของขดลวดซึ่งในทางทฤษฎีนั้น สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อสนามแม่เหล็กเกิดรอยรั่วขึ้น หรือวงจรสนามแม่เหล็กเปิดเส้นแรงของแม่เหล็กจะพยายามที่จะผ่านช่องว่างของรอยรั่วนั้นไปเพื่อพยายามให้เกิดวงจรปิดซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ช่องว่างนั้นขึ้นและส่งผลให้เกิดมีเส้นแรงของแม่เหล็กขึ้นในบริเวณช่องว่างนั้น หรือที่เรียกว่า Line of force โดยหลักการเขียนของหัวอ่านและบันทึกก็ได้อาศัยการเกิดสนามแม่เหล็กและเส้นแรงแม่เหล็กในบริเวณรอยรั่วนี้อ่านบันทึกข้อมูลเป็นสนามแม่เหล็กลงบนแผ่นข้อมูลซึ่งเคลือบสารแม่เหล็กไว้โดยที่แผ่นข้อมูลหรือแผ่นดิสก์จะหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 7500-10000 รอบต่อวินาที และการบันทึกข้อมูลของตัวหัวอ่านและบันทึกจะบันทึกข้อมูลเป็นระบบตัวเลขฐานสองดังได้แสดงในรายละเอียดไว้ข้างต้น โดยการเกิดเลขฐานสองขึ้นในการบันทึกข้อมูลนั้นได้เกิดจากการป้อนกระแสไฟฟ้าสลับนั่นเอง โดยเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าบวกต่อหัวอ่านและบันทึกจะทำการบันทึกเป็น "1" หรือเรียกว่า Data bit "1" และเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเป็นลบ HGA ก็จะทำบันทึกข้อมูลเป็น "0" หรือเรียกว่า Data "0"

การอ่านข้อมูล (Reading and Reproducing) จะใช้หลักการเดียวกันกับการเขียนข้อมูลแต่ต่างกันตรงที่การอ่านข้อมูลนั้นจะไม่มีกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ตัวหัวอ่านและบันทึกเหมือนกับการเขียนข้อมูล การอ่านข้อมูลจะทำโดยใช้แผ่นข้อมูลหรือแผ่นดิสก์หมุนด้วยความเร็วสูงโดยหมุนผ่านตัวหัวอ่านและบันทึกที่อยู่กับที่โดยไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวหัวอ่านและบันทึก ซึ่งมีระยะห่างระหว่างตัวหัวอ่านและบันทึกและแผ่นดิสก์ที่เล็กมาก ๆ ประมาณ 0.001-0.002 นิ้ว จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กขึ้น การอ่านข้อมูลจะใช้สนามแม่เหล็กที่ถูกเหนี่ยวนำขึ้นนี้ทำการอ่านข้อมูลบนแผ่นดิสก์ซึ่งข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในรูปของสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าและแปลงสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นค่าความต่างศักย์ซึ่งวัดออกมาเป็นหน่วยของโวลต์เทจ (Voltage) ค่าความต่างศักย์ที่วัดออกมาได้เป็นบวกจะหมายถึงข้อมูลที่เห็นเลขฐานสอง คือ "1" หรือเรียกว่า bit "1" และค่าความต่างศักย์ที่วัดออกมาได้เป็นลบจะหมายถึงข้อมูลที่เห็นเลขฐานสอง คือ "0" หรือเรียกว่า bit "0"

2.1.7 ความจุของการบันทึกข้อมูล

ความจุของการบันทึกข้อมูลหรือสามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่าความสามารถในการบันทึกข้อมูลของหัวอ่านและบันทึก ซึ่งจะวัดค่าจะออกมาเป็นความหนาแน่นของการบันทึกข้อมูล (Areal Density) โดยมีหน่วยวัดเป็นบิตต่อนิ้ว (Bit/inch : BPI) และแทรคต่อนิ้ว (Track / inch : TPI) โดย BPI คือการนับจำนวนของบิตที่มีอยู่ในระยะความยาวหนึ่งนิ้วว่ามีจำนวนกี่บิต และ TPI คือการนับจำนวน (Track) ที่มีอยู่ในระยะความยาวหนึ่งนิ้วว่ามีจำนวนเท่าไร ถ้ามีจำนวนของ BPI และ TPI สูงก็จะหมายถึงมีความหนาแน่นหรือความจุของการบันทึกข้อมูลสูง ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความจุหรือความหนาแน่นในการบันทึกข้อมูลก็คือ ความกว้างของช่องว่างระหว่างแกนของขดลวดซึ่งเรียกว่า Gap หรือขนาดของ Pole Tip ซึ่งเป็นภาษาในวงการอุตสาหกรรมการผลิตหัวอ่านและบันทึก และความยาว Gap ซึ่งในวงการของอุตสาหกรรมผลิตหัวอ่านและบันทึกเรียกว่า Top Pole Width (TPW)

2.2 ความรู้เกี่ยวกับหัวอ่าน-เขียนข้อมูล (Slider)

สไลเดอร์ คือส่วนประกอบของหัวอ่านและบันทึก ซึ่งเป็นส่วนประกอบของหัวอ่านและบันทึกทำมาจาก Titanium Carbide โดยขั้นตอนการทำสไลเดอร์นั้นสลับซับซ้อนมากโดยกระบวนการผลิตสไลเดอร์หนึ่งตัวจะใช้เวลาการผลิตถึง 24 ชั่วโมง ซึ่งนับว่าเป็นเวลาที่ยาวนานมากสำหรับการผลิตเพื่ออุตสาหกรรม แต่ว่าสไลเดอร์มีขนาดเล็กมากโดยมีขนาดกว้างประมาณ 1.5 – 1.6 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 1.9-2.0 มิลลิเมตร และส่วนสูงเท่ากับ 0.45 มิลลิเมตร (สำหรับสไลเดอร์ขนาด 50%) แต่ทว่าในการผลิตสไลเดอร์ในอุตสาหกรรมนั้นจะผลิตเป็นแผ่น ๆ ซึ่งจะเรียกว่าเวเฟอร์ โดยที่เวเฟอร์หนึ่งหน่วยจะสามารถผลิตเป็นสไลเดอร์ 12,000 ตัว

สไลเดอร์จะมี pole tip ซึ่งเป็นหัวใจของการอ่านและบันทึกข้อมูลขณะที่อยู่เหนือแผ่นข้อมูลซึ่งหัวของ pole tip จำทำหน้าที่อ่านและบันทึกข้อมูลขณะที่อยู่เหนือแผ่นข้อมูลซึ่งจะมีระยะห่างที่น้อยมาก ๆ โดยสไลเดอร์ก็จะทำหน้าที่คล้าย ๆ กับเครื่องบินทำการบินอยู่เหนือข้อมูลโดยพยายามให้มีระยะการบินหรือระยะห่างน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กสมบูรณ์แบบมากที่สุด

จะเห็นว่าเทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ก้าวไปไกลมากและมีการพัฒนาปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาทั้งในด้านศักยภาพและประสิทธิภาพในการบันทึกข้อมูล ความจุ ความเร็ว ราคา อายุการใช้งาน หรือแม้แต่วิธีการใหม่ ๆ ของสินค้าที่มาจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เช่น ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบถอดได้ พจนานุกรมที่สามารถพูดได้ เป็นต้น และอีกสิ่งหนึ่งซึ่งมาจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เช่น ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบถอดได้ พจนานุกรมที่สามารถพูดได้ เป็นต้น และอีกสิ่งหนึ่งซึ่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้มีการพัฒนาปรับปรุงมาโดยตลอดโดยได้กล่าวไว้เบื้องต้นนั้นคือขนาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยจะเห็นได้ว่าขนาดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้มีการพัฒนาปรับปรุงให้มีขนาด

เล็กลงเรื่อยๆ โดยขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ได้มีการพัฒนามาตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบันจะเห็นได้ว่าขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้มีแนวโน้มที่เล็กลงเรื่อยๆ ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีขนาดเล็กลงได้นั้น ก็คือ ขนาดของหัวอ่านและบันทึกที่เล็กลง โดยที่ปัจจัยสำคัญที่มีผลทำให้ขนาดของหัวอ่านและบันทึกมีขนาดเล็กลงนั้นมีอยู่ 3 ประการ คือ เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึก ขนาดของ Flexure และขนาดของสไลเดอร์ ขนาดของ Flexure นั้นเป็นสิ่งที่ไม่ใช่เรื่องยากอะไรในการที่จะพัฒนาให้ Flexure มีขนาดเล็กลง เพราะว่ากระบวนการผลิตที่ไม่สลับซับซ้อนมากมายนัก สามารถที่จะทำขนาดให้เล็กลงได้โดยไม่มีปัญหาอะไรมากมายนัก แต่สิ่งที่มีกระบวนการผลิตที่สลับซับซ้อนมากและยากในการที่จะลดขนาดให้เล็กลงก็คือ สไลเดอร์

การพัฒนาด้านขนาดของสไลเดอร์ ซึ่งขนาดของสไลเดอร์ได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดโดยได้พัฒนาควบคู่ไปกับเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกและการพัฒนาของ ABS ขนาดของสไลเดอร์ได้มีการพัฒนาให้มีขนาดที่เล็กลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งขนาดของสไลเดอร์ทั้งหมดจะมีอยู่ด้วยกัน 4 ขนาดโดยนับจากขนาดรุ่นแรกของสไลเดอร์ที่ทำการผลิต ซึ่งการวัดขนาดของสไลเดอร์นั้นจะวัดกันเป็นเปอร์เซ็นต์และขนาดของสไลเดอร์มีอยู่ด้วยกันดังนี้ คือ

1. ขนาด 100% หรือเรียกว่า Full size slider
2. ขนาด 70% หรือเรียกว่า Micro slider
3. ขนาด 50% หรือเรียกว่า Nana slider
4. ขนาด 30% หรือเรียกว่า Pico Slider

จากขนาดของสไลเดอร์ที่ลดลงจะสังเกตเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนของการลดขนาดจะมีการลดขนาดลงโดยประมาณ 30 % ของขนาดเดิมอันเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกและเทคโนโลยีการผลิตสไลเดอร์ ในปัจจุบันขนาดของสไลเดอร์ที่ใช้ในการผลิตหัวอ่านและการบันทึกเกือบทั้งหมดจะเป็นขนาด 30% (Pico slider)

จากขนาดของสไลเดอร์ที่ลดลงจะสังเกตเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนของการลดขนาดจะมีการลดขนาดลงโดยประมาณ 30% ของขนาดเดิมอันเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกและเทคโนโลยีการผลิตสไลเดอร์

2.2.1 เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึก

เทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกได้มีการพัฒนาปรับปรุงมาโดยตลอดจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงความเป็นมาของเทคโนโลยีของหัวอ่านและบันทึกในอดีตและปัจจุบันรวมในอนาคต

2.2.1.1 Magneto-Resistive (MR) Head เทคโนโลยี

Magneto-Resistive (MR) Head เทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนที่เทคโนโลยีแบบเก่า โดยการแก้ไขข้อจำกัดแบบเดิมและปรับปรุงเทคโนโลยีใหม่เข้าไปอีกเพื่อเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพในการบันทึกข้อมูล โดยที่ MR Head เทคโนโลยีได้เริ่มเข้ามาใช้ในการผลิตหัวอ่านและบันทึกข้อมูลครั้งแรกในราวปี 1991 โดยฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวแรกที่ผลิตด้วยหัวอ่านและบันทึกที่ใช้ MR เทคโนโลยีได้ถูกผลิตขึ้นที่บริษัท IBM แต่ในช่วงเวลานั้นยังคงเป็นเพียงแค่การผลิตกึ่งการทดลองซึ่งยังคงไม่ใช่ผลิตเพื่อการตลาด MR เทคโนโลยีที่เริ่มเข้ามาใช้ผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อการตลาดจะอยู่ในราวปี 1996 หลังจากที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวแรกที่ผลิตด้วยหัวอ่านและบันทึกแบบ MR ได้ถูกผลิตขึ้นโดย IBM แล้วนั้นทุกบริษัทได้ตื่นตัวและทำการพัฒนาเทคโนโลยีนี้อย่างจริงจังซึ่งจะเห็นได้ວ່ານับจากปี 1991 ความหนาแน่นของการบันทึกข้อมูล (Areal Density) ของดิสก์ไดรฟ์ที่ผลิตด้วยหัวอ่านและบันทึกประเภท MR จะมีความหนาแน่นของการบันทึกมากกว่าเทคโนโลยีแบบเดิม ๆ มาก

MR เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในวงการอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์และทดแทนเทคโนโลยีเดิม ๆ ด้วยความสามารถของความหนาแน่นของการบันทึกข้อมูลที่สูงกว่าเทคโนโลยีเดิม ๆ หลายเท่าตัว เทคโนโลยีของ MR จะใช้ระบบการเขียนข้อมูลโดยอาศัยหัว Pole tip และใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ระบบการเขียนข้อมูลได้ใช้หลักการของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสนามแม่เหล็กให้มาเป็นคนต่างศักย์ โดยอาศัยหลักการของความต้านทานในการแปลงสัญญาณจากสนามแม่เหล็กมาเป็นค่าความต่างศักย์ ซึ่งจะใช้ MR Element ในการแปลงสัญญาณ โดยหลักการแล้ว MR Element จะประกอบไปด้วยชั้นของสารอยู่ 3 ชั้น ซึ่งมีความบางมากและทำหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งชั้นสารเหล่านั้นประกอบไปด้วย Lead, MbFe และ NiFe ตามลำดับชั้น แต่สัดส่วนการผสมความหนาบางและการวางเรียงตัวจะเป็นความลับของแต่ละผู้ผลิต

ข้อดีของ MR Element คือการแยกระบบการอ่านของข้อมูลจากระบบการเขียนข้อมูลจะทำให้เพิ่มศักยภาพในระบบการเขียนข้อมูล และระบบการอ่านได้ทำการแปลงสัญญาณแม่เหล็กเป็นสัญญาณความต่างศักย์โดยอาศัยความต้านทานช่วยนั้นจะสามารถทำให้การกำจัดปัญหาข้อจำกัดในเรื่องของความเร็วรอบของแผ่นข้อมูล ความสามารถในการเพิ่มความเร็วยรอบของแผ่นข้อมูลจะมีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการเขียนและอ่านข้อมูลสามารถทำได้อย่างรวดเร็วขึ้น

2.2.1.2 Giant Magneto-Resistive Head or Spin Value Head

Giant Magneto-Resistive Head or Spin Value Head หรือถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Spin Valve Head แต่ในขณะนี้ขอใช้ชื่อว่า GMR เทคโนโลยี ซึ่งเป็นชื่อเรียกและเป็นที่ยอมรับกันในการอุตสาหกรรม GMR เป็นเทคโนโลยีที่เพิ่มขีดความสามารถในการบันทึกโดยจะเพิ่มความจุของข้อมูลสูงถึง

20-70 กิกะบิตต่อตารางนิ้ว (Gbit/in) ซึ่งนับว่าเป็นความจุที่สูงมากและสามารถที่จะตอบสนองความต้องการของตลาด

GMR เทคโนโลยี จะถูกพัฒนามาจาก MR เทคโนโลยีโดยที่ GMR นั้นจะทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและขีดจำกัดของ MR เทคโนโลยี ดังนั้น GMR จะยังคงใช้ระบบการเขียนข้อมูลและระบบการอ่านข้อมูลเหมือนกับ MR เทคโนโลยีทุกประการโดยระบบการเขียนข้อมูลยังคงอาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยอาศัยหัว Pole tip ในการเขียนข้อมูล ส่วนระบบการอ่านข้อมูลนี้ยังคงใช้ MR element ในการแปลงสัญญาณสนามแม่เหล็กมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดยวัดหน่วยเป็นโวลต์ โดยแผ่น MR Element ในการแปลงสัญญาณสนามแม่เหล็กมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดยวัดหน่วยเป็นโวลต์ โดยแผ่น MR Element จะเป็นเหมือนความต้านทานตัวหนึ่งที่มีความไวต่อสนามแม่เหล็กสูงมาก ๆ แต่ทว่า MR Element ยังมีข้อบกพร่องหรือขีดจำกัดก็คือ ประสิทธิภาพการแปลงสัญญาณจากสนามแม่เหล็กมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้านั้นยังมีประสิทธิภาพต่ำอยู่คือ ประมาณ 2-10% ดังนั้นสิ่งที่ GMR เทคโนโลยีได้ปรับปรุงแก้ไขคือ การเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงสัญญาณของ MR Element นั้นเอง โดย GMR เทคโนโลยีสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแปลงสัญญาณของแผ่น MR Element ขึ้นมาเป็น 40-50% ซึ่งมากกว่า MR เทคโนโลยี 5-20 เท่าตัว ซึ่งการเพิ่มขึ้นของขีดความสามารถของแผ่น MR Element ในการแปลงสัญญาณจะส่งผลทำให้ระบบการเขียนข้อมูลสามารถที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการบันทึกได้มากขึ้นโดยสามารถที่จะลดขนาดของบิต (Bit) ให้เล็กลงถึง 10-20% ซึ่งการที่ขนาดของบิตมีขนาดเล็กลงก็หมายความว่าความหนาแน่นของข้อมูล (Areal Density) ที่สูงขึ้น หรือบิตต่อนิ้วจะมีจำนวนมากขึ้น และนั่นก็หมายถึงความจุของข้อมูลมีมากขึ้นนั่นเอง

สิ่งที่ MR Element เทคโนโลยีถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีประสิทธิภาพและขีดความสามารถสูงขึ้นได้กล่ามาแล้วนั่นคือ MR Element ของ GMR จะมีความสลับซับซ้อนมากกว่า MR Element ของ MR โดยที่จะมีจำนวนชั้น (Layer) ของ MR Element ของ GMR จะมีมากขึ้นถึง 5 ชั้น ในขณะที่ MR Element ของ MR จะมีจำนวนชั้น (Layer) อยู่เพียง 3 ชั้น โดยที่ MR Element ของ GMR ในแต่ละชั้นประกอบไปด้วย Lead, MnFe, NiFe, Cu และ NiFe ตามลำดับ

จำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่ใช่ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ MR Element ของ GMR มีประสิทธิภาพสูงและขีดความสามารถสูง แต่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ MR Element ของ GMR มีประสิทธิภาพสูง คือความสลับซับซ้อนในการวางเรียงชั้นของ MR Element และส่วนผสมของสารในแต่ละชั้นซึ่งเป็นความลับทางเทคโนโลยีของแต่ละบริษัท นอกจากนั้นความหนาของแผ่น MR Element ของ GMR จะมีความหนาเพียง 20 อังสตรอม (1 อังสตรอมมีค่าเท่ากับ 1×10^{-10} เมตร) ในขณะที่ความหนาของ MR Element ของ MR จะอยู่ที่ 200 อังสตรอม ซึ่งไม่ว่าจะเป็นของ MR หรือก็นับว่าความหนาของ MR Element มีความบางมาก ๆ ซึ่งต้อง

อาศัยเทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต และเชื่อว่าเทคโนโลยีของ Magneto-resistive Head คงจะไม่หยุดยั้งอยู่ที่ GMR เทคโนโลยีแต่เพียงเท่านั้นเพราะว่าเทคโนโลยีนี้ยังมีโอกาสที่จะพัฒนาปรับปรุงพัฒนามาจาก 2-10% จาก MR มาเป็น 40-50% ของ GMR ซึ่งคาดว่าเทคโนโลยีที่จะถูกพัฒนาแทนที่ GMR จะต้องปรับปรุงพัฒนาประสิทธิภาพการแปลงสัญญาณของ MR Element ให้ได้สมบูรณ์แบบหรือเกือบ 100% มากที่สุด

2.2.2 เทคโนโลยีหน้าสัมผัส (ABS) ของสไลเดอร์

ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้นว่าสไลเดอร์ จะทำหน้าที่ในการบินอยู่เหนือแผ่นข้อมูลซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบสูงมากประมาณ 7000 รอบต่อวินาที โดยที่ตัวมันเองจะถูกประกอบด้วย Pole tip ใต้ตรงส่วนหัวเพื่อทำหน้าที่อ่านและบันทึกข้อมูล ดังนั้นจะดูเหมือนว่าสไลเดอร์จะทำหน้าที่คล้ายเครื่องบินซึ่งขณะที่ทำการบินอยู่นั้นผิวหน้าของสไลเดอร์หรือที่เรียกว่า Air Bearing Surface (ABS) ซึ่งในวงการอุตสาหกรรมนี้คุ้นเคยในชื่อของ ABS ซึ่ง ABS จะต้องปะทะกับแรงของลมซึ่งเกิดจากการหมุนของแผ่นข้อมูลนั่นเอง ดังนั้นการออกแบบ ABS จะต้องคำนึงถึงหลักการลู่อลมหรือแอร์โรไดนามิกส์ด้วยเพื่อให้สไลเดอร์สามารถบินใกล้กับแผ่นข้อมูลมากที่สุดหรือที่ระยะห่างน้อยที่สุดนั่นเอง โดยที่ชนิดของการออกแบบ ABS แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- แบบ Catamaran
- แบบ Advanced Air Bearing Surface (AAB)
- แบบ Proximity หรือที่เรียกว่า Tri Pad

ABS แบบ Catamaran นั้นเป็นแบบแรกของ ABS ที่ใช้ในการทำ Slider โดยลักษณะของ ABS นี้จะเหมือนกับสกีหรือเรือใบชนิดหนึ่งมีชื่อเรียกว่า Catamaran ซึ่งเป็นที่มาของแบบ ABS นี้ นั่นเอง ABS แบบ Catamaran นี้เป็นแบบที่ง่ายที่สุดในบรรดาแบบของ ABS ทั้ง 3 แบบ เพราะว่ามีรูปร่างที่เรียบง่ายและมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 แบบ และนั่นก็คือข้อดีของ Catamaran แต่แน่นอน Catamaran ย่อมจะต้องมีข้อเสีย และข้อเสียของ Catamaran นั่นก็คือระยะการบินจะขึ้นอยู่กับรัศมีของแผ่นข้อมูลซึ่งเป็นวงกลม กล่าวคือ ระยะการบินจะน้อยหรือต่ำเมื่อบินอยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูล (ระยะรัศมีจากศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลไม่มาก) แต่ระยะการบินจะสูงขึ้นเมื่อระยะห่างออกไปจากศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลซึ่งเมื่อระยะการบินไม่สม่ำเสมออย่างที่แต่แปรผันตามระยะจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบการบันทึกข้อมูลไม่มีประสิทธิภาพที่ดี กล่าวคือ เมื่อระยะการบินสูงขึ้น เมื่อระยะห่างออกไปจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลการอ่านและการเขียนก็จะทำได้ไม่ดีเพราะว่าการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กจะไม่สมบูรณ์เนื่องมาจากระยะของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กนั้นเป็นระยะสั้น ๆ เท่านั้นเอง ABS แบบ Catamaran จะถูกผลิตมาใช้กับสไลเดอร์ขนาด 100% และ 70% ซึ่งเป็นสไลเดอร์ขนาดใหญ่และเป็นระยะแรก ๆ ของสไลเดอร์

ABS แบบ Advanced Air Bearing Surface (AAB) ABS แบบนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของแบบ Catamaran ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยที่ AAB จะมีระยะการบินที่สม่ำเสมอโดยไม่ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูล โดยไม่ว่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของแผ่นข้อมูลจะเป็นเท่าไรก็จะห่างมากรหรือห่างน้อยกว่าก็ตามระยะการบินของสไลเดอร์ที่มี ABS แบบ AAB ก็ยังคงรักษาระยะการบินไว้ได้อย่างคงที่ซึ่งจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการบันทึกข้อมูลมีประสิทธิภาพสูง และข้อดีอีกข้อหนึ่งของ AAB ก็คือสามารถทำให้ระยะการบินของสไลเดอร์มีระยะการบินที่ต่ำมาก (ประมาณ 1.0 ไมโครนิ้ว) เมื่อเทียบกับแบบของ Catamaran (ประมาณ 3.0-4.0 ไมโครนิ้ว) โดยไม่ทำให้เกิดการกระแทกหรือการชนกันระหว่างสไลเดอร์กับแผ่นข้อมูล ขณะทำการบินซึ่งจะพบปัญหานี้กับแบบ Catamaran แบบ AAB จะถูกผลิตมาใช้กับสไลเดอร์ขนาด 50% และ 30% ซึ่งเป็นสไลเดอร์ที่ถูกใช้ในปัจจุบันและอนาคต

ABS แบบ Proximity หรือถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Tri Pad อันเนื่องมาจากรูปร่างลักษณะของ ABS ซึ่งมีจำนวน Pad หรือพื้นผิวสัมผัสขณะทำการบินอยู่ 3 ส่วนพื้นผิวสัมผัสในขณะที่ Catamaran และ แบบ AAB จะมีอยู่เพียง 2 พื้นผิวสัมผัส ABS แบบ Proximity จะมีคุณสมบัติเหมือนกับแบบของ AAB แต่ต่างกันตรงที่แบบ Proximity จะมี pole tip อยู่เพียงหัวเดียว ซึ่งอยู่ตรงกลางอันเนื่องมาจากการออกแบบของ ABS ซึ่งมีผิวสัมผัสอยู่ 3 ส่วน โดยการที่มีสามพื้นผิวสัมผัสนี้จะช่วยในการทรงตัวขณะทำการบินและปัญหาเรื่องการบินเอียงทำมุมซ้ายหรือขวาของสไลเดอร์ซึ่งเป็นข้อดีของแบบ Proximity แต่ว่าก็เป็นข้อเสียด้วยเหมือนกันเพราะว่าในเชิงเศรษฐศาสตร์แล้วนั้นการผลิตแบบอุตสาหกรรมจำเป็นจะต้องผลิตสไลเดอร์ที่หัว pole tip ที่มีสองหัวเพราะว่าในขั้นตอนการทำหัว pole tip นั้นยุ่งยากสลับซับซ้อนมาก รวมถึงการใช้เวลาในการผลิตนานและมีโอกาสในการเสียหายหลังจากการผลิตซึ่งจะไม่สามารถทราบได้ในขั้นตอนจนกระทั่งได้ผลิตเป็นตัวหัวอ่านและบันทึก และทำการตรวจสอบว่า pole tip นั้นเสียหายหรือไม่ดังนั้นการที่ proximity มีหัว pole tip เพียงหัวเดียวนั้นเมื่อเกิดการเสียหายหรือใช้งานไม่ได้ของ pole tip หัวหนึ่งใช้ไม่ได้หรือเสียหายก็ยังสามารถที่จะเลือกใช้อีกตัวหนึ่งได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดของผู้ผลิตได้เลือกการผลิต ABS แบบ AAB มากกว่า อันเนื่องมาจากเหตุผลเชิงเศรษฐศาสตร์ดังได้กล่าวมาแล้วแต่ว่าการผลิต ABS แบบ Proximity ก็เหมือนกันแต่ว่าเป็นจำนวนน้อยและจะถูกใช้กับ HGA บางรุ่นเท่านั้นซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับ Proximity

2.3 การเกิด Contamination ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.3.1 ประเภทของ Contamination ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

- ผู้มลพิษ : ละอองในอากาศ ควันในอากาศ
- Ionic material : Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-
- Organic material : DOP หรือ plasticizer, กาว

- Magnetic material : Nd, Sm/Co, Sr
- Non-particulate contamination : Electrostatic charge, microwave

2.3.2 สาเหตุของการเกิด Contamination ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

- 2.3.2.1 ธรรมชาติโดยรอบ เกิดจากเศษฝุ่นในอากาศ เช่น ซิลิกอนออกไซด์ ซัลไฟด์ ซัลเฟต คาร์บอนเนต
- 2.3.2.2 เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ก๊าซจากการเผาไหม้
- 2.3.2.3 เกิดขึ้นจากคน เช่น น้ำลาย เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ผง ขน
- 2.3.2.4 เกิดจากเครื่องมือเครื่องจักร เช่น การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ในเครื่องจักรเช่น เกียร์ ชาร์ป ข้อเหวี่ยง
- 2.3.2.5 เกิดจากกระบวนการผลิต เช่น ในกระบวนการที่มีการใช้สารเคมีบางประเภทที่ไม่สามารถทำความสะอาดได้ทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมี

2.3.3 ผลกระทบของ Contamination ต่อ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

- ก่อให้เกิดการขูดขีดแผ่นดิสก์กับหัวอ่านเขียน
- ก่อให้เกิด Corrosion บนแผ่นดิสก์หรือหัวอ่านเขียน
- ก่อให้เกิดการยึดติดระหว่างแผ่นดิสก์กับหัวอ่านเขียน
- ก่อให้เกิดการผิดพลาดในการอ่านเขียนข้อมูล

2.4 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 Kwork และ Rao Tummala (1996) ได้ศึกษาเรื่องการควบคุมคุณภาพและปรับปรุงระบบตามหลักการควบคุมคุณภาพโดยรวม (Total control methodology, TCM) ได้แบ่งออกเป็นระดับที่ครอบคลุมถึงการป้องกัน การปรับปรุงแก้ไข การสืบค้นปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

ระดับที่ 1 On-line quality control สามารถใช้งานง่ายในขั้นตอนการผลิตระดับควบคุมกระบวนการและคุณภาพผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วย รายการปรับตั้งเครื่องมือ ผังควบคุม ผังฮักโตรแกรม สัญญาณเตือนภัย การควบคุมแก้ไขสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น การจัดวางผลิตภัณฑ์ การยอมรับสิ่งตัวอย่าง

ระดับที่ 2 Off-line quality support and reviews เป็นผลกระทบระยะยาวไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงทันที ประกอบด้วย การให้ความรู้ และการฝึกอบรม การศึกษาระบบการวัด การบำรุงรักษา การตรวจติดตามเทคนิคการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ

ระดับที่ 3 Driving force for quality improvement เป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผน ปรับปรุงเพื่อ ระบุสาเหตุและการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ประกอบด้วย การเข้าถึง ความต้องการ ของลูกค้า การ เทียบเคียงคู่แข่ง การกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (QFD) การวิเคราะห์รูปแบบ ของการเสียและ ผลกระทบ (FMEA) การศึกษาความสามารถของเครื่องมือและกระบวนการซึ่งการ จำแนกแบบนี้ทำให้ สามารถเข้าใจโครงสร้างได้ง่าย นำไปใช้งานได้จริงมีการเปลี่ยนแปลงไปตาม สภาวะต่าง ๆ ให้เหมาะสมอ ย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ได้นำเทคนิคมาใช้มากเกินไปหรือเกิดการ ขัดแย้งกัน

2.4.2 Coronado และ Antony (2002) ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่นำไปสู่ความ สำเร็จในการนำ Six Sigma ประยุกต์ใช้ขององค์กรต่าง ๆ เพื่อใช้ในการปรับปรุงกลยุทธ์ทาง ธุรกิจโดยการเพิ่มกำไร จากการ ขจัดความแปรปรวนและลดของเสียในกระบวนการรวมถึงการลดค่าใช้จ่าย ทางคุณภาพ ทราบถึงความ ต้องการและความคาดหวังของลูกค้า โดยการนำเทคนิคและเครื่องมือ ทางสถิติอย่างเช่น Motorola ได้ใช้ จ่ายในการให้ความรู้และอบรมพนักงาน \$170 million แต่สามารถที่จะประหยัดค่าใช้จ่าย ที่เกิดจากค่าใช้จ่าย ทางคุณภาพได้ถึง \$2.2 billion ปัจจัยที่นำไปสู่ความ สำเร็จ (CSFs) ได้แก่

1. การประกาศเจตนารมณ์และความมุ่งมั่นของผู้บริหารระดับสูง เช่น ในช่วงเริ่มต้นผู้บริหาร ระดับ สูงของ Allied Signal ทำการลดเป้าหมายทางการเงินลงเพื่อช่วยสนับสนุนโครงการในเบื้องต้น รวมถึงผู้บริหาร ระดับสูงของ GE ต้องทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผังองค์กรและเปลี่ยนทัศนคติ ของพนักงาน
2. การเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมองค์กรซึ่งเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของพนักงาน โดยการ ขจัดความ กลัวของพนักงานที่จะซ่อนเร้นข้อผิดพลาด หรือการต่อต้านการเปลี่ยนแปลง ให้ยอมรับการปรับ ปรุงพัฒนา ด้วยการเพิ่มแรงจูงใจ การให้ความรู้
3. การติดต่อสื่อสาร เช่น Sony Electronic ที่ให้ความสำคัญกับการแสดงข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้องค์กร หลีกเลียงและเรียนรู้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอย่างทั่วถึงพร้อมกัน
4. การจัดโครงสร้างภายในองค์กร Citibank เน้นการทำงานเป็นทีม การทำงานข้าม สายงาน สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาสำคัญได้ถึง 73%
5. การฝึกอบรม โดยเน้น Belt System เพื่อช่วยทำให้เกิดการทำงานตามหลักการของ Six Sigma ทั่วทั้งองค์กร
6. การเชื่อมโยง Six Sigma สู่กลยุทธ์ทางธุรกิจ เช่น Ford motor company ได้เปลี่ยนกลยุทธ์จาก TQM ที่เน้นการแก้ไขปัญหาแต่ไม่พิจารณาค่าใช้จ่าย แต่ Six Sigma มีการวิเคราะห์ถึงต้นทุน กำไร ทำให้ สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง \$200,000 – 250,000
7. การเชื่อมโยง Six Sigma สู่ลูกค้า เพื่อช่วยลดช่องว่างระหว่างความคาดหวัง ของลูกค้ากับความ สามารถของการทำงานที่ทำได้จริง

8. การเชื่อมโยง Six Sigma สู่มุ่งมอบ ควรสร้างความสัมพันธ์อันดีและมีผู้ส่งมอบ น้อยรายเพื่อที่จะลดความแปรปรวนต่าง ๆ

9. การใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ตามหลักสถิติ เช่น เครื่องมือคุณภาพ การทดสอบสมมุติฐาน และอื่น ๆ

10. การเลือกโครงการตามความสำคัญ พิจารณาจากการแข่งขันทางธุรกิจ การได้เปรียบทางธุรกิจ รอบเวลาของกระบวนการ ผลผลิตโดยรวม เป็นต้น

2.4.3 Stecher (1999)

อ้างใน SIX SIGMA QUALITY กล่าวไว้ใน “How GE Manages it” โดยกล่าวถึงหลักการบริหารธุรกิจของ General Electric (GE) ที่ประสบความสำเร็จโดยใช้ SIX SIGMA QUALITY ดังต่อไปนี้

เริ่มต้นคำถามว่าเราไม่เคยทำสิ่งเหล่านี้ :

1. พยายามผลักดันให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเกินกว่าขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้
2. ยอมรับด้วยเหตุและผลกับลูกค้าถึงความถูกต้อง
3. คัดเลือกชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน
4. มีของเสียมากมาย มีงานที่ต้องซ่อมแซม และ ชิ้นส่วนที่ต้องการตรวจสอบ
5. ถูกตำหนิในการชำระ หรือผิดพลาดทางบัญชีรายการ หรือการขนส่งไม่ตรงตามเวลารวมทั้งผลิตผลิตภัณฑ์น้อยหรือมากเกินไป
6. ประสบปัญหาว่าการทำการลดต้นทุนในการผลิตไม่เคยประสบความสำเร็จ

2.4.4 วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร (2544)

ทำการศึกษาทฤษฎีปรัชญา และขั้นตอนในการนำระบบ Six Sigma มาใช้ปรับปรุงผลิตภาพ รวมถึง กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ โดยบริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด นำไปใช้ประกอบด้วยแผนการดำเนินงาน กระบวนการ การจัดโครงสร้างองค์กร การอบรม และเส้นทางของระบบ Six Sigma ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต้นทุน ที่ประหยัดได้ประมาณ 353,300 เหรียญสหรัฐ ซึ่งถือว่าประหยัดได้เกินกว่าเป้าที่ตั้งไว้

2.4.5 นवलพรรณ ใจงาม (2543)

ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกมา ซิกมา โดยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่า อัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเมื่อเทียบ

ในระดับ **C** สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็น 3.91 และสามารถลดค่าความเสียหายและได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพ 163,999 ดอลลาร์สหรัฐ ภายในระยะเวลาสองไตรมาส

2.4.6 พิธีษฐ์ เจริญกิจวิวัฒน์ (2541)

ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของสายเครื่องควบคุมไฟฟ้า เพื่อที่จะบรรลุความต้องการ ของลูกค้าในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยเน้นการปรับปรุงในด้านกิจกรรม โรงงานโดยการใช้เทคนิค FMEA มาใช้ในการป้องกัน ลด และกำจัดข้อผิดพลาดที่เคยเกิดขึ้น และข้อผิดพลาดที่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นสำหรับสินค้าในปัจจุบัน เริ่มจากการทำพาเรโตคาร์ตเรียงจาก ลูกค้าเพื่อนำมาเป็นเกณฑ์คุณภาพ โดยพิจารณาด้านต้นทุนและการเกิดขึ้นของเกณฑ์คุณภาพ การปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างได้ถูกนำมาปรับปรุงระหว่างการดำเนินการใช้ FMEA พบว่าคาร์ตเรียง ของลูกค้าลดลงถึงร้อยละ 43.76

2.4.7 บุญสม ประเสริฐอักษรกุล (2539)

ทำการศึกษาวิธีการที่เหมาะสม ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานตัวอย่างจากการศึกษาพบว่าบางจุดงานมีการใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติอย่างไม่ถูกต้อง และไม่เหมาะสมโดยวัดจากความสามารถของเครื่องจักร และได้ทำการ วัดค่า C_p และวัดความสามารถของกระบวนการผลิต C_{pk} เพื่อบอกแบบวิธีการควบคุมกระบวนการ การผลิตเชิงสถิติที่เหมาะสม

จากผลการวิจัยได้ปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ 2 ลักษณะ คือ การใช้แผนภูมิควบคุมเฉลี่ยและพิสัย การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง และได้ประเมินผลลัพธ์จากค่า C_p และ C_{pk} ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ค่าความเที่ยงตรง เปอร์เซนต์ของเสียของชิ้นงาน ที่เกิดขึ้นและจำนวนการผลิตที่เกิดขึ้น พบว่าปริมาณการผลิตลดลงก่อนที่มีการปรับปรุง และค่าความ เที่ยงตรงในการตรวจสอบของจุดตรวจสอบเพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับปรุง

บทที่ 3

ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการวิจัย จะเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านสถิติในเรื่องต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางของกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

3.1 ความหมายและประวัติความเป็นมาของซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า คือระบบที่จะทำให้องค์กรสามารถที่จะนำความรู้และประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จมีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ ซิกซ์ ซิกม่าได้ถูกเริ่มใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1980 โดยบริษัทโมโตโรล่าผู้บุกเบิกแนวความคิดทางซิกซ์ ซิกม่า คือ Robert W. Galvin เพื่อที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่และเพจเจอร์ ซึ่งหลังจากประสบผลสำเร็จเขาจึงได้รับการแต่งตั้งให้เป็น CEO (Chief Executive Officer) ของบริษัทโมโตโรล่าในเวลาต่อมาและในปีค.ศ. 1986 วิธีการทางซิกซ์ ซิกม่าก็ได้ถูกพัฒนาโดย Dr. Mikel J. Harry ซึ่งเป็นพนักงานของบริษัทโมโตโรล่าเช่นเดียวกัน จนในปีค.ศ. 1988 หลังจากที่บริษัทโมโตโรล่าได้ใช้ปรัชญาทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในองค์กร ทำให้บริษัทโมโตโรล่าได้รับรางวัลชนะเลิศทางด้านคุณภาพ Malcolm Baldrige National Quality Award

กลยุทธ์ในการปรับปรุงคุณภาพของโมโรล่าได้กลายเป็นจุดสนใจขององค์กรต่าง ๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมเกี่ยวกับยานยนต์ ซึ่งวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่านั้นได้จุดประกายความสนใจขององค์กรต่าง ๆ ที่จะใช้วิธีการนี้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตรงตามเป้าหมาย หนึ่งในนั้นคือบริษัทไอบีเอ็ม ซึ่งเป็นบริษัทแรกที่นำวิธีการนี้มาใช้ในองค์กร โดยประยุกต์ใช้กับหน่วยงาน Application Business Systems Devision ซึ่งหลังจากประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้วิธีการทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้บริษัทไอบีเอ็มได้รับรางวัลชนะเลิศทางด้านคุณภาพ Malcolm Baldrige National Quality Award ในปี 1990

3.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

ในการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า จะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องในทุกๆ จุดของการปฏิบัติงาน ซึ่งจะต้องอาศัยกลยุทธ์ในการประยุกต์ใช้วิธีการต่าง ๆ ในวิชาสถิติ ซึ่งในวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่านี จะประยุกต์ใช้

กลยุทธ์ ทั้ง 5 ขั้นตอนที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิต คือ Define Phase, Measurement Phase, Analysis Phase, Improvement Phase และ Control Phase โดยรายละเอียดและเครื่องมือทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอนมีดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)

- **การกำหนดปัญหา (Problem Statement)**

ระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและแก้ไข ซึ่งปัญหานั้น ๆ จะต้องสัมพันธ์ ในส่วนที่มีผลกระทบต่อ ลูกค้า หรือ ทางด้านคุณภาพ (CTQ's : Critical to Quality)

- **แผนภาพกระบวนการผลิต (Process Map)**

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิต จะต้องทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนในการประกอบผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญใน กระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process output) ขั้นตอนนี้จึงเปรียบ เสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิตซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึง สิ่งผิดปกติ หรือ ทราบ สาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิต ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจเป็น ขั้นตอนที่นำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาโดยการทดลองโดยการตั้งสมมติฐาน หรือ โดยการให้ข้อมูลทางด้าน สถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี

การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์ต้องใช้การระดมสมอง และทีมงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะได้รายละเอียดที่สำคัญและครบถ้วนของกระบวนการผลิต ซึ่งแผนภาพการไหลนั้นจะต้องสามารถบอกถึงสาเหตุแห่งความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (Cause of Poor Quality : COPQ)

การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่ง ในการระบุที่มาของข้อบกพร่องและสิ่งที่ซ่อนในกระบวนการผลิต (Hidden factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

- **ผลรวมของสัดส่วนของเสีย (Rolled Throughput Yield)**

ได้มาจากการคำนวณของสัดส่วนของเสียครั้งแรกและ ไม่รวมสัดส่วนของเสียที่ได้มาจากการซ่อมแซม การคำนวณสัดส่วนของเสีย ก็เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการควบคุม กระบวนการผลิต

- **ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)**

(ฮิโตชิ คูเมะ, ผู้เขียน และ วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2536)

ผังแสดงเหตุและผล คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ (ที่เกี่ยวข้อง) กล่าวคือ คุณลักษณะทางคุณภาพคือผลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุคือปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นต้นตอของคุณลักษณะอันนั้น

การสร้างผังแสดงเหตุและผลที่ จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริง ๆ ไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้ถูกต้อง คือ ผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน ข้อสังเกตเกี่ยวกับผังแสดงเหตุและผล จะต้องทำการแยกแยะและเลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้น ควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มคนหลาย ๆ ความคิดมาร่วมกันเพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภาพหลังได้ (อาจทำให้การแก้ปัญหาผิดจุดได้) เลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยสาเหตุในรูปแบบ หรือ ปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้เพราะในที่สุดแล้วผลสรุปจากผังก้างปลาจะต้องนำไปแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่าง ๆ ในการผลิต การนำผังแสดงเหตุและผลไปใช้งานจะต้องก่อนสรุปปัญหาควรใส่นำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวเพื่อได้ใช้การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาซึ่งแนวทางเสนอแนะนี้จะนำไปผังแสดงเหตุผลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับ FMEA

3.2.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

- **การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต (FMEA)**

(รศ.ธนากร เกียรติบรรลือ, 2543) กล่าวว่า FMEA คือเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้และการขจัดปัญหาความล้มเหลวและความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น หรือ เกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบของกระบวนการและการบริหารก่อนที่จะถึงลูกค้า

ลักษณะสำคัญ 3 ประการของ FMEA

จะต้องมีการแสดงให้เห็นรูปแบบของความล้มเหลวปัญหา และความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงาน การออกแบบ การผลิต และการบริการอย่างชัดเจน และมีการประเมินผลจะต้องมีการบ่งชี้การกระทำ สำหรับการลด หรือ ขจัดโอกาสของความล้มเหลวปัญหาและความผิดพลาดนั้น ๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีก

จะต้องมีการบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐาน โดยปกตินิยมใช้ FMEA 2 ชนิด คือ Design FMEA สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเอาปัญหาสำคัญ และ ข้อบกพร่องต่าง ๆ จากผู้ใช้หรือลูกค้ามาศึกษาและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และ อีกชนิดหนึ่งคือ Process FMEA สำหรับการออกแบบและปรับปรุง

กระบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อเสียและข้อขัด หรือลดปัญหาจากการผลิต ที่จะส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปและลูกค้า

ประโยชน์ของ FMEA

ช่วยพิจารณาทางเลือกตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งเพิ่มศักยภาพของการผลิตและความเชื่อถือสร้างความมั่นใจว่ารูปแบบของความล้มเหลวความผิดพลาดและปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้รวมถึงผลกระทบที่อาจตามมาได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนมาก่อนแสดงรายการของปัญหาหลักต่างๆ และระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้นมาช่วยแสดงบันทึกผลของการปรับปรุงหลังจากมีมาตรฐานการแก้ไขให้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่งได้ทันทีเป็นพื้นฐาน สำหรับการกำหนดรายการทดสอบเพิ่มเติมระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการผลิต ช่วยรวบรวมข้อมูลในอดีตสำหรับเป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคตโดยนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบของปัญหาหรือความล้มเหลวต่างๆ สำหรับการพิจารณาเรื่องความเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าการปรับปรุงและพัฒนาต่างๆ มีผู้รับผิดชอบหรือให้วิศวกรประจำกระบวนการผลิตสร้างระบบการป้องกันปัญหาที่สามารถประเมินผลได้ เมื่อมีการประชุมทบทวนขั้นสุดท้ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต

ชนิดของ FMEA และการนำไปใช้งาน Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA

เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงเพื่อเป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหาร้ายแรงขึ้นมาภายหลังและเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา FMEA สามารถแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งานได้หลายอย่างคือ

System FMEA สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุงระบบการทำงานการใช้งานมักจะรวม อยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่นได้แก่การสร้างแนวความคิดในการออกแบบ และ กำหนดรายละเอียดของระบบงาน การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และการประเมินผลระบบ

Design FMEA นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลและการแก้ไขงานที่มีการทดลอง หรือปฏิบัติเป็นครั้งแรก มักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่างๆ หรือ ส่วนย่อยๆ เข้าด้วยกัน และ ส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งานตามที่ออกแบบ เหมาะสมแล้วหรือไม่ และส่วนใดจะมีปัญหา จะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน

Process FMEA สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งก็มีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA มักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ การวัดและสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เมื่อจัดทำ Process FMEA

Service FMEA จะเกี่ยวข้องกับกาารให้บริการเป็นหลักโดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Service FMEA

Machlenerly FMEA สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ ส่วนทำความสะอาด ส่วนส่งกำลังส่วนหล่อลื่น ชุดเกียร์ ตลับลูกปืน เป็นต้น

งานเอกสารของ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ถือว่าเป็นการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรกระบวนการในการศึกษาสาเหตุและผลกระทบต่าง ๆ ก่อนที่การออกแบบหรือวิธีการกระบวนการผลิตจะสรุปผลขั้นสุดท้ายทุกเรื่อง ทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกันจะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA เริ่มต้นจากหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิด หรือรูปแบบของปัญหา และความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมาแล้วมีอะไรบ้างมีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไร หลังจากนั้นจะมีการปริมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่ารค่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ $O \times S \times D$ เมื่อ

O = Occurrence คือระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด

S = Severity คือระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น

D = Detection คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงาน หรือ ผลิต ภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็ม มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับ ความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือ ค่า $RPN = 1$ ซึ่งมาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของปัญหา คือ ค่า $RPN = 1000$ ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวัน และระดับความ

รุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่นกระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มียุทธศาสตร์การตรวจจับปัญหานี้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าเลย

● การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

ในระบบการวัดมีความสำคัญมากการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และเป็นการควบคุมกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพผู้ลูกค้ากระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัดซึ่งมีสาเหตุมาจาก ทักษะ ความชำนาญ และระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัด สิ่งแวดล้อมในการวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้นและธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจากการแก้ปัญหา ทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด ในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออก เป็นชิ้นงาน (Part - to - Part - Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation) (ตำราฯ ทวีแสงสกุลไทยม 2538) ได้นิยามคำว่า ความแม่นยำ และความเที่ยงตรง ดังนี้

ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมากค่าไม่กระจาย และจะให้ความแม่นยำไม่เปลี่ยนแปลงมากไม่มีการปรับวิธีการหรือปรับ เครื่องมือวัด

ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ค่าใกล้เคียงความจริงมาก ผลต่างของค่าจริงและค่าวัดโดยเฉลี่ยน้อยมาก (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542)

การวิเคราะห์ความแม่นยำ มุ่งพิจารณา 2 ประเด็นหลัก คือ

คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัด หรืออุปกรณ์การวัด หรือไม่ และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ ที่แสดงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ หรือ รีพีทเทบิลิตี (repeatability) และความสามารถในการทำเหมือน หรือ รีโพรดูซิบิลิตี (reproducibility) โดยที่ รีพีทเทบิลิตีของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่อง กับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกันและด้วยพนักงานคนเดียว

กันซึ่งโดยปกติจะใช้ค่ารีพีทะบิลิตี้ในการประมาณค่า ความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น (short-term measurement)

ส่วนรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานกัน และโดยปกติจะใช้ค่า โปรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว (long-term measurement) นอกจากนี้อาจจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า รีพีทะบิลิตี้ คือ ความผันแปรภายในเงื่อนไขการวัดด้วยกันในขณะที่รีโปรดิวซิบิลิตี้ คือ ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัดโดยเงื่อนไขที่กล่าวนี้อาจจะ หมายถึง พนักงานวัดกะวาน อุปกรณ์จับยึด (จิ๊ก และฟิกซ์เจอร์) และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม เป็นต้น

ในการประเมินผลค่ารีพีทะบิลิตี้ และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด (GR&R - Gage Repeatability and Reproducibility) จะหมายถึงการประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่งแบบซ้ำ ๆ ภายใต้อันเดียวกันแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเดียวกัน การวางแผนศึกษา รีพีทะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัดวิธีการ และเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นการดำเนิน

การที่มีความสำคัญมากต่อการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนด้านความถูกต้องในระบบการ วัด โดยปกติแล้วจะต้องมีการสอบเทียบก่อนการศึกษา รีพีทะบิลิตี้ และ รีโปรดิวซิบิลิตี้ จะเริ่มต้นขึ้น และไม่ ควรจะมีการสอบเทียบใหม่ถ้าหากการศึกษายังไม่สิ้นสุด เพราะถ้าหากมีการสอบเทียบใหม่ในระหว่างการ ศึกษาจะทำให้เกิดความผันแปรจากการสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีพีทะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย

จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR & R ในการกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสม สำหรับศึกษานั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าใน ระบบการผลิตมีพนักงานวัด (คือ ผู้ใช้เครื่องมือในการกำหนดค่าตัวเลขกับชิ้นงานเพื่อการตัดสินใจ) ในกรณีที่มีพนักงานวัด จำนวนหลายคนให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาน้อย 2 คน โดยพนักงานวัดทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรม และปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์วัดที่ทำการศึกษสำหรับงานประจำ

จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา GR & R จำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานั้นโดยปกติจะ แนะนำไว้ที่ 10 สิ่งตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้จะต้องพยายามให้ (จำนวนของสิ่งตัวอย่าง) \times (จำนวนของพนักงานวัด) มากกว่า 15 และถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้เพิ่มจำนวนซ้ำของการวัด ในแต่ละสิ่งตัวอย่าง และสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการวัดนี้ต้องเป็นสิ่งตัวอย่างที่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญ และในกรณีที่จะทำให้ระบบการวัดมีคุณภาพด้านความผันแปรเพียงพอต่อการตรวจจับความผันแปรของ ชิ้นงานในกระบวนการแล้ว จะต้องทำให้ข้อมูลแบ่งแยกได้ไม่ต่ำกว่า 5 กลุ่ม (ขึ้น)

จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้นโดยปกติแล้วมักจะแนะนำให้ทำการวัดซ้ำที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่า ๆ กัน (เรียกการ ทดลองแบบนี้ว่า Balance Design) ซึ่งโดยทั่วไป จะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR & R ในการศึกษา GR & R บางกรณี นั้นจะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างนอกจากการวัดซ้ำ (หรือการประเมินรีพีทอะบิลิตีได้) จึงต้องมีความพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันให้มากที่สุด

วิธีการประเมินผลรีพีทอะบิลิตีและรีโพรดิวซิบิลิตี มีทั้งหมด 3 วิธี แต่ในที่นี้จะไม่ขอ อธิบาย

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method)

วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงาน และ ชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วม ระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัด ออกจากครีพีทอะบิลิตีได้แต่อย่างไรก็ดี วิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ยุ่งยากในการคำนวณแต่ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้กับกรณีการใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณ

ในการตีความหมายผลการวิเคราะห์จากตาราง ANOVA จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (interaction effect) ระหว่างพนักงานและชิ้นงานก่อนเสมอซึ่งถ้าพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานมีนัยสำคัญ แสดงว่าเมื่อเปลี่ยนชิ้นงานให้พนักงานคนเดิมทำการวัดแล้ว ผลการวัดจะเปลี่ยนไป ซึ่งจะพบ ว่าอิทธิพลร่วมมีผลมากและในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีนัยสำคัญนี้ก็ไม่มีความจำเป็นที่ต้องตีความหมาย จากอิทธิพลหลัก (main effect) ของพนักงานวัด หรือชิ้นงานอีก เพราะว่าแม้อิทธิพลหลักของพนักงาน วัดจะดูเหมือนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญแต่แท้จริงแล้วมีอิทธิพลมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

- **สถิติและการควบคุมคุณภาพ**

(เจริญ สุันทรวาณิชยม 2539) ได้ให้คำนิยามคำว่า สถิติไว้ดังนี้ สถิติ คือ ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้ตัดสินในเหตุการณ์ภายใต้ความผันแปรโดยการตัดสินใจประกอบด้วยการรวบรวมการวิเคราะห์ที่ตลอด จนการสรุปผลเพื่อดำเนินการจากข้อมูล

- **การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)**

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่าในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้วิธี ทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล จึงต้อง อยู่ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ จะตั้งสมมุติฐานใน 2 ทางเลือก คือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัวคือ α และ β

α หมายถึง ความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมุติฐาน หลัก เป็นจริงหมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมุติฐานหลักทั้งที่สมมุติฐานหลักไม่เป็นจริงจากความเสี่ยง ของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความเชื่อมั่นหรือมีความเสี่ยง ตามที่กำหนดไว้ และในการทำการวิเคราะห์ ก็มักจะให้ค่าของ α คงที่และให้ค่า β น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

3.3.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

- **การออกแบบการทดลอง (Design of experiments)**

การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผล ต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response) ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น

ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของ ปัจจัยนั้นได้ ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ต้องทำการ เปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้น จึงวิเคราะห์ผลการ ทดลอง

วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือ ความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึง อิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

คำจำกัดความ (Definition)

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึงผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่ง que คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็ก ๆ น้อย ๆ และไม่สามารถควบคุมได้

หลักในการออกแบบการทดลอง

การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวเท่า ๆ กัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่า ๆ กันการทำแบบสุ่มยังสามารถ แบ่งออกได้อีกเป็น 3 วิธี คือ

การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomization)

การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple randomization)

การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete randomization within blocks)

การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูลเพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ออก

การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วงเพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำเสมอไป

ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การนิยามปัญหาเป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไรและต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวข้องไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองการเลือกปัจจัยที่มีผล และ ระดับปัจจัยเป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิตเพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลองและในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร เพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลองสุดท้ายคือ ระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed levels) แบบสุ่ม (Random levels) หรือแบบผสม (Mixed levels)

แบบกำหนด (Fixed levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุม หรือกำหนดค่าได้แน่นอน

แบบสุ่ม (Random level) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม หรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

แบบผสม (Mixed levels) หมายถึง การผสมผสาน ระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบ กำหนดได้และแบบสุ่ม

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา และการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องด้วย

การเลือกแบบทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้องทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวข้องกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

การทำกรทดลอง ในขณะที่ทำการทดลอง จะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ นั่นคือ ต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะที่ทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมา มีน้อยที่สุด การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ความรู้ทางสถิติมาวิเคราะห์และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอนแต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วจะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ อื่นๆ

การเลือกแบบการทดลอง

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียว (Single factor experiment) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีขนาดไม่โตนัก และไม่มีปัจจัยรบกวนการทดลองจะทำโดยยึดหลักการทำให้แบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication)

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response variable) และปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factor) ที่สนใจ
- ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete random) ในการวัดค่า
- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน (Noise factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม คือต้องทำการสุ่ม (Randomization) ทุกครั้งต้องทำซ้ำทุกการทดลองทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อก (Blocking) อาจจะทำมากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- ออกแบบและวางแผนการทดลอง
- เก็บข้อมูล
- วิเคราะห์ผลการทดลอง ดดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งจะต้องมีผล ของบล็อก (Block effect) ด้วย

แผนการทดลองแบบแฟคโตเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple factor experiment) และเนื่องจากปัจจัย (factor) มากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัย (Main effect) ที่สนใจแล้ว ยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction effect) ได้ด้วย

อิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปด้วยดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม หรือปฏิสัมพันธ์ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (1) และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (2) โดย A และ B คือปัจจัย 2 ปัจจัย

เหตุที่ใช้เนื่องจากการออกแบบ 2^k แฟคโทเรียล นั้นเหมาะสมกับรูปแบบ (model) ที่มีความเป็นเส้นตรง (linearity) จึงจะมีความถูกต้องในการตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นหากว่าอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรง (linearity) ไม่ดีแล้ว จะหันมาใช้แบบ 3^k แฟคโทเรียลแทนจะเหมาะสมกว่า

แผนการทดลองแบบแฟร็กชันนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการประยุกต์จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial design) โดยการออกแบบการทดลอง แบบแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่มีปัจจัยเป็นจำนวนมากจึงต้องทำการตัดปัจจัย บางตัวออก โดยอาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound) เป็นเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งในการออกแบบนี้จะเกิดผลทำให้สับสนเกี่ยวกับอิทธิพลของทรีตเมนต์ (Treatment effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของทรีตเมนต์ที่จะทำการคอนฟาวด์ (Confound effect) จะเลือกจากความรู้อันทราบในกระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนด โดยเลือกทรีตเมนต์ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์

การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-Test) ในการทดลองแบบแฟคโทเรียลที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งเป็นรูปแบบกำหนดรูปแบบอื่นๆ และการออกแบบที่ซับซ้อนบ่อยครั้งพบว่าไม่สามารถที่จะทดสอบทางสถิติได้อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของทรีตเมนต์ซึ่งการแก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การตั้งสมมุติฐานว่าในบางปฏิสัมพันธ์บางอิทธิพลสามารถที่จะละเลยได้

3.3.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase)

- **แผนภูมิควบคุม**

(ฮิโตชิ คูเมะ, ผู้เขียน, วีระพงษ์ เฉลิมจิระวัฒน์, ผู้แปล, 2541) ได้อธิบายความหมายของแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ดังนี้

แผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิตและจะต้องควบคุมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากระบวนการผลิต ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งในการวัดข้อมูลอาจจะอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัด (Variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียนบันทึกลงในแผนภูมินั้น ๆ ซึ่งโดยเหตุจะมีเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นขอบเขตกลาง คือ เส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบนและเส้นขอบเขตควบคุมล่างเป็นค่าที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้ และหากอยู่นอกขอบเขตนี้ถือว่าผลการผลิตยอมรับได้ แต่หากว่าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม (ไม่ว่าในทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่าการผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยทันที

โดยธรรมชาติของกระบวนการผลิตทั้งหลายย่อมมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นกับชิ้นงานหรือผลผลิตได้ โดยความผันแปรบางชนิดเป็นเรื่องเหตุและอนุญาตให้ยอมรับได้ในการผลิต โดยไม่ก่อความเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ความผันแปรบางชนิดมีผลกระทบมากและมีผลเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ขนาด ของชิ้นงาน หรือ คุณสมบัติบางประการผิดไปจากมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นกรเข้าใจในสาเหตุ แห่งความผันแปร จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยสาเหตุความผันแปรต่างๆ มีผลมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ชนิด คือ

สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือเป็นธรรมชาติของการผลิต (Chance Cause) เป็นลักษณะ สาเหตุของความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ เกิดจากความผันแปรหรือความแตกต่างเล็กๆ น้อยๆ ของวัตถุดิบและปัจจัยการผลิตต่างๆ ซึ่งแน่นอนว่าไม่มีของ สองสิ่งๆ ที่เหมือนกันทุกประการ วัตถุ 100 ชิ้น ที่มีขนาดตรงกันตามข้อกำหนดทั้ง 100 ชิ้น ก็จะมีขนาดแต่ละชิ้นที่แตกต่างกันออกไป เพียงแต่ว่าความแตกต่างเหล่านั้นอยู่ในพิสัยที่ขอบเขตข้อกำหนดได้อนุญาตเอาไว้แล้วในค่าพิสัยความเผื่อ (tolerance) ของชิ้นงาน

ฉะนั้นความผันแปรในคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยของการผลิต จึงเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมินี้ นั่นคือ กระบวนการผลิตที่เขียน แสดงด้วยแผนภูมิควบคุมแล้วไม่มีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม (The Process is In Control)

สาเหตุที่ระบุได้ หรือสาเหตุที่กำจัดได้ (Assignable Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปร ที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดปกติ ความชำรุด ความไม่ได้เกณฑ์ ฯลฯ ของปัจจัยการผลิตต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ละจะไม่ใช่เป็นปกติวิสัย หรือธรรมชาติของการผลิตนั้นๆ จำเป็นจะต้องได้รับการกำจัด หรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้งได้

ในแผนภูมิควบคุม เมื่อมีจุด (ซึ่งเขียนจากการเก็บข้อมูลและวัดค่าชิ้นงาน ตัวอย่าง จากการผลิต) ปรากฏว่าอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุมย่อยแสดงได้ว่าเกิดมีสาเหตุที่ระบุได้เกิดขึ้นมาในกระบวนการผลิตนั้นแล้ว และเรียกสภาวะผลิตนั้นว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกควบคุม (The process is out of control)

(ตำราฯ ทวีแสงสกุลไทย, 2538) ได้อธิบายว่าแผนภูมิควบคุมคือเป็นวิธีเทคนิค อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ ควบคุมการผลิตในระหว่างการผลิต เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตมี จุดใดเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หรือการ เปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ยังอยู่ในพิสัยควบคุมหรือไม่ ปกติจะใช้แผนภูมิควบคุมกับระบบการผลิตสภาพปกติ หรือมีการผลิตสม่ำเสมอ จะไม่ใช้กับการผลิต เป็นแบบเลว ๆ หรือผิดปกติโดยเด็ดขาด จุดมุ่งหมายที่ใช้เทคนิคของแผนภูมิควบคุมมีดังนี้

- เพื่อหาเป้าหมาย หรือมาตรฐานของการผลิต
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบว่า การผลิตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ได้เป้าหมายที่วางแผนล่วงหน้าไว้แล้ว

การนำแผนภูมิควบคุมมาใช้งาน ก่อนอื่นจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของเส้นควบคุม เสียก่อนคือ เส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) หมายถึง ค่าขอบเขตข้อกำหนดของสินค้า หรือชิ้นงานที่โรงงาน หรือรัฐบาลเป็นผู้กำหนดขึ้น ทั้งนี้เส้นควบคุมข้อกำหนดขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติของผู้ออกแบบว่าต้อง การ เสี่ยงหรือความปลอดภัย (Safety Factor) ไว้ที่ระดับเท่าใด

เส้นควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability limit) หมายถึง ค่าขอบเขตความสามารถ จริงของ กระบวนการ โดยทั่วไปคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ ของประชากร หรือคำนวณจาก กลุ่มตัวอย่างที่จำนวน มาก เส้นควบคุมขีดความสามารถมีขนาดความกว้างเท่ากับค่าห่างจากค่าเฉลี่ย ของประชากร $\pm 3\sigma$ และ กำหนดเส้นขอบเขตควบคุม สำหรับเป็นสัญญาณเตือนว่าการผลิต เริ่มออกจากการควบคุมหรือยัง กำหนด ในช่วงค่าเฉลี่ย $\pm 2\sigma$

การใช้งานแผนภูมิควบคุม การใช้แผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิตควรมีเทคนิคต่อไปนี้ เลือก บริเวณที่จะควบคุม ก่อนอื่นก็คือปัญหาอะไรที่จะต้องทำ และเรามีจุดมุ่งหมายอะไร จากการตัดสินใจใน ปัญหาทำให้ทราบทันทีอย่างชัดเจนว่า ต้องการข้อมูลอะไรพิจารณาการใช้แผนภูมิ ควบคุมแบบไหน อาจ จะเป็นแผนภูมิแบบ X - R, X, pn, p, c หรือ u chart ก็ได้ขึ้นอยู่กับโรงงานและผลิตภัณฑ์แต่ละแห่งทำแผน ภูมิควบคุม

สำหรับการวิเคราะห์เก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสม แล้วใช้ข้อมูลที่ผ่านมาทำแผนภูมิ ถ้ามีจุดใด ๆ ผิดปกติต้องทำการค้นหาเหตุผลที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนไปทันที แล้วทำการแก้ไข สร้างแผนภูมิควบคุม สำหรับการควบคุมในโรงงาน หากว่าต้นเหตุที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนขจัดหมด ลื่นแล้วจากในข้อ 3 และ

กระบวนการผลิตก็คงจะให้พิจารณาดูอีกครั้งว่าผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ หลังจากนั้นถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็ให้สรุปผล ทั้งหมดเพื่อทำ มาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ หลังจากนั้นถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็ให้สรุปผล ทั้งหมดเพื่อ ทำมาตรฐานวิธีการทำงาน (Standardize Working Procedure) หรือ อาจจะมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ถ้าจำเป็นต่อเส้นควบคุมของแผนภูมิออกไป จากนั้นพลอตข้อมูลที่ถูกเก็บได้ในแต่ละวันก่อนไป ควบคุมกระบวนการผลิต ถ้าการทำงานของคนงานและวิธีการผลิตเป็นแบบมาตรฐานแล้ว

แผนภูมิควบคุม จะชี้แสดงออกให้เห็นว่าสถานะที่โรงงานอยู่ภายใต้การควบคุมที่ดีหรือไม่ แต่ถ้าปรากฏว่าสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ต้องการค้นหาสาเหตุทันที แล้วแก้ไขให้ถูกต้องเสีย คำนวณเส้นควบคุม ใหม่ ถ้าเครื่องจักรหรือมาตรฐานการทำงานเปลี่ยนแปลง เส้นควบคุมต้องนำมาคำนวณใหม่ ถ้าการควบคุม ของกระบวนการผลิตในโรงงานยังดีตลอด ระดับคุณภาพที่แสดงบนแผนภูมิจะปรับดีเพิ่มขึ้น ในกรณีเช่นนี้ ให้สังเกตแผนภูมิควบคุมเป็นระยะ ในการคำนวณเส้นควบคุมให้สังเกตต่อไป

ข้อมูลที่จุดผิดปกติ ซึ่งค้นพบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่
ข้อมูลที่จุดผิดปกติ แต่ไม่พบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

วิธีการอ่านแผนภูมิควบคุม

(วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2537)

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิ คือ การอ่านหรือตีความหมายจากภาพ ที่ปรากฏบนแผนภูมิ เพื่อโยงเหตุผลไปที่สถานะของกระบวนการผลิตซึ่งได้ผลิตข้อมูลที่เราได้นำมา เขียนเป็นแผนภูมิควบคุมเพราะอาการผิดปกติต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่จะมีผลต่อคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์จะแสดงออกให้เป็นรูปธรรมที่แผนภูมิควบคุมนี้เอง และเมื่อเราตรวจพบความผิดปกติของ กระบวนการผลิต โดยอ่านจากแผนภูมิควบคุมนี้แล้ว เราได้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุของความผันแปรใด ๆ ในกระบวนการผลิตนั้น เพื่อปรับสภาพกระบวนการผลิตให้กลับสู่สถานะที่อยู่ในควบคุม (In control) ได้ต่อไป

ข้อแนะนำเกี่ยวกับ 6 ลักษณะอาการสำคัญ เพื่อการอ่านแผนภูมิควบคุมอยู่นอกการ ควบคุมพบได้ชัดเจน คือ มีจุดในแผนภูมิปรากฏอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม เรียกว่า จุดอยู่นอกควบคุม (Out of control) อาจอยู่นอกค่าสูงหรือค่าต่ำก็ได้

การรัน (Run)

เมื่อปรากฏติดต่อกันบนนซีกใดซีกหนึ่งของเส้นค่ากลาง เราเรียกว่า เกิดรัน ความยาวของรันแต่ ละจุดนับจากจำนวนจุดในจุดนั้นและรันที่มีความยาวตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไป เราตีความได้ว่าได้เกิดความ ผิดปกติขึ้นแล้วในการผลิตช่วงที่เกิดรันนั้น

การเกิดแนวโน้ม

การมีจุดต่อเนื่องกันไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการสลับพินปลาเลย มีผลทำให้เส้นต่อจุดเหล่านั้นคล้าย ๆ เส้นตรงพาดขึ้นหรือพาดลงเช่นนี้เราเรียกว่า มีการเกิดแนวโน้ม (Trend) ขึ้นในแผนภูมิควบคุม แนวโน้มที่ว่านี้คือแนวโน้มที่กำลังบอกเราว่า ค่าเฉลี่ยของ ขนาดควบคุมที่ผลิต ได้จากกระบวนการผลิตนั้นกำลังมีปัญหาหรือมีแนวโน้มจะเคลื่อนไปจากขนาด กำหนดที่ได้ตั้งเอาไว้แต่แรก

การเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม

หากเราแบ่งระยะ 3 ซิกมา (3σ) จากเส้นค่ากลางออกเป็นเส้น 2σ แล้วพบว่าจุด 2 จุด ใน 3 จุดที่ต่อเนื่องกันในแต่ละช่วงได้ตกไปอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้น 2σ กับเส้นขอบเขตควบคุม (3σ) ถือได้ว่าการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม (Approach to the control limits) และเป็นการบอกถึงความผิดปกติขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว

การเกิดการเข้าใกล้ค่ากลาง

หากพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดตกอยู่ในระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นค่ากลางขึ้นไป และ ลงมาแล้วไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ในควบคุม แต่กลับแสดงว่า คงจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อย ข้อมูลอาจมีการปะปนกันของข้อมูล ที่นำมาจากต่างประชากรกัน และเกิดการปะปนกัน

การเกิดวัฏจักร

มีลักษณะ คือ ค่าในเส้นกราฟจะเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ มีลักษณะเป็นวงจรรอบ หรือวัฏจักรที่เกือบจะทำนายลักษณะเส้นกราฟในช่วงต่อ ๆ ไปได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เกิดวัฏจักร (Periodicity)

บทที่ 4

การนิยามปัญหา

4.1 บทนำ

ขั้นตอนการนิยามปัญหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้ ถือเป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การกำหนดจุดเริ่มต้นและทิศทางของการวิจัย (Define Phase) ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดจำนวนของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ที่ทำการศึกษานี้ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

4.2 การกำหนดทีมงานดำเนินงาน

ในการกำหนดทีมงานดำเนินงานที่คัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญในส่วนของกระบวนการที่เลือกทำการปรับปรุงเพื่อช่วยในการสนับสนุนการทดลองและระดมความคิดด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายซึ่งทีมงานดำเนินงานประกอบไปด้วยบุคคลที่มาจากส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ทีมงานในการดำเนินงาน

- ผู้จัดการฝ่ายผลิต (Production Manager)
- หัวหน้าฝ่ายผลิต (Production Supervisor)
- ผู้จัดการฝ่ายควบคุมการผลิต (Process Engineer Manager)
- วิศวกรควบคุมการผลิต 1 (Process Engineer)
- วิศวกรควบคุมการผลิต 2 (Process Engineer)
- วิศวกรควบคุมการผลิต 3 (Process Engineer)
- วิศวกรควบคุมการผลิต 4 (Process Engineer) : ผู้ดำเนินการวิจัย
- วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ (QA Engineer)

4.3 การศึกษากระบวนการผลิต

อธิบายกระบวนการผลิตโดยรวมสำหรับ หัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ (Process Mapping) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงพื้นที่การผลิต และกระบวนการผลิตหลักของผลิตภัณฑ์หัวอ่านเขียนรุ่น

Maverick

No	Area	Process
1	Front End	SHG
		SHG Bar Divide
		MMX Back side lap
		MMX Row bond
		MMX Wire bond
		MMX Lapping
		MMX Debond & Cleaning
		Pole Geometry
		Bar Bond for Relief Cut
		Relief Cut
		Bar Debond & Cleaning
		BLKL
		2
DLC Loading Cleaning		
DLC Coating (1 st DLC)		
DLC Measure		
Raman Analysis		
DLC Unload		
Bar bond (BOT)		
Encapsulation		
Encap Clean		
TIR (Flatness measurement)		
Photo spin coat & Photo bake (DLC Pad)		
Expose (Stepper) (DLC Pad)		
Photo Develop (DLC Pad)		
Photo Develop Inspection		
DLC Pad coating		
DLC Thickness Measurement		
Photo resis strip (DLC Pad)		
DLC Pad Height measure		
DLC Pad Measure		
Photo spin coat and Photo bake (Shallow)		
Expose (Stepper) (Shallow)		
Photo Develop (Shallow)		
Photo Develop Inspection		
Etch 1 (Shallow)		
Resist Strip (1)		
Step Depth (SPC)		
CD Measurement		

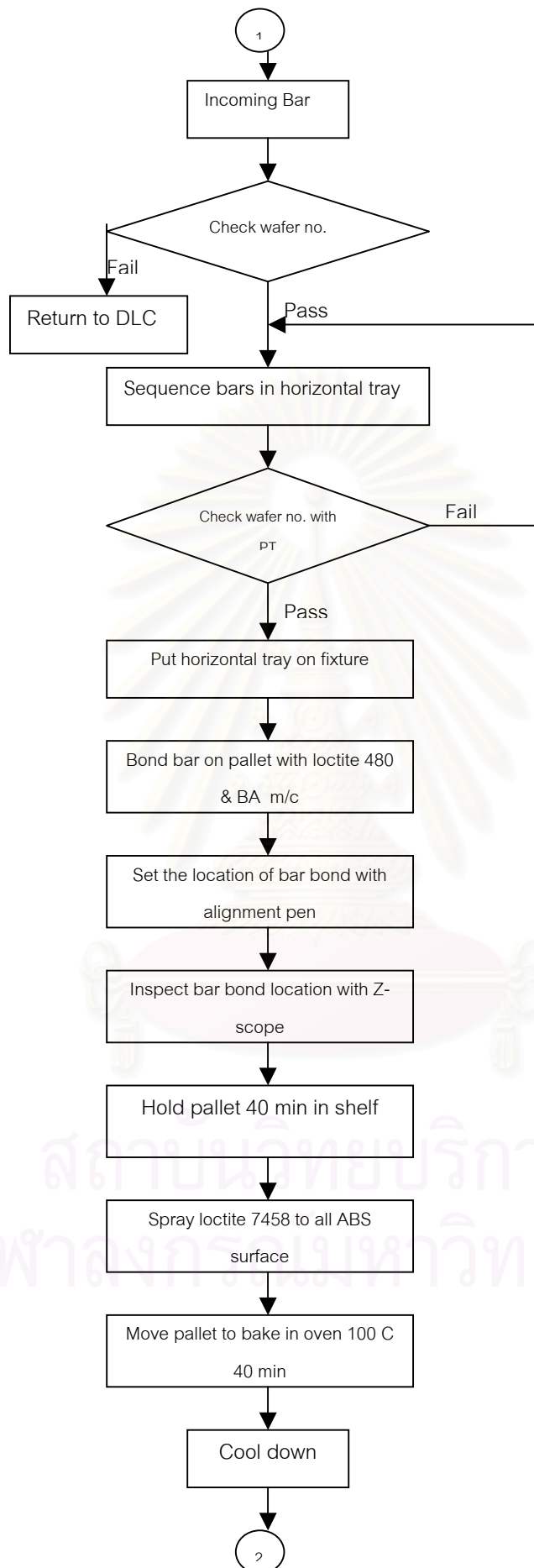
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตารางแสดงพื้นที่การผลิต และกระบวนการผลิตหลักของผลิตภัณฑ์หัวอ่านเขียนรุ่น

Maverick

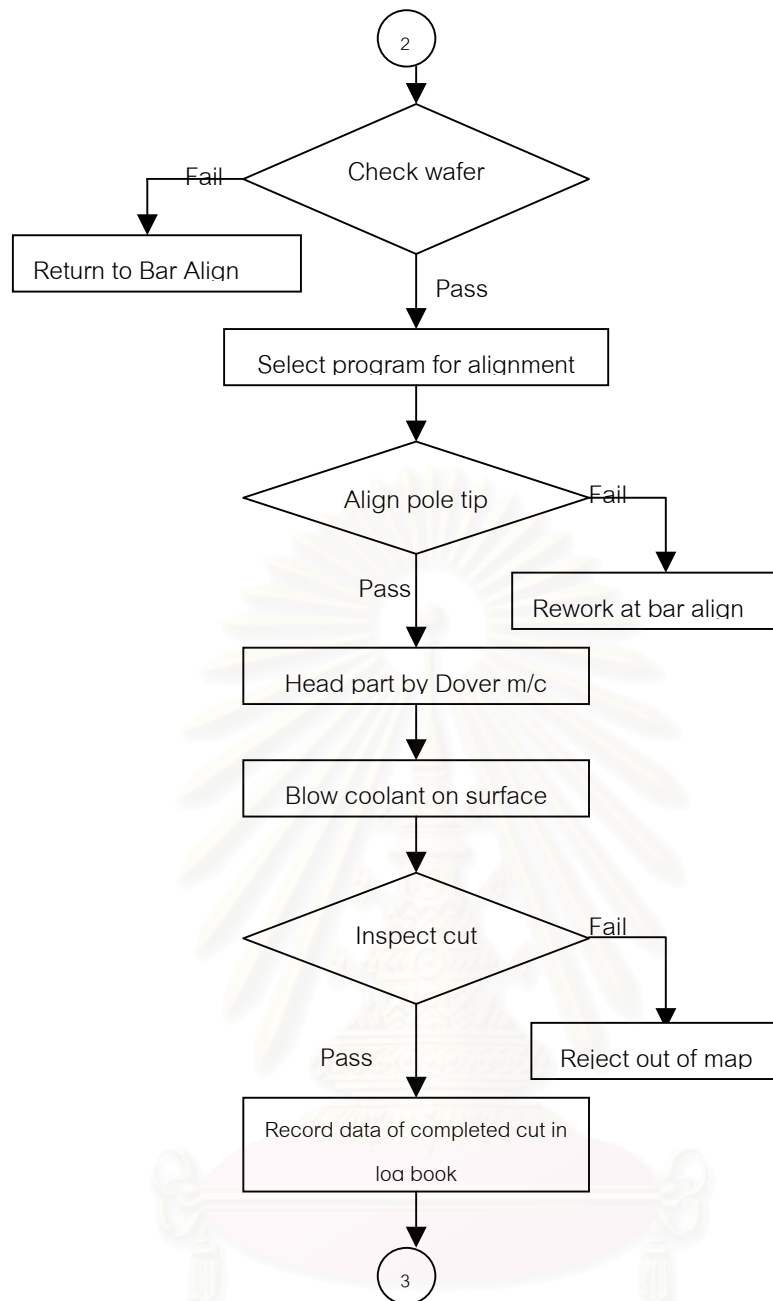
No	Area	Process
2	Clean Room	Bar Lamination (Cavity)
		Expose (Stepper) (Cavity)
		Develop (Cavity)
		Photo Develop Inspection
		Etch 2 (Cavity)
		RDR
		Resist Strip (2)
		Step Depth (SPC)
		CD Measurement
		Tip Debond
		DLC Loading
		DLC Coating (2 nd DLC)
		DLC Measurement
		Raman Analysis
DLC Unload		
3	Back End	Bar align
		Head Part
		Prewash
		Slider Debond
		Graphics Tablet
		Robot Sort
		SA Prime Cleaning
		MFI
		QST
		Contour Measurement
		A-Prime Cleaning

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ผู้ดำเนินการวิจัยสนใจศึกษาการลดของเสียเนื่องจากตรวจสอบบนชิ้นงานในพื้นที่การผลิต Back End ซึ่งกระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการแสดงดังรูปที่ 4.1 – รูปที่ 4.10

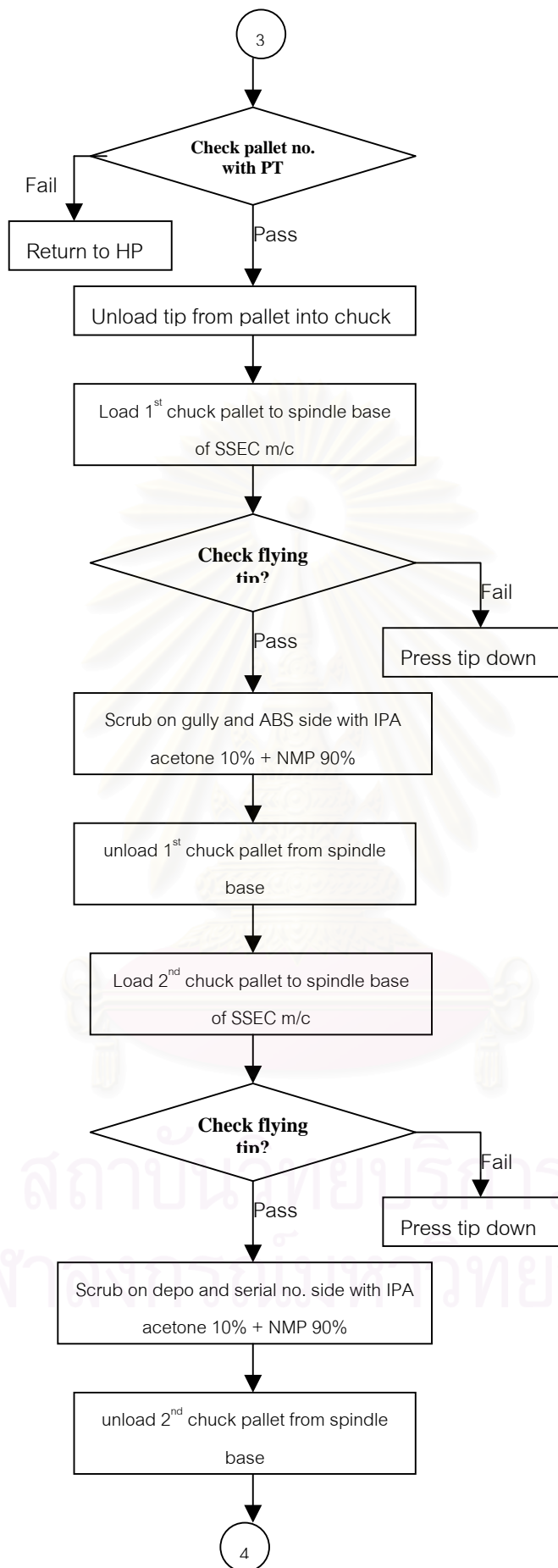
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



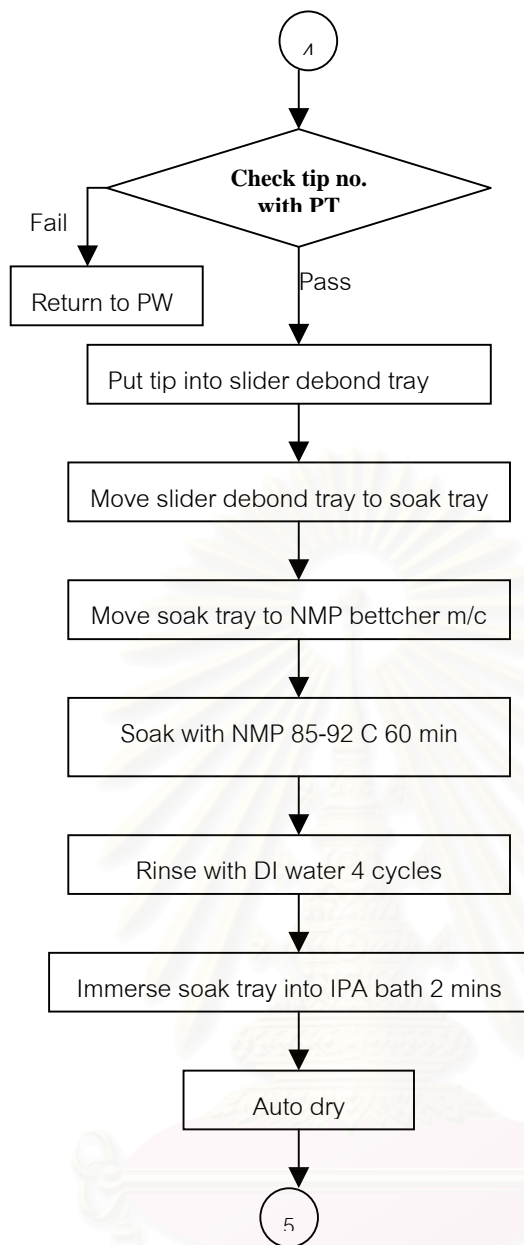
รูปที่ 4.1 แผนภาพกระบวนการผลิต Bar Alignment



รูปที่ 4.2 แผนภาพกระบวนการ Head Part

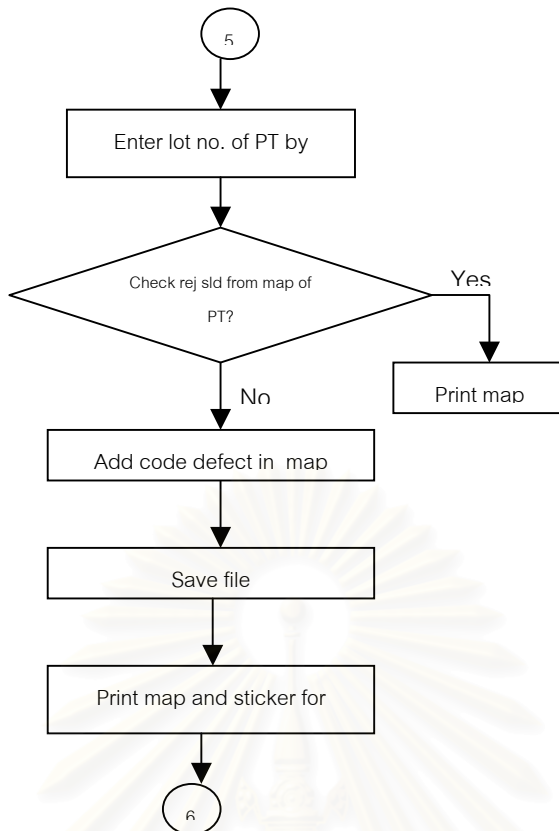


รูปที่ 4.3 แผนภาพกระบวนการ Prewash

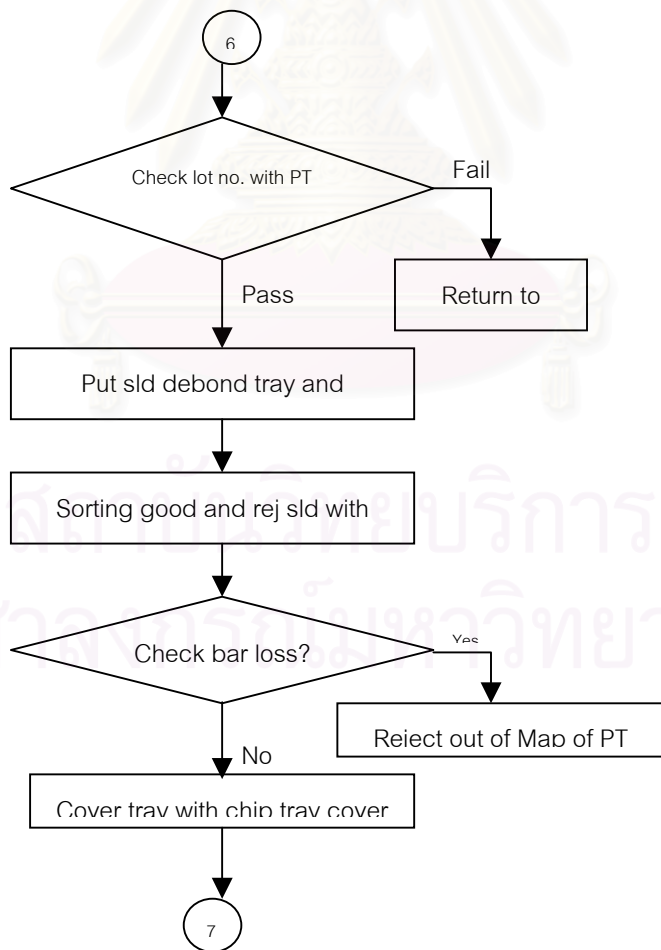


รูปที่ 4.4 แผนภาพกระบวนการ Slider Debond

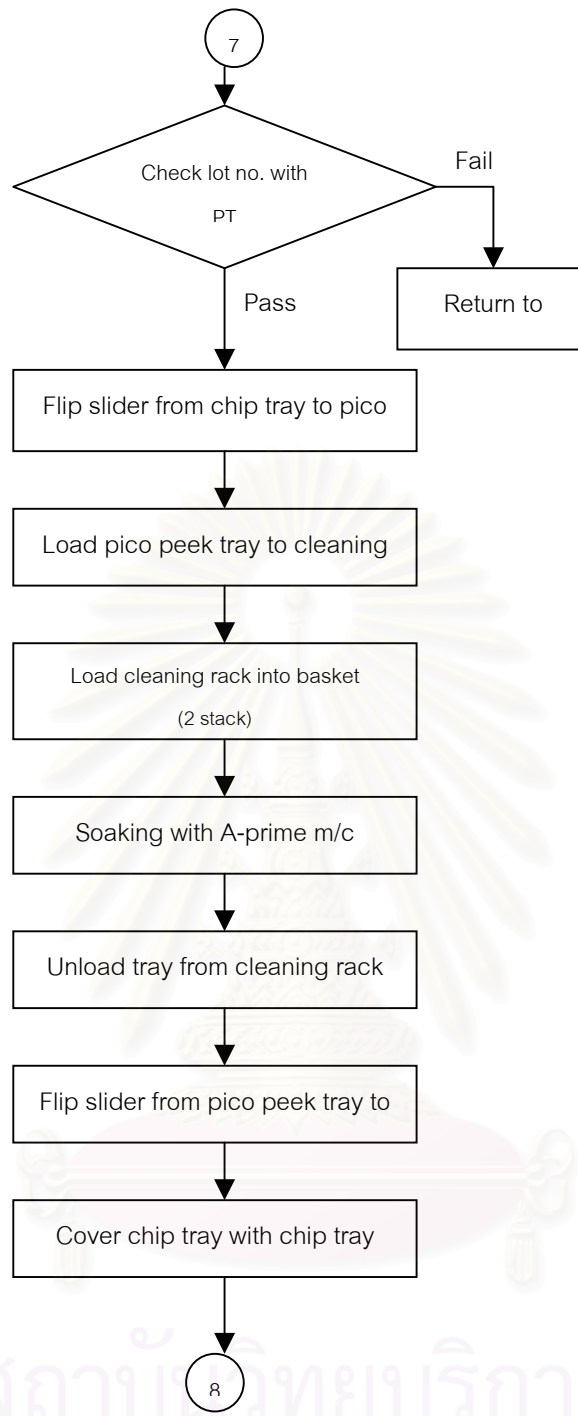
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



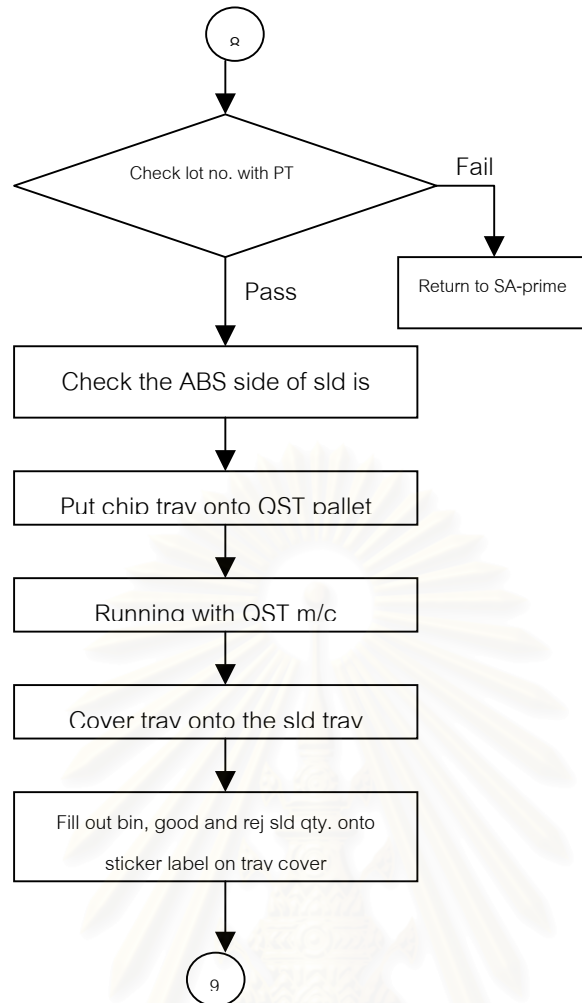
รูปที่ 4.5 แผนภาพกระบวนการ Graphics Tablet



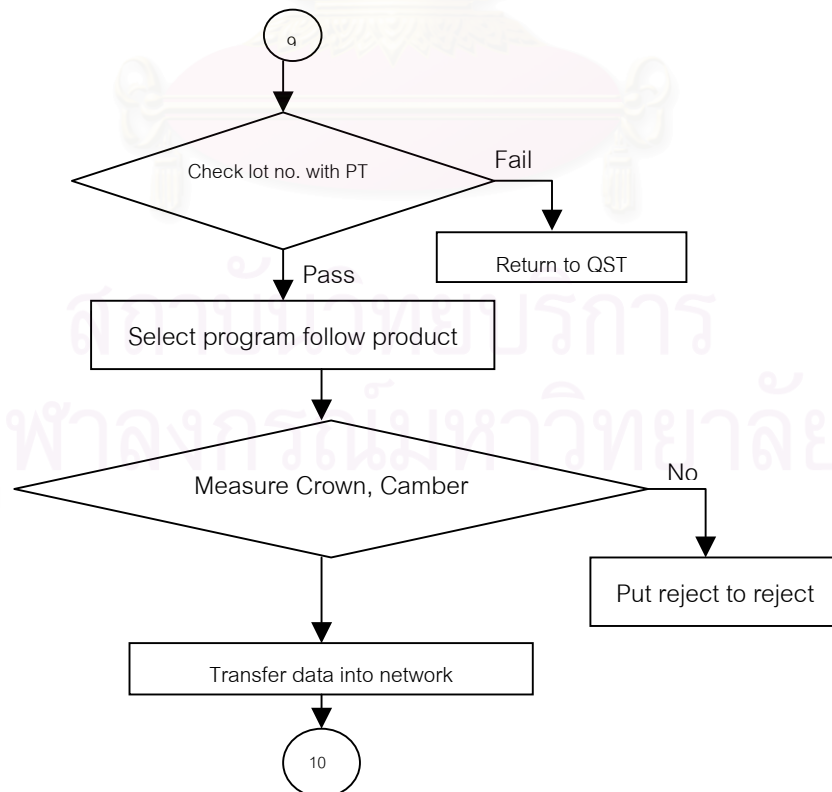
รูปที่ 4.6 แผนภาพกระบวนการ Robot Sort



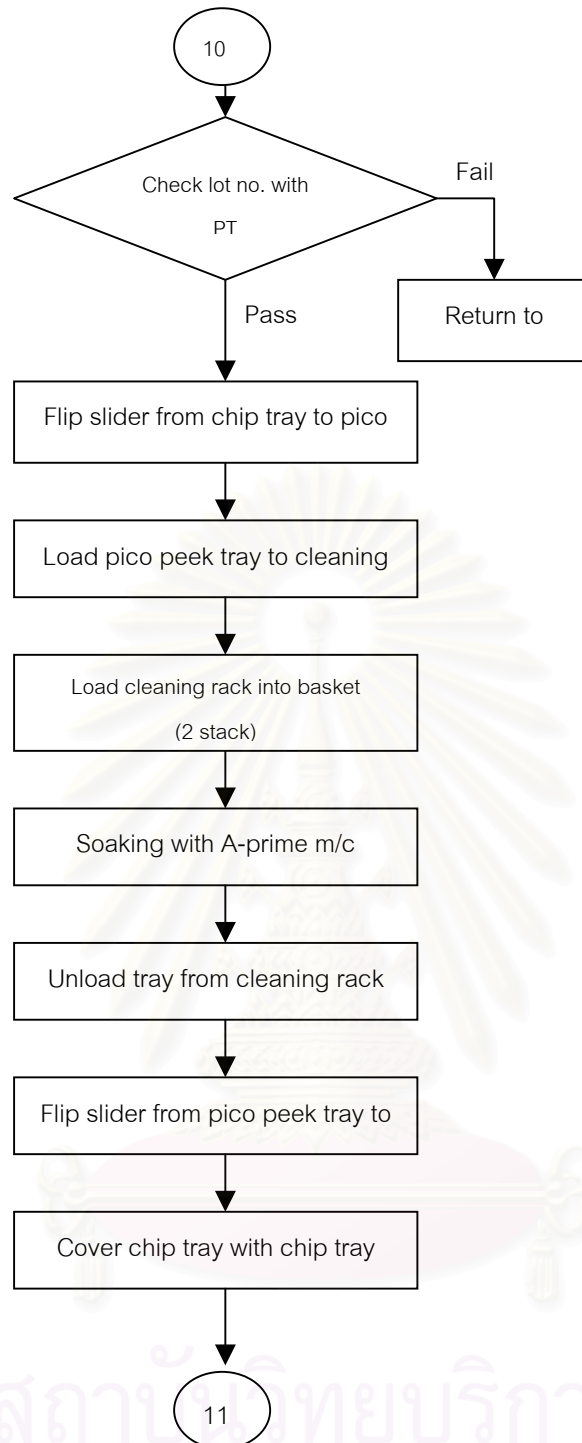
รูปที่ 4.7 แผนภาพกระบวนการ SA Prime Slider Cleaning



รูปที่ 4.8 แผนภาพกระบวนการ MFI และ QST



รูปที่ 4.9แผนภาพกระบวนการ Countour



รูปที่ 4.10 แผนภาพกระบวนการ A-Prime Slider Cleaning

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

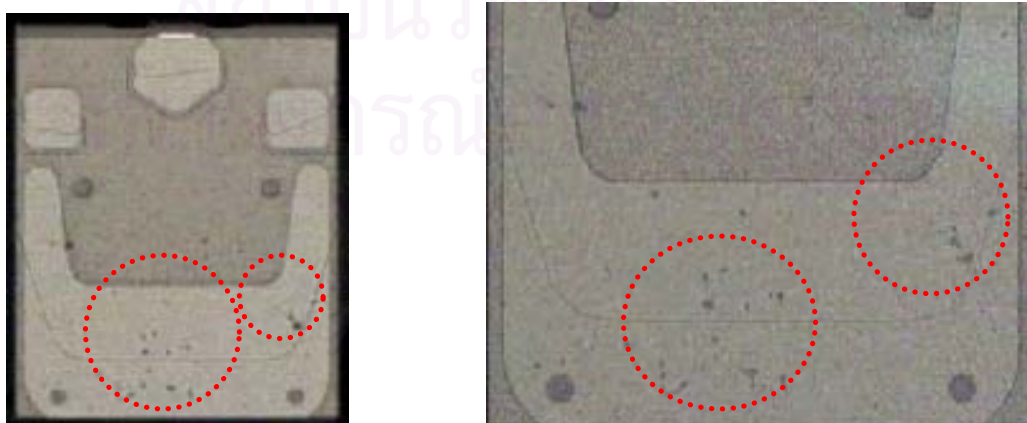
ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาเป็นหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ เป็นชิ้นส่วนขนาดเล็กเท่ากับปลายปากกา ใช้สำหรับอ่านและเขียนข้อมูล จากหน่วยเก็บข้อมูลถาวรหรือสื่อเก็บข้อมูลอื่น เมื่อทำการเขียน หัวบันทึกนี้จะทำหน้าที่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าเล็ก ๆ ช่วงบวกลบ ของกระแสไฟฟ้า จะถูกแปลงเป็นขั้วแม่เหล็กกลับไปเป็นช่วงสัญญาณบวกและลบ และช่วงสัญญาณบวกและลบนี้จะเป็นข้อมูลทางดิจิทัลเก็บลงแผ่นดิสก์ ดังนั้นความสะอาดบนหัวบันทึกข้อมูลเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตฮาร์ดไดรฟ์จำเป็นต้องควบคุม เนื่องจากคราบสกปรกอาจจะก่อให้เกิดการขัดขวางกับผิวหน้าของจานโลหะ ซึ่งทำให้เกิดการสึกหรอ และความผิดพลาดในการอ่านและเขียนข้อมูล

ภายในกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนข้อมูล มีกระบวนการประกอบย่อย ๆ เป็นจำนวนมากที่ทำให้เกิดคราบสกปรก ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานไม่ผ่านการตรวจสอบ ทำให้ต้องมึงงานที่ต้องนำกลับไปทำใหม่ (Rework) หรือ ในบางครั้งไม่สามารถนำกลับไปทำใหม่ (Rework) ของชิ้นงานได้ ทำให้ต้องทิ้ง (Scrap) ชิ้นงานนั้น สิ่งเหล่านี้ถือเป็นการสูญเสียที่สำคัญอย่างมาก จึงควรมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นนี้ให้ลดน้อยลงให้มากที่สุดหรือแทบไม่มีเลย (Zero Defect) ซึ่งแสดงข้อมูลของสภาพการผลิต ณ ปัจจุบัน ที่ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำมาวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน ได้ดังนี้

4.4.1 ประเภทของคราบสกปรกที่เกิดขึ้นบนหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์

4.4.1.1. คราบสกปรกที่เกิดขึ้นบนด้าน ABS

1. คราบสกปรกเนื่องจากฝุ่นละออง : มีลักษณะเป็นจุดสีดำเกิดขึ้นบนด้าน ABS ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 คราบสกปรกเนื่องจากฝุ่นละอองบนด้าน ABS

2. ตรวจสอบปรกเนื่องจากการตกค้างของน้ำยา : มีลักษณะเป็นคราบสีฟ้าหรือเขียว ซึ่งเกิดจากคราบน้ำยาที่ไม่แห้งบนด้าน ABS ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ตรวจสอบปรกเนื่องจากการตกค้างของน้ำยาบนด้าน ABS

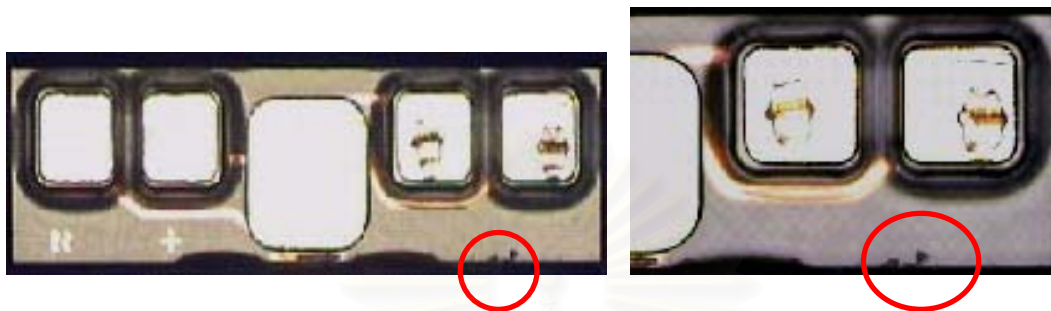
3. ตรวจสอบปรกเนื่องจากการตกค้างของกาว : มีลักษณะเป็นก้อนกาวเหนียวสีดำหรือสีน้ำตาลบนด้าน ABS ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ตรวจสอบปรกเนื่องจากการตกค้างของกาวบนด้าน ABS

4.4.1.2 คราบสกปรกที่เกิดขึ้นบนด้าน DEPO

1. คราบสกปรกเนื่องจากฝุ่นละออง : มีลักษณะเป็นจุดสีดำเกิดขึ้นบนด้าน DEPO ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 คราบสกปรกเนื่องจากฝุ่นละอองบนด้าน DEPO

2. คราบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของน้ำยา : มีลักษณะเป็นคราบสีฟ้าหรือเขียว ซึ่งเกิดจากคราบน้ำยาที่ไม่แห้งบนด้าน DEPO ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 คราบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของน้ำยาบนด้าน DEPO

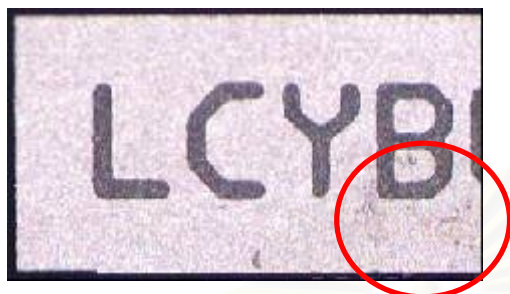
3. คราบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของกาว : มีลักษณะเป็นก้อนกาวเหนียวสีดำหรือสีน้ำตาลบนด้าน DEPO ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 คราบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของกาวบนด้าน DEPO

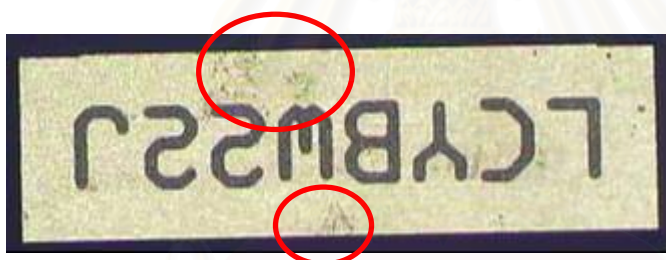
4.4.1.3 ควบสกปรก ที่เกิดขึ้นบนด้าน Serial Number

1. ควบสกปรกเนื่องจากการฝุ่นละออง: มีลักษณะเป็นจุดสีดำเกิดขึ้นบนด้าน Serial Number ดังแสดงในรูปที่ 4.17



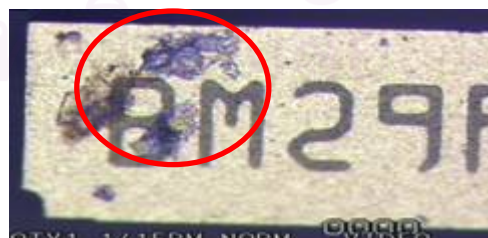
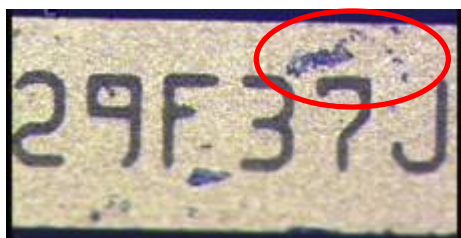
รูปที่ 4.17 ควบสกปรกเนื่องจากการฝุ่นละอองบนด้าน Serial Number

2. ควบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของน้ำยา : มีลักษณะเป็นควบสีฟ้าหรือเขียว ซึ่งเกิดจากควบน้ำยาที่ไม่แห้งบนด้าน Serial Number ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ควบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของน้ำยาบนด้าน Serial Number

3. ควบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของกาว : มีลักษณะเป็นก้อนกาวเหนียวสีดำหรือสีน้ำตาลบนด้าน Serial Number ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ควบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของกาวบนด้าน Serial Number

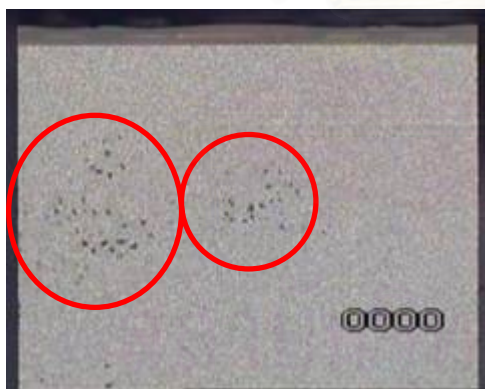
4.4.1.3 คราบสกปรกที่เกิดขึ้นบนด้าน Back Side

1. คราบสกปรกเนื่องจากฝุ่นละออง : มีลักษณะเป็นจุดสีดำเกิดขึ้นบนด้าน Backside ดังแสดงในรูปที่ 4.20



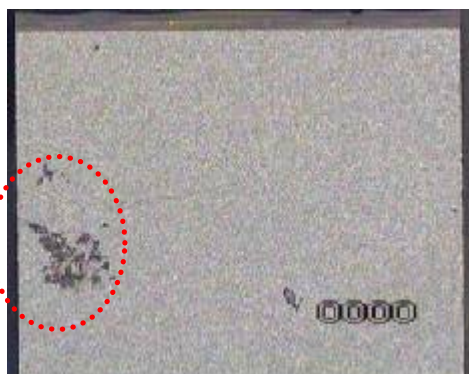
รูปที่ 4.20 คราบสกปรกเนื่องจากฝุ่นละอองบนด้าน Backside

2. คราบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของน้ำยา : มีลักษณะเป็นคราบสีฟ้าหรือเขียว ซึ่งเกิดจากคราบน้ำยาที่ไม่แห้งบนด้าน Backside ดังแสดงในรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 คราบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของน้ำยาบนด้าน Backside

3. ควบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของกาว : มีลักษณะเป็นก้อนกาวเหนียวสีดำหรือสีน้ำตาลบนด้าน Backside ดังแสดงในรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 ควบสกปรกเนื่องจากการตกค้างของกาวบนด้าน Backside

4.4.2 การคำนวณผลรวมสัดส่วนของเสีย (DPPM)

ทำการศึกษาผลรวมสัดส่วนของเสียดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงลักษณะของข้อบกพร่องในรูปแบบต่าง ๆ ในช่วงเดือน ตุลาคม ถึง เดือนธันวาคม 2545 โดยการคำนวณจากปริมาณของเสียต่อชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในแต่ละพื้นที่การผลิตซึ่งประกอบด้วย 3 พื้นที่หลัก คือ Front End, Clean Room และ Back End ของแต่ละเดือน และปริมาณของเสียต่อชิ้นงานของทั้ง 3 เดือน เพื่อหาปริมาณของเสียในหน่วย DPPM ดังสูตรการคำนวณ จากนั้นจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการโดยใช้ผังพาเรโตวิเคราะห์ว่าพื้นที่ใดมีปริมาณของเสียเป็นจำนวนมากที่สุด ดังรูปที่ 4.1

$$\text{จำนวนของเสียต่อหน่วยการผลิต (DPU)} = \frac{\text{จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น}}{\text{จำนวนที่ผลิตทั้งหมด}}$$

$$\text{จำนวนของเสียต่อหน่วยการผลิตล้านหน่วย (DPPM)} = \text{จำนวนของเสียต่อหน่วยการผลิต} \times 10^6$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ในพื้นที่การผลิต Back End ของเดือน ธันวาคม 2545 พบว่า

จำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตเท่ากับ 37,620 ชิ้น

จำนวนของเสียเนื่องจากควบสกปรกบนชิ้นงานเท่ากับ 9224 ชิ้น

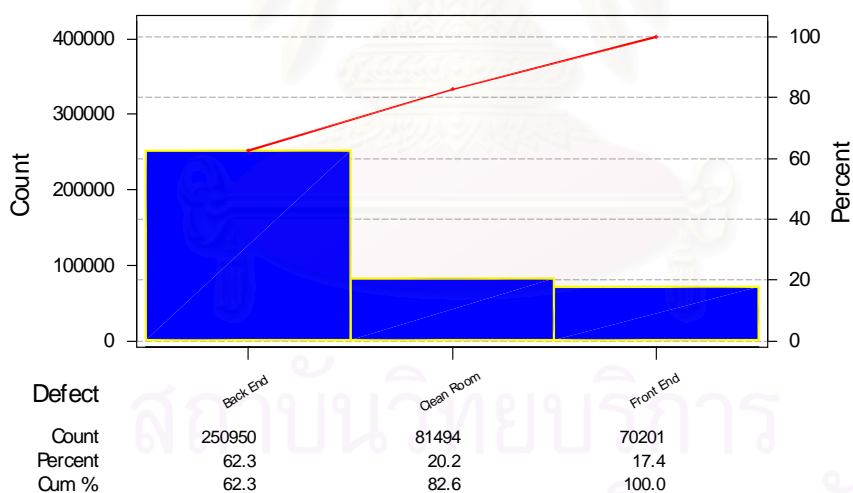
$$\text{ดังนั้น จำนวนของเสียต่อหน่วยการผลิต (DPU)} = \frac{9224}{37620} = 0.2452$$

$$\text{จำนวนของเสียต่อหน่วยการผลิตล้านหน่วย (DPPM)} = 0.2452 \times 10^6 = 245,200$$

ตารางที่ 4.2 การคำนวณค่า DPU และ DPPM

	Process Map	Oct, 2002	Nov, 2002	Dec, 2002	Total
จำนวนที่ผลิต	Front End	20992	20672	21320	62984
	Clean Room	36450	24300	28215	88965
	Back End	48600	32400	37620	118620
Defect	Front End	1334	1520	1568	4422
	Clean Room	2628	1832	2790	7250
	Back End	11844	8699	9224	29768
DPU	Front End	0.06354	0.07353	0.07353	0.07020
	Clean Room	0.07210	0.07538	0.09890	0.08149
	Back End	0.24370	0.26850	0.24520	0.25095
DPPM	Front End	63543.32	73526.59	73530.81	70200.68
	Clean Room	72100.00	75375.00	98900.00	81494.08
	Back End	243700.00	268500.00	245200.00	250949.62

DPPM



รูปที่ 4.23 แผนภาพพาราเรโตของพื้นที่การผลิตต่าง ๆ ตามปริมาณของเสียในหน่วย DPPM

จากการพิจารณาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่การผลิตในช่วงเดือนตุลาคม จนถึงเดือน ธันวาคม 2545 โดยแผนภาพพาราเรโตดังรูปที่ 4.23 พบว่า พื้นที่ที่พบปริมาณของเสียมากที่สุด คือพื้นที่ในส่วนของ Back End ซึ่งมีปริมาณปริมาณของเสีย 250,949 DPPM ซึ่งคิดเป็น 62% ของปริมาณของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน

ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงพื้นที่การผลิตในส่วน Back End เพื่อที่ลดของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนหัวอ่าน-เขียน ให้ลดลงเป็นอันดับแรก อันจะเป็นผลให้ลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และที่สำคัญหากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพถูกส่งออกไปถึงมือลูกค้าทำให้ลูกค้าขาดความเชื่อถือทำให้ไม่สามารถประเมินค่าออกมาในรูปของค่าใช้จ่ายได้เพื่อที่จะทำให้กระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพโดยใช้วิธีการของซิกซ์ซิกม่าและเพื่อลดของเสียรวมทั้งปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4.4.3 การเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะมาศึกษา

จากการวิเคราะห์ ส่วนของต้นทุนซึ่งเปรียบเทียบทั้งความต้องการทางการตลาด สัดส่วนปริมาณการผลิต และ ต้นทุนต่อหน่วย แสดงดังตารางที่ 4.3

ตาราง 4.3 ข้อมูลของผลิตภัณฑ์หัวอ่าน-เขียนในแต่ละรุ่น

รุ่นผลิตภัณฑ์	ความต้องการของตลาด	สัดส่วนปริมาณการผลิต (%)	ต้นทุนการผลิต (\$)
Maverick	Maturity	50.38	1.60
Romulus	Decline	14.24	1.55
Victor	Maturity	9.38	1.46
Puma	Maturity	8.41	1.43
NPL (New product)	Introduce	17.59	-

จากข้อมูลในตาราง 4.2 พบว่าผลิตภัณฑ์รุ่น Maverick อยู่ในช่วงที่ตลาดยังมีความต้องการ รวมทั้งมีสัดส่วนปริมาณการผลิตที่สูงถึง 50% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด และต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ ดังนั้นจึงได้เลือกพิจารณาหาทางแก้ไขปรับปรุงผลิตภัณฑ์รุ่น Maverick เป็นอันดับแรก

4.5 สรุปการนิยามปัญหา

ผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนการนิยามปัญหา คือ ทีมงานระดมความคิดและดำเนินงานเพื่อให้สามารถลดปริมาณของเสียได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้ ทำการพิจารณาข้อมูลในอดีต 3 เดือน เพื่อทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์หัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ โดยการเปรียบเทียบทั้งความต้องการทางการตลาด สัดส่วนปริมาณการผลิต และ ต้นทุนต่อหน่วย และ พิจารณาพื้นที่การผลิตที่พบปัญหามากที่สุด จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทำการเลือกที่จะปรับปรุงพื้นที่การผลิตในส่วน Back End และ ผลิตภัณฑ์ Maverick เป็นอันดับแรก

บทที่ 5

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

5.1 บทนำ

หลังจากขั้นตอนการนิยามปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาลแล้ว ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานี้ จะเป็นขั้นตอนเพื่อศึกษาถึงแหล่งที่มาที่เป็นสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติต่าง ๆ ช่วยในการศึกษาโดยจะเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดของกระบวนการผลิตในทุก ๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อที่จะประกันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัดก่อนทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัญหา

จากนั้นจะทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อที่จะลดขอบเขตของแหล่งที่มาของปัญหาที่ทำการพิจารณาและนำผลลัพธ์จากการทดลองดังกล่าวมาศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยการระดมความคิดเห็นจากกลุ่มสมาชิกที่ได้คัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ และปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตที่พิจารณา และทำการคัดเลือกปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีผลกระทบในลำดับต้น ๆ ต่อกระบวนการผลิตดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

5.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR & R)

ระบบการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพผู้ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัดพนักงานวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากทักษะ ความชำนาญและระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัดสิ่งแวดล้อมในการวัดที่มีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมากเนื่องจากการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพ หรือป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดเพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part – to Part Variation) พนักงาน (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation)

ในกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดสำหรับตรวจสอบประกอบบนหัวอ่านเขียนใช้วิธีการของการตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านกล้องกำลังขยายสูง 100 เท่า ดังนั้น จึงได้มีการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดนี้

5.2.1 การออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Measurement System Analysis of Attribute Data) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA), 2542)

1. เลือกสิ่งตัวอย่างในกระบวนการผลิต 30 ชิ้น ซึ่งสิ่งตัวอย่างเหล่านั้นจะต้องประกอบไปด้วย สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี และ ไม่ดีในสัดส่วนที่เท่ากัน
2. ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างที่ถูกเลือกในกระบวนการผลิตทั้ง 30 ชิ้น โดย วิศวกรฝ่ายพัฒนากระบวนการผลิต วิศวกรฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ และ พนักงานฝ่ายฝึกอบรม
3. เลือกพนักงานที่มีทักษะ และผ่านการฝึกอบรมเป็นอย่างดี จำนวนทั้งสิ้น 3 คน
4. ทำการศึกษาพนักงานทีละคน โดยที่ให้ทำการตรวจวัดชิ้นงานที่ได้เตรียมไว้ และที่สำคัญการวัดสิ่งตัวอย่างจะต้องเป็นแบบสุ่ม และให้พนักงานประเมินผลสิ่งตัวอย่างนั้น ๆ ว่า ผ่าน หรือ ไม่ผ่าน ทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดลงในฟอร์ม ในการตรวจวัดของพนักงานแต่ละคน จะต้องทำซ้ำ 3 ซ้ำ พร้อมทั้งบันทึกผลลัพธ์ลงในแบบฟอร์ม ทำเช่นเดียวกันนี้กับพนักงานทุกคน
5. บันทึกค่าลงในแบบฟอร์มเพื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ซึ่งการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วยดัชนีต่าง ๆ ต่อไปนี้

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

$$\% \text{ ความไม่ไปอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้านรัฟไฟท์หะบิลิตีของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

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

เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด

เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัดด้วยวิธีการของการตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านกล้องกำลังขยายสูง 100 เท่า ซึ่งอ้างอิงจากเกณฑ์ที่ใช้ในบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 5.1 เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์ในการยอมรับ
% รัฟไฟท์หะบิลิตีของพนักงานตรวจสอบ	100%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ	100%
% ประสิทธิภาพด้านรัฟไฟท์หะบิลิตีของการตรวจสอบ	100%
% ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ	100%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์ของการตรวจวัด

ตารางที่ 5.2 ผลลัพธ์ของการตรวจวัด

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพงานที่แท้จริง	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1			พนักงานตรวจสอบคนที่ 2			พนักงานตรวจสอบคนที่ 3			พนักงานตรวจได้เหมือน กันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือน กันอย่างถูกต้องทุกคน
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
7	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
8	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
11	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
16	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
17	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
21	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
24	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
25	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
26	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
27	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
%รฟทหะบิลิตีของพนักงาน		100%			100%			100%				
%ความไม่ไ้อสของพนักงาน		100%			100%			100%				

%ประสิทธิภาพด้านรฟทหะบิลิตีของการตรวจสอบ	100%
%ประสิทธิภาพด้านไ้อสของการตรวจสอบ	100%

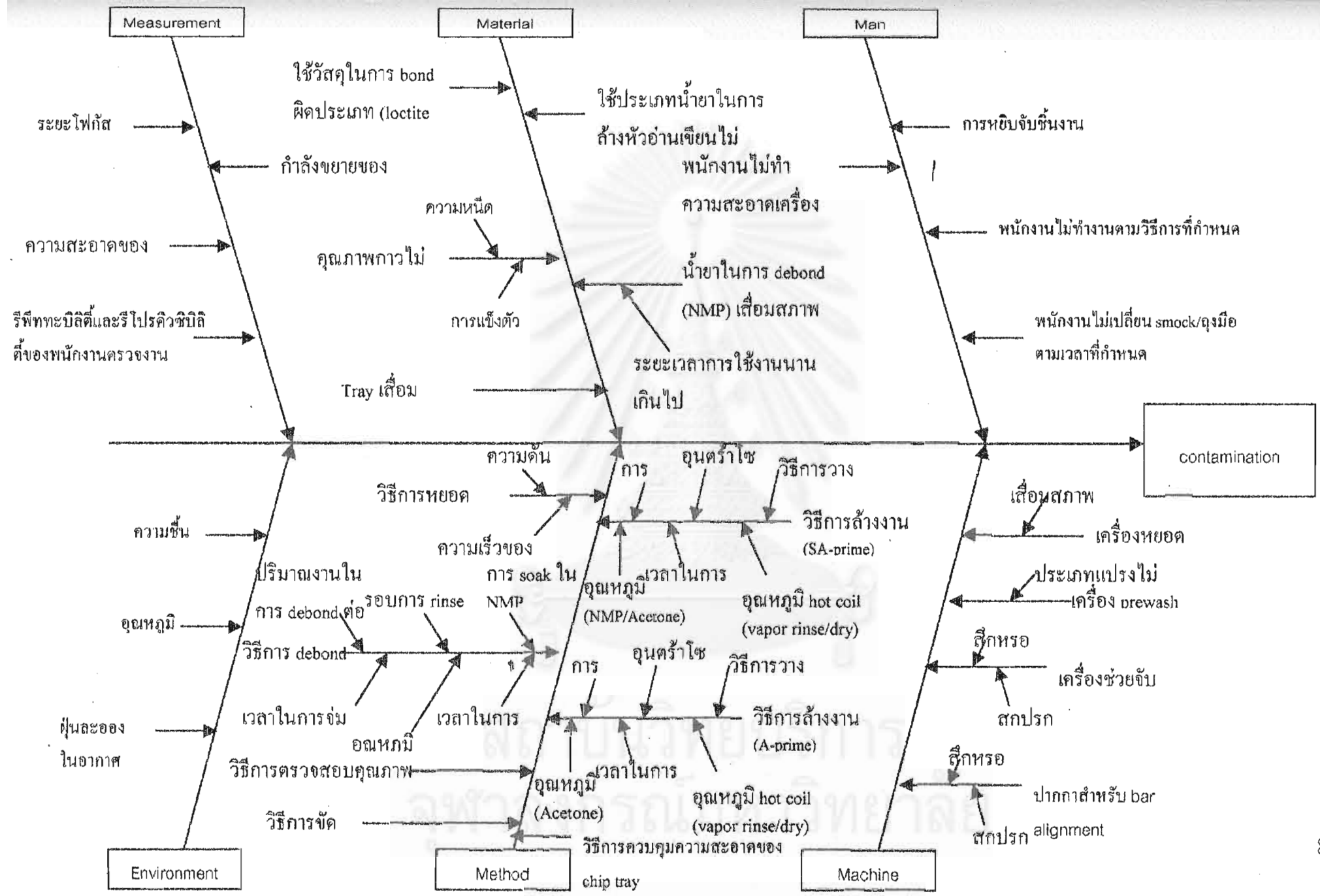
พนักงานทุกคนมีความสามารถในการตรวจสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์รฟทหะบิลิตีของพนักงาน

ตรวจสอบ (%Appraiser Score) เปอร์เซนต์ความไม่พอใจของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute Score) เปอร์เซนต์ประสิทธิผลด้านวิธีที่หะบิลดีของการตรวจสอบ (%Attribute Screen Effect Score) และประสิทธิผลด้านไม่พอใจของการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 100% ดังนั้นสรุปว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้

5.3 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการระดมความคิดจากสมาชิกในทีม เพื่อค้นหาสาเหตุที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุด ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. ทำการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ ในพื้นที่ส่วนของ Back End อย่างละเอียด
2. ระดมความคิดเพื่อระบุปัจจัยที่เป็นไปได้ที่มีผลกระทบต่ออาการเกิดคราบสกปรกบนหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องมือที่จะนำมาประยุกต์ใช้ช่วยในการพิจารณาคือแผนภาพอิชิกาวา ในการระดมความคิดนี้จะกระทำโดยสมาชิกในทีมทำการระดมความคิดโดยอิสระ เพราะในขั้นตอนนี้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้คือจำนวนปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยผลของการระดมความคิดแยกตามแหล่งที่มาของสาเหตุทั้ง 6 ประเภท ดังแสดงแผนภาพอิชิกาวาของการเกิดคราบสกปรกบนหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 5.1
3. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาใส่ลงในตาราง Cause and Effect Matrix ในที่นี้กำหนดให้อัตราความสำคัญเท่ากับ 10 เนื่องจากเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการเพียงข้อเดียว
4. ให้กลุ่มสมาชิกทำการลงคะแนนความสำคัญให้กับทุกปัจจัยที่ได้ ซึ่งจะให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 10 คะแนน โดยแต่ละคนจะให้คะแนนของตัวเองจนครบทุกปัจจัย
5. ผู้วิจัยรวบรวมคะแนน พร้อมทั้งทำการคูณค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยในแต่ละสมาชิกด้วยอัตราความสำคัญที่มีต่อลูกค้าเท่ากับ 10 จากนั้นทำการรวมคะแนนที่ได้ทั้งหมดในแต่ละปัจจัย และทำการสรุปผลคะแนนในตาราง Cause and Effect Matrix ดังแสดงในตารางที่ 5.3 และจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยโดยเรียงลำดับคะแนนจากมากไปน้อยด้วยแผนภูมิพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.1 ผังก้างปลา

ตารางที่ 5.3 Cause and Effect Matrix

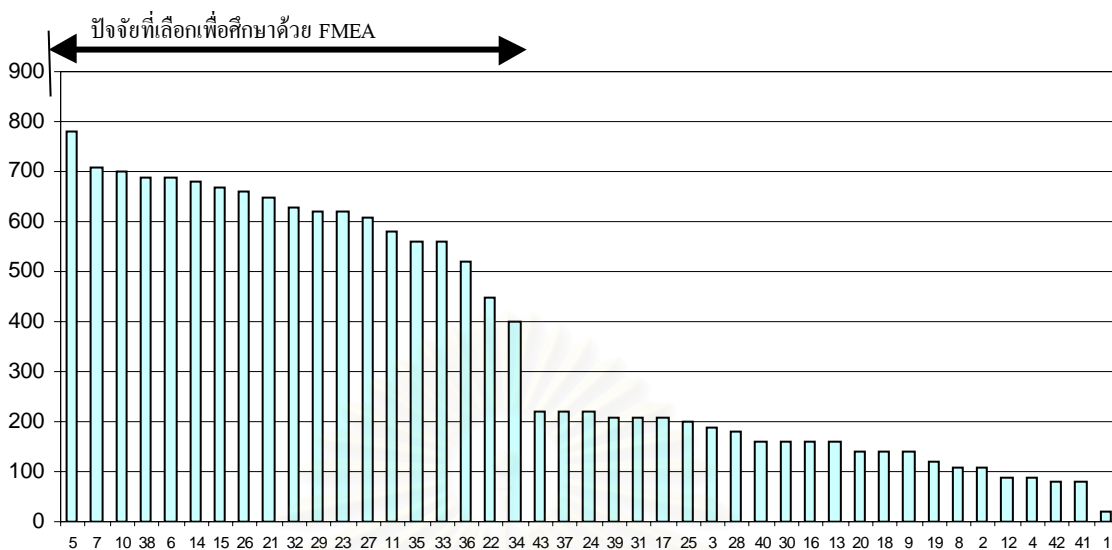
RATING OF IMPORTANCE TO CUSTOMER			10	
Item	Six Area Causes	Process Input Variable	Total	
1	Measurement	ระยะโฟกัส	20	
2		ความสะอาดของเลนส์	110	
3		วิธีทาบิลด์และรีโปรดิิวซิเบิลิตีของพนักงานตรวจงาน	190	
4		กำลังขยายของเลนส์	90	
5	Material	ใช้วัสดุในการ Bond ผิดประเภท (Loctite 480)	780	
6		คุณภาพกาวไม่คงที่	ความหนืด	690
7			ความแข็งตัว	710
8		Tray เสื่อมสภาพ	110	
9		ใช้น้ำยาในการล้างหัวอ่านเขียนไม่เหมาะสม	140	
10		น้ำยาในการ Debond (NMP) เสื่อมสภาพ	700	
11	Man	Handling	580	
12		พนักงานไม่ทำงานตามวิธีการที่กำหนด	90	
13		พนักงานไม่เปลี่ยน Smock/ถุงมือ ตามเวลาที่กำหนด	160	
14	Method	วิธีการหยอดกาว	ความเร็วของแกน	680
15			ความดัน	670
16	Method	วิธีการ Debond	ปริมาณในการ debond ต่อครั้ง	160
17			รอบการ Rinse DI	210
18			การ Soak NMP	140
19			เวลาในการจุ่ม IPA	120
20			อุณหภูมิ IPA	140
21			เวลาในการ Dry	650
22			วิธีการล้างงาน (SA-prime)	การ Soak NMP/Acetone
23		อุณหภูมิ		620
24		วิธีการวาง Tray		220
25		อุณหภูมิ NMP/Acetone		200
26			เวลาในการ Dry	660
27		อุณหภูมิการ Dry	610	

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) Cause and Effect Matrix

RATING OF IMPORTANCE TO CUSTOMER				10
Item	Six Area Causes	Process Input Variable		Total
28	Method	วิธีการล้างงาน (A-prime)	การ Soak Acetone	180
29			อุณหภูมิแช่	620
30			วิธีการวาง Tray	160
31			อุณหภูมิ NMP/Acetone	210
32			เวลาในการ Dry	630
33			อุณหภูมิการ Dry	560
34			วิธีการตรวจสอบคุณภาพดาว	400
35		วิธีการขัดงาน	560	
36		วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip tray (หลัง A-prime)	520	
37	Machine	เครื่องหยอดดาว : เสื่อมสภาพ	220	
38		เครื่อง Prewash : ชนิดแปรงไม่เหมาะสม	690	
39		เครื่องช่วยจับ (Tweezer) : สึกหรอ, สกปรก	210	
40		ปากกาสำหรับ Bar Alignment : สึกหรอ, สกปรก	160	
41	Environment	ความชื้น	80	
42		อุณหภูมิ	80	
43		ฝุ่นละอองในอากาศ	220	
Total				15400

แสดงตารางการคำนวณ Cause and Effect Matrix ดังภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 แสดงแผนภูมิพาเรโตเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ด้วย Cause and Effect Matrix

จากผลการให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยที่มีต่อการเกิดคราบสกปรกบนหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอรื โดยสมาชิกในกลุ่ม พบว่าคะแนนรวมทั้งหมดของปัจจัยมีค่าเท่ากับ 15,400 คะแนน และทำการเลือกปัจจัยตามลำดับคะแนนที่ได้จัดเรียงไว้ในแผนภูมิพาเรโต เพื่อนำไปศึกษาต่อด้วย FMEA ต่อไป โดยปัจจัยที่ได้เลือกไว้รวมทั้งสิ้น 19 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 5.3 ผลรวมคะแนนความสำคัญของปัจจัยทั้งหมดที่ได้เลือกไว้ มีค่าเท่ากับ 11,780 คะแนน ซึ่งเป็นสัดส่วนประมาณ 76%

ตาราง 5.4 ตารางแสดงลำดับของ KPIV ทั้ง 19 อันดับ

Item	Six Area Causes	KPIV	Total
1	Material	ใช้วัสดุในการ Bond ผิดประเภท (Loctite 480)	780
2	Material	ความหนืดของกาวไม่คงที่	710
3	Material	ความแข็งตัวของกาวไม่คงที่	700
4	Material	น้ำยาในการ Debond (NMP) เสื่อมสภาพ	690
5	Man	Handling	690
6	Method	ความเร็วของแกนในการหยอดกาว	680
7	Method	ความดันของกระบอกกาว	670
8	Method	เวลาในการ Dry ของกระบวนการ Debond	660
9	Method	การ soak NMP/Acetone ในเครื่อง SA prime	650
10	Method	ความแรงของอุณหภูมิต่ำไซนิกในเครื่อง SA prime	630
11	Method	เวลาการ Dry ในเครื่อง SA prime	620
12	Method	อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง SA prime	620
13	Method	ความแรงของอุณหภูมิต่ำไซนิกในเครื่อง A-prime	610
14	Method	เวลาการ dry ในเครื่อง A-prime	580
15	Method	อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง A-prime	560
16	Method	วิธีการตรวจสอบคุณภาพกาว	560
17	Method	วิธีการขัดงาน	520
18	Method	วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray (หลัง A-prime)	450
19	Machine	ชนิดแปรงในเครื่อง Prewash ไม่เหมาะสม	400
Total			11,780

5.4 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากที่ได้พิจารณาเลือกปัจจัยที่สำคัญจากการพิจารณาด้วยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) แล้วในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ พร้อมกับพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วยดังตารางที่ 5.4 โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะคำนึงถึงการให้คะแนนของ Risk Priority Number (RPN) ให้กับแต่ละปัญหา

การคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ $O \times S \times D$ เมื่อ

O = Occurrence คือ ระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น

D = Detection คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานั้นมีน้อยมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นมีน้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานั้นได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์

ในขณะที่ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1,000 ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานั้นมีมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นมีมากรวมถึงความสามารถในการตรวจจับปัญหามีต่ำ

ในการให้คะแนนของทั้ง 3 พารามิเตอร์นั้นจะทำการวิเคราะห์และให้คะแนนโดยการระดมความคิดของทีมงานซึ่งจะมีผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหลาย ๆ ฝ่ายเพื่อที่จะทำการกลั่นกรองให้เหลือเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาจากนั้นทำการใช้ผังพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญดังแสดงในตารางที่ 5.4 ตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.3 ก่อนที่จะนำไปทำการทดสอบสมมุติฐานในขั้นตอนของการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาต่อไป

ตารางที่ 5.4 ตารางการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่อง

FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

Process or Product Name : Slider Fabrication Process

Project Name : Contamination Reduction at Back End Area

FMEA Tea : PE, PM, Prod., QA

Prepared By : Siriwadee A.

Item	KPIV	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Cause	O C C	Control	D E T	RPN
1	ใช้วัสดุในการbond ผิดประเภท (loctite 480)	การตกค้างของคราบขาว	คราบขาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	9	ขาวสามารถทำความสะอาดได้ยาก	9	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	4	324
2	ความหนืดของขาวไม่คงที่	การตกค้างของคราบขาว	คราบขาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	4	ปริมาณขาวที่หยอดไม่สม่ำเสมอ	4	ตรวจสอบโดย IQA	5	77
3	ความแข็งตัวของขาวไม่คงที่	การตกค้างของคราบขาว	คราบขาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	3	การติดแน่นของขาว	4	ตรวจสอบโดย IQA	5	63

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ตารางการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่อง

Item	KPIV	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Cause	O C C	Control	D E T	RPN
4	น้ำยาในการ debond (NMP) เสื่อมสภาพ	การตกค้างของคราบขาว	คราบขาวบนด้าน Backside	7	น้ำยา NMP ไม่มีประสิทธิภาพในการละลายขาว	7	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	4	196
5	Handling	เกิดคราบสกปรก	คราบสกปรกบนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	3	การหยิบจับชิ้นงานด้วยวิธีการที่ไม่ถูกต้อง	4	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	3	36
6	ความเร็วของแกนในการหยอดขาว	การตกค้างของคราบขาว	คราบขาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	4	ปริมาณขาวที่หยอดไม่สม่ำเสมอ	3	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	2	24
7	ความดันของกระบอกขาว	การตกค้างของคราบขาว	คราบขาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	4	ปริมาณขาวที่หยอดไม่สม่ำเสมอ	3	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	2	24
8	เวลาในการ dry ของกระบวนการ debond	การตกค้างของคราบน้ำยา	คราบน้ำยา NMP บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	4	น้ำยา NMP บนชิ้นงานไม่แห้ง	3	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	3	36
9	การ soak NMP/Acetone ในเครื่อง SA prime	การตกค้างของคราบขาว	คราบขาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	3	ประสิทธิภาพในการล้างขาวไม่เพียงพอ	2	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	2	12

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ตารางการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่อง

Item	KPIV	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Cause	O C C	Control	D E T	RPN
10	ความแรงของอุณหภูมิต่ำในเครื่อง SA prime	การตกค้างของคราบขาว	คราบขาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	6	ประสิทธิภาพในการล้างขาวไม่เพียงพอ	6	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	3	108
11	เวลาการ dry ในเครื่อง SA prime	การตกค้างของคราบน้ำยา	คราบน้ำยา NMP+Acetone บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	8	น้ำยา Acetone+NMP บนชิ้นงานไม่แห้ง	8	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	3	192
12	อุณหภูมิการ dry ในเครื่อง SA prime	การตกค้างของคราบน้ำยา	คราบน้ำยา NMP+Acetone บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	6	น้ำยา Acetone+NMP บนชิ้นงานไม่แห้ง	7	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	3	126
13	ความแรงของอุณหภูมิต่ำในเครื่อง A-prime	การตกค้างของฝุ่นละออง	ฝุ่นละออง บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	2	ประสิทธิภาพในการล้างฝุ่นละอองไม่เพียงพอ	3	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	2	12
14	เวลาการ dry ในเครื่อง A-prime	การตกค้างของคราบน้ำยา	คราบน้ำยา Acetone บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	7	น้ำยา Acetone บนชิ้นงานไม่แห้ง	8	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	3	168
15	อุณหภูมิการ dry ในเครื่อง A-prime	การตกค้างของคราบน้ำยา	คราบน้ำยา Acetone บนด้าน ABS, Depo, SN, BS	7	น้ำยา Acetone บนชิ้นงานไม่แห้ง	7	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	3	147

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ตารางการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่อง

Item	KPIV	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Cause	O C C	Control	D E T	RPN
16	วิธีการตรวจสอบคุณภาพภาว	การตกค้างของคราบภาว	คราบภาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	5	คุณภาพภาวที่ใช้ไม่สม่ำเสมอ	3	ตรวจสอบโดย IQA	3	45
17	วิธีการขัดงาน	การตกค้างของคราบสกปรก	คราบสกปรก บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	4	ประสิทธิภาพการขัดชิ้นงานต่ำ	3	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	3	36
18	วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip tray (หลัง A-prime)	สิ่งสกปรกติดบนชิ้นงาน	คราบสกปรก บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	6	Chip tray (หลัง A-prime) สกปรก	7	None	1 0	420
19	ชนิดแปรงในเครื่อง prewash ไม่เหมาะสม	การตกค้างของคราบภาว	คราบภาว บนด้าน ABS, Depo, Serial no. และ Backside	6	ประสิทธิภาพการขัดชิ้นงานต่ำ	7	เอกสารการปฏิบัติงาน (PI)	4	168

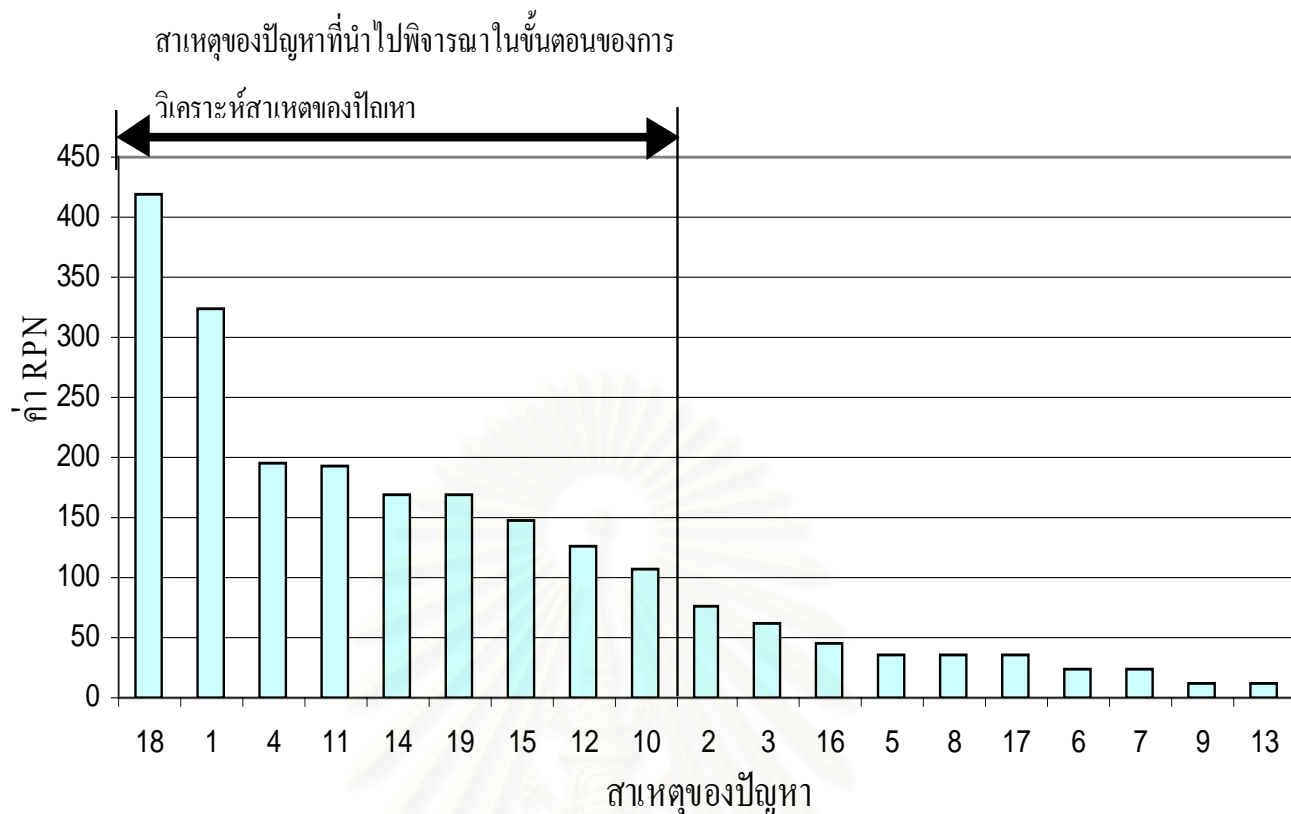
ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงสาเหตุของปัญหาและค่า RPN

Item	KPIV	RPN
18	วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray (หลัง A-prime)	420
1	ใช้วัสดุในการ Bond ผิดประเภท (Loctite 480)	324
4	น้ำยาในการ Debond (NMP) เสื่อมสภาพ	196
11	เวลาการ Dry ในเครื่อง SA prime	192
14	เวลาการ Dry ในเครื่อง A-prime	168
19	ชนิดแปรงในเครื่อง Prewash ไม่เหมาะสม	168
15	อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง A-prime	147
12	อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง SA prime	126
10	ความแรงของอุตราโซนิกในเครื่อง SA prime	108
2	ความหนืดของกาวไม่คงที่	77
3	ความแข็งตัวของกาวไม่คงที่	63
16	วิธีการตรวจสอบคุณภาพกาว	45
5	Handling	36
8	เวลาในการ Dry ของกระบวนการ Debond	36
17	วิธีการขัดงาน	36
6	ความเร็วของแกนในการหยอดกาว	24
7	ความดันของกระบอกกาว	24
9	การ soak NMP/Acetone ในเครื่อง SA Prime	12
13	ความแรงของอุตราโซนิกในเครื่อง A Prime	12



ไม่มีหน้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 ผังพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของค่า RPN

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ได้นำผลคะแนน RPN ที่ได้ มาจัดเรียงจากมากไปน้อยและพล็อตแผนภูมิพาเรโต เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย ดังรูปที่ 5.3 และจากการพิจารณาแผนภูมิพาเรโตพบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะถูกเลือกเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อมีดังนี้

- วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray (หลัง A-Prime)
- ใช้วัสดุในการ Bond ผิดประเภท (Loctite 480)
- น้ำยาในการ Debond (NMP) เสื่อมสภาพ
- เวลาการ Dry ในเครื่อง SA Prime
- เวลาการ Dry ในเครื่อง A-Prime
- ชนิดแปรงในเครื่อง Prewash ไม่เหมาะสม
- อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง A Prime
- อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง SA Prime
- ความแรงของอุตราโซนิกในเครื่อง SA Prime

ปัจจัยที่ได้เลือกไว้มีจำนวนทั้งหมด 9 ปัจจัย และมีคะแนน RPN รวมกันทั้งสิ้น 1,849 คะแนน ซึ่งเป็นสัดส่วนเท่ากับ 84% ของคะแนน RPN ทั้งหมด โดยในขั้นตอนต่อไปจะทำการทดสอบสมมุติฐานของ

ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อยืนยันความมีนัยสำคัญของผลกระทบต่อการเกิดคราบสกปรกบนหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ต่อไป

5.5 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุปัญหา

ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้คือ ผลของการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยนำผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้ไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.5.1 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

พบว่าระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีททิวิตีของพนักงานตรวจสอบ (%Appraiser Score) เปอร์เซนต์ความไม่ไปข้อของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute Score) เปอร์เซนต์ประสิทธิผลด้านรีพีททิวิตีของการตรวจสอบ (%Attribute Screen Effect Score) และประสิทธิผลด้านไปข้อของการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 100% ดังนั้นสรุปว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้

5.5.2 ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

จากปัจจัยนำเข้าที่นำมาพิจารณาทั้งสิ้น 43 ปัจจัย มาทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลของกระบวนการ (KPOV) และปัจจัยนำเข้า (KPIV) ด้วยตารางสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) แล้วจัดเรียงลำดับคะแนนตามความสำคัญด้วยผังพาเรโตจึงเหลือปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองเพียง 19 ปัจจัย จากนั้นนำไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ต่อไป

5.5.3 ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

จากการนำจัดลำดับความสำคัญด้วยผังพาเรโต ในขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่ทดสอบที่สำคัญที่มีแนวโน้มกับผลกระทบต่อการเกิดคราบสกปรกบนหัวอ่านเขียนนี้มีอยู่ทั้งสิ้น 9 ปัจจัย ได้แก่ วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray (หลัง A Prime), การใช้วัสดุในการ Bond ผิดประเภท (Loctite 480), น้ำยาในการ Debond (NMP) เสื่อมสภาพ, เวลาการ Dry ในเครื่อง SA Prime, เวลาการ Dry ในเครื่อง A Prime, ชนิดแปรงในเครื่อง Prewash ไม่เหมาะสม, อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง A Prime, อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง SA Prime, ความแรงของอุตราโซนิกในเครื่อง SA Prime ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้ จะนำไปวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป

บทที่ 6

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

6.1 บทนำ

การวิเคราะห์ปัญหาโดยการตัดสินใจซึ่งปราศจากข้อมูลทางสถิติอ้างอิงจะทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ดังนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์นี้จึงมีความสำคัญอย่างมากที่ต้องอาศัยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ การตั้งสมมุติฐาน และการทดสอบสมมุติฐาน การวิเคราะห์เพื่อค้นหาค่าสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยนำผังแสดงเหตุและผล การวิเคราะห์ของ FMEA โดยเลือกสาเหตุจากการเรียงลำดับจากเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงกว่า หรือมีความร้ายแรงมากกว่า เพื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาก่อนตามลำดับไป แต่ทั้งนี้เหตุที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดอาจจะไม่จำเป็นต้องเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาก็ได้ โดยทั่วไปการวิเคราะห์โดยอาศัยสารสนเทศที่ได้จากการทดลองจะลดโอกาสผิดพลาดได้ การตัดสินใจที่อาศัยหลักการของสถิติวิศวกรรมหรือหลักการอนุมานทางสถิติ โดยดำเนินการทดลองเพื่อหาข้อมูลสนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อเป็นการยืนยันว่าสาเหตุที่สงสัยนั้นคือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือความบกพร่องด้านคุณภาพ นอกจากนี้เมื่อมีการยืนยันว่าสาเหตุเหล่านั้นมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ก็ยังสามารถสรุปได้ต่อไปว่าสาเหตุดังกล่าวมีผลกระทบมากน้อยเพียงใด

การแก้ไขด้วยการลองผิดลองถูกโดยไม่ได้ทำการทดลองหรือทดสอบด้วยวิธีการเก็บข้อมูลและพิสูจน์ข้อมูลอย่างถูกต้องเป็นวิธีการที่ไม่ได้ทำการแก้ปัญหอย่างแท้จริง ปัญหาเหล่านี้อาจดีขึ้นชั่วคราวแต่ก็กลับเกิดขึ้นอีกภายหลัง นั่นก็หมายความว่าปัญหาไม่ได้มีการแก้ไขอย่างจริงจัง

ในการกำจัดสาเหตุของปัญหานั้น ได้ทำการยึดหลักกำจัดสาเหตุหลัก ๆ ให้หมดก่อนแล้วทำการผลิตตามผลของปัญหาต่อไป ซึ่งเป็นไปได้ที่ข้อบกพร่องอาจจะหมดไปหรือดีขึ้นจนถึงระดับที่น่าพอใจ ดังนั้นในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาจึงต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและปัจจัยของปัญหาให้ได้มากที่สุดเพื่อสามารถยืนยันได้อย่างแน่ชัดว่าสาเหตุเหล่านั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาคุณภาพหรือไม่

6.2 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทำทดสอบมาตรฐาน

จากขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาได้สรุปปัจจัยนำเข้าที่ทดสอบทั้งหมด 9 ปัจจัยได้แก่

- ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond
- ชนิดของแปรงที่ใช้ในการขัดงาน
- อายุการใช้งานของน้ำยา NMP ที่ใช้ในการ debond
- ระดับความแรงของอุณหภูมิจากเครื่องล้างงาน SA-Prime
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime
- อุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime
- อุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime
- การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime

ในการทดลองเพื่อทดสอบมาตรฐานของทั้ง 9 ปัจจัยนั้น จะทำการทดสอบมาตรฐานระดับของแต่ละปัจจัยใน 2 ระดับที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดลองและสามารถทำการทดลองได้ง่าย ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการทดสอบมาตรฐานดังนี้

6.3 การทดสอบสมมุติฐาน

6.3.1 ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment

ปัญหา

ในปัจจุบันวัสดุที่ใช้ในการยึดติด Bar กับฟีกเจอร์ในกระบวนการผลิตคือ กาว Loctite 480 ซึ่งกาวเป็นวัสดุที่ใช้ในการยึดติด Bar ได้ดี แต่ข้อเสียของกาวคือ ยากแก่การควบคุมความหนืด และ การแข็งตัวส่งผลให้การควบคุมปริมาณกาวที่ใช้ทำได้ยาก ในกรณีที่มีการหยอดกาวด้วยปริมาณที่มากเกินไปทำให้เกิดการตกค้างของกาวบนชิ้นงาน การทำความสะอาดชิ้นงานไม่สามารถทำความสะอาดได้ทั้งหมด เกิดเป็นคราบกาวติดแน่นบนชิ้นงาน

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบสมมุติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่มีการยึดติด Bar กับฟลักเจอร์ด้วย กาว Loctite 480 ดังแสดงในรูปที่ 6.1 และ Wax ดังแสดงในรูปที่ 6.2 ว่าเท่ากันหรือไม่



รูปที่ 6.1 แสดงวัสดุ กาว Loctite 480 ที่ใช้ในการ Bond

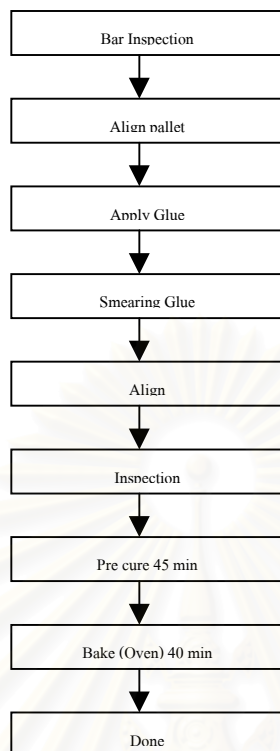


รูปที่ 6.2 แสดงวัสดุ Wax ที่ใช้ในการ Bond

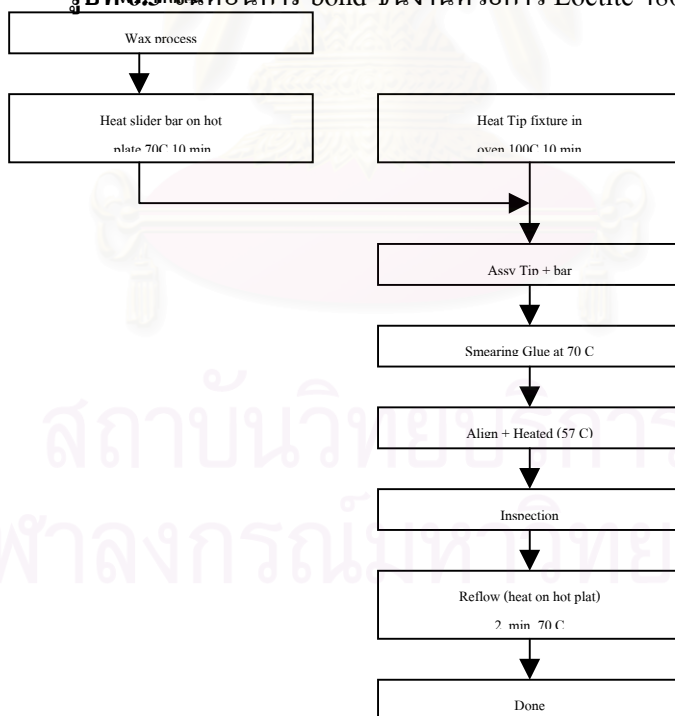
ขั้นตอนในการทดลองการ Bond ด้วยวัสดุ กาว Loctite480 และ Wax

1. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง 2 กลุ่ม โดยเตรียมชิ้นงานที่ผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน
2. ชิ้นงานกลุ่มที่ 1 นำไป bond โดยใช้กาว Loctite 480 ดังแสดงในรูปที่ 6.3 และ ชิ้นงานกลุ่มที่ 2 นำไป bond โดยใช้ Wax ดังแสดงในรูปที่ 6.4
3. เครื่องจักรที่ใช้ในการ bond ชิ้นงาน ควรใช้เครื่องจักรเดียวกัน โดยพนักงานคนเดียวกัน และทำในกะเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

Loctite 480



รูปที่ 6.3 ขั้นตอนการ bond ชิ้นงานด้วยกาว Loctite 480



รูปที่ 6.4 ขั้นตอนการ bond ชิ้นงานด้วย Wax

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_{Loc} = P_{Wax}$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในแต่ละชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond

$H_1 : P_{Loc} \neq P_{Wax}$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในแต่ละชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการ Bond ชิ้นงานด้วย Loctite 480 และ Wax มีค่าเท่ากับ 0.23 และ 0.15 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.15

Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.230000	377	0.8000	0.8007
0.230000	504	0.9000	0.9004

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 504 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวน สิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 377 ชิ้นงาน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.1 สัดส่วนของเสียเนื่องจากการ Bond ชิ้นงานด้วยกาว Loctite 480 และ Wax

ประเภทวัสดุ	จำนวนตรวจจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
กาว Loctite480	2,695	549	203,700
Wax	2,774	332	119,682

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p

1 2146 2695 0.796289

2 2442 2774 0.880317

Estimate for p(1) - p(2): -0.0840278

95% CI for p(1) - p(2): (-0.103447, -0.0646082)

Test for p(1) - p(2) = 0 (vs not = 0): Z = -8.48 P-Value = 0.000

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

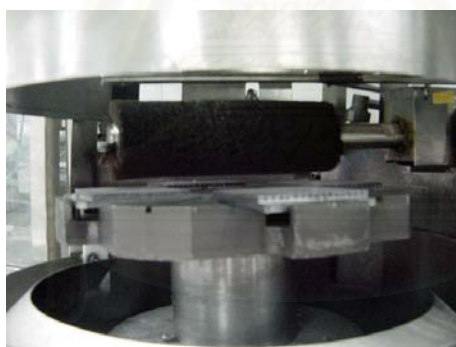
จากการคำนวณโดย MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.000 จึงสรุปได้ว่า มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในแต่ละชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ Bond มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 เพราะฉะนั้นปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 สรุปว่า มีความแตกต่างระหว่างแต่ละชนิดของ วัสดุที่ใช้ในการ bond

6.3.2 ชนิดของแปรงที่ใช้ในการขัดงานสำหรับกระบวนการขัดชิ้นงาน Prewash

ปัญหา

Rod Brush เป็นแปรงที่ใช้ในการขัดชิ้นงาน ซึ่งลักษณะการทำงานของ Rod Brush คือแปรงในแนว ซ้ายไปขวา ขวาไปซ้าย บนลงล่าง หรือล่างขึ้นบนจากการขัดในลักษณะนี้ทำให้เกิดเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ตามร่องของหน้า Mask บนชิ้นงาน (รูปแบบของ Mask บนชิ้นงานจะมีรูปร่างที่แตกต่างกัน และมีระดับความสูงต่ำที่แตกต่างกัน) ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาหาลักษณะของแปรงที่เหมาะสมและสามารถทำความสะอาดชิ้นงานได้สะอาดขึ้น ประเภทแปรงที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาคือ Rounding Brush ซึ่งเป็นลักษณะแปรงที่สามารถทำความสะอาดหน้า Mask บนชิ้นงานได้ดีขึ้น เนื่องจากทิศทางขนแปรงหมุนไปทุกทิศทางทำให้สามารถขัดสิ่งสกปรกบนชิ้นงานได้ดี

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบสมมุติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการ Prewash โดยใช้แปรงแบบเดิมคือ Rod Brush ดังแสดงในรูปที่ 6.5 และแบบแปรงที่ออกแบบขึ้นมาใหม่คือ Rounding Brush ดังแสดงในรูปที่ 6.6



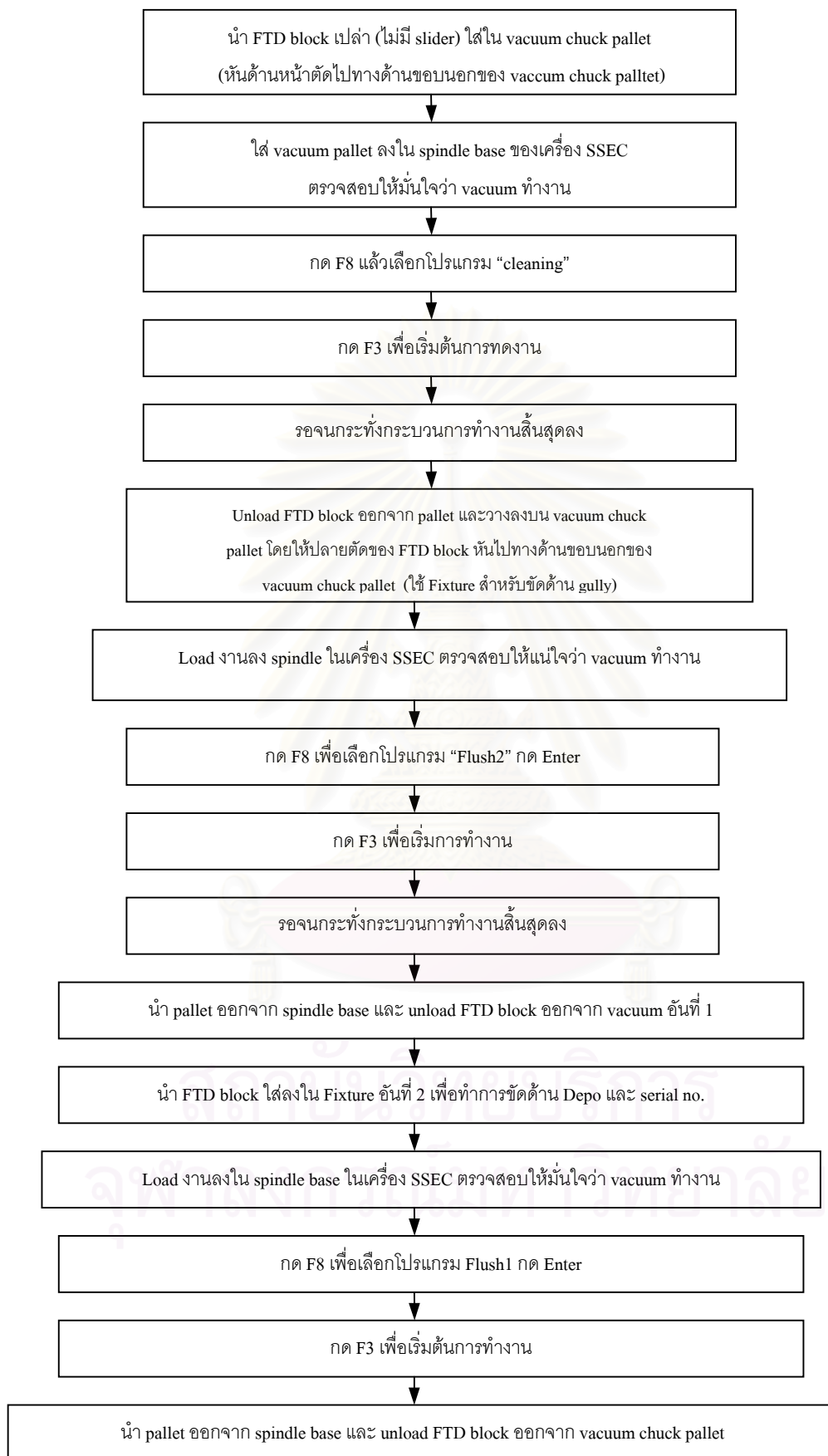
รูปที่ 6.5 แปรง Rod Brush



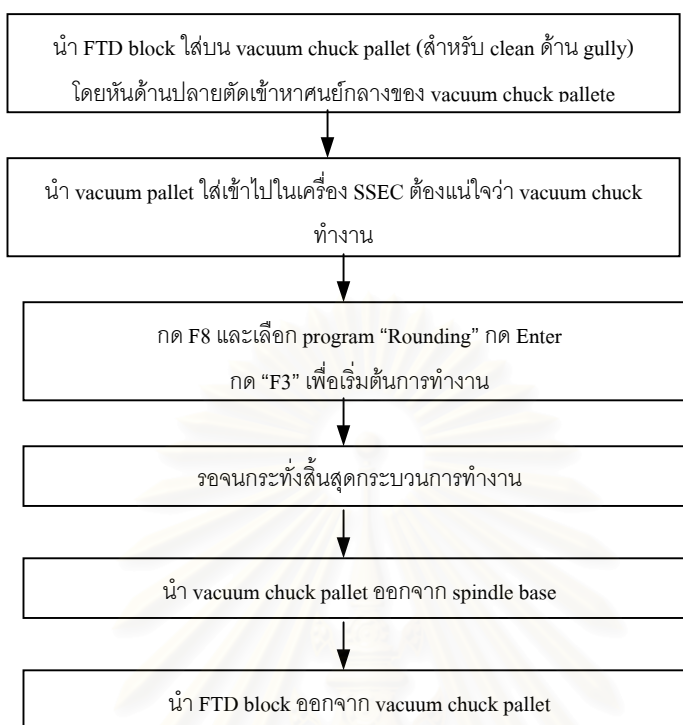
รูปที่ 6.5 แปรง Rounding Brush

ขั้นตอนในการทดลองการขัดชิ้นงานด้วยแปรง Rod Brush และ Rounding Brush

1. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง 2 กลุ่ม โดยเตรียมชิ้นงานที่ผลิตในเวลาเดียวกัน
2. ชิ้นงานกลุ่มที่ 1 นำไปขัดทำความสะอาดด้วย Rod brush ดังแสดงในรูปที่ 6.6 และ ชิ้นงานกลุ่มที่ 2 นำไปขัดทำความสะอาดด้วย Rounding brush ดังแสดงในรูปที่ 6.7
3. เครื่องจักรที่ใช้ในการขัดทำความสะอาดชิ้นงาน ควรใช้เครื่องจักรเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 6.6 ขั้นตอนการขัดทำความสะอาดชิ้นงานด้วย Rod brush



รูปที่ 6.7 ขั้นตอนการขัดทำความสะอาดชิ้นงานด้วย Rounding

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_{\text{Rod}} = P_{\text{Round}}$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในแต่ละชนิดของแปรงที่ใช้ในการขัดงาน

$H_1 : P_{\text{Rod}} \neq P_{\text{Round}}$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในแต่ละชนิดของแปรงที่ใช้ในการขัดงาน

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากความสกปรกบนชิ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการขัดทำความสะอาด ชิ้นงานด้วยแปรง Rod Brush และ Rounding Brush มีค่าเท่ากับ 0.23 และ 0.18 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.18

Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target	Actual Power
0.230000	1023	0.8000	0.8003
0.230000	1368	0.9000	0.9000

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 1368 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 1023 ชิ้นงาน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.2 สัดส่วนของเสียเนื่องจากการขัดทำความสะอาดชิ้นงานด้วย Rod Brush และ Rounding Brush

ชนิดแปรง	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
Rod Brush	4195	880	209,773
Rounding Brush	4274	727	170,098

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	3315	4195	0.790226
2	3547	4274	0.829902

Estimate for $p(1) - p(2)$: -0.0396753

95% CI for $p(1) - p(2)$: (-0.0563689, -0.0229817)

Test for $p(1) - p(2) = 0$ (vs not = 0): $Z = -4.66$ P-Value = 0.000

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.000 จึงสรุปได้ว่า มีความแตกต่างกันของอัตราของ ข้อบกพร่องในแต่ละชนิดของแปรงที่ใช้ในการขัดงาน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับ นัยสำคัญ 0.05 เพราะฉะนั้นปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 สรุปว่า มีความแตกต่างระหว่างแต่ละชนิดของ แปรงที่ใช้ในการขัดงาน

6.3.3 อายุการใช้งานของน้ำยา NMP ที่ใช้ในกระบวนการ Slider Debond

ปัญหา

น้ำยา NMP คือ น้ำยาที่ใช้ในการ Debond ชิ้นงานออกจากฟลักเจอร์ ซึ่งรอบของการใช้งานที่ยาวนาน (ในปัจจุบันน้ำยา NMP ถูกใช้ในการ Debond โดยกำหนดรอบในการใช้งาน 3 รอบ) ก่อให้เกิดความเสื่อมสภาพของน้ำยา และสิ่งตกค้างในน้ำยา ทำให้ประสิทธิภาพในการ debond ลดต่ำลง ส่งผลให้เกิดการตกค้างของสิ่งสกปรก ซึ่งสาเหตุเกิดขึ้นได้จาก สิ่งตกค้างที่มีอยู่ในน้ำยา NMP และ คราบขาวที่ตกค้างอยู่บนชิ้นงาน

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบสมมุติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการ Debond ด้วยน้ำยา NMP ในรอบการใช้งานที่ 1, 2 และ 3 เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้น้ำยา NMP ด้วยรอบการใช้งาน 3 รอบ หากมีการลดจำนวนรอบการใช้งานที่รอบการใช้งานใดจะมีผลต่อการเกิดของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานน้อยที่สุด รูปที่ 6.8 แสดงลักษณะการ Debond ด้วยน้ำยา NMP



รูปที่ 6.8 ลักษณะการ Debond ด้วยน้ำยา NMP

ขั้นตอนการทดลองการ Debond ด้วยน้ำยา NMP ที่รอบการใช้งานที่ 1รอบ/2รอบ/3รอบ

1. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง 3 กลุ่ม โดยเตรียมชิ้นงานที่ผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน
2. ชิ้นงานกลุ่มที่ 1 นำไป Debond ด้วยน้ำยา NMP ที่มีอายุการใช้งาน 1 รอบ, ชิ้นงานกลุ่มที่ 2 นำไป Debond ด้วยน้ำยา NMP ที่มีอายุการใช้งาน 2 รอบ และ ชิ้นงานกลุ่มที่ 3 นำไป Debond ด้วยน้ำยา NMP ที่มีอายุการใช้งาน 3 รอบ

3. เครื่องจักร และ Tank ที่ใช้ในการ Debond ควรใช้เครื่องจักร และ Tank เดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_{1\text{ รอบ}} = P_{2\text{ รอบ}} = P_{3\text{ รอบ}}$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในอายุการใช้งานของน้ำยา NMP ที่ใช้ในการ debond 1 รอบ/2 รอบ/3 รอบ

$H_1 : P_{1\text{ รอบ}} \neq P_{2\text{ รอบ}} \neq P_{3\text{ รอบ}}$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในอายุการใช้งานของน้ำยา NMP ที่ใช้ในการ debond 1 รอบ/2 รอบ/3 รอบ

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการ Debond ด้วยน้ำยา NMP ที่รอบการใช้งานที่ 1 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.23 และ 0.21 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.21

Alpha = 0.05

Sample	Target	Actual	Proportion 1	Size	Power	Power
			0.230000	6734	0.8000	0.8000
			0.230000	9014	0.9000	0.9000

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 9014 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 6734 ชิ้นงาน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.3 สัดส่วนของเสียเนื่องจากการ Debond ด้วยน้ำยา NMP ที่รอบการใช้งาน 1รอบ/2รอบ/3รอบ

รอบการใช้ NMP	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
1 รอบ	7,285	1,825	250,051
2 รอบ	6,980	1,668	238,968
3 รอบ	7,329	1,802	245,873

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

NMP 1 cycle vs 2 cycle

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p

1 5460 7285 0.749485

2 5312 6980 0.761032

Estimate for p(1) - p(2): -0.0115463

95% CI for p(1) - p(2): (-0.0256564, 0.00256382)

Test for p(1) - p(2) = 0 (vs not = 0): Z = -1.60 P-Value = 0.109

NMP 2 cycle vs 3 cycle

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	5312	6980	0.761032
2	5527	7329	0.754127

Estimate for p(1) - p(2): 0.00690408

95% CI for p(1) - p(2): (-0.00714138, 0.0209495)

Test for p(1) - p(2) = 0 (vs not = 0): Z = 0.96 P-Value = 0.335

NMP 1 cycle vs 3 cycle

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	5460	7285	0.749485
2	5527	7329	0.754127

Estimate for p(1) - p(2): -0.00464220

95% CI for p(1) - p(2): (-0.0186491, 0.00936469)

Test for p(1) - p(2) = 0 (vs not = 0): Z = -0.65 P-Value = 0.516

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า $P_{critical}$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในทุกรอบอายุการใช้งานของน้ำยา NMP ที่ใช้ในการ Debond เพราะฉะนั้นยอมรับสมมุติฐาน H_0 สรุปว่า ไม่มีความแตกต่างของอายุการใช้งานของน้ำยา NMP ที่ใช้ในการ Debond ดังนั้น การ Debond ด้วยน้ำยา NMP ที่รอบการใช้งาน 1รอบ/2รอบ และ 3 รอบ ส่งผลให้เกิดของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ไม่แตกต่างกัน

6.3.4 ระดับความแรงของอุตร้าโซนิคที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime

ปัญหา

ความแรงของอุตร้าโซนิคมีผลถึงประสิทธิภาพในการล้างงานโดยเครื่อง SA-prime ความแรงของอุตร้าโซนิคที่ไม่เพียงพอจะส่งผลให้การหลุดออกมาของคราบสกปรกบนชิ้นงานทำได้ไม่ดี เกิดเป็นคราบสกปรกตกค้างอยู่บนชิ้นงาน

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบสมมุติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime ที่ระดับความแรงของอุตร้าโซนิคที่ 0.4 และ 0.6 ในการทดสอบสมมุติฐานเลือกทดสอบความรุนแรงของอุตร้าโซนิคที่ 2 ระดับนี้ เนื่องจาก ที่ระดับความแรงอุตร้าโซนิคที่ 0.4 เป็นระดับที่ใช้ในปัจจุบัน และจากการกำหนดระดับอุตร้าโซนิคที่ 0.6 เนื่องจากจากประสบการณ์หากใช้ความแรงของอุตร้าโซนิคที่สูงกว่า 0.6 จะก่อให้เกิดรอยกัดย้าบนชิ้นงานซึ่งไม่สามารถใช้ชิ้นงานนั้นได้

วิธีการทำลองล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime ที่ระดับความแรงของอุตร้าโซนิคที่ 0.4 และ 0.6

1. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง 2 กลุ่ม โดยเตรียมชิ้นงานที่ผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน
2. ชิ้นงานกลุ่มที่ 1 นำไปล้างด้วยเครื่อง SA เครื่องที่ ระดับความแรงของอุตร้าโซนิคเท่ากับ 0.4
ชิ้นงานกลุ่มที่ 2 นำไปล้างด้วยเครื่อง SA เครื่องที่ ระดับความแรงของอุตร้าโซนิคเท่ากับ 0.6
3. เครื่อง SA-prime ที่ใช้ในการล้างชิ้น ควรใช้เครื่องจักรเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในแต่ละระดับความแรงของอุตร้าโซนิคที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในแต่ละระดับความแรงของอุตร้าโซนิคที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากความบกพร่องของชิ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA Prime ที่ระดับความแรงของอุตราโซนิกที่ 0.4 และ 0.6 มีค่าเท่ากับ 0.23 และ 0.21 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.21

Alpha = 0.05

Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.230000	6734	0.8000	0.8000
0.230000	9014	0.9000	0.9000

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 9014 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 6734 ชิ้นงาน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.4 สัดส่วนของเสียเนื่องจากกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime ที่ระดับความแรงอุตราโซนิก 0.4 และ 0.6

ระดับความแรงของ อุตราโซนิก	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
0.4	7,585	1,658	218,589
0.6	7,236	1,664	229,961

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	5927	7585	0.781411
2	5572	7236	0.770039

Estimate for $p(1) - p(2)$: 0.0113720

95% CI for $p(1) - p(2)$: (-0.00206359, 0.0248076)

Test for $p(1) - p(2) = 0$ (vs not = 0): $Z = 1.66$ P-Value = 0.097

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์ด้วย MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.097 จึงสรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของ ข้อบกพร่องในระดับความแรงของอุตราโซนิกที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime ที่แตกต่างกันที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05 เพราะฉะนั้นยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปว่า ไม่มีความแตกต่างของความแรงของอุตราโซนิกที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime

6.3.5 ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime

ปัญหา

ระยะเวลาสำหรับการอบชิ้นงานมีผลต่อความแห้งบนชิ้นงานหลังกระบวนการล้าง หากระยะเวลาสำหรับการอบชิ้นงานสั้นเกินไปจะทำให้ชิ้นงานไม่แห้ง ก่อให้เกิดคราบน้ำยาบนชิ้นงาน

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบสมมติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime ที่ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ระยะเวลา 200 วินาที และ 230 วินาที ในการทดสอบสมมติฐานเลือกทดสอบระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ 2 ระดับนี้ เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่ต่ำกว่า 200 วินาทีจะทำให้เกิดหยดน้ำยาบนชิ้นงานเนื่องจากชิ้นงานไม่แห้ง และกำหนดระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานที่ 230 วินาที เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่สูงกว่านี้จะทำให้เกิดรอยไหม้บนชิ้นงาน

ขั้นตอนการทดลองการอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime ที่ระยะเวลา 200 วินาที และ 230 วินาที

1. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง 2 กลุ่ม โดยเตรียมชิ้นงานที่ผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน
2. ชิ้นงานกลุ่มที่ 1 นำไปล้างด้วยเครื่อง SA-prime เครื่องที่ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งเท่ากับ 200 วินาที ชิ้นงานกลุ่มที่ 2 นำไปล้างด้วยเครื่อง SA-prime เครื่องที่ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งเท่ากับ 230 วินาที
3. เครื่อง SA-prime ที่ใช้ในการล้างชิ้น ควรใช้เครื่องจักรเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในระยะเวลาที่แตกต่างกันสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งในเครื่องล้างงาน SA-Prime

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในระยะเวลาที่แตกต่างกันสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งในเครื่องล้างงาน SA-Prime

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากความสกปรกบนชิ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA Prime ที่ระยะเวลาอบชิ้นงาน 200 และ 230 วินาที มีค่าเท่ากับ 0.23 และ 0.21 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.21

Alpha = 0.05

Sample Target Actual

Proportion	1	Size	Power	Power
0.230000		6734	0.8000	0.8000
0.230000		9014	0.9000	0.9000

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 9014 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 6734 ชิ้นงาน

สรุปว่าสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 6,734 ชิ้นงาน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.5 สัดส่วนของเสียเนื่องจากการการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime ที่ระยะเวลาการอบแห้ง 200 วินาที และ 230 วินาที

ระยะเวลาการอบแห้ง	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
200	7,585	1,926	253,922
230	7,208	1,614	223,918

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	5659	7585	0.746078
2	5594	7208	0.776082

Estimate for p(1) - p(2): -0.0300043

95% CI for p(1) - p(2): (-0.0437361, -0.0162726)

Test for p(1) - p(2) = 0 (vs not = 0): Z = -4.28 P-Value = 0.000

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.000 จึงสรุปได้ว่า อัตราของ ข้อบกพร่องในระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงาน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 เพราะฉะนั้นปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปว่า มีความแตกต่างระหว่างระยะเวลาในการอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime

6.3.6 คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime

ปัญหา

คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานมีผลต่อการแห้งของชิ้นงาน หากคุณหมุมิในการอบชิ้นงานต่ำเกินไปจะทำให้ต้องใช้เวลาในการทำให้ชิ้นงานแห้ง ส่งผลทำให้เกิดคราบน้ำยาตกค้างบนชิ้นงาน หรือหากใช้คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานสูงเกินไปจะทำให้เกิดรอยไหม้บนชิ้นงาน

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบสมมติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime ที่คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ 190 F และ 240 F ในการทดสอบสมมติฐานเลือกทดสอบคุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ 2 ระดับนี้ เนื่องจาก หากมีการตั้งคุณหมุมิในการอบชิ้นงานที่ต่ำกว่า 190 F จะทำให้ต้องใช้เวลาในการอบชิ้นงานให้แห้งก่อให้เกิดคราบน้ำยาตกค้างบนชิ้นงาน และกำหนดคุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานที่ 240 F เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่สูงกว่านี้จะทำให้เกิดรอยไหม้บนชิ้นงาน

ขั้นตอนการทดลองการอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime ที่คุณหมุมิ 190 F และ 240 F

1. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง 2 กลุ่ม โดยเตรียมชิ้นงานที่ผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน
2. ชิ้นงานกลุ่มที่ 1 นำไปล้างด้วยเครื่อง SA-prime เครื่องที่คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งเท่ากับ 210 F ชิ้นงานกลุ่มที่ 2 นำไปล้างด้วยเครื่อง SA-prime เครื่องที่คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งเท่ากับ 240 F
3. เครื่อง SA-prime ที่ใช้ในการล้างชิ้น ควรใช้เครื่องจักรเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในอุณหภูมิที่แตกต่างกันสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งในเครื่องล้างงาน SA-Prime

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในอุณหภูมิที่แตกต่างกันสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งในเครื่องล้างงาน SA-Prime

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากความสกปรกบนชิ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA Prime ที่อุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงาน 190 F และ 240 F มีค่าเท่ากับ 0.23 และ 0.21 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.21

Alpha = 0.05

Sample Proportion 1	Target Proportion 2	Actual Proportion 2	Power	Sample Size
0.230000	0.230000	0.210000	0.8000	6734
0.230000	0.230000	0.900000	0.9000	9014

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 9014 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 6734 ชิ้นงาน สรุปว่าสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 6,734 ชิ้นงาน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.6 สัดส่วนของเสียเนื่องจากการการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 190 F และ 240 F

อุณหภูมิการอบแห้ง	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
190	7,580	1,645	217,018
240	7,432	1,673	225,108

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p

1 5935 7580 0.782982

2 5759 7432 0.774892

Estimate for p(1) - p(2): 0.00808917

95% CI for p(1) - p(2): (-0.00518772, 0.0213661)

Test for p(1) - p(2) = 0 (vs not = 0): Z = 1.19 P-Value = 0.232

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.232 จึงสรุปได้ว่า อัตราของ ข้อบกพร่องในอุณหภูมิในการอบแห้งชิ้นงาน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับ นัยสำคัญ 0.05 เพราะฉะนั้นยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในการอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime

6.3.7 ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime

ปัญหา

ระยะเวลาสำหรับการอบชิ้นงานมีผลต่อความแห้งบนชิ้นงานหลังกระบวนการล้าง หากระยะเวลาสำหรับการอบชิ้นงานสั้นเกินไปจะทำให้ชิ้นงานไม่แห้ง ก่อให้เกิดคราบน้ำยาบนชิ้นงาน

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบสมมุติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime ที่ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ระยะเวลา 90 วินาที และ 120 วินาที ในการทดสอบสมมุติฐานเลือกทดสอบระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ 2 ระดับนี้ เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่ต่ำกว่า 90 วินาทีจะทำให้เกิดหยดน้ำยาบนชิ้นงานเนื่องจากชิ้นงานไม่แห้ง และกำหนดระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานที่ 120 วินาที เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่สูงกว่านี้จะทำให้เกิดรอยไหม้บนชิ้นงาน

ขั้นตอนการทดลองการอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง A-Prime ที่ระยะเวลา 90 วินาที และ 120 วินาที

1. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง 2 กลุ่ม โดยเตรียมชิ้นงานที่ผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน
2. ชิ้นงานกลุ่มที่ 1 นำไปล้างด้วยเครื่อง A-prime เครื่องที่ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งเท่ากับ 90 วินาที ชิ้นงานกลุ่มที่ 2 นำไปล้างด้วยเครื่อง A-prime เครื่องที่ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งเท่ากับ 120 วินาที
3. เครื่อง A-prime ที่ใช้ในการล้างชิ้น ควรใช้เครื่องจักรเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0 : $P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในระยะเวลาที่แตกต่างกันสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งในเครื่องล้างงาน A-Prime

H_1 : $P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในระยะเวลาที่แตกต่างกันสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งในเครื่องล้างงาน A-Prime

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากความบกพร่องของชิ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A Prime ที่ระยะเวลาอบชิ้นงาน 90 และ 120 วินาที มีค่าเท่ากับ 0.23 และ 0.215 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.2

Alpha = 0.05

	Sample	Target	Actual	
Proportion 1	Size	Power	Power	
0.215000	11472	0.8000	0.8000	
0.215000	15357	0.9000	0.9000	

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 15,357 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 11,472 ชิ้นงาน

สรุปว่าสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 11,472 ชิ้นงาน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	9493	12328	0.770036
2	9846	12543	0.784980

Estimate for $p(1) - p(2)$: -0.0149440

95% CI for $p(1) - p(2)$: (-0.0252819, -0.00460608)

Test for $p(1) - p(2) = 0$ (vs not = 0): $Z = -2.83$ P-Value = 0.005

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.7 สัดส่วนของเสียเนื่องจากการการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime ที่ระยะเวลาการอบแห้ง 90 วินาที และ 120 วินาที

ระยะเวลาการอบแห้ง	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
90	12,328	2,835	229,964
120	12,543	2,697	250,200

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.005 จึงสรุปได้ว่า อัตราของ ข้อบกพร่องในระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงาน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 เพราะฉะนั้นปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปว่า มีความแตกต่างระหว่างระยะเวลาในการอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime

6.3.8 คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime

ปัญหา

คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานมีผลต่อการแห้งของชิ้นงาน หากคุณหมุมิในการอบชิ้นงานต่ำเกินไปจะทำให้ต้องใช้เวลาในการทำให้ชิ้นงานแห้ง ส่งผลทำให้เกิดคราบน้ำยาตกค้างบนชิ้นงาน หรือหากใช้คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานสูงเกินไปจะทำให้เกิดรอยไหม้บนชิ้นงาน

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบสมมติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime ที่คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ 210 F และ 250 F ในการทดสอบสมมติฐานเลือกทดสอบคุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ 2 ระดับนี้ เนื่องจาก หาก

มีการตั้งอุณหภูมิในการอบชิ้นงานที่ต่ำกว่า 210 F จะทำให้ต้องใช้เวลาในการอบชิ้นงานให้แห้งก่อให้เกิดคราบน้ำยาตกค้างบนชิ้นงาน และกำหนดอุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงานที่ 250 F เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่สูงกว่านี้จะทำให้เกิดรอยไหม้บนชิ้นงาน

ขั้นตอนการทดลองการอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime ที่อุณหภูมิ 210 F และ 250 F

1. เตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง 2 กลุ่ม โดยเตรียมชิ้นงานที่ผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน
2. ชิ้นงานกลุ่มที่ 1 นำไปล้างด้วยเครื่อง A-prime เครื่องที่อุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งเท่ากับ 190 F ชิ้นงานกลุ่มที่ 2 นำไปล้างด้วยเครื่อง A-prime เครื่องที่อุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งเท่ากับ 240 F
3. เครื่อง A-prime ที่ใช้ในการล้างชิ้น ควรใช้เครื่องจักรเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในอุณหภูมิที่แตกต่างกันสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งในเครื่องล้างงาน A-Prime

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในอุณหภูมิที่แตกต่างกันสำหรับการอบชิ้นงานให้แห้งในเครื่องล้างงาน A-Prime

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A Prime ที่อุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงาน 210 F และ 250 F มีค่าเท่ากับ 0.200 และ 0.215 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.2

Alpha = 0.05

Sample	Target	Actual	Proportion 1	Size	Power	Power
0.215000	11472	0.8000	0.8000			
0.215000	15357	0.9000	0.9000			

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 15,357 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 11,472 ชิ้นงาน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.8 สัดส่วนของเสียเนื่องจากการการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 210 F และ 250 F

อุณหภูมิการอบแห้ง	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
210	13,023	3,060	234,969
250	12,911	2,944	228,023

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	9963	13023	0.765031
2	9967	12911	0.771977

Estimate for $p(1) - p(2)$: -0.00694628

95% CI for $p(1) - p(2)$: (-0.0172127, 0.00332010)

Test for $p(1) - p(2) = 0$ (vs not = 0): $Z = -1.33$ P-Value = 0.185

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.185 จึงสรุปได้ว่า อัตราของ ข้อบกพร่องในอุณหภูมิในการอบแห้งชิ้นงาน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับ นัยสำคัญ 0.05 เพราะฉะนั้นยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในการอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime

6.3.9 วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime

ปัญหา

หลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime จะมีการโอนถ่ายชิ้นงานจาก Tray รูลงสู่ Chip Tray ซึ่ง Chip Tray ที่นำมาใช้ไม่มีการควบคุมความสะอาด มีการนำ Chip Tray ที่เคยใช้งานแล้วมาใช้งานซ้ำซึ่ง Chip Tray ที่เคยใช้งานแล้วอาจจะมีน้ำยาตกค้าง หรือ คราบการจากสติกเกอร์ที่ใช้ติดบน Chip Tray เมื่อนำ Chip Tray ที่มีความสกปรกไปใช้งานทำให้คราบสกปรกนั้นไปติดบนชิ้นงาน

ดังนั้นจึงได้ดำเนินการทดสอบสมมติฐานโดยการวัดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการที่ไม่มีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้าง

ขึ้นงานด้วยเครื่อง A-prime ซึ่งเป็นวิธีการที่ปฏิบัติในปัจจุบัน และ กรณีที่มีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray

ขั้นตอนการทดลองการการใช้ Chip Tray ที่ไม่มีการควบคุม และมีการควบคุมความสะอาดก่อนใช้งาน

1. เตรียมขึ้นงานสำหรับการทดลอง 2 กลุ่ม โดยเตรียมขึ้นงานที่ผลิตในเวลาเดียวกัน
2. ขึ้นงานกลุ่มที่ 1 หลังกระบวนการล้างขึ้นงานด้วยเครื่อง A-prime ให้โอนถ่ายขึ้นงานลง Chip Tray ที่ใช้แล้ว และ ขึ้นงานกลุ่มที่ 2 หลังกระบวนการล้างขึ้นงานด้วยเครื่อง A Prime ให้โอนถ่ายขึ้นงานลง Chip Tray ที่ใช้ทำความสะอาดแล้ว
3. เครื่องจักรที่ใช้ในการล้างขึ้นงาน ควรใช้เครื่องจักรเดียวกัน พนักงานที่ทำการโอนถ่ายขึ้นงาน เป็นคนเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้
4. เก็บข้อมูลอัตราส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในกรณีที่ไม่มีและมีการควบคุมความสะอาดของ Chip tray ก่อนใช้งาน

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของอัตราของข้อบกพร่องในกรณีที่ไม่มีและมีการควบคุมความสะอาดของ Chip tray ก่อนใช้งาน

วิธีการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากข้อมูลสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนขึ้นงานซึ่งผ่านกระบวนการกระบวนการที่ไม่มีควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ขึ้นงานหลังกระบวนการล้างขึ้นงานด้วยเครื่อง A-และ กรณีที่มีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray เท่ากับ 0.23 และ 0.20 ตามลำดับ สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ คำนวณหาจำนวนสิ่งตัวอย่างได้โดยโปรแกรม MINITAB ดังนี้

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)

Calculating power for proportion 2 = 0.2

Alpha = 0.05

Sample Proportion 1	Target	Actual	Size	Power	Power
0.230000	2943	0.8000	0.8001		
0.230000	3939	0.9000	0.9000		

จากการคำนวณโดยโปรแกรม MINITAB จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 คือ 3,939 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ดังนั้น จึงทำการลดจำนวนสิ่งตัวอย่างลง โดยกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 2,943 ชิ้นงาน สรุปว่าสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะต้องมีค่าเท่ากับ 2,943 ชิ้นงาน

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.9 สัดส่วนของเสียเนื่องจากการการใช้ Chip Tray ที่ไม่มีการควบคุม และมีการควบคุมความสะอาดก่อนใช้งาน

ความสะอาดของ Tray	จำนวนตรวจสอบ	จำนวนของเสีย	DPPM
ไม่มีการควบคุม	7,578	1,925	254,025
มีการควบคุม	7,432	1,620	217,976

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	5653	7578	0.745975
2	5812	7432	0.782024

Estimate for p(1) - p(2): -0.0360485

95% CI for p(1) - p(2): (-0.0496194, -0.0224776)

Test for p(1) - p(2) = 0 (vs not = 0): Z = -5.21 P-Value = 0.000

สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB ค่า P-value ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.000 จึงสรุปได้ว่า อัตราของ ข้อบกพร่องในการควบคุมและ ไม่ควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ก่อนใช้งานมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 เพราะฉะนั้นปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 สรุปว่า มีความแตกต่างของอัตราของข้อบกพร่องระหว่างไม่มีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ก่อนใช้งาน และ มีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ก่อนใช้งาน

ตารางที่ 6.10 ตารางสรุปการเลือกปัจจัยและผลกระทบจากปัจจัย

ปัจจัย (KPIV)	เครื่องมือทางสถิติ	มี/ไม่มี ผลกระทบ
1. ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond (Loctite 480 vs Wax)	Two Proportions	มีผล
2. ชนิดของแปรงที่ใช้ในการขัดงาน (Rod brush vs Rounding brush)	Two Proportions	มีผล
3. อายุการใช้งานของน้ำยา NMP ที่ใช้ในการ debond (1 รอบ/2 รอบ)	Two Proportions	ไม่มีผล
4. ระดับความแรงของอนุตร้าโซนิคที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime (0.4 vs 0.6)	Two Proportions	ไม่มีผล
5. ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime (200 วินาที vs 230 วินาที)	Two Proportions	มีผล
6. อุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime (190 °F vs 240 °F)	Two Proportions	ไม่มีผล
7. ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime (90 วินาที vs 120 วินาที)	Two Proportions	มีผล
8. อุณหภูมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime (210 °F vs 250 °F)	Two Proportions	ไม่มีผล
9. การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime (ควบคุมความสะอาดของ Chip tray ก่อนใช้งาน vs ไม่ควบคุมความสะอาด Chip tray ก่อนใช้งาน)	Two Proportions	มีผล

บทที่ 7

การปรับปรุง

7.1 บทนำ

หลังจากการทำการทดสอบสมมุติฐานในบทที่ผ่านมา โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมุติฐานเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนข้อบกพร่องเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงาน และเมื่อได้ปัจจัยที่มีอิทธิพลค่าสัดส่วนข้อบกพร่องเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงานแล้ว นำปัจจัยดังกล่าวไปทำการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง หาค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยนั้นๆ โดยที่จะส่งผลต่อค่าสัดส่วนข้อบกพร่องเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงานต่ำที่สุด

7.2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่นำมาศึกษาเพื่อลดอัตราของข้อบกพร่องเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงาน มี 5 ปัจจัย คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ Bond ในกระบวนการ Bar Alignment, ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงาน ในกระบวนการ Prewash, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime และ การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime โดยแต่ละปัจจัยมีการกำหนดระดับของแต่ปัจจัยอยู่ที่ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (1) ดังนี้

- ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ Bar Alignment มีการกำหนดวัสดุ กาว Loctite 480 ที่ระดับต่ำ และ วัสดุ Wax ที่ระดับสูง เนื่องจากการทดสอบสมมุติฐานในบทที่แล้วพบว่า เมื่อใช้ กาว Loctite 480 สำหรับ Bond ในกระบวนการ Bar Alignment จะให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงานที่สูงกว่าการใช้ Wax สำหรับ Bond ในกระบวนการ Bar Alignment
- ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash มีการกำหนดชนิดของแปรง Rod Brush ที่ระดับต่ำ และ ชนิดแปรง Rounding Brush ที่ระดับสูง เนื่องจากการทดสอบสมมุติฐานในบทที่แล้วพบว่า เมื่อใช้แปรงชนิด Rod Brush สำหรับขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash จะให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงานที่สูงกว่าการใช้ชนิดแปรง Rounding Brush สำหรับขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash

- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime มีการกำหนดระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานที่ระดับต่ำเท่ากับ 200 วินาที เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่ต่ำกว่านี้จะทำให้เกิดหยดน้ำยาบนชิ้นงานเนื่องจากชิ้นงานไม่แห้ง และกำหนดระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานที่ระดับสูงเท่ากับ 230 วินาที เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่สูงกว่านี้จะทำให้เกิดรอยไหม้บนชิ้นงาน
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime มีการกำหนดระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานที่ระดับต่ำเท่ากับ 90 วินาที เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่ต่ำกว่านี้จะทำให้เกิดหยดน้ำยาบนชิ้นงานเนื่องจากชิ้นงานไม่แห้ง และกำหนดระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานที่ระดับสูงเท่ากับ 120 วินาที เนื่องจาก หากมีการตั้งระยะเวลาในการอบชิ้นงานที่สูงกว่านี้จะทำให้เกิดรอยไหม้บนชิ้นงาน
- การควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime มีการกำหนดกรณีที่ไม่มีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ที่ระดับต่ำ และ กรณีที่มีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ที่ระดับสูง เนื่องจากการทดสอบสมมุติฐานในบทที่แล้วพบว่า เมื่อไม่มีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime จะให้ค่าสัดส่วนข้อบกพร่องเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงานที่สูงกว่าเมื่อมีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ก่อนใช้งาน

แสดงค่าระดับของปัจจัยในการทดลองดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 แสดงปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะนำไปทำการทดลอง

ลำดับ	ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
		-1	1	
1	ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment	กาว Loctite 480	Wax	-
2	ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash	Rod brush	Rounding brush	-
3	ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime	200	230	วินาที
4	ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime	90	120	วินาที
5	การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime	ไม่มีการควบคุม	มีการควบคุม	-

7.3 ตัวแปรตอบสนอง

ในการทดลองนี้ ผู้ทำการศึกษาที่มีความสนใจที่จะพิจารณาลดอัตราของข้อพร่องเนื่องจากความสกปรกบนชิ้นงาน ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่กำหนดในการทดลองคือ อัตราของข้อบกพร่องเนื่องจากความสกปรกบนชิ้นงาน

7.4 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองสำหรับการทดลองนี้จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k โดยที่ k คือ จำนวนของปัจจัยที่นำมาทดลอง และ 2 คือจำนวนระดับของแต่ละปัจจัย และกำหนดให้ที่แต่ละระดับของแต่ละปัจจัยเป็นต่ำ (-) กับ สูง (+) ตามหัวข้อที่ 7.2 ขั้นตอนการออกแบบการทดลองดังนี้

7.4.1 การทดลองซ้ำ (Replication)

การทำซ้ำหมายถึงการที่ Treatment Combination หนึ่งจะถูกทำการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งการทำซ้ำนี้จะช่วยให้สามารถที่จะประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้ และทำให้ขนาดของความคลาดเคลื่อนลดลงได้ โดยการทดลองนี้จะทำการทดลองโดยการทำซ้ำในแต่ละ Treatment Combination เท่ากับ 2 ครั้ง (2 replications) เนื่องจากทำให้ประหยัดเวลาในการทดลองและเป็นการประหยัดวัสดุที่ใช้ในการทดลองด้วยเช่นกัน

7.4.2 การสุ่ม (Randomization)

การสุ่มเป็นหลักสำคัญในการใช้หลักการทางสถิติในการออกแบบการทดลอง โดยการสุ่มจะหมายถึงการจัดสรรหน่วยการทดลองและลำดับการทดลองให้เป็นไปโดยสุ่ม ซึ่งทำให้ผลการทดลองตรงกับข้อกำหนดทางสถิติที่ว่า ค่าสังเกตจากการทดลองต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน และการสุ่มยังสามารถที่จะเฉลี่ยออกความผันแปรภายนอกที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุโดยธรรมชาติออกไปได้ ทำให้การวิเคราะห์ผลจากการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การสุ่มลำดับการทดลองในการทดลองนี้จะกระทำโดยโปรแกรม MINITAB ซึ่งกำหนดพร้อมกับการสร้างเมตริกการออกแบบ (Design Matrix) โดยสังเกตลำดับการทดลองได้จากช่อง Run Order ของตาราง

7.4.3 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

อ้างอิงจากข้อมูลการทดสอบสมมุติฐาน ในบทที่ 6 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พบว่าจำนวนสิ่งตัวอย่างของการเปรียบเทียบ Two Proportion ของแต่ละปัจจัยเป็นดังนี้

ตารางที่ 7.2 แสดงจำนวนสิ่งตัวอย่างของการเปรียบเทียบ Two Proportion ในแต่ละปัจจัย

ลำดับ	ปัจจัย	จำนวนสิ่งตัวอย่าง
1	ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment	377
2	ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash	1,023
3	ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime	6,734
4	ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime	11,472
5	การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime	2,943

จากตารางที่ 7.2 พบว่า จำนวนสิ่งตัวอย่างที่มากที่สุดคือ จำนวนสิ่งตัวอย่างสำหรับการเปรียบเทียบ Two Proportion ของปัจจัยระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง A-Prime ดังนั้นจึงทำการเลือกจำนวนสิ่งตัวอย่างอย่างน้อยเท่ากับ 11,472 ชิ้นงาน สำหรับแต่ละการทดลอง

โดยสรุปการทดลองนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 64 ลำดับการทดลอง (64 runs) และในแต่ละการทดลองจะใช้จำนวนงานอย่างน้อย 11,472 ชิ้นงาน และผลจากการสร้างตาราง Design Matrix ด้วยโปรแกรม MINITAB แสดงดังตารางที่ 7.3

7.5 การเตรียมการทดลอง

- 7.5.1 เตรียมชิ้นงานที่จะใช้ในการทำการทดลองให้ครบจำนวนที่ต้องการ โดยเตรียมงานที่ผ่านขั้นตอนการผลิตก่อนหน้าในช่วงเวลาเดียวกัน
- 7.5.2 เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และ เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง
- 7.5.3 ตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่
 - เตรียมชิ้นงานในรูปของ Bar ที่มาจากล็อตเดียวกันทั้งหมด หรือ ผ่านกระบวนการก่อนหน้ามาอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาเดียวกัน
 - ใช้เครื่องจักรเครื่องเดียวกันตลอดการทดลอง
 - ใช้พนักงานคนเดียวกันในการปฏิบัติงาน

7.6 ขั้นตอนในการทดลอง

ทำการตรวจสอบความพร้อมของเครื่องจักรและวัสดุ อุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองให้พร้อม จากนั้นนำชิ้นงานเข้ากระบวนการโดยสุ่มอย่างต่อเนื่อง ปรับปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัย ทำการทดลองจนครบทั้ง 64 สภาวะ โดยลำดับการทดลองจะทำการทดลองตามลำดับที่กำหนดไว้ในช่อง “Run Order” ดังตารางที่ 7.3 และจะทำการทดลองให้เสร็จที่ระดับล็อก จากนั้นนำงานทดลองที่ได้ไปตรวจสอบสัดส่วนของเสียเนื่องจากการเกิดคราบสกปรกบนชิ้นงาน

7.7 ผลการทดลอง

จากการทดลองปรับปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัย คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ Bond ในกระบวนการ Bar Alignment, ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงาน ในกระบวนการ Prewash, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime และการควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime ที่ระดับต่ำ (-) และ สูง (+) ทำการทดลองจนครบทั้ง 64 สภาวะ โดยลำดับการทดลองจะทำการทดลองตามลำดับที่กำหนดไว้ในช่อง “Run Order” ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ตารางแสดงผลการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Bonding	Brush	SA Time	A Time	Tray	Contamination
19	1	1	1	Glue	Rounding	200	90	Control	0.163
14	2	1	1	Wax	Rod	230	120	No control	0.158
33	3	1	1	Glue	Rod	200	90	No control	0.249
2	4	1	1	Wax	Rod	200	90	No control	0.174
31	5	1	1	Glue	Rounding	230	120	Control	0.152
23	6	1	1	Glue	Rounding	230	90	Control	0.169
42	7	1	1	Wax	Rod	200	120	No control	0.161
58	8	1	1	Wax	Rod	200	120	Control	0.140
48	9	1	1	Wax	Rounding	230	120	No control	0.105
22	10	1	1	Wax	Rod	230	90	Control	0.140
57	11	1	1	Glue	Rod	200	120	Control	0.205
56	12	1	1	Wax	Rounding	230	90	Control	0.073

ตารางที่ 7.3 ตารางแสดงผลการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Bonding	Brush	SA Time	A Time	Tray	Contamination
45	13	1	1	Glue	Rod	230	120	No control	0.235
44	14	1	1	Wax	Rounding	200	120	No control	0.126
41	15	1	1	Glue	Rod	200	120	No control	0.240
1	16	1	1	Glue	Rod	200	90	No control	0.248
49	17	1	1	Glue	Rod	200	90	Control	0.217
63	18	1	1	Glue	Rounding	230	120	Control	0.149
54	19	1	1	Wax	Rod	230	90	Control	0.126
13	20	1	1	Glue	Rod	230	120	No control	0.233
20	21	1	1	Wax	Rounding	200	90	Control	0.084
46	22	1	1	Wax	Rod	230	120	No control	0.153
59	23	1	1	Glue	Rounding	200	120	Control	0.165
27	24	1	1	Glue	Rounding	200	120	Control	0.162
3	25	1	1	Glue	Rounding	200	90	No control	0.198
15	26	1	1	Glue	Rounding	230	120	No control	0.185
26	27	1	1	Wax	Rod	200	120	Control	0.138
52	28	1	1	Wax	Rounding	200	90	Control	0.081
8	29	1	1	Wax	Rounding	230	90	No control	0.108
18	30	1	1	Wax	Rod	200	90	Control	0.136
60	31	1	1	Wax	Rounding	200	120	Control	0.088
24	32	1	1	Wax	Rounding	230	90	Control	0.089
37	33	1	1	Glue	Rod	230	90	No control	0.241
30	34	1	1	Wax	Rod	230	120	Control	0.132
12	35	1	1	Wax	Rounding	200	120	No control	0.115
4	36	1	1	Wax	Rounding	200	90	No control	0.108
28	37	1	1	Wax	Rounding	200	120	Control	0.070
51	38	1	1	Glue	Rounding	200	90	Control	0.158
25	39	1	1	Glue	Rod	200	120	Control	0.206
10	40	1	1	Wax	Rod	200	120	No control	0.160
36	41	1	1	Wax	Rounding	200	90	No control	0.130

ตารางที่ 7.3 ตารางแสดงผลการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Bonding	Brush	SA Time	A Time	Tray	Contamination
34	42	1	1	Wax	Rod	200	90	No control	0.163
64	43	1	1	Wax	Rounding	230	120	Control	0.073
11	44	1	1	Glue	Rounding	200	120	No control	0.194
6	45	1	1	Wax	Rod	230	90	No control	0.156
7	46	1	1	Glue	Rounding	230	90	No control	0.195
43	47	1	1	Glue	Rounding	200	120	No control	0.196
16	48	1	1	Wax	Rounding	230	120	No control	0.103
50	49	1	1	Wax	Rod	200	90	Control	0.125
53	50	1	1	Glue	Rod	230	90	Control	0.215
62	51	1	1	Wax	Rod	230	120	Control	0.106
35	52	1	1	Glue	Rounding	200	90	No control	0.190
38	53	1	1	Wax	Rod	230	90	No control	0.156
32	54	1	1	Wax	Rounding	230	120	Control	0.067
47	55	1	1	Glue	Rounding	230	120	No control	0.181
29	56	1	1	Glue	Rod	230	120	Control	0.209
55	57	1	1	Glue	Rounding	230	90	Control	0.167
9	58	1	1	Glue	Rod	200	120	No control	0.233
61	59	1	1	Glue	Rod	230	120	Control	0.202
21	60	1	1	Glue	Rod	230	90	Control	0.211
39	61	1	1	Glue	Rounding	230	90	No control	0.187
17	62	1	1	Glue	Rod	200	90	Control	0.218
5	63	1	1	Glue	Rod	230	90	No control	0.233
40	64	1	1	Wax	Rounding	230	90	No control	0.108

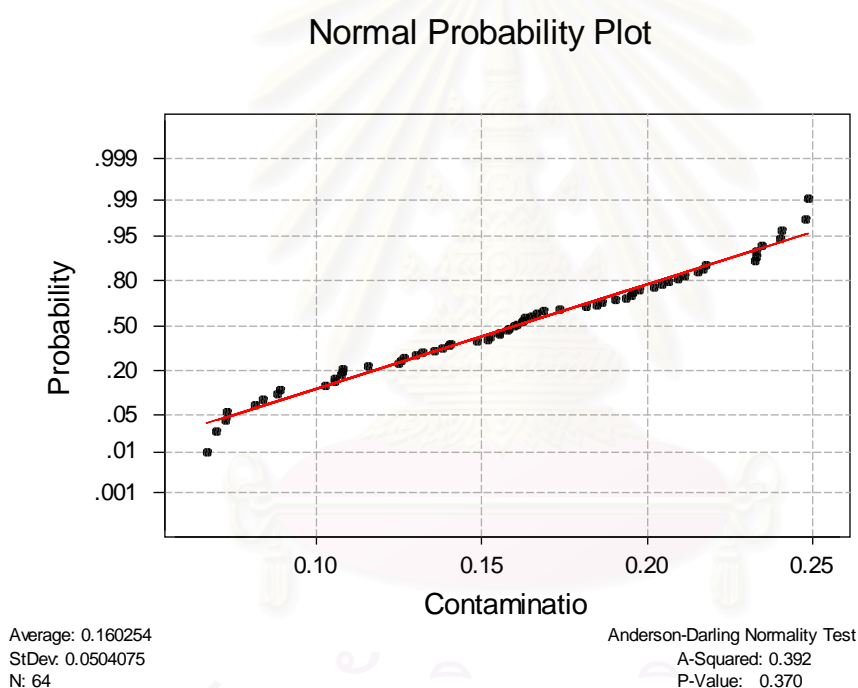
7.8 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในการออกแบบการทดลองนั้น จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่สำคัญ คือ NID ($0, \sigma^2$) จึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของ NID ($0, \sigma^2$) หรือไม่ โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ประกอบด้วย การทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองภายในเงื่อนไข 3 ประการ คือ ข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ ข้อมูลมี

ความสัมพันธ์กัน และควมมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์และสรุปผลของการออกแบบการทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติ

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบได้ด้วยการทดสอบการกระจายของค่าส่วนตกค้างของค่าตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียเนื่องจากของคราบสกปรกบนชิ้นงาน) ที่ได้ควรเป็นเส้นตรงและมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 นั่นคือ ข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ แสดงดังรูปที่ 7.1



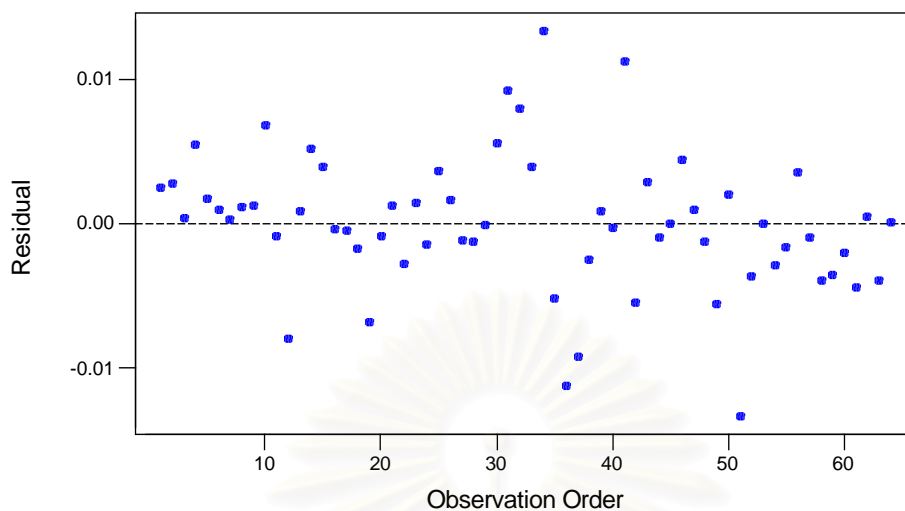
รูปที่ 7.1 กราฟแสดงการกระจายของค่าส่วนตกค้าง

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ (Independent)

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ (Independent) สามารถตรวจสอบได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 7.2 โดยแผนภาพการกระจายไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือมีรูปแบบใด ๆ ควรที่จะมีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

Residuals Versus the Order of the Data

(response is Contamin)

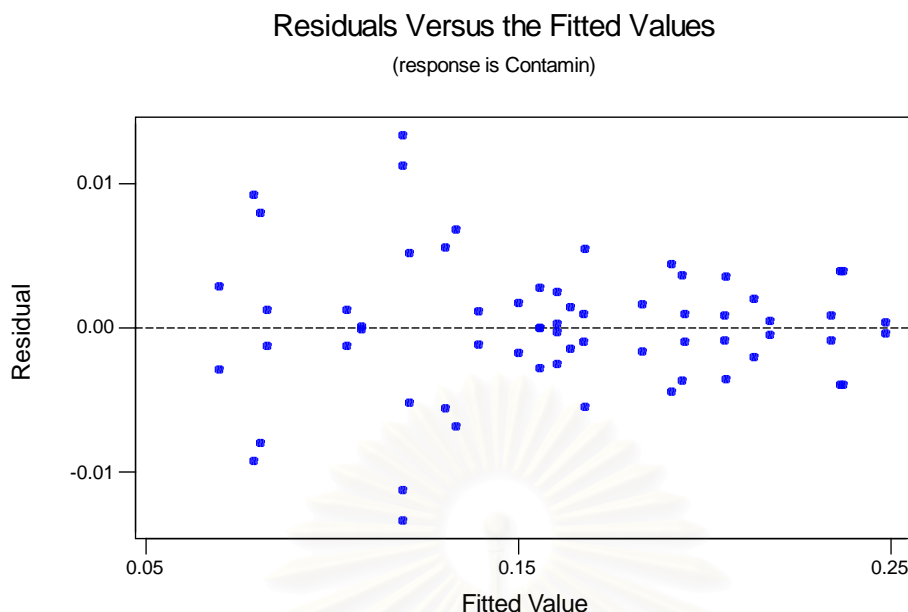


รูปที่ 7.2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล

จากกราฟสังเกตได้ว่า ค่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบ ดังนั้นสรุปได้ว่า ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย แสดงในรูปที่ 7.3 ซึ่งแผนภาพการกระจายไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้ม ควรมีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน



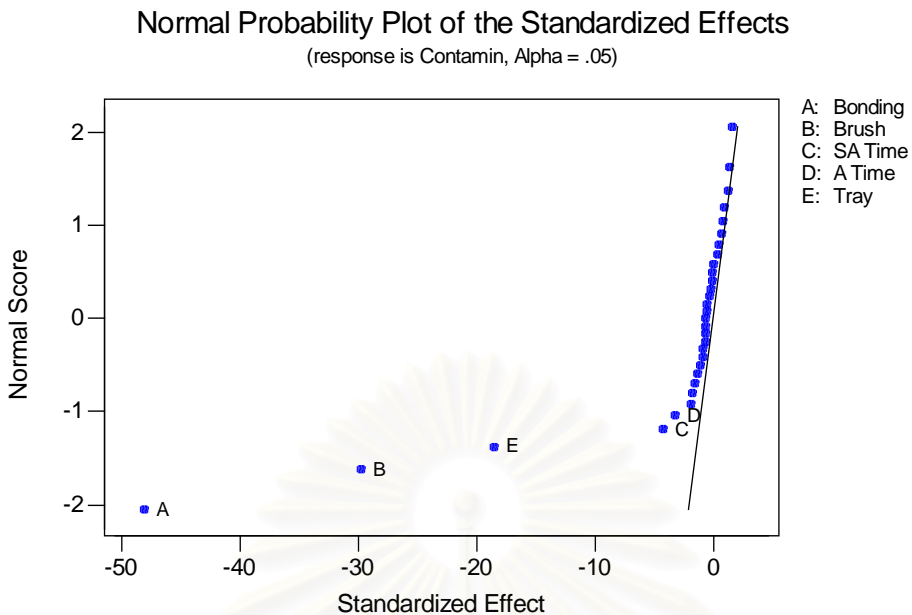
รูปที่ 7.3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต

จากกราฟสังเกตได้ว่า ค่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบ ดังนั้น สรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

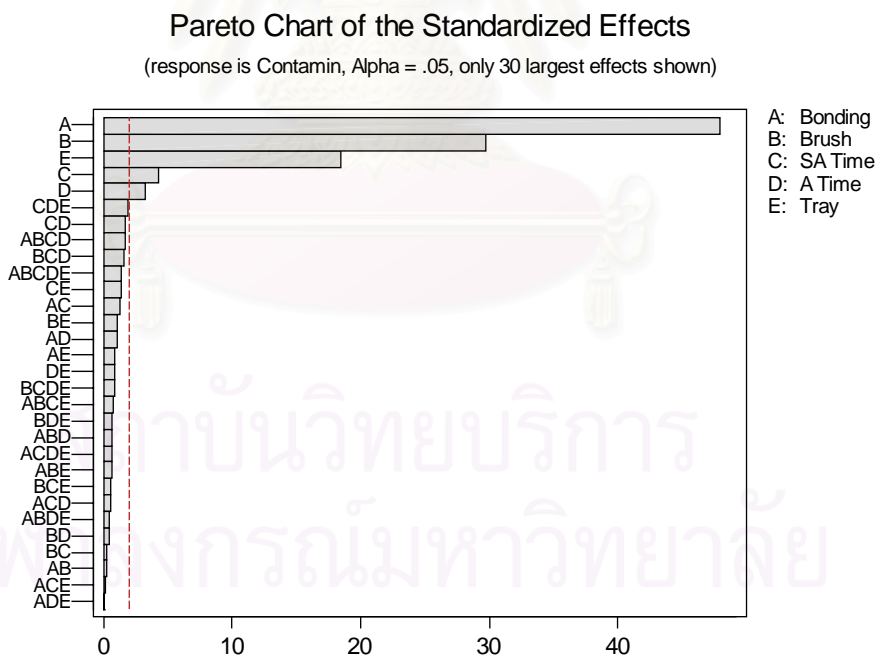
สรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบของตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน) ที่นำมาทดลองนี้ พบว่า ข้อมูลมีสมมติฐานตรงตามข้อกำหนดทั้ง 3 ข้อ คือ มีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขของการออกแบบการทดลองที่ว่า $NID(0, \sigma^2)$

7.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม NINITAB สามารถแสดงผลของปัจจัยหลักและอิทธิฤทธิ์ที่นัยสำคัญออกมาในรูปแบบของกราฟ Normal Probability Plot และ แผนภูมิพาเรโต แสดงดังรูปที่ 7.4 และ รูปที่ 7.5 ตามลำดับ รวมถึงการแสดงผลของการออกแบบการทดลองของผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน) ดังรูปที่ 7.6 กับ ผลของอิทธิฤทธิ์ของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน) ดังรูปที่ 7.7 และแสดงภาพข้อมูลที่ได้จากการทดลองดังรูปที่ 7.8

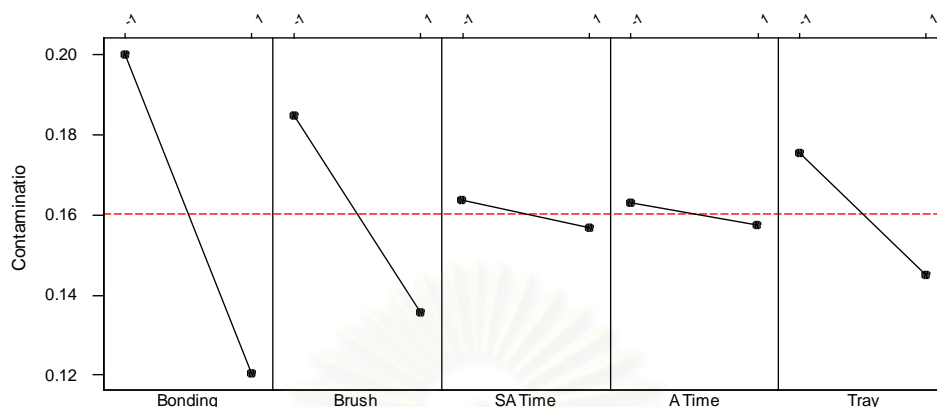


รูปที่ 7.4 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



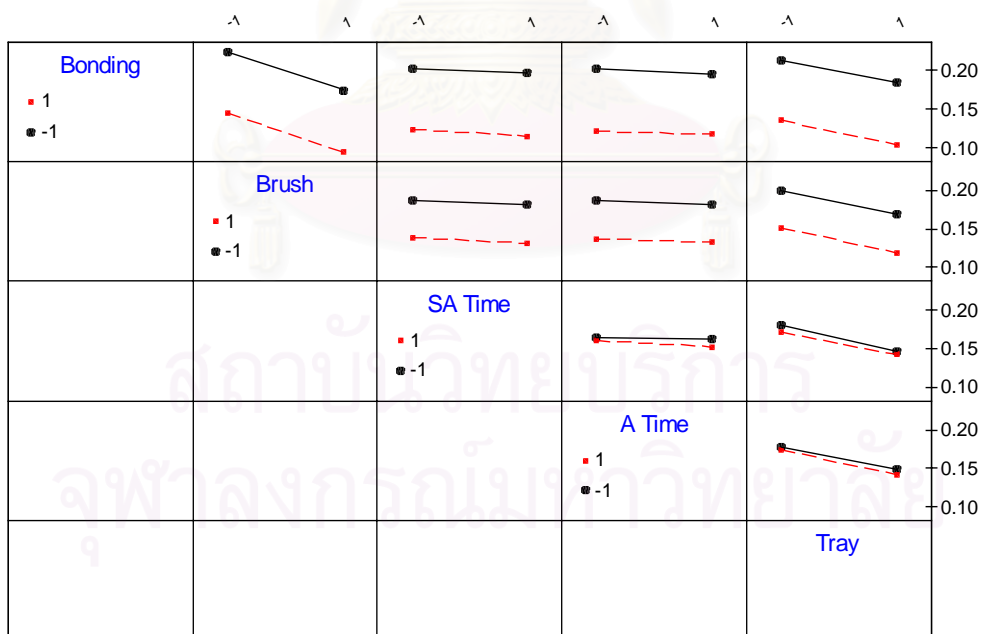
รูปที่ 7.5 แผนภูมิพารेटอ แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ

Main Effects Plot (data means) for Contaminatio



รูปที่ 7.6 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียเนื่องจากความสกปรกบนชิ้นงาน)

Interaction Plot (data means) for Contaminatio



รูปที่ 7.7 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (สัดส่วนของเสียเนื่องจากความสกปรกบนชิ้นงาน)

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม MINITAB สามารถแสดงผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองได้ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

Estimated Effects and Coefficients for Contamin (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	
Constant		0.16025	0.000832	192.69	0.000	
Bonding	-0.07990	-0.03995	0.000832	-48.04	0.000	
Brush	-0.04944	-0.02472	0.000832	-29.73	0.000	
SA Time	-0.00698	-0.00349	0.000832	-4.20	0.000	
A Time	-0.00537	-0.00269	0.000832	-3.23	0.003	
Tray	-0.03073	-0.01536	0.000832	-18.47	0.000	
Bonding*Brush	-0.00027	-0.00014	0.000832	-0.16	0.870	
Bonding*SA Time	-0.00210	-0.00105	0.000832	-1.26	0.216	
Bonding*A Time	0.00165	0.00082	0.000832	0.99	0.330	
Bonding*Tray	-0.00141	-0.00070	0.000832	-0.85	0.404	
Brush*SA Time	-0.00042	-0.00021	0.000832	-0.26	0.800	
Brush*A Time	0.00064	0.00032	0.000832	0.38	0.705	
Brush*Tray	-0.00175	-0.00088	0.000832	-1.06	0.299	
SA Time*A Time	-0.00282	-0.00141	0.000832	-1.70	0.099	
SA Time*Tray	0.00216	0.00108	0.000832	1.30	0.203	
A Time*Tray	-0.00136	-0.00068	0.000832	-0.82	0.418	
Bonding*Brush*SA Time	-0.00005	-0.00002	0.000832	-0.03	0.978	
Bonding*Brush*A Time	-0.00107	-0.00053	0.000832	-0.64	0.525	
Bonding*Brush*Tray	-0.00095	-0.00048	0.000832	-0.57	0.570	
Bonding*SA Time*A Time	-0.00080	-0.00040	0.000832	-0.48	0.632	
Bonding*SA Time*Tray	-0.00014	-0.00007	0.000832	-0.08	0.933	
Bonding*A Time*Tray	0.00008	0.00004	0.000832	0.05	0.963	
Brush*SA Time*A Time	-0.00253	-0.00126	0.000832	-1.52	0.139	
Brush*SA Time*Tray	0.00090	0.00045	0.000832	0.54	0.592	
Brush*A Time*Tray	-0.00109	-0.00054	0.000832	-0.65	0.518	
SA Time*A Time*Tray	-0.00313	-0.00156	0.000832	-1.88	0.069	
Bonding*Brush*SA Time* A Time	0.00279	0.00139	0.000832	1.68	0.103	
Bonding*Brush*SA Time*Tray	0.00118	0.00059	0.000832	0.71	0.484	
Bonding*Brush*A Time*Tray	-0.00077	-0.00038	0.000832	-0.46	0.647	
Bonding*SA Time*A Time* Tray	-0.00102	-0.00051	0.000832	-0.61	0.546	
Brush*SA Time*A Time*Tray	0.00136	0.00068	0.000832	0.82	0.421	
Bonding*Brush*SA Time* A Time*Tray	0.00229	0.00114	0.000832	1.38	0.179	
Analysis of Variance for Contamin (coded units)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	0.157604	0.157604	0.0315208	712.07	0.000
2-Way Interactions	10	0.000437	0.000437	0.0000437	0.99	0.473
3-Way Interactions	10	0.000334	0.000334	0.0000334	0.76	0.669
4-Way Interactions	5	0.000202	0.000202	0.0000404	0.91	0.485
5-Way Interactions	1	0.000084	0.000084	0.0000837	1.89	0.179
Residual Error	32	0.001417	0.001417	0.0000443		
Pure Error	32	0.001417	0.001417	0.0000443		
Total	63	0.160078				

ผลจากการออกแบบการทดลอง 2^5 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้ง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่า มีเฉพาะปัจจัยหลัก (Main Effect) 5 ปัจจัย มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง คือ ชนิดของ

วัสดุที่ใช้ในการ Bond ในกระบวนการ Bar Alignment ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง A-Prime และ การควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ส่วนอันตรกิริยา (Interaction Effect) ไม่มีต่อค่าตัวแปรตอบสนอง เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่า 0.05

สรุปเทอมของปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีผลต่อค่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน

- ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ Bond ในกระบวนการ Bar Alignment
- ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง A-Prime
- การควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime

7.10 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

เพื่อเป็นการวินิจฉัยความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญนี้ จะนำหลักการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Regression Analysis) มาช่วยในการวิเคราะห์ ดังนี้คือ

7.10.1 ตัวแบบถดถอย

จากข้อมูลที่ได้และผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน นำเทอมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 เทอม คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ Bond ในกระบวนการ Bar Alignment ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง A-Prime และ การควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime มาหาความสัมพันธ์เพื่อหาตัวแบบถดถอยของเทอมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญดังกล่าว ผลลัพธ์ของการใช้โปรแกรม MINITAB วิเคราะห์ตัวแบบถดถอยได้ผลดังนี้คือ

$$\text{Contamination} = 0.160 - 0.0399 \text{ Bonding} - 0.0247 \text{ Brush} - 0.00349 \text{ SA Time} - 0.00269 \text{ A Time} \\ - 0.0154 \text{ Tray}$$

โดยค่า Contamination คือตัวแปรตอบสนองในรูปของสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน

7.10.2 การทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอย

การทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแปรถดถอย โดยใช้หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 7.5

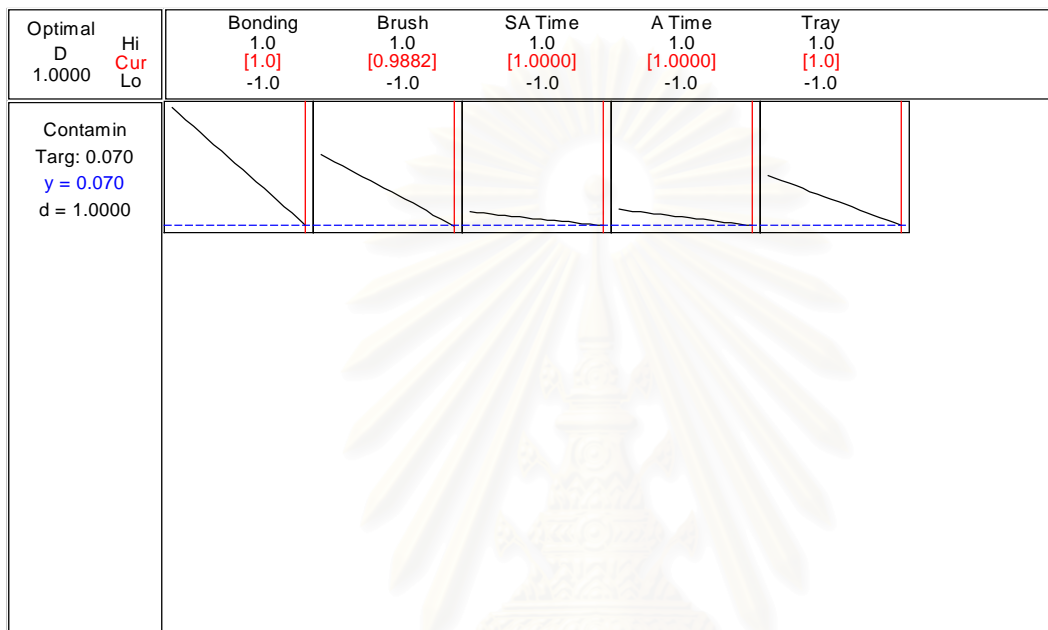
ตารางที่ 7.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแบบถดถอย

The regression equation is					
Contamination = 0.160 - 0.0399 Bonding - 0.0247 Brush - 0.00349 SA Time - 0.00269 A Time - 0.0154 Tray					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	0.160254	0.000816	196.30	0.000	
Bonding	-0.0399494	0.0008164	-48.93	0.000	
Brush	-0.0247218	0.0008164	-30.28	0.000	
SA Time	-0.0034923	0.0008164	-4.28	0.000	
A Time	-0.0026872	0.0008164	-3.29	0.002	
Tray	-0.0153628	0.0008164	-18.82	0.000	
S = 0.006531 R-Sq = 98.5% R-Sq(adj) = 98.3%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	0.157604	0.031521	738.97	0.000
Residual Error	58	0.002474	0.000043		
Total	63	0.160078			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแบบถดถอย พบว่าค่า P-Value ของตัวแบบถดถอยมีค่าน้อยกว่า 0.05 ถึงสรุปได้ว่าเทอมของตัวแปรอิสระภายในตัวแบบถดถอยมีความสามารถในการอธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นในตัวแปรตอบสนองได้ และจากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ หรือ $R^2(\text{adj})$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 98 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือความผันแปรจำนวน 98 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ ส่วนปริมาณความผันแปรที่เหลืออีก 18 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถอธิบายได้เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนโดยสาเหตุธรรมชาติ นั่นคือตัวแบบถดถอยนี้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่าง ๆ ตามที่ต้องการ

7.10.3 ค่าเงื่อนไขของปัจจัยที่เหมาะสมจากการทดลอง

จากตัวแบบถดถอยข้างต้น สามารถพยากรณ์หาระดับที่เหมาะสมของการปรับค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ค่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ต่ำที่สุด ซึ่งผลจากการวิเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 การวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

จากรูปที่ 7.8 สามารถสรุประดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 ตารางแสดงปัจจัยและการกำหนดค่าที่เหมาะสมของระดับ

ปัจจัย	การกำหนดค่าที่เหมาะสมของระดับ
ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment	กาว Loctite 480
ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash	Rounding Brush
ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime	230 วินาที
ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime	120 วินาที
การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงาน หลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime	ควบคุมความสะอาดของ Chip Tray

เมื่อพิจารณาทั้ง 5 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญพร้อมกันในการดำเนินการ พบว่า ค่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ต่ำที่สุดที่เหมาะสม คือ 0.07 เมื่อเปลี่ยนชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ Bond เป็น Wax ในกระบวนการ Bar Alignment เปลี่ยนชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash เป็น Rounding Brush เปลี่ยนระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime เป็น 230 วินาที เปลี่ยนระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง A-Prime เป็น 120 วินาที และ ทำการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime เพื่อให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองที่ต้องการ คือ ค่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ต่ำที่สุด

7.11 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการนี้ เป็นการนำปัจจัยนำเข้าจากขั้นตอนการวิเคราะห์ทั้ง 5 ปัจจัย มาทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสม โดยออกแบบการทดลองเป็น 2^5 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้ง จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยทั้งห้ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน โดยระดับที่เหมาะสมของปัจจัยจากการทดลองคือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ Bond เป็น Wax ในกระบวนการ Bar Alignment ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash เป็น Rounding Brush ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime เป็น 230 วินาที ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่อง A-Prime เป็น 120 วินาที และ ทำการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-Prime

บทที่ 8

การทดสอบยืนยันผล

8.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นการทดสอบเพื่อยืนยันผลสรุปของค่าของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัย จากบทที่ 7 โดยจะทำการปรับค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัยตามค่าที่ได้กำหนดไว้ เพื่อตรวจสอบว่าปริมาณของเสีย (DPPM) เป็นไปตามผลการทดลองหรือไม่

8.2 ขั้นตอนการทดสอบยืนยัน

8.2.1 จุดประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อที่จะศึกษาปริมาณของเสีย (DPPM) หลังจากปรับค่าปัจจัยนำเข้าทั้ง 5 ปัจจัย คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment, ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime, การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime ตามผลสรุปในบทที่ 7

8.2.2 การเตรียมการทดลอง

- จำนวนสิ่งตัวอย่าง จะทำการเก็บข้อมูลจากสิ่งตัวอย่างเป็นจำนวน 30 ล็อต (ปริมาณชิ้นงานเฉลี่ยต่อล็อต เท่ากับ 300 สไลด์เตอร์)
- ทำการทดลองที่สภาพการปฏิบัติงานจริงของการผลิต

8.2.3 ขั้นตอนในการทดลอง

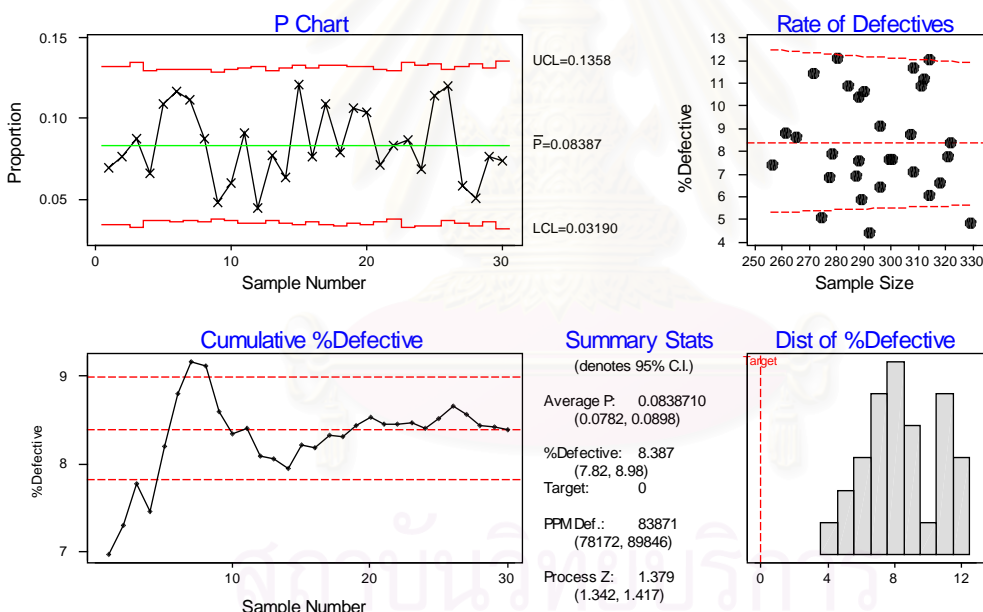
นำสิ่งตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ผ่านเข้ากระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์ (Slider Fabrication) ตามสภาพการปฏิบัติงานจริงของการผลิต และเก็บข้อมูลของค่าปริมาณของเสีย (DPPM) ของชิ้นงานจากกระบวนการผลิตที่ได้ปรับค่าปัจจัยนำเข้าทั้ง 5 ปัจจัยตามระดับที่ได้กำหนดไว้

ทำการทดลองและบันทึกผลตามแผนที่วางไว้ แล้วนำข้อมูลการมาใส่ในโปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ผล

8.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากข้อมูลการทดสอบที่ได้นำมาพล็อตกราฟเพื่อพิจารณาสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน พบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น (DPPM) มีค่าเท่ากับ 83,871 ดังแสดงในรูปที่ 8.1 เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น (DPPM) ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 245,153 จะเห็นได้ว่า ที่สภาวะของปัจจัยทั้ง 5 ดังการทดลอง สามารถที่จะลดสัดส่วนของเสีย (DPPM) ได้จริง ดังนั้น จึงใช้สภาวะทั้ง 5 ตามการทดลองในการใช้งานจริง เพื่อลดสัดส่วนของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน

Binomial Process Capability Report for C2



รูปที่ 8.1 แผนภาพการศึกษาความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

8.4 สรุปผลขั้นตอนการทดสอบยืนยัน

จากผลการทดสอบสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น (DPPM) มีค่าเท่ากับ 83,871 เพราะฉะนั้น สภาวะของปัจจัยทั้ง 5 คือ ใช้วัสดุ wax ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment, ใช้แปรงประเภท rounding brush ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime เท่ากับ 230 วินาที, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับ

เครื่อง A-Prime เท่ากับ 120 วินาที, มีวิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงาน หลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงในกระบวนการผลิต ทั้งนี้เพื่อให้สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน ลดลงจากเดิม

แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบนี้จะใช้เพียงเพื่อยืนยันถึงสภาวะการใช้งานของปัจจัยทั้ง 5 หลังการปรับปรุงว่าเหมาะสมหรือไม่ ในการศึกษาสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนดนั้น ต้องทำการศึกษาลงหลังจากการเก็บข้อมูล ในระยะเวลา 7 วัน ซึ่งจะเก็บข้อมูลหลังจากกำหนดแผนการควบคุมปัจจัยทั้ง 5 และนำไปใช้งานจริงแล้ว ดังจะกล่าวในรายละเอียดในบทต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 9

การควบคุมกระบวนการผลิต

9.1 บทนำ

การควบคุมกระบวนการผลิตที่จะกล่าวในบทนี้ เป็นขั้นตอนสุดท้ายในวิธีการ ชิกซ์ ชิคม่า เพื่อจุดประสงค์ในการตรวจสอบและควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ผล และได้ทดสอบเพื่อยืนยันผลการสรุปเรียบร้อยแล้ว ได้แก่ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment, ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime, การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime โดยการนำความรู้และเครื่องมือเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการมาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ

9.2 แผนการควบคุม

ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่พิจารณาในการกำหนดแผนการควบคุม ได้แก่ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment, ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime, การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime ซึ่งมีรายละเอียดของแผนการควบคุมในแต่ละปัจจัยดังนี้

9.2.1 ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment

จากขั้นตอนการปรับปรุงพบว่าวัสดุที่เหมาะสมสำหรับที่จะใช้ในการ bond ชิ้นงานเข้ากับฟลักเจอร์ในกระบวนการ bar alignment คือ wax ดังนั้นเพื่อที่จะควบคุมชนิดของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิตจึงมีการจัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ซึ่งจะอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการทำงานในส่วนของกระบวนการ bar alignment มีรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานดัง ภาคผนวก ข

9.2.2 ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash

จากขั้นตอนการปรับปรุงพบว่าชนิดของแปรงที่เหมาะสมสำหรับใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash คือ Rounding brush ดังนั้นเพื่อที่จะควบคุมชนิดของแปรงที่จะใช้ในกระบวนการผลิตจึงมีการจัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ซึ่งจะอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการทำงานในส่วนของกระบวนการ Prewash มีรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานดัง ภาคผนวก ค

9.2.3 ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime

เนื่องจากระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime สามารถที่จะปรับตั้งได้ที่ตัวเครื่องล่าง SA-Prime ดังนั้นค่าระยะเวลานี้ไม่จำเป็นต้องประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมใด ๆ ในการควบคุมค่าให้เป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งในปัจจุบันแผนการตรวจสอบระยะเวลาในการอบชิ้นงานให้แห้ง จะกระทำโดยให้ช่างที่ดูแลกระบวนการทำการตรวจสอบค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานที่เครื่องล่าง SA-Prime และทำการบันทึกลงในใบตรวจสอบ แสดงดังรูปที่ 9.1 โดยมีความถี่ 8 ชั่วโมงต่อครั้ง

แผนการควบคุมระยะเวลาเวลาในการอบแห้งชิ้นงานสำหรับเครื่องล่าง SA-Prime หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต จะกำหนดค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานสำหรับเครื่องล่าง SA-Prime ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองจาก 200 วินาที เป็น 230 วินาที ไว้ในเอกสารที่ใช้อ้างอิงเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับข้อแนะนำในการปฏิบัติงานว่าด้วยการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-Prime และกำหนดให้ทำการตรวจสอบค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานที่เครื่องล่าง SA-Prime และทำการบันทึกลงในใบตรวจสอบด้วยความถี่ 8 ชั่วโมงต่อครั้ง

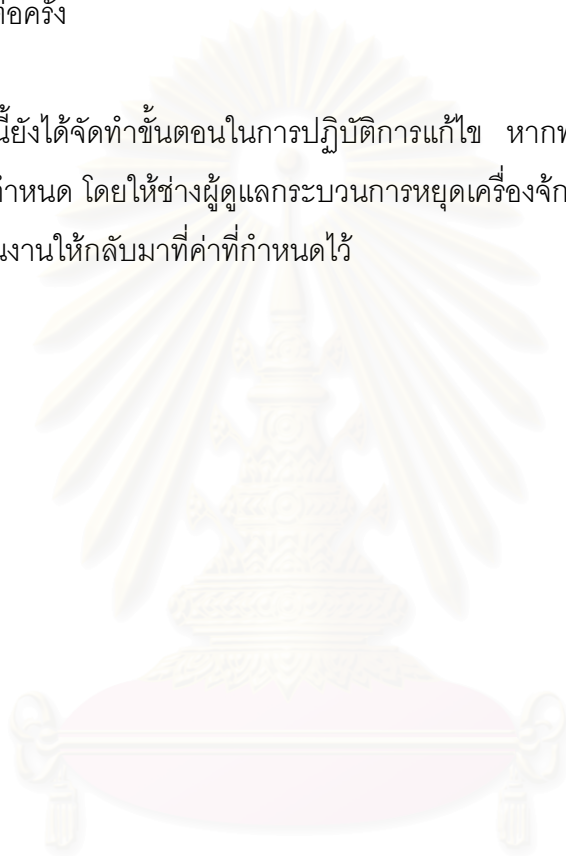
นอกจากนี้ยังได้จัดทำขั้นตอนในการปฏิบัติการแก้ไข หากพบว่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานไม่เป็นไปตามค่าที่กำหนด โดยให้ช่างผู้ดูแลกระบวนการหยุดเครื่องจักรนั้นทันที และทำการแก้ไขค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานให้กลับมาที่ค่าที่กำหนดไว้

9.2.4 เวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime

เนื่องจากระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime สามารถที่จะปรับตั้งได้ที่ตัวเครื่องล่าง A-Prime ดังนั้นค่าระยะเวลานี้ไม่จำเป็นต้องประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมใด ๆ ในการควบคุมค่าให้เป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งในปัจจุบันแผนการตรวจสอบระยะเวลาในการอบชิ้นงานให้แห้ง จะกระทำโดยให้ช่างที่ดูแลกระบวนการทำการตรวจสอบค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานที่เครื่องล่าง A-Prime และทำการบันทึกลงในใบตรวจสอบ แสดงดังรูปที่ 9.2 โดยมีความถี่ 8 ชั่วโมงต่อครั้ง

แผนการควบคุมระยะเวลาเวลาในการอบแห้งชิ้นงานสำหรับเครื่องล้าง A-Prime หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต จะกำหนดค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานสำหรับเครื่องล้าง SA-Prime ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองจาก 90 วินาที เป็น 120 วินาที ไว้ในเอกสารที่ใช้อ้างอิงเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับข้อแนะนำในการปฏิบัติงานว่าด้วยการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime และกำหนดให้ทำการตรวจสอบค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานที่เครื่องล้าง A-Prime และทำการบันทึกลงในใบตรวจสอบด้วยความถี่ 8 ชั่วโมงต่อครั้ง

นอกจากนี้ยังได้จัดทำขั้นตอนในการปฏิบัติการแก้ไข หากพบว่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานไม่เป็นไปตามค่าที่กำหนด โดยให้ช่างผู้ดูแลกระบวนการหยุดเครื่องจักรนั้นทันที และทำการแก้ไขค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานให้กลับมามีค่าที่กำหนดไว้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9.2.5 การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime

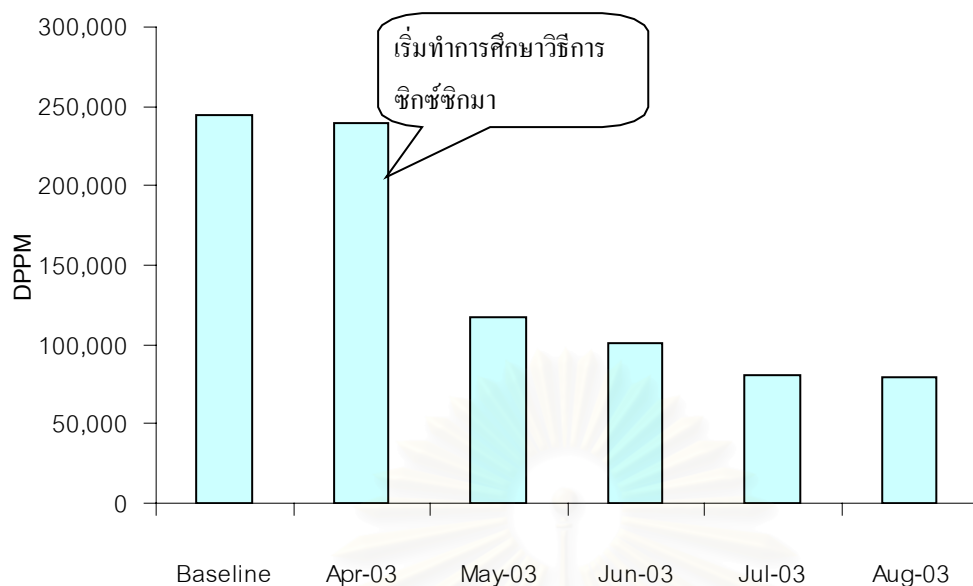
จากขั้นตอนการปรับปรุงพบว่าหากมีการควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime แล้วจะทำให้สัดส่วนของของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานลดลง ดังนั้นเพื่อที่จะควบคุมให้ฝ่ายผลิตปฏิบัติตามวิธีการการควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime ที่ถูกต้องจึงมีการจัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ซึ่งจะอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการทำงานในส่วนของขั้นตอนการควบคุมความสะอาดของ Chip tray หลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime ซึ่งขั้นตอนการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray แสดงดังรูปที่ 9.3

9.3 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

9.3.1 กราฟสัดส่วนของเสีย

เมื่อทำการศึกษาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการปรับปรุงคุณภาพแบบซิกซ์ซิกมา พบว่าสัดส่วนข้อบกพร่องมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งปัญหาส่วนหนึ่งของการลดข้อบกพร่องที่จะต้องทำเป็นมาตรฐานคือการจัดทำวิธีการทำงานให้เป็นเอกสารเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติงานที่สามารถอ้างอิงได้ และ มีการจัดฝึกอบรมพนักงานให้รู้ถึงวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

จากการนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหแบบซิกซ์ซิกมา สัดส่วนของเสียหลังกระบวนการปรับปรุงสามารถแสดงได้ตามแผนภูมิแท่งรูปที่ 9.3



รูปที่ 9.3 แสดงภาพสัดส่วนของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง

จากกราฟแท่งแสดงปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นแยกเป็นแต่ละเดือนก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่าปริมาณของเสียลดลงจากเดิมในเดือน สิงหาคม 2546 โดยปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 79,083 DPPM และหากเปรียบเทียบกับค่าของเสียก่อนการทดลองที่ได้จากข้อมูลในเดือน ธันวาคม 2545 (Baseline) ปริมาณของเสียลดลงจากเดิมประมาณ 166,070 DPPM

เมื่อทำการศึกษาค่าคะแนนมาตรฐาน (Z score) หรือค่า σ level พบว่าค่า σ level มีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า σ เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง

เวลา	DPPM	ประสิทธิภาพการผลิต	Short term σ level	Long term σ level
ก่อนปรับปรุง (Baseline)	245,153	0.2451	0.690	2.190
เม.ย. 2546	240,112	0.2401	0.706	2.206
พ.ค. 2546	117,853	0.1179	1.186	2.686
มิ.ย. 2546	101,353	0.1013	1.274	2.774
ก.ค. 2546	81,138	0.0811	1.397	2.897
ส.ค. 2546	79,083	0.0791	1.410	2.910

ตัวอย่างการคำนวณ σ level ก่อนการปรับปรุง

ของเสียที่ตรวจพบก่อนการปรับปรุง	=	245,153 DPPM หรือเท่ากับ 0.2451
ประสิทธิภาพในการผลิตมีค่าเท่ากับ	=	1 - 0.2451 = 0.7549
เปิดตาราง Z จะได้ค่า σ short term	=	0.690
คำนวณค่า σ long term	=	0.690 + 1.5 = 2.190

ตัวอย่างการคำนวณ σ level หลังการปรับปรุง

ของเสียที่ตรวจพบก่อนการปรับปรุง	=	79,083 DPPM หรือเท่ากับ 0.0791
ประสิทธิภาพในการผลิตมีค่าเท่ากับ	=	1 - 0.0791 = 0.9209
เปิดตาราง Z จะได้ค่า σ short term	=	1.410
คำนวณค่า σ long term	=	1.410 + 1.5 = 2.910

กล่าวคือ ค่า σ level ก่อนการปรับปรุงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ยาวมีค่าอยู่ที่ 2.190 และเมื่อมีการปรับปรุงค่า σ level หลังการปรับปรุงสามารถคำนวณได้โดยอยู่ที่ระดับ 2.910

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9.4 ความสูญเสียที่สามารถลดได้

ในเชิงการจัดการจะพิจารณาผลของการปรับปรุงในรูปของหน่วยวัดทางการเงินที่สามารถประหยัด
 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 แสดงการวิเคราะห์ทางการเงินหลังจากดำเนินการคุณภาพซิกซ์ซิกมา

หัวข้อ	Apr-03	May-03	Jun-03	Jul-03	Aug-03	Sep-03	Total
ปริมาณการผลิต (unit)	1546210	1593200	1550000	1832021	1870298	1842021	10233750
เกณฑ์ของเสียปัจจุบัน (Baseline (%))	24.515	24.515	24.515	24.515	24.515	24.515	24.515
ค่าประมาณของการปรับปรุงข้อบกพร่อง (Forecast Yield (%))	24.011	11.785	10.135	8.114	7.908	8.007	11.337
ผลที่ได้รับ Gain (%)	0.504	12.73	14.38	16.401	16.607	16.508	13.178
ผลที่ได้รับในเชิงผลผลิต (unit)	7792	202814	222890	300469	310600	304080	1348648
ค่าใช้จ่ายที่ลดลงสำหรับการ rework (rework cost = 0.006\$/unit)	46.75	1216.88	1337.34	1802.81	1863.60	1824.48	8091.89

จากตารางแสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนหลังทำการปรับปรุงกระบวนการการผลิตสามารถลด
 ความสูญเสียเนื่องจากการ rework ขึ้นงานได้ทั้งสิ้น \$ 8,091 และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการลดความ
 สูญเสียมีค่าเท่ากับ 54 เปอร์เซ็นต์

9.5 สรุปการควบคุมกระบวนการผลิต

จากผลการทดสอบยืนยันผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่าสามารถกำหนดค่าของปัจจัยที่ได้จากการ
 หาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมและทำการควบคุมปัจจัยโดยการออกเอกสารควบคุมการปฏิบัติงาน (Work
 Instruction) เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง สำหรับกระบวนการ bar alignment ซึ่งมีการ
 เปลี่ยนชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond จากกาว loctite 480 เป็น wax, กระบวนการขัดชิ้นงาน prewash ซึ่ง
 มีการเปลี่ยนประเภทของแปรงจากแปรง rod brush เป็นแปรง rounding brush และ กระบวนการควบคุม
 ความสะอาดของ chip tray ที่ใช้หลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่องล้าง A-prime และได้มีการกำหนด
 แผนการควบคุมสำหรับระยะเวลาในอบแห้งชิ้นงานสำหรับเครื่องล้าง SA-Prime และ A-prime โดยการให้

ช่างผู้รับผิดชอบทำการตรวจสอบค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานให้อยู่ในค่าที่กำหนดทุก ๆ 8 ชม. และ
ใช้ใบตรวจสอบเพื่อบันทึกข้อมูลของค่าระยะเวลาในการอบชิ้นงานของเครื่องล้าง SA-prime และ A-prime
ที่ได้

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นปริมาณของเสียลดลงจากเดิมในเดือน สิงหาคม 2546 โดย
ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 79,083 DPPM และหากเปรียบเทียบกับค่าของเสียก่อนการทดลองที่
ได้จากข้อมูลในเดือน ธันวาคม 2545 (Baseline) ปริมาณของเสียลดลงจากเดิมประมาณ 166,070 DPPM
วิเคราะห์ หากทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนหลังทำการปรับปรุงกระบวนการการผลิตในรูปของหน่วยวัดทาง
การเงินสามารถลดความสูญเสียเนื่องจากการ rework ชิ้นงานได้ทั้งสิ้น \$ 8,091 หรือคิดเป็น 54
เปอร์เซ็นต์ของความสูญเสียที่สามารถลดได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 10

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

10.1 บทนำ

จากงานการวิจัยดังกล่าว ซึ่งได้เสนอแนะแนวทางในการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีทางซิกซ์ ซิกม่าทั้ง 5 ขั้นตอนนั้นคือ ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Defind phase), ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measurement phase), ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analysis phase), ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement phase), และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control phase) เพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียอันเนื่องมาจากcrapสกปรกบนชิ้นงาน การลดการเกิดcrapสกปรกบนหัวอ่าน-เขียน สำหรับคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากหากเกิดcrapสกปรกบนหัวอ่าน-เขียน จะส่งผลทำให้เกิดการชุดขีดบนแผ่นดิสก์ขณะทำการอ่าน หรือ เขียนข้อมูลทำให้เกิดการผิดพลาดของการอ่านเขียนข้อมูลเกิดขึ้น

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถที่จะลดปริมาณของเสียเนื่องจากcrapสกปรกบนชิ้นงานให้เหลือประมาณ 79,083 DPPM และสามารถประมาณค่าความสูญเสียที่ลดลงได้เท่ากับ \$ 8,091 โดยคิดเทียบจากปริมาณการผลิตที่บริษัทตัวอย่างพยากรณ์ไว้ตั้งแต่เดือน เมษายน 2546 จนถึงเดือน กันยายน 2546 ซึ่งมีรายละเอียดดังบทสรุปผลการวิจัยในแต่ละขั้นตอนตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่าดังนี้คือ

10.2 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานี้ จะเป็นขั้นตอนแรกที่จะวิเคราะห์เพื่อกลั่นกรองถึงแหล่งที่มาของความผันแปรในกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน ที่มีผลค่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากcrapสกปรกบนชิ้นงาน โดยเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและหลักการทางสถิติที่นำมาใช้มีดังนี้คือ

- แผนภาพกระบวนการผลิต
- การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด
- การทดลองเพื่อจัดลำดับค่าความผันแปรของกระบวนการ
- ฮีสโตแกรม
- การวิเคราะห์ปัญหาด้วย Cause and Effect Matrix

- การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)
- แผนภูมิพาเรโต

เมื่อได้ศึกษากระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียน เพื่อประกันว่าข้อมูลจากการทดลองที่นำมาทำการวิเคราะห์มีความถูกต้อง จึงจำเป็นต้องศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน เครื่องมือวัดสำหรับคราบสกปรกบนหัวอ่านเขียนใช้วิธีการของการตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านกล้องกำลังขยายสูง 100 เท่า

หลังจากได้ศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดพบว่า พนักงานทุกคนมีความสามารถในการตรวจสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีทะบิลิตีของพนักงานตรวจสอบ (%appraiser score) เปอร์เซนต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score) เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพด้านรีพีทะบิลิตีของการตรวจสอบ (%attribute screen effect score) และประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 100% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นสรุปว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้ จากนั้นได้ทำการระดมความคิดจากสมาชิกเพื่อแจกแจงปัจจัยที่สำคัญที่กระบวนการประกอบผลิตหัวอ่าน-เขียน ซึ่งจากการระดมความคิดโดยใช้แผนภาพอิชิกาวาช่วยในการพิจารณาได้จำนวนปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งสิ้น 43 ปัจจัย และเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยเหล่านี้ด้วย Cause and Effect Matrix ทำให้สามารถที่จะกลั่นกรองปัจจัยจาก 43 ปัจจัย ให้เหลือ 19 ปัจจัย และสุดท้ายวิเคราะห์ด้วย FMEA สามารถที่จะเลือกปัจจัยนำเข้าไปที่สำคัญได้ทั้งสิ้น 9 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยที่มีแนวโน้มของผลกระทบต่อการศึกษาของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานได้แก่ วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray (หลัง A-prime) ใช้วัสดุในการ Bond ผิดประเภท (กาว Loctite 480) น้ำยาในการ Debond เสื่อมสภาพ เวลาการ Dry ในเครื่อง SA-Prime เวลาการ Dry ในเครื่อง A-Prime ชนิดแปรงในเครื่อง Prewash ไม่เหมาะสม อุณหภูมิการ dry ในเครื่อง A-Prime อุณหภูมิการ Dry ในเครื่อง SA-Prime และ ความแรงของอุตราโซนิกในเครื่อง SA-Prime

10.3 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานี้จะวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าไปที่สำคัญทั้ง 9 ปัจจัยที่ได้จากการคัดเลือกในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ซึ่งหลักการทางสถิติที่นำมาใช้เพื่อทำการตัดสินใจว่าปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือไม่ คือ การทดสอบความมีนัยสำคัญของ Two Proportions

จากผลการทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าไปที่สำคัญทั้ง 9 ปัจจัยพบว่ามีอยู่เพียง 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ

- ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment
- ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงาน ในกระบวนการ Prewash
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime
- การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime

ส่วนปัจจัยอื่น ๆ อีก 4 ปัจจัย ได้แก่ อายุการใช้งานของน้ำยา NMP ที่ใช้ในการ Debond (1 รอบ/2 รอบ/3 รอบ) ระดับความแรงของอุตราโซนิกที่ใช้สำหรับเครื่องล้างงาน SA Prime คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้าง SA-Prime และ คุณหมุมิสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งที่ใช้สำหรับเครื่องล้าง A-Prime ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณของเสียเนื่องจากตรวจสอบกระบวนการที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นขั้นตอนต่อไปคือการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ จึงพิจารณานำปัจจัยทั้งห้าปัจจัยดังกล่าวที่มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณของเสียเนื่องจากตรวจสอบกระบวนการ ไปทำการออกแบบการทดลองเพื่อความสัมพันธ์เชิงผันแปรระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญนี้และสัดส่วนของเสียเนื่องจากตรวจสอบกระบวนการ และกำหนดสถานะของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สัดส่วนของเสียเนื่องจากตรวจสอบกระบวนการมีค่าต่ำที่สุด

10.4 บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของสัดส่วนของเสียเนื่องจากตรวจสอบกระบวนการ ในสถานะค่าต่าง ๆ ของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัย และจะพิจารณาสถานะของปัจจัยทั้งห้า คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment, ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงาน ในกระบวนการ Prewash, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน SA-Prime, ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้งสำหรับเครื่องล้างงาน A-Prime และ การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime ที่ทำให้ค่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากตรวจสอบกระบวนการมีค่าต่ำที่สุด ด้วยหลักการทางสถิติที่นำมาใช้คือการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยการออกแบบการทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียล

ผลจากการทดลองเพื่อการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัย พบว่าปัจจัยทั้งห้ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากตรวจสอบกระบวนการ ส่วนอิทธิพลร่วมไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสียเนื่องจากตรวจสอบกระบวนการ โดยระดับที่เหมาะสมในการใช้งานของปัจจัยนำเข้า คือ

- ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment คือ กาว Loctite 480

- ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash คือ Rounding Brush
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime เท่ากับ 230 วินาที
- ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime เท่ากับ 120 วินาที
- การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime คือ จะต้องมีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray

10.5 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต

การพิจารณาลักษณะของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัย เพื่อเลือกระบบการควบคุมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบและกำหนดแผนการแก้ไขและป้องกันเมื่อปัจจัยเหล่านี้เกิดสภาวะออกนอกการควบคุมซึ่งแนวความคิดในการกำหนดระบบการควบคุมสำหรับแต่ละปัจจัยเป็นดังนี้คือ

10.5.1 เปลี่ยนชนิดของวัสดุที่ใช้ในการ bond ในกระบวนการ bar alignment เป็น กาว Loctite 480

แผนการควบคุมที่กำหนดขึ้นคือ การจัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ซึ่งจะอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการทำงานในส่วนของ การ Bond ชิ้นงานด้วย Wax ในกระบวนการ bar alignment

10.5.2 เปลี่ยนชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash เป็น Rounding Brush

แผนการควบคุมที่กำหนดขึ้นคือ การผลิตจึงมีการจัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ซึ่งจะอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการทำงานเกี่ยวกับการขัดชิ้นงานด้วยแปรง Rounding Brush ในส่วนของกระบวนการ Prewash

10.5.3 ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง SA-Prime เท่ากับ 230 วินาที

แผนการควบคุมที่กำหนดขึ้นคือ กำหนดค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานสำหรับเครื่องล้าง SA-Prime ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองจาก 200 วินาที เป็น 230 วินาที ไว้ในเอกสารที่ใช้อ้างอิงเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับข้อแนะนำในการปฏิบัติงานว่าด้วยการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง SA-prime และกำหนดให้ทำการตรวจสอบค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานที่เครื่องล้าง SA-Prime และทำการบันทึกลงในใบตรวจสอบด้วยความถี่ 8 ชั่วโมงต่อครั้ง

10.5.4 ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง สำหรับเครื่อง A-Prime เท่ากับ 120 วินาที

แผนการควบคุมที่กำหนดขึ้นคือ กำหนดค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานสำหรับเครื่องล้าง SA-Prime ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองจาก 90 วินาที เป็น 120 วินาที ไว้ในเอกสารที่ใช้อ้างอิงเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับข้อแนะนำในการปฏิบัติงานว่าด้วยการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime และกำหนดให้ทำการตรวจสอบค่าระยะเวลาในการอบแห้งชิ้นงานที่เครื่องล้าง A-Prime และทำการบันทึกลงในใบตรวจสอบด้วยความถี่ 8 ชั่วโมงต่อครั้ง

10.5.5 การควบคุมความสะอาดของ Chip tray สำหรับใส่ชิ้นงานหลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime คือ จะต้องมีการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray

แผนการควบคุมที่กำหนดขึ้นคือ การจัดทำเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ซึ่งจะอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการทำงานในส่วนของการควบคุมความสะอาดของ Chip tray หลังกระบวนการล้างชิ้นงานด้วยเครื่อง A-prime

10.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย

10.6.1 เนื่องจากวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง จะใช้วัตถุดิบคุณภาพเดียวกันกับการผลิตงานจริง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมจำนวนงานที่นำมาใช้ในการทดลอง เพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายในการทดลองให้มีค่าต่ำที่สุด

10.6.2 เนื่องจากตัวแปรสนองคือของเสียเนื่องจากคราบสกปรกบนชิ้นงาน เป็นข้อมูลแบบจำนวนนับ (Attribute Data) ดังนั้นวิธีทางสถิติที่สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีน้อย ไม่มีความหลากหลายในการวิเคราะห์ข้อมูล

10.7 ข้อเสนอแนะ

10.7.1 ในการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดจำนวนของเสียโดยการประยุกต์วิธีการซิกซ์ซิกม่า นั้นสามารถที่ปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นจากการปรับปรุงครั้งแรกได้อีก โดยสามารถพิจารณาปรับปรุงและทำการวิเคราะห์ตัวแปรตอบสนอง หรือผลลัพธ์ของกระบวนการอื่น ๆ ได้อีก

10.7.2 จากขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการได้ศึกษาปัจจัยที่ 2 ระดับของปัจจัยระยะเวลาในการอบแห้งสำหรับเครื่อง SA-Prime และ A-Prime และสามารถหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่ระดับสูง คือ การเพิ่มเวลาในการอบแห้ง ซึ่งการเพิ่มเวลาก่อให้เกิดรอบเวลาในกระบวนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นสามารถที่จะปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นจากการศึกษาที่ระดับระหว่าง 2 ระดับปัจจัยที่เคยศึกษามาแล้ว เพื่อลดเวลารอบเวลาในกระบวนการผลิตแต่ทำให้จำนวนของเสียเท่าเดิม

10.7.3 ในการประยุกต์ใช้วิธีการตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า นั้น ทุกคนในองค์กรจำเป็นต้องมีการพัฒนาทักษะความรู้ความสามารถไปพร้อม ๆ กัน ตั้งแต่พนักงานระดับปฏิบัติการไปจนถึงผู้บริหารระดับสูง เพื่อที่จะสามารถทำให้การดำเนินแก้ไขปรับปรุงปัญหาต่าง ๆ ของกระบวนการมีความสอดคล้องกันไป

10.7.4 สำหรับการปรับปรุงกระบวนการหรือคุณภาพขององค์กรที่ต้องการพัฒนาและปรับปรุงองค์กรแบบก้าวกระโดด โดยการประยุกต์ใช้วิธีการตามแนวทางของ ซิกซ์ ซิกม่านั้น ผู้บริหารขององค์กรจำเป็นต้องเป็นผู้นำและให้การสนับสนุนให้บุคลากรในองค์กรนั้นมีความเข้าใจและมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า จึงจะช่วยให้การพัฒนาเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ รวมไปถึงการกระตุ้นทางตรงและทางอ้อมที่จะสนับสนุนให้บุคลากรขององค์กรนั้นมีความร่วมมือและมีทัศนคติที่ดีต่อการปรับปรุงและพัฒนา มิฉะนั้นแล้วการนำวิธีการตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า เข้ามาใช้ในองค์กร อาจไม่ประสบความสำเร็จและอาจจะเกิดเป็นผลเสียต่อองค์กรต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2544
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2 พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
- ชาญชัย บวรโชคชัย. การลดของเสียแขนงจับหัวอ่านด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกมา กรณีศึกษากระบวนการผลิตแขนงจับหัวอ่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545
- ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทเอ็มแอนด์อี จำกัด, 2538
- ธนากร เกียรติบรรลือ, "FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต", วารสาร Industrial Technology Review, ฉบับที่ 73, กรกฎาคม 2543, หน้า 101-105
- นวลพรรณ ใจงาม. การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542
- บุญสม อัครกุล. การปรับปรุงการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในโรงงานผลิตคอมพิวเตอร์ดีเย็น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539
- พิสิทธิ์ เจริญกิจวิวัฒน์. การปรับปรุงคุณภาพสินค้าสำหรับลูกค้าในกรณีศึกษาของโรงงานประกอบแผงต่อสายเครื่องควบคุมไฟฟ้าและขั้วต่อปลายไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541
- วีรพจน์ เหล่าไพริวิหาร. การปรับปรุงผลิตภาพโดยใช้ระบบ SIX SIGMA ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ กรณีศึกษา : บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด. สารนิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.
- อิโตชิ คูเมะ. วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ แปลโดย วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542

ภาษาอังกฤษ

Coronado, R.B., and Antony, J., Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations (2002)

Eckes. G., The Six Sigma Revolution (How General Electric and Other Turned Process Into Profits). 2001.

Forrest, W. B. Implementing Six Sigma Smarter Solution Using Statistical Methods, John, W. and Son., 1999.

Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiment. 4 th ed. USA. : John Wiley and Sons, 1997.

Montgomery, D.C., and Runger, G.C. Applied Statistic and Probablility for Engineers. USA. : John Wiley and Sons, 1994.

Pyzdek, T., The Six Sigma Handbook (A completes, Blackbelts, & Managers At All Levels). 1999.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ตารางที่ ก.1 ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 Cause and Effect Matrix

RATING OF IMPORTANCE OF CUSTOMER			Team									10	
Item	Six Area Causes	Process Input Variables	PM	PS	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	QA	Total	Total*10	
1	Measurement	ระยะไฟก๊ส	1	0	0	0	0	0	1	0	2	20	
2		ความสะอาดของเลนส์	2	0	1	1	1	2	2	2	11	110	
3		รีพีทหะบิลิตี้และวีโปรดิวิบิลิตี้ของพนักงานตรวจงาน	2	2	3	1	3	3	3	2	19	190	
4		กำลังขยายของเลนส์	2	1	1	0	1	2	1	1	9	90	
5	Material	ใช้วัสดุในการbond ผิดประเภท (loctite 480)	10	10	9	9	8	10	11	11	78	780	
6		คุณภาพกาวไม่คงที่	ความหนืด	8	8	10	8	9	9	8	9	69	690
7			ความแข็งตัว	9	9	10	8	8	10	8	9	71	710
8		Tray เสื่อมสภาพ		1	2	2	0	1	1	2	2	11	110
9		ใช้น้ำยาในการล้างหัวอ่านเขียนไม่เหมาะสม		2	1	2	2	3	1	1	2	14	140
10		น้ำยาในการ debond (NMP) เสื่อมสภาพ		9	9	8	8	8	10	9	9	70	700
11	Man	Handling	6	8	7	7	7	8	8	7	58	580	
12		พนักงานไม่ทำงานตามวิธีการที่กำหนด	2	1	1	0	1	2	1	1	9	90	
13		พนักงานไม่เปลี่ยน smock/ถุงมือ ตามเวลาที่กำหนด	2	2	3	1	2	2	3	1	16	160	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) Cause and Effect Matrix

RATING OF IMPORTANCE OF CUSTOMER				Team								10	
Item	Six Area Causes	Process Input Variables		PM	PS	PE1	E2	PE3	PE4	PE5	QA	Total	Total*10
14	Method	วิธีการหยอดกาว	ความเร็วของแกน	10	9	9	8	7	8	8	9	68	680
15			ความดัน	8	8	9	9	10	8	8	7	67	670
16		วิธีการ debond	ปริมาณในการ debond ต่อครั้ง	2	2	3	3	1	1	2	2	16	160
17			รอบการ rinse DI	3	3	4	2	2	4	2	1	21	210
18			การ soak NMP	2	2	1	3	2	3	1	0	14	140
19			เวลาในการจุ่ม IPA	2	1	1	2	1	2	1	2	12	120
20			อุณหภูมิ IPA	2	2	1	1	1	2	2	3	14	140
21			เวลาในการ dry	8	8	9	8	7	7	9	9	65	650
22		วิธีการล้างงาน (SA-prime)	การ soak NMP/Acetone	4	5	7	5	5	6	7	6	45	450
23			อุณหภูมิ	8	8	7	7	7	8	8	9	62	620
24			วิธีการวาง tray	3	3	2	2	3	3	3	3	22	220
25			อุณหภูมิ NMP/Acetone	3	3	2	4	2	2	3	1	20	200
26			เวลาในการ dry	9	8	10	8	7	7	9	8	66	660
27			อุณหภูมิการ dry	8	7	9	8	6	7	9	7	61	610

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) Cause and Effect Matrix

RATING OF IMPORTANCE OF CUSTOMER				Team								10		
Item	Six Area Causes	Process Input Variables		PM	PS	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	QA	Total	Total*10	
28	Method	วิธีการล้างงาน (A-prime)	การ soak Acetone	2	2	3	3	1	3	3	1	18	180	
29			คุณสมบัติชิป	8	8	7	7	7	8	8	9	62	620	
30			วิธีการวาง tray	2	2	3	3	1	1	2	2	16	160	
31			อุณหภูมิ NMP/Acetone	3	3	2	2	2	3	3	3	21	210	
32			เวลาในการ dry	8	8	7	7	8	8	8	9	63	630	
33			อุณหภูมิการ dry	7	7	7	6	8	7	7	7	56	560	
34			วิธีการตรวจสอบคุณภาพการ		5	5	6	4	5	4	5	6	40	400
35			วิธีการขัดงาน		6	7	8	6	8	8	7	6	56	560
36			วิธีการควบคุมความสะอาดของ Chip tray (หลัง A-prime)		6	6	7	6	7	7	6	7	52	520
37	Machine	เครื่องหยอดกาว : เสื่อมสภาพ		3	3	4	2	2	3	3	2	22	220	
38		เครื่อง prewash : ชนิดแปรงไม่เหมาะสม		9	10	9	8	8	8	8	9	69	690	
39		เครื่องช่วยจับ(Tweezer): สึกหรือ,สกปรก		3	3	3	2	2	2	3	3	21	210	
40		ปากกาสำหรับ bar alignment : สึกหรือ, สกปรก		2	2	1	3	3	2	2	1	16	160	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) Cause and Effect Matrix

RATING OF IMPORTANCE OF CUSTOMER			Team										10
Item	Six Area Causes	Process Input Variables	PM	PS	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	QA	Total	Total*10	
41	Environment	ความชื้น	1	2	0	1	1	2	0	1	8	80	
42		อุณหภูมิ	2	1	0	1	1	0	2	1	8	80	
43		ฝุ่นละอองในอากาศ	3	3	3	2	2	3	3	3	22	220	
TOTAL			198	194	201	178	179	197	200	193	1540	15430	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการ Wax bonding (Work Instruction No. 15-0015-00)

กระบวนการ Wax Bonding ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมงาน

1.1 การเตรียมงานบน Horizontal Tray

- 1.1.1 รับงานก่อนเข้า Process งานจะอยู่ที่ vertical tray โดยให้ด้าน Slider number ตั้งขึ้น
- 1.1.2 ทำการตรวจสอบว่างานต้องตรงกับใบ Traveler โดยตรวจสอบ Number ของ Bar ภายใต้กล้อง low power
- 1.1.3 ใช้ Tweezer หยิบงานเพื่อจัดลำดับงาน
- 1.1.4 ใช้ Low Power scope ตรวจสอบและทำการจัดเรียง bar ใน vertical tray จะต้องเห็นว่า bar ไม่มี lot อื่นปะปนมาด้วย.

หมายเหตุ : ทำการจดบันทึก lot no และ information ลงใน check sheet หลังตรวจสอบใต้กล้อง Low power เสร็จแล้ว

- 1.1.5 ใช้ vacuum pen ย้าย bar จาก vertical tray ไปไว้ที่ horizontal tray (ใช้ tweezers ถ้าจำเป็นในบางบาร์ รวมถึง บาร์สั้นและบาร์หัก) โดยด้าน depo จะอยู่ด้านตรงข้าม เมื่อมองจากทางที่ tray มีมุมตัด และด้าน backsideจะหงายขึ้น

หมายเหตุ : สำหรับ Roun & C wafer ตำแหน่งการ bond งานและลำดับของ bar อ้างอิงจาก bar align mapping ใน PT

- 1.1.6 ในตำแหน่งที่มี Bar จริงหาย ห้ามเลื่อน bar ถัดไปขึ้นไปแทนที่
- 1.1.7 ทำการตัด Reject 14C defect code ในตำแหน่งที่มี Bar หายลงใน Wafer Map ของ Traveler
- 1.1.8 ทำการ Reject 14B หลังจากทีพบ Bar หัก ในขั้นตอนการทำงานของ Process หมายเหตุ : สำหรับ bar หัก จะใช้ bar หลักให้อยู่ในตำแหน่ง slot เดิม และ ส่วนที่เหลือ จะใช้ตำแหน่งของ bar dummy slotจากนั้นให้เขียนตำแหน่งของ bar ลงใน PT
- 1.1.9 ใช้ cover tray ใช้ปิดที่ด้านบนและด้านล่างของ tray ขณะที่ย้ายงานไปที่ bar align station

1.2 การเตรียมงาน.

- 1.2.1 ใช้ tip block 20 rows+16 rows สำหรับประกอบ fixture ในงาน และ note หน้า operation no >> "20+16 bar" ถ้าใช้ tip block 16 rows+16 rows สำหรับประกอบ fixture ในงาน และ note หน้า operation no "16+16 bar"

1.3 การเตรียม Master bar บน pallet.

- 1.3.1 ทำการเลือก bar ที่จะ bond บน pallet
- 1.3.2 Bond งานบน block เพื่อทำ master bar ที่ใช้ align ใน column
- 1.3.3 นำ pallet ไปดูตำแหน่ง bond งานใต้ Z-scope หรือ HI-Power scope
- 1.3.4 ใช้ manipulation pencil ทำการ set ตำแหน่งของ bar
- 1.3.5 ตำแหน่งของ bar bond จะให้จุด center ของการ Head part อยู่กลางร่อง slot ของ fixture
- 1.3.6 นำ pallet ไปที่เครื่อง bar align เพื่อทำการ bond และ align bar อื่นใน column
- 1.3.7 นำ pallet กลับมา alignment อีกครั้ง โดยใช้มุมของร่องในการ align จากนั้นให้ใส่ค่า ใน CUSTOM LEFT PT จนหา pole tip พบทั้ง 2 column. ค่าที่จะใช้นั้นจะมีค่าเหมือน เดิม ถ้าในการ align งานใน pallet ต่อไปนั้นเป็นชนิดเดียวกัน (center, A หรือ B)

หมายเหตุ : ค่า CUSTOM LEFT PT หมายถึงค่าที่บอกระยะห่างระหว่าง จุดที่ใช้ alignment จนถึง pole tip. ควรจะใช้ มุมของสล็อตด้านซ้ายร่องแรก ในการ กำหนดจุด alignment บน bar แรกและ bar สุดท้ายใน column

1.4 ตำแหน่งการวาง bar บน Tip Block ใน slot ที่ 1.

- 1.4.1 งาน LDP บน Tip Block 16 row จะต้องเป็น bar ลำดับที่ 1, 17, 33
- 1.4.2 งาน HDP บน Tip Block 16 row จะต้องเป็น bar ลำดับที่ 1, 17, 33, 49
- 1.4.3 งาน UDPR & C Wafer บน Tip Block 16 row จะต้องเป็น bar ลำดับที่ 1, 17, 33, 36, 52, 68
- 1.4.4 งาน UDPR & C Wafer บน Tip Block 20 row + 16 row จะต้องเป็น bar ลำดับที่ 1, 21, 36, 57

หมายเหตุ : Bar ลำดับที่ นั้นใช้ดูจาก PT หน้า mapping สำหรับ Bar align/ Robot sort.

2. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

- 2.1 ให้เอา Tip ออบในตู้ Oven อุณหภูมิ 100 องศา C นาน 10 นาที หรือนานกว่า โดยหลังจากที่ นำ Tip เข้าที่ oven ให้ทำการปิดและเปิด timer switch ของชั้นที่นำ tip เข้าอบ 1 ครั้ง หลังจากทีอบครบเวลา timer switch จะแสดงแสงไฟ หมายถึง tip ในชั้นนั้นสามารถนำออกใช้งานได้



รูปที่ ข_1 ตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C

- 2.2 ให้เอา Horizontal Tray ที่มีงานวางบน Hot Plate อุณหภูมิ 70 องศา C นาน 10 นาที จากนั้นให้ reset timer

หมายเหตุ : เวลาเอา Tray งานวางบน Hot plate เพื่ออุ่น Bar ให้เอาฝา Tray ปิด Tray ไว้ทุก Tray และ ห้ามเอา Tray ช้อนกัน และต้องตรวจสอบ หน้าที่งานใน Tray ว่างานหันถูกตามที่กำหนด (backside หัน ขึ้นด้านบน) ก่อนวางลงบน Hot plate



รูปที่ ข_2 Hot plate อุณหภูมิ 70 °C

- 2.3 หลังจาก Timer จับเวลา pre heat ครบเวลาไม่ต้องปิด Power ปล่อยให้ไฟแสดงไว้และให้ Run งานจนเสร็จ จากนั้นเวลาเอางาน Lot ใหม่ขึ้น Hot Plate จึงทำการกดปุ่ม Reset เพื่อเริ่มจับเวลาใหม่ (Timer preheat ถ้าไฟไม่โชว์แสงหมายถึง ห้ามนำงานมา bond) และสามารถวางงานบน hot plate เกินเวลาที่กำหนดได้
- 2.4 เมื่อครบเวลาอบแล้ว ให้เอา Tip ออกจากตู้ Oven มาทา Wax บน Hot plate การนำ tip ออกมาวางที่ Hot plate ทีละ 1 Tip (ถ้า timer switch ไม่แสดงแสงไฟ หมายถึง tip ในขั้นนั้นไม่สามารถนำออกใช้งานได้)
- 2.5 วิธีการทา Wax ให้ทาครั้งละ 4 ร่อง Tip โดยให้แท่ง Wax ทำแนวตั้งฉากกับผิวหน้า Tip ทุกด้าน (ประมาณ 90 องศา) ในขณะที่เริ่มทา Wax ให้กด Wax ไว้ประมาณ 2 วินาทีที่จุดเริ่มต้น บริเวณขอบ tip ด้านซ้ายจากนั้นก็เริ่มเคลื่อนที่แท่ง Wax ซ้ำๆ ไปทางขวา ทิศทางเดียวกับร่องของ bar ถึงตำแหน่งกลาง tip แล้วเคลื่อนกลับทางเดิมไปยังจุดเริ่มต้น จากนั้นให้ยกแท่ง wax ขึ้น เริ่มทา Wax ที่จุดเริ่มต้น บริเวณขอบ tip ด้านขวาให้กด Wax ไว้ประมาณ 2 วินาทีที่จุดเริ่มต้น จากนั้น ก็เริ่มเคลื่อนที่แท่ง Wax ซ้ำๆ ไปทางซ้าย ทิศทางเดียวกับร่องของ bar ถึงตำแหน่งกลาง tip แล้วเคลื่อนกลับทางเดิม ไปยังจุดเริ่มต้น จากนั้นให้ยกแท่ง wax ขึ้น (ห้ามลากแท่ง wax หลุดจากบริเวณขอบของ fixture ก่อนยกแท่ง wax)

หมายเหตุ : ขณะทา Wax ถ้า Tip Reflow ครบเวลาตามกำหนด ให้เอา Tip Reflow ลงจาก Hot Plate ก่อน เพื่อวางให้เย็น แล้วจึงทำการทา Wax ต่อ



รูปที่ ข_3 การทา Wax บน pallet

- 2.6 ประกอบ Tip เข้ากับ Horizontal Tray ที่มีงาน โดยใช้ pin เสียบเข้ากับ tip ก่อนประกอบ แล้วให้ ละเลง bar พร้อม align งานที่ Tip บน Hot Plate (align แบบโดยประมาณการ)



รูปที่ ข_4 การวาง bar ลงบน pallet

- 2.7 วิธีการละเลง Bar หลังจากทีกดงานลงบน Tip ให้เคลื่อนพร้อมกับกด Bar ไปทางซ้าย/ขวา ด้านละประมาณ 3 ร่อง Tip โดยทำ 2 รอบ
- 2.8 เอา Tip มาประกอบกับ fixture ที่อยู่บน Table Machine Bar Align (50 °C)



รูปที่ ข_5 ประกอบ Tip บน Figure

- 2.9 ทำการ align งานเพื่อให้ Pole Tip ตรงกันทุก Bar
- 2.9.1 กดปุ่ม ATL + ESC ที่ Key board จนกระทั่งหน้าจอ Monitor เปลี่ยนไปอยู่ที่ Blue window หัวข้อ Monitor
- 2.9.2 กด A แล้วกดปุ่ม Enter เพื่อออกจาก Program
- 2.9.3 กด EX R.. แล้วกดปุ่ม Enter เพื่อ Load Program
- 2.9.4 รอประมาณ 2-3 วินาทีเพื่อให้เครื่อง Load Program พร้อมทั้ง Menu ต่างๆ ให้เสร็จ
- 2.9.5 ทำการเลือก Pallet Type ที่ Pallet Menu ให้ตรงกับงาน

1: Blank	2: Blank	3: Blank
4: UDPR 20 (L)	5: UDPR 20 (R)	6: Bar 6-Inch
7: Blank	8: Bar 0.9-Inch 16 (L)	9: Bar 0.9-Inch 20 (R)
10: Blank	11: LDP 32 (L)	12: LDP 16 (R)
13: HDP 16 (L)	14: HDP 16 (R)	

หมายเหตุ หลังจากเลือก Pallet type แล้ว Parameter ส่วนมากจะ Load ตามมาโดย Automatic

- 2.9.6 ใช้ Mouse เลื่อน Cursor ไป Click ที่ Running ใน Vision window

2.9.7 ให้ปฏิบัติตามข้อความที่ ขึ้นมาบนจอ Computer โดยข้อความจะขึ้นว่า

SYSTEM WILL BEGING TO OPERATE

Press both buttons to continue

2.9.8 กดปุ่มสีแดง 2 ปุ่มที่อยู่หน้า X/Y Stage พร้อมๆ กัน หลังจากนั้นเครื่องจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ program กำหนดบน Pallet

2.9.9 ทำการ align ร่อง slot ร่องแรกด้านซ้ายโดยกดปุ่มลูกศร ซ้าย/ขวา บน pendant แล้วกดปุ่ม REC/DONE หลังจากที่ align เสร็จทั้งด้านบน และ ล่างของ fixture

ทำการ align bar และดูตำแหน่ง pole tip จะต้องแสดงอยู่ภายในเส้นที่ยอมให้ใช้ได้

2.9.10 กดปุ่ม skip เพื่อเลื่อน align ใน bar ถัดไปจน align ครบ

2.9.11 ทำการตรวจสอบตำแหน่ง align อีกครั้ง โดยกดปุ่ม side บน pendant จากนั้น กดปุ่ม skip เพื่อเลื่อนเช็คตำแหน่ง align ใน bar ถัดไปจน align ครบ (ถ้าพบว่า ตำแหน่ง pole tip ไม่อยู่ในตำแหน่งที่กำหนด ให้จัด align ใหม่)

2.9.12 เมื่อทำการตรวจสอบตำแหน่งของ Pole tip ครบทุก BAR แล้ว เครื่องก็จะเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่ง Pallet Unload หลังจากนั้นที่จอ Computer ก็จะแสดงข้อความดังนี้

>> CHANGE TO PALLET NUMBER 2:

READY

STOP

2.9.13 ใช้ mouse เลือก READY Computer ก็จะแสดงข้อความดังนี้

>> LOADING CYCLE COMPLETED

RETRY

CANCEL

2.9.14 ใช้ mouse เลือก RETRY



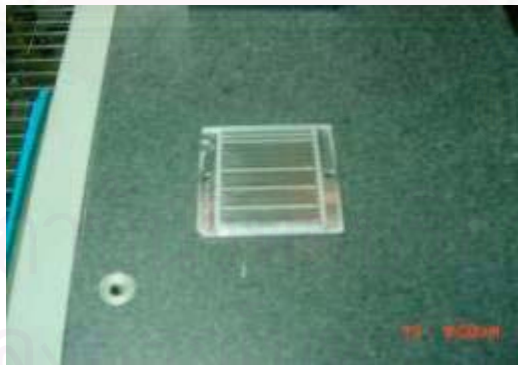
รูปที่ ข_6 วิธีการ alignment bar

- 2.10 ถอด tip ออกจาก fixture และนำเขาไปวางบน Hot Plate ที่อุณหภูมิ 70 องศา C สำหรับทำ re-flow ใช้เวลา Re-flow 2 min สำหรับ Tip 16 rows และ 4 min สำหรับ Tip 20 rows (จับเวลาที่ re-flow 2 min 2 ครั้ง โดยกดปุ่ม reset ด้านซ้าย 1 ครั้ง เพื่อเริ่มนับเวลาใหม่ สำหรับ Tip 20 rows) จากนั้นให้กดปิดที่ power switch หลังจากทำ re-flow ครบเวลา



รูปที่ ข_7 วิธีการ re-flow

- 2.11 นำ Horizontal tray ไปทำความสะอาดเสร็จแล้วเอา tip มาวางให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำ tip มาประกอบกับ Ballet ปกติ
 หมายเหตุ : เวลาประกอบ tip ที่ pallet หลังจาก cool down เสร็จแล้วเอา tip มาวางให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำ tip มาประกอบกับ Pallet ปกติ



รูปที่ ข_8 การ cool down



รูปที่ ข_9 ชิ้นงานที่สมบูรณ์หลังกระบวนการ Wax bonding



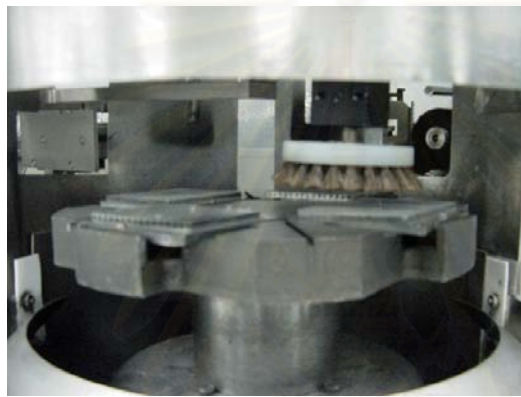
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการ Prewash (Work Instruction No. 15-0030-00)

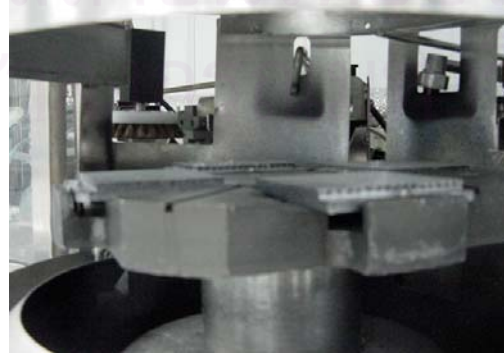
กระบวนการ Prewash ด้วยแปรง Rouding Brush ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดตั้งแปรง Rounding Brush ลงในเครื่อง Pre Wash พร้อมทั้งตั้งโปรแกรมสำหรับทำความสะอาดชิ้นงานด้วยแปรง Rounding Brush



รูปที่ ค.1 การติดตั้งแปรง Rounding Brush ในเครื่อง Pre Wash

2. นำ FTD Block (ไม่มี Slider) ใส่ใน Vacuum Chuck Pallet (หันด้านปลายตัดไปทางด้านขอบนอกของ Vacuumchuck pallet)
3. ใส่ Vacuum Chuck Pallet ลงใน Spindle ของเครื่อง SSEC ตรวจสอบความมั่นใจว่า Vacuum Chuck ทำงาน



รูปที่ ค.2 การใส่ Vacuum Chuck Pallet ลงใน Spindle

4. กด F8 แล้วเลือกโปรแกรม Cleaning
5. กด F3 เพื่อเริ่มต้นการทำงาน
6. รอจนกระทั่งกระบวนการทำงานสิ้นสุดลง
7. Unload FTD Block และวางลงบน Vacuum Chuck Pallet โดยให้มุมตัดของ FTD หันไปทางด้านขอบนอกของ Vacuum Chuck (เพื่อลด Contamination ด้าน Alumina)
8. วาง FTD ลงบน Vacuum Chuck อันที่ 1 เพื่อทำการขัดด้าน Gully
9. Load งานลง Spindle ในเครื่อง SSEC ตรวจสอบให้แน่ใจว่า Vacuum ทำงาน
10. กด F8 เพื่อเลือกโปรแกรมโดยการเลื่อนแถบขึ้นลง ให้เลือกโปรแกรม Rounding กด Enter
11. กดปุ่ม F3 เพื่อเริ่มต้นการทำงาน
12. รอจนกระทั่งการทำงานเสร็จสิ้น
13. นำ Pallet ออกจาก Spindle base ยก FTD จาก Vacuum Chuck อันที่ 1
14. เสร็จสิ้นกระบวนการ

ภาคผนวก ง

รายละเอียดของวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ก่อนใช้งานหลังกระบวนการล้างชิ้นงาน A Prime (Work Instruction No. 15-0066-00)

กระบวนการควบคุมความสะอาดของ Chip Tray ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดแยกพื้นที่สำหรับจัดเก็บ Chip Tray ที่ใช้งานแล้ว และ ยังไม่ได้ใช้ออกจากกัน โดยมีการติดป้ายให้ชัดเจน
2. Chip Tray ที่ใช้งานแล้ว ให้นำไปล้างด้วยเครื่องล้าง AEP
3. ตรวจสอบสภาพของ Chip Tray หลังการล้างด้วยสายตา หากพบคราบสกปรกให้ทำความสะอาดด้วยวิธีการ Manual ดังนี้
 - 3.1 นำผ้าชุบ IPA เช็ดบริเวณที่เปื้อน
 - 3.2 ตรวจสอบ Chip Tray ด้วยสายตาอีกครั้ง
 - 3.3 หากไม่พบคราบสกปรกบน Chip Tray ให้นำกลับไปล้างด้วยเครื่อง AEP อีกครั้ง
 - 3.4 หากยังคงพบคราบสกปรกบน Chip Tray ให้ทำการ Scrap Tray นั้น
4. การจัดเก็บ Chip Tray หลังการล้าง
 - 4.1 Chip Tray หลังการล้างให้ทำการห่อด้วยพลาสติกใส เพื่อสิ่งสกปรก
 - 4.2 การจัดวาง Chip Tray ขณะใช้งาน จะต้องทำการ คว้า Chip Tray ลงบนโต๊ะ เพื่อป้องกันการสัมผัสของมือกับ Chip Tray สำหรับ Chip Tray ที่สัมผัสโต๊ะโดนตรงห้ามนำมาใช้งาน
5. ข้อห้ามในการใช้ Chip Tray
 - 5.1 ห้ามนำสติกเกอร์ติดบน Chip Tray โดยตรง หากต้องการติดสติกเกอร์ให้ห่อ Chip Tray ด้วยถุง ESD แล้วจึงทำการติดสติกเกอร์ลงบนถุง
 - 5.2 สำหรับ Chip Tray ที่ชำรุด ห้ามนำไปใช้งาน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศิริวดี เชื้ออรัญโชติ เกิดเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดขอนแก่นสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปี พ.ศ. 2540 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2544



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย