

การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์
ด้วยหลักการวิเคราะห์ระบบการวัด และการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

**DEFECTIVE REDUCTION IN HARD DISK DRIVE PROCESS
WITH MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS AND
STATISTICAL PROCESS CONTROL TECHNIQUES**

สุทธิดา เอี่ยมเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
ด้วยหลักการวิเคราะห์ระบบการวัด และการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

สุทธิดา เอี่ยมเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วย หลักการวิเคราะห์ระบบการวัดและการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ
ชื่อ - นามสกุล	นางสุทธิดา เอี่ยมเจริญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแหวนรองเพลลาหมุน (Thrust Washer) ด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) และเทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC) โดยปัจจุบันบริษัทตัวอย่างพบปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานเป็นจำนวนเฉลี่ยร้อยละ 8.70 ของยอดการผลิตต่อเดือน

ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาว่าของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการใด และทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบ และเครื่องมือวัด เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบการวัด จากนั้นนำแผนภูมิควบคุมมาวิเคราะห์สภาพปัญหา ก่อนการปรับปรุง จากนั้นจึงใช้แผนผังก้างปลาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ ทีมงานถูกคัดเลือกมาจากหลายสายงาน หลังจากปรับปรุงหลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติถูกนำมาใช้ติดตามและควบคุมกระบวนการ

ผลการปรับปรุงพบว่า ปริมาณของเสียเฉลี่ยในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแหวนรองเพลลาหมุนสามารถลดได้จากร้อยละ 8.70 เหลือร้อยละ 0 ความสามารถของกระบวนการเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 0.92 เป็น 1.10 นอกจากนี้ยังสามารถลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเป็นศูนย์ (0) ส่งผลให้สามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อลูกค้า อันจะนำไปสู่ยอดขาย และผลกำไรที่ดีขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ระบบการวัด การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Thesis Title	Defective Reduction in Hard Disk Drive Process with System Analysis and Statistical Process Control Techniques
Name - Surname	Ms. Sutthida Iemcharoen
Program	Industrial Engineering
Thesis Advisor	Mrs. Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year	2012

ABSTRACT

The objective of this research is to reduce defectives in the Thrust Washer process with measurement system analysis (MSA) and statistical process control (SPC) techniques. The company, case study faced with the problem on thrust washer thickness which did not conform to the specification up to 8.70% of the total production per month.

The research methodologies begin with data collecting in order to find which process caused the defectives. Then measurement system analysis is used to evaluate the performance of inspectors and measuring instruments. The control chart is consequently applied to analyze the problem situation before improvement. After that the fishbone diagram is also used to investigate the root cause of thrust washer thickness problem. The cross-functional teamwork is established in the improvement process. After improvement, the principle of statistical process control is used for monitoring and controlling the process.

The improvement results showed that the average defective quantity in the thrust washer process reduced from 8.7% to 0% and the process capability index increased from 0.92 to 1.10. Additionally, the customer complaints can be reduced to zero. Therefore, it can create a good image to customers which obtains sales and profits in the future.

Keywords: measurement systems analysis, statistical process control, hard disk drive

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร. ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ณฐา คุปต์ชัยธร ดร. สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล และดร. เพ็ญสุดา พันธุธิดำ ผู้ทรงคุณวุฒิคณะกรรมการสอบ ที่กรุณาได้ให้คำปรึกษา การเอาใจใส่ ติดตามและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์มาโดยตลอด รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หลักสูตรปริญญาโท ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และเสนอแนะแนวทางต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ อีกทั้งคณะกรรมการสอบหัวข้อวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ในการนำไปปรับปรุงกรอบแนวคิดงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำระเบียบการจัดทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และจะไม่สามารถเสร็จสิ้นได้ถ้าปราศจากกำลังใจครอบครัว เพื่อนๆ ทุกคน ในการวิจัยครั้งนี้ ถึงแม้จะประสบปัญหาและอุปสรรคต่างๆ มากมาย แต่ด้วยความช่วยเหลือของทุกท่านที่กล่าวมานี้ทั้งหมด เป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุทธิดา เอี่ยมเจริญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	4
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	4
1.4 เป้าหมายและตัวชี้วัดการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2 ทฤษฎี และวิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 เทคนิคการวิเคราะห์ปัญหา.....	6
2.2 การควบคุมกระบวนการโดยใช้หลักสถิติ.....	12
2.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด.....	29
2.4 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	45
3.1 การศึกษากระบวนการผลิต.....	47
3.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา.....	54
3.3 การรวบรวมข้อมูลของเสีย และการศึกษาสภาพของปัญหา.....	55
3.4 การทดลองเพื่อหากระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหา.....	57
3.5 ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัด.....	60

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุงโดยใช้ SPC	63
3.7 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา	64
3.8 การปรับปรุงกระบวนการ	65
3.9 การติดตามผลลัพธ์หลังการปรับปรุง	66
3.10 การควบคุมโดยใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ.....	67
3.11 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	68
4 ผลการดำเนินงานวิจัย.....	69
4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA).....	69
4.2 ผลการวิเคราะห์กระบวนการก่อนปรับปรุงด้วย SPC.....	73
4.3 ผลการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา.....	75
4.4 ผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหา	77
4.5 การติดตามผลลัพธ์หลังการปรับปรุง	89
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	93
5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน	93
5.2 ผลการปรับปรุง.....	94
5.3 อภิปรายผลการดำเนินงาน	96
5.4 ข้อเสนอแนะ	97
รายการอ้างอิง.....	98
ภาคผนวก.....	101
ภาคผนวก ก ข้อมูลของเสีย	102
ภาคผนวก ข ข้อมูลการวิเคราะห์ระบบการวัด.....	105
ภาคผนวก ค ข้อมูลการวิเคราะห์ SPC	110
ภาคผนวก ง มาตรฐานการผลิตและตรวจสอบ	113
ภาคผนวก จ ข้อมูลทางด้านเทคนิคการผลิต.....	120
ภาคผนวก ฉ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	124
ประวัติผู้เขียน.....	140

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลการทดสอบความหนาสี	11
2.2 ตัวอย่างผลการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab	12
2.3 ความผันแปรของกระบวนการในมุมมองต่างๆ	16
2.4 ประเภทของแผนภูมิควบคุมและสูตรคำนวณพิกัดควบคุม	20
2.5 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล	34
2.6 ประเภทความผันแปรในระบบการวัด.....	35
3.1 เพอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียของปัญหาแต่ละประเภทที่พบเฉลี่ยต่อเดือน	55
3.2 ข้อบกพร่องคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์สะสม	56
3.3 ลักษณะของเสียจากความหนาชิ้นงาน Thrust Washer.....	57
3.4 เพอร์เซ็นต์ของเสียจากการทดลองกระบวนการผลิต	58
3.5 การควบคุมขนาดความหนาในแต่ละกระบวนการ.....	58
3.6 การวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อยืนยันค่าที่วัดได้ในแต่ละขั้นตอนวิจัย	60
3.7 การวิเคราะห์ระบบการวัดความหนาชิ้นงาน Thrust Washer.....	61
4.1 สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัด.....	72
4.2 ค่าความสามารถของกระบวนการก่อนทำการปรับปรุง	75
4.3 สาเหตุรากเหง้าในแต่ละกระบวนการ	76
4.4 ประวัติการหยุดเครื่อง Stamping ในช่วงปี พ.ศ. 2552.....	77
4.5 ประวัติการหยุดเครื่อง Rough Grinding ในช่วงปี พ.ศ. 2552.....	79
4.6 ประวัติการหยุดเครื่อง Coining ในช่วงปี พ.ศ. 2552	82
4.7 การปรับปรุงค่าควบคุมในกระบวนการ Fine Grinding.....	88
5.1 สรุปแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน	93

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1	แนวโน้มนเปอร์เซ็นต์ของเสียเมื่อเทียบกับยอดส่งมอบ..... 2
1.2	เปอร์เซ็นต์ของเสียแยกตามสาเหตุของปัญหา..... 2
1.3	กราฟพารेटโตแสดงปัญหาข้อบกพร่องหลัก 3
2.1	ตัวอย่างการสร้างกราฟเส้น 7
2.2	ตัวอย่างการสร้างกราฟแท่ง..... 7
2.3	ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิพารेटโต 8
2.4	ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิการไหลของงาน 9
2.5	ความหมายของกระบวนการ..... 12
2.6	โครงสร้างของแผนภูมิควบคุม..... 13
2.7	ลักษณะของตัวแบบความผันแปร 15
2.8	สภาวะของกระบวนการ 16
2.9	การแจกแจงความถี่ของเส้นผ่านศูนย์กลาง 18
2.10	แนวความคิดของแผนภูมิควบคุม 18
2.11	แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ของความกว้างของช่องว่างหัวบันทึกรข้อมูล 23
2.12	ใบคำนวณแผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ของความกว้างของช่องว่างหัวบันทึกรข้อมูล 24
2.13	ข้อมูลอยู่ภายใต้ภาวะการควบคุม..... 25
2.14	บางข้อมูลหลุดออกจากเส้นควบคุม..... 25
2.15	ข้อมูลเกิดเป็นแนวโน้มนขึ้นหรือลง 7 จุดต่อเนื่อง..... 26
2.16	ข้อมูลเปลี่ยนระดับค่ากลางโดยเรียงตัวอยู่ด้านใดด้านหนึ่ง 7 จุดต่อเนื่อง 26
2.17	ข้อมูลกระจายตัวไม่เป็นแบบสุ่ม ส่วนใหญ่อยู่ใกล้แนว A-A..... 26
2.18	ข้อมูลกระจายตัวไม่เป็นแบบสุ่ม ส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นขอบ B-C..... 27
2.19	ข้อมูลเกิดเป็นวัฏจักร 27
2.20	การกำหนดการวัดในรูปของกระบวนการ 29
2.21	ความผันแปรในระบบการวัด..... 32
2.22	ประเภทของความผันแปรจากระบบการวัด 33
2.23	ประเภทของความผันแปรจากระบบการวัด 33
2.24	ความแตกต่างระหว่างค่าไบอัสและความแม่นยำ..... 37

สารบัญภาพ (ต่อ)

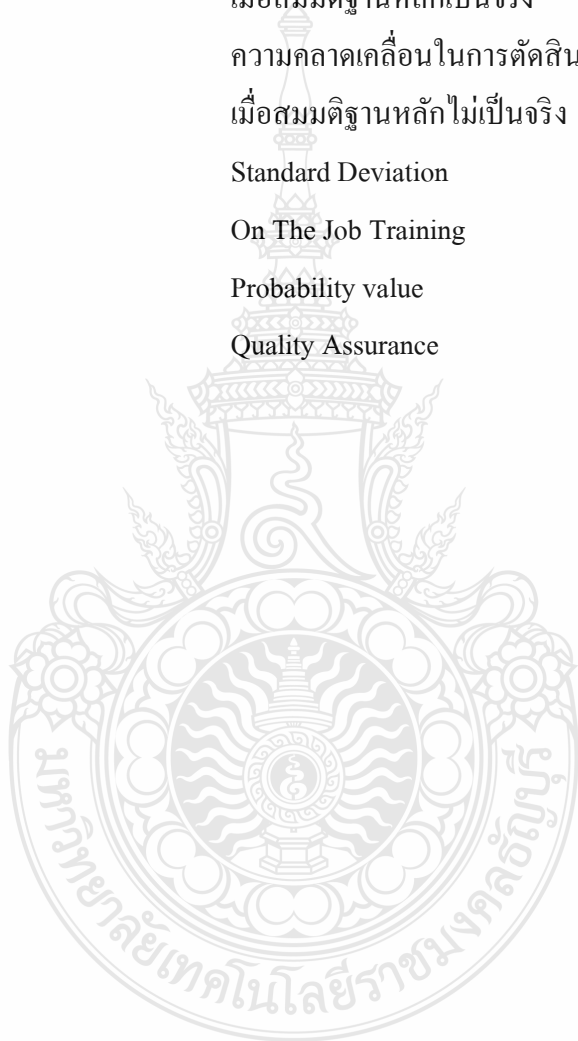
ภาพที่	หน้า
2.25 ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดกับค่าวัด	38
2.26 ผลลัพธ์ทางคอมพิวเตอร์ของวิธีการ Xbar – R.....	39
2.27 ผลลัพธ์ช่วง Session ของ Xbar-R.....	41
2.28 แสดงความสัมพันธ์ของความผันแปรตาม 5 และ 6	42
3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน	46
3.2 การประกอบ Thrust Washer เข้ากับส่วนประกอบของมอเตอร์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	47
3.3 กระบวนการผลิต Thrust Washer.....	48
3.4 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์โลหะ.....	49
3.5 กระบวนการขัดหยาบ (Rough Grinding Process)	49
3.6 กระบวนการขัดหยาบ (Barreling Process)	50
3.7 กระบวนการอบเหนียว (Annealing Process).....	51
3.8 กระบวนการขัดหยาบ (Barreling Process)	51
3.9 กระบวนการปรับขนาดของชิ้นงาน (Coining Process).....	52
3.10 กระบวนการขัดผิว (Fine Grinding Process).....	52
3.11 กระบวนการขัดหยาบ (Barreling Process)	53
3.12 กระบวนการตรวจสอบก่อนส่งมอบ (Outgoing Inspection Process).....	53
3.13 โครงสร้างทีมงานแก้ไขปัญหา.....	54
3.14 กราฟพาเรโตแสดงปัญหาข้อบกพร่องหลัก	56
3.15 กระบวนการที่ทำให้เกิดปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน.....	59
3.16 เครื่องมือวัดความหนาชิ้นงาน (Indicator Heidenhain)	61
3.17 เครื่องมือวัดความหนาชิ้นงาน (Indicator Heidenhain)	67
4.1 การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการการวัดด้วย Bias.....	69
4.2 การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการการวัดด้วย Stability.....	70
4.3 การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการการวัดด้วย GR&R.....	71
4.4 แผนภูมิ Xbar-S Chart ในช่วงก่อนทำการปรับปรุง	73
4.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ค่า Cpk โดยใช้โปรแกรมมินิแทป.....	74
4.6 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์ปัญหา	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.7	ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ 78
4.8	การกำหนดสีดูของแม่พิมพ์แต่ละเบอร์ 79
4.9	หินขัด (Stone Wheel) 80
4.10	การควบคุมค่าความเรียบของหินขัด 81
4.11	ส่วนประกอบของ Coining Die 81
4.12	Coining Punch และ Punch Holder 83
4.13	Upper Plate 83
4.14	O/D Sizing Block 84
4.15	I/D Sizing Pin 85
4.16	Die Bush 85
4.17	Lower Plate 86
4.18	การนำ Slide Gauge มาควบคุมความสูงของชิ้นงาน 86
4.19	การเพิ่มวิธีการควบคุมด้วย SPC ในกระบวนการ Fine Grinding 87
4.20	การควบคุมความหนาด้วยแผนภูมิควบคุม Xbar-R Charts 88
4.21	การเพิ่มค่าควบคุมในกระบวนการก่อนหน้า (Fine Grinding) 89
4.22	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียของแหวนรองเพลลาหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Thrust Washer) ก่อน-หลังปรับปรุง 90
4.23	แผนภูมิ Xbar-S Chart ในช่วงหลังทำการปรับปรุง 90
4.24	เปรียบเทียบค่าความสามารถของกระบวนการของแหวนรองเพลลาหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Thrust Washer) ก่อน-หลังควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ 91
4.25	เปรียบเทียบข้อร้องเรียนลูกค้าจากปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานก่อน-หลังปรับปรุง 92
5.1	สรุปเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังการปรับปรุง 95
5.2	สรุปค่าความสามารถของกระบวนการ Cpk หลังการปรับปรุง 95
5.3	สรุปข้อร้องเรียนจากลูกค้าหลังการปรับปรุง 96

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

H_0	สมมติฐานหลัก
H_1	สมมติฐานรอง
α (Type I Error)	ความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริง
β (Type II Error)	ความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก เมื่อสมมติฐานหลักไม่เป็นจริง
Stdev	Standard Deviation
OJT	On The Job Training
P-value	Probability value
QA	Quality Assurance



บทที่ 1

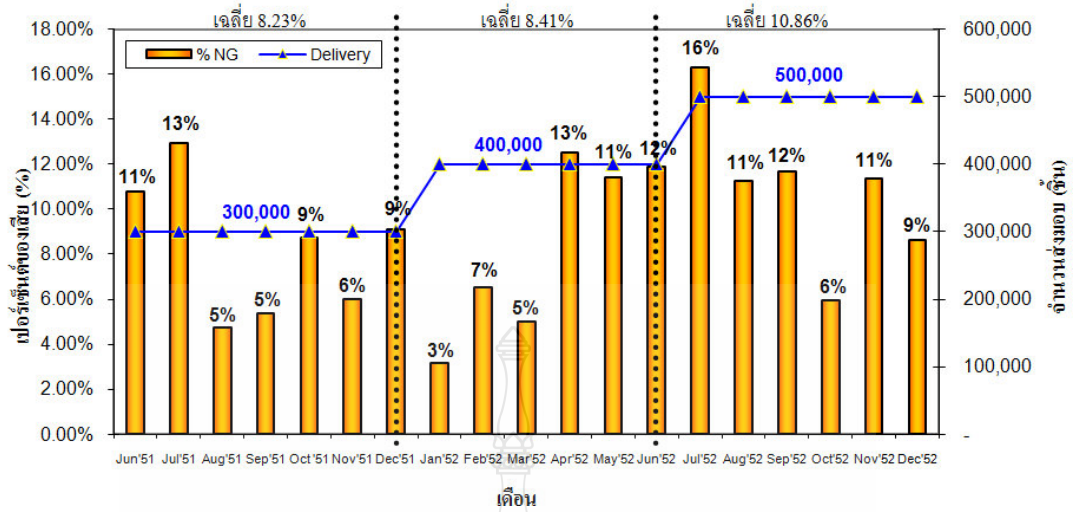
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk Drive) เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการแข่งขันสูง และมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีวงจรกิจกรรมเติบโตขึ้น อีกทั้งยังเป็นอุตสาหกรรมที่รัฐบาลพยายามผลักดัน ให้ประเทศไทยเป็นฐานฮาร์ดดิสก์ไครฟ์โลก เพื่อสร้างงานในประเทศ โดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย ชี้แจงว่าการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ในปี พ.ศ. 2555 มีมูลค่าประมาณ 32,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ หรือขยายตัวร้อยละ 1.8 สำหรับปี พ.ศ. 2556 ศูนย์วิจัยกสิกรไทย คาดว่ามูลค่าการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ จะมีมูลค่าประมาณ 33,500-35,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ หรือขยายตัวประมาณร้อยละ 5.0-8.0 [1] จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ในประเทศไทย ยังคงมีแนวโน้มที่สามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องได้ในอนาคตข้างหน้า

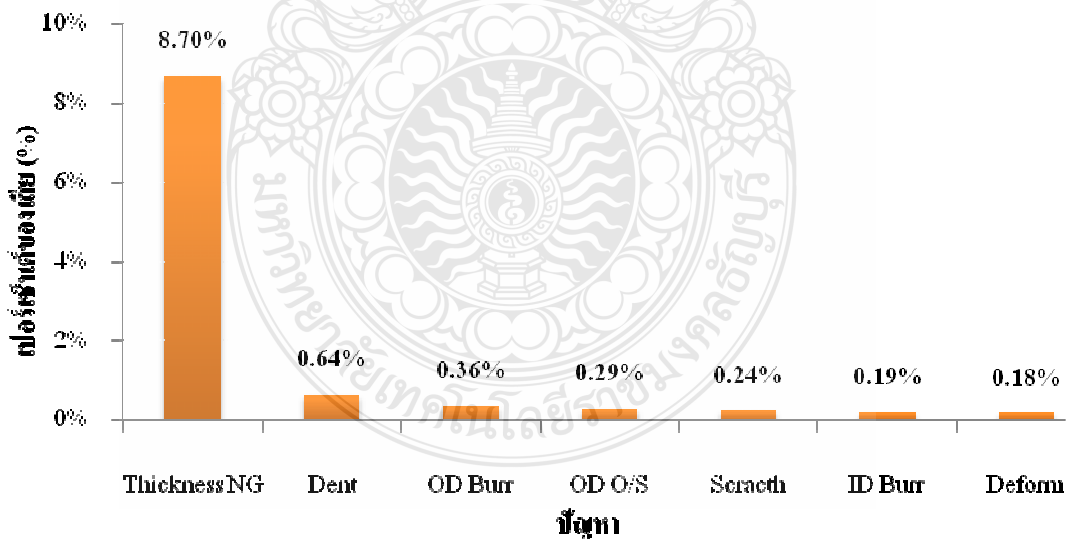
บริษัทกรณีสึกษาเป็นผู้ผลิตมอเตอร์ขนาดเล็ก รวมถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดซึ่งมีความเที่ยงตรงสูง เริ่มดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2527 ผลิตจากบอลเบริง ไปยังชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆเช่น คอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด มอเตอร์ขนาดเล็กประเภทต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ มีความสามารถในการผลิตในปริมาณที่ลูกค้าต้องการ ต้นทุนที่สามารถแข่งขันได้ การส่งมอบที่รวดเร็ว ตรงเวลา ปัจจุบันการดำเนินงานในประเทศไทย ประกอบด้วย 5 โรงงาน 3 บริษัท และมีจำนวนพนักงานรวมกว่า 31,761 คน นับเป็นกลุ่มบริษัทที่เป็นฐานการผลิตที่ใหญ่ที่สุด

ดังนั้นบริษัทกรณีสึกษามีนโยบายในการพัฒนาเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพและสามารถตอบสนองกับความต้องการของลูกค้าได้ แต่ในปัจจุบันบริษัทกรณีสึกษาประสบปัญหาการผลิตแหวนรองเพลลาหมุนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ (Thrust Washer) ซึ่งชิ้นงานกรณีสึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งที่ประกอบอยู่ในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ โดยจากข้อมูลในอดีตชิ้นงานดังกล่าวเกิดงานเสียค่อนข้างมาก ซึ่งถ้าดูจากเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงเวลาดังกล่าวตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2551 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ดังภาพที่ 1.1 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นจาก 8.23% เป็น 10.86% ทางบริษัทจึงได้มอบหมายให้ผู้วิจัยรับผิดชอบดูแล และทำการปรับปรุงชิ้นงานรุ่นนี้ให้มีของเสียที่ลดน้อยลง

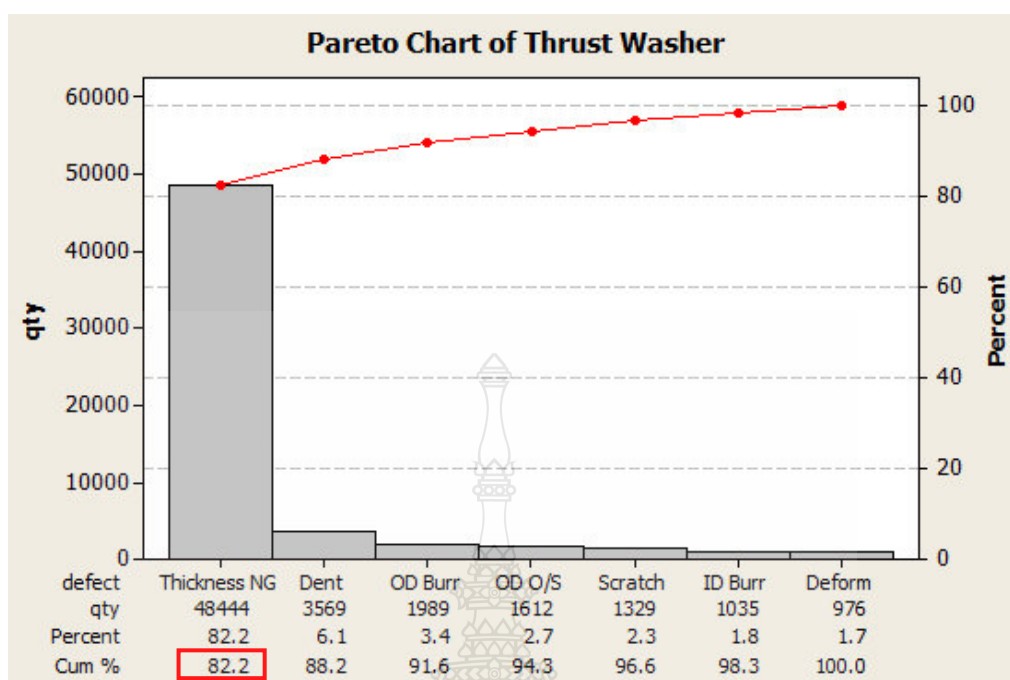


ภาพที่ 1.1 แนวโน้มเปอร์เซ็นต์ของเสียเมื่อเทียบกับยอดส่งมอบ

โดยจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมต่อในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 ทางผู้วิจัยพบว่าสาเหตุปัญหาที่พบมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ ปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน (Thickness NG) ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเท่ากับ 8.70% ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 เปอร์เซ็นต์ของเสียแยกตามสาเหตุของปัญหา



ภาพที่ 1.3 กราฟพารโตแสดงปัญหาข้อบกพร่องหลัก

จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สะสมเพื่อทำการพลอตกราฟพารโตพบว่า ปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานมีเปอร์เซ็นต์สะสมเท่ากับ 82.2% ดังภาพที่ 1.3 ซึ่งสอดคล้องกับการเลือกปัญหาที่มีนัยสำคัญมากที่สุดตามหลักการของพารโต ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการจัดการและแก้ไขปัญหให้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ และเนื่องจากปัจจุบันในกระบวนการวัดยังมีความสงสัยเกี่ยวกับความผันแปรของผู้ตรวจสอบ และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดว่ามีความแม่นยำ หรือเที่ยงตรงมากเพียงใด และค่าที่ได้จากการวัดมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาตัดสินใจในขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ถูกต้องหรือไม่ อีกทั้งกระบวนการในปัจจุบันยังไม่มีขั้นตอนการควบคุม โดยใช้หลักการเชิงสถิติ เพื่อติดตามผลความสามารถของกระบวนการ และแก้ไขปัญหได้อย่างทันถ่วงที ส่งผลให้ของเสียที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากไม่สามารถตรวจพบในขั้นตอนการผลิตได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยได้เลือกนำหลักการวิเคราะห์ระบบการวัด และการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติมาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อช่วยลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต ดังเช่น ปัจจัยสำคัญต่อการนำเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ [2]

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานในกระบวนการผลิตแหวนรองเพลลาหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Thrust Washer)

1.2.2 เพื่อปรับปรุงระบบการผลิตแหวนรองเพลลาหมุน โดยการประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) และการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC)

1.3 สมมติฐานการวิจัย

เมื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต Thrust Washer ชิ้นส่วนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้ว จะสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการของเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติให้ดีขึ้นได้

1.4 เป้าหมายและตัวชี้วัดการวิจัย

1.4.1 เพื่อปรับปรุงระบบการผลิต Thrust Washer ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะลดปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานเฉลี่ยต่อเดือนจากเดิม 8.7% เป็น 0%

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ศึกษาเฉพาะชิ้นส่วน Thrust Washer

1.5.2 เก็บข้อมูลชิ้นงานเสียก่อนการปรับปรุงในระยะเวลา 7 เดือน คือ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2553 และจะเลิกแก้ไขสาเหตุที่พบมากที่สุดเท่านั้น

1.5.3 ผู้วิจัยมีการติดตามค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) หลังการปรับปรุง เพื่อติดตามว่าค่าความสามารถมีแนวโน้มที่ดีมากขึ้นเพียงใด

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

วิธีดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1.6.1 ศึกษาการกระบวนการผลิต Thrust Washer

1.6.2 จัดตั้งทีมงานแก้ไขปัญหา

1.6.3 เก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้น

1.6.4 ศึกษาจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ (Process Mapping)

1.6.5 ศึกษา และวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ของพนักงานตรวจสอบที่เกี่ยวข้อง

1.6.6 จัดทำแผนภูมิควบคุม X bar-Chart และ R-Chart ก่อนทำการปรับปรุง

1.6.7 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยการระดมสมอง และใช้แผนผังก้างปลาหาค่าสาเหตุ

1.6.8 ทำการปรับปรุงกระบวนการ

1.6.9 ติดตามผลลัพธ์หลังการปรับปรุง

1.6.10 ทำการควบคุมกระบวนการหลังการปรับปรุง

1.6.11 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

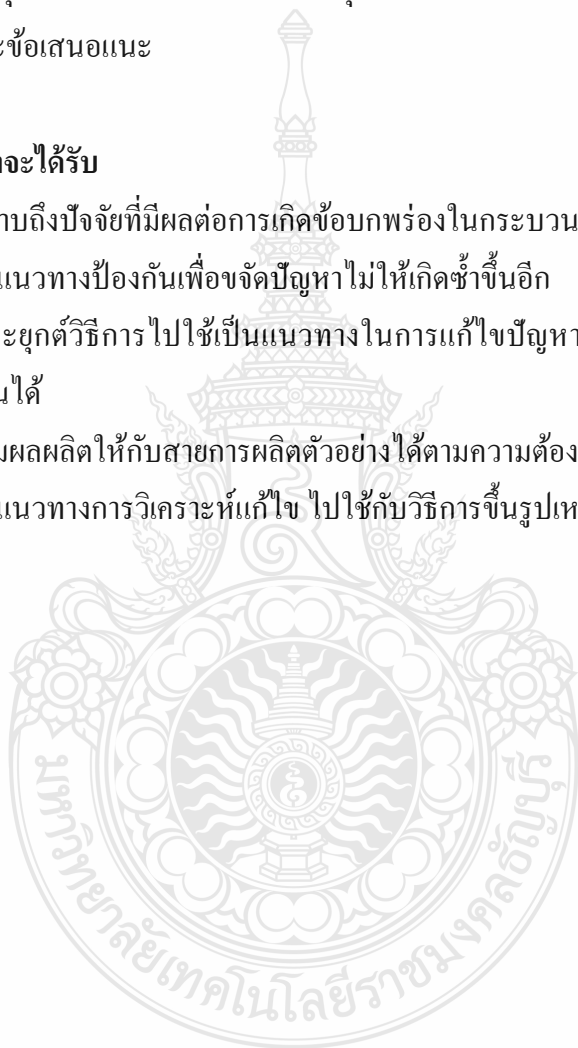
1.7.1 สามารถทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต

1.7.2 สามารถหาแนวทางป้องกันเพื่อขจัดปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำขึ้นอีก

1.7.3 สามารถประยุกต์วิธีการไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงกระบวนการผลิตในสายการผลิตอื่นได้

1.7.4 สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับสายการผลิตตัวอย่างได้ตามความต้องการของลูกค้า

1.7.5 สามารถนำแนวทางการวิเคราะห์แก้ไข ไปใช้กับวิธีการขึ้นรูปเหล็กรูปแบบอื่นได้



บทที่ 2

ทฤษฎี และวิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษารวบรวมข้อมูลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหนังสือ บทความและงานวิจัยต่างๆ ซึ่งมีเนื้อหาที่ประกอบไปด้วย 4 หัวข้อหลัก คือ

หัวข้อที่ 1 เทคนิคการวิเคราะห์ปัญหา

หัวข้อที่ 2 การควบคุมกระบวนการโดยใช้หลักสถิติ

หัวข้อที่ 3 การวิเคราะห์ระบบการวัด

หัวข้อที่ 4 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคการวิเคราะห์ปัญหา

ในขั้นตอนของการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริงในกระบวนการผลิต ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือ [3-4] ดังนี้

2.1.1 กราฟ (Graph)

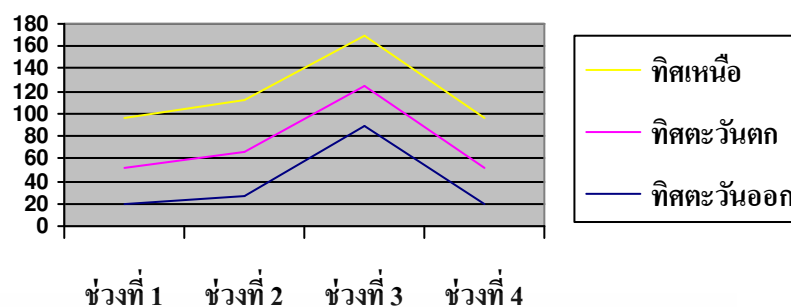
เป็นแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติซึ่งสามารถทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้กราฟมีอยู่หลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลที่พิจารณามีความผันแปรอยู่ในรูปแบบใด เช่น ปริมาณอนุกรมเวลา หรือสัดส่วน ฯลฯ ซึ่งกราฟแต่ละชนิด จะมีประโยชน์ในการใช้แตกต่างกันดังนี้

1) กราฟเส้น เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสัมพันธ์ 2 ตัว ใช้สำหรับการแสดงแนวโน้มของปัญหา เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการแก้ไขในช่วงเวลา และใช้สำหรับอ่านค่าตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่งได้อย่างคร่าวๆ จากกราฟเส้นตรงซึ่งมีหลักการเขียนกราฟดังนี้

ก) ให้แกนตั้งและแกนนอนเป็นค่าของตัวแปร Y และ X ตามลำดับ

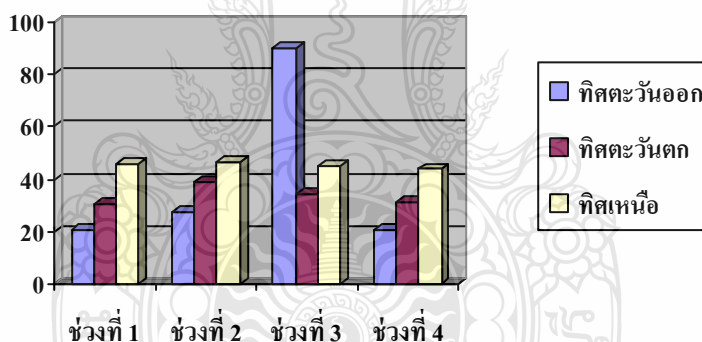
ข) กำหนดจุดคู่ลำดับ (X, Y) ลงบนกราฟ

ค) ลากเส้นต่อจุดคู่ลำดับทุกจุดบนแผนกราฟก็จะได้กราฟเส้น ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างการสร้างกราฟเส้น [3-4]

2) กราฟแท่งจะมีลักษณะเช่นเดียวกับกราฟฮิสโตแกรม เป็นกราฟที่ประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่เท่ากัน วางอยู่บนแนวนอนหรือแนวตั้งก็ได้ ใช้สำหรับในการเปรียบเทียบค่าของข้อมูลตามเวลา หรือประเภทสินค้าใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าของข้อมูลตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ดังตัวอย่างกราฟแท่งในภาพที่ 2.2

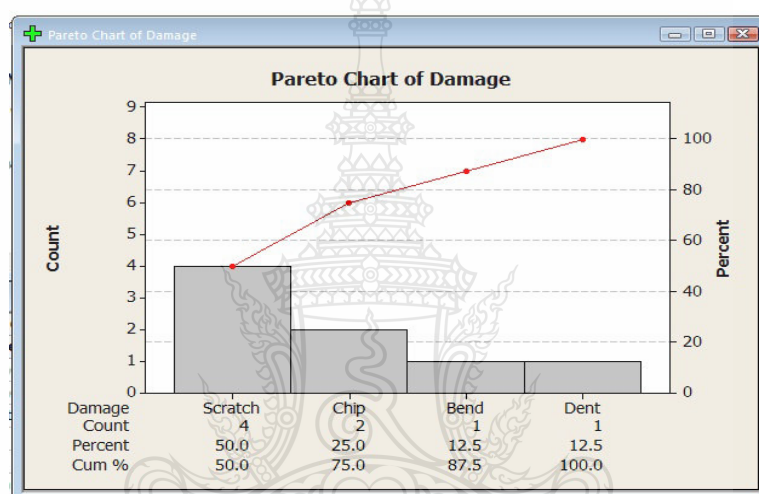


ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างการสร้างกราฟแท่ง [3-4]

2.1.2 แผนภูมิพารेटอ (Pareto Diagram)

แนวคิดของแผนภูมิพารेटอ คือ ในปัญหาใดๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีมาจากสาเหตุหลายๆ อย่าง และในสาเหตุหลายๆ อย่างจะมีสาเหตุใหญ่เพียงไม่กี่อย่างที่มีบทบาทสำคัญทำให้เกิดปัญหา ดังนั้นถ้าจะแก้ปัญหาให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพต้องไปแก้ไขที่สาเหตุใหญ่ก่อน ซึ่งการลดสาเหตุใหญ่ให้เหลือครั้งหนึ่ง จะง่ายกว่าการลดสาเหตุเล็กให้หมดไปโดยสิ่งที่สำคัญของกิจกรรมการควบคุมคุณภาพ คือ การกำหนดจุดที่สำคัญเพื่อการปฏิบัติงานในสถานปฏิบัติงานของเรามีสิ่งที่ต้องแก้ไขปรับปรุงหรือแก้ปัญหาต่างๆ มากมาย จะแก้ไขปรับปรุงหรือแก้ปัญหามากน้อยเพียงใด เป็นสิ่งที่หาคำตอบได้ยาก

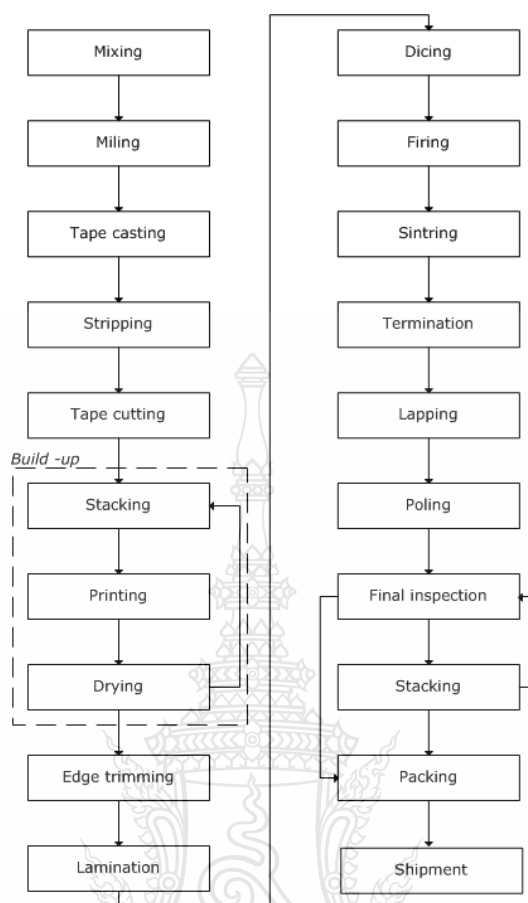
ในกรณีเหล่านี้การแก้ไขปรับปรุงหรือการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิผล ก็ควรจะเลือกแก้ไขในสิ่งที่ทำให้สูญเสียต้นทุนไปมากหรือมีจำนวนของเสียมากที่สุด และอาศัยความพยายามของทุกๆ คน ร่วมกันแก้ไข ซึ่งแผนภูมิพารेटอ (Pareto Diagram) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท หรือแบบหลายพวก โดยอาศัยหลักการพารेटอ (Pareto Principle) คือ สิ่งที่สำคัญมากมีจำนวนน้อย และสิ่งที่ไม่สำคัญน้อยมีจำนวนมาก (Vital Few and Trivial Many) ซึ่งมักใช้ตัวเลข 80 – 20 เป็นค่าประมาณ สำหรับทั้งจำนวน และความสำคัญ ลักษณะของแผนภูมิพารेटอ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิพารेटอ [3-4]

2.1.3 แผนภูมิแสดงการไหลของงาน (Flow Chart)

เป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของงานในกระบวนการที่ทำการศึกษา ซึ่งการแบ่งย่อยงานเพื่อนำมาสร้างแผนภาพแสดงการไหลของงานนั้น จะต้องมีความละเอียดเพียงพอที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงปัญหาในกระบวนการที่สนใจได้ บางครั้งเราอาจเรียกว่า แผนที่กระบวนการ (Process Mapping) ซึ่งตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิการไหลของงาน

2.1.4 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)

ในกรณีที่ผู้ตัดสินใจมีความตั้งใจที่จะตัดสินใจแบบมีการทดลอง ด้วยการยืนยันความเชื่ออย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว จะทำการตัดสินใจผ่านการทดสอบสมมติฐาน โดยที่ตัวแบบของการตัดสินใจนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ทางเลือก คือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis: H_0) คือ สมมติฐานที่สร้างขึ้นด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ และการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ทำให้ยอมรับสมมติฐานอื่นๆ (Alternative Hypothesis: H_1) [5]

ในการตัดสินใจจากผลการทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติ อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 เมื่อเราปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยที่สมมติฐานหลักเป็นจริง การตัดสินใจดังกล่าวเป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ α

กรณีที่ 2 เมื่อสมมติฐานหลักไม่ถูกต้อง แต่สรุปว่าสมมติฐานหลักถูกต้อง การตัดสินใจดังกล่าว เป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II Error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ β และเรียก $1 - \beta$ ว่าอำนาจในการทดสอบ (Power of Test)

แนวทางในการตั้งสมมติฐานมีอยู่ด้วยกัน 3 แนวทาง คือ

1) การกำหนดสมมติฐานจากประสบการณ์ในอดีต ซึ่งการกำหนดสมมติฐานแบบนี้ จะถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างมาก ในการควบคุมกระบวนการ

2) การกำหนดสมมติฐานจากทฤษฎี การกำหนดสมมติฐานแบบนี้มักจะถูกนำไปใช้กับงานวิจัยและพัฒนา (R&D)

3) การกำหนดสมมติฐานจากการพิจารณาถึงปัจจัยภายนอกต่างๆ

การทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องมีการทำการทดลอง เพื่อหาเหตุผลมายืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบซึ่งถ้าเหตุผลที่ได้ไม่สามารถยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้แล้ว ผู้ทดสอบก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วการที่ยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งนั้น มิใช่เป็นเพราะทางเลือกนั้นถูกต้อง แต่ที่เลือก เพราะไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธ (Fail to Reject) ทางเลือกนั้น ในทางกลับกันถ้าเหตุผลที่ได้นั้นสามารถทำการยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้ความเชื่อของผู้ทดสอบก็จะสามารถทำการยอมรับได้

ในทางปฏิบัติเมื่อตั้งสมมติฐานได้แล้ว ถ้าหากมีปัจจัยไม่มากก็จะทำการทดสอบสมมติฐานแบบพื้นฐานได้ แต่ถ้าหากมีหลายปัจจัยก็อาจจะออกแบบการทดลองตามความเหมาะสม โดยอาศัยหลักการของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) หรือจากข้อมูลปกติตามความเหมาะสมทำการทดลองเก็บข้อมูล แล้วใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล ซึ่งจะมีวิธีการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูล และวิธีการทดลอง ในทางปฏิบัติสามารถใช้โปรแกรมในการคำนวณทางสถิติช่วย ซึ่งจะสามารถคำนวณค่า P-Value (Probability Value) ที่สัมพันธ์โดยตรงกับ α ซึ่งหมายถึงโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด หากทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งเมื่อเราให้ค่า α เท่ากับ 0.05 จะหมายถึงว่าเรายอมรับความเสี่ยงที่จะผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับ 0.05 หรือ 5% หรือมีโอกาสผิดพลาดได้ 1 ใน 20 ของการตัดสินใจ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานนั้น หากพบว่าค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 คือมีโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากกว่า 0.05 ก็จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก และต้องยอมรับสมมติฐานหลักนั้น แต่ถ้าหากค่า P น้อยกว่า 0.05 ก็จะมีการปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น แล้วยอมรับสมมติฐานอื่นแทน

ดังนั้นการใช้ P-Value ในการทดสอบสมมติฐาน จะทำให้ทราบความเชื่อมั่นที่แท้จริง และสะดวก เนื่องจากไม่ต้องมีตารางสถิติของตัวทดสอบอยู่ข้างกาย และตัดปัญหาการเปิดตารางผิด ที่สำคัญคือ โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทั่วไปจะคำนวณค่านี้ให้โดยอัตโนมัติ ที่สำคัญคือ ต้องทราบว่าในการสรุปผลนั้น “จะทำการปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า P-Value $< \alpha$ ” เท่านั้น ไม่ต้องคำนึงถึงเครื่องหมายใน H_1 เนื่องจากจะใช้ในการคำนวณ P-Value มาก่อนแล้วนั่นเอง

จากเนื้อหาข้างต้นเพื่อเป็นการสนับสนุนทฤษฎีจึงขอยกตัวอย่างเพื่อเพิ่มความเข้าใจ ดังนี้ ในการฟันสีสำหรับการผลิตอย่างหนึ่งกำหนดมาตรฐานไว้ว่า ให้มีความหนามาตรฐานเท่ากับ 1.2 mm โดยวิศวกรในแผนกตั้งข้อสังเกตว่าเครื่องฟันสีเดิมจะฟันสีได้บางกว่าการใช้เครื่องฟันสีชนิดใหม่ และเครื่องทั้ง 2 ชนิดนี้จะฟันสีได้หนากว่ามาตรฐานที่กำหนดทั้งคู่ จากการทดลองได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบความหนาสี [5]

ชนิดเครื่องฟันสี	ความหนาสี (มิลลิเมตร)
เครื่องฟันสีเดิม	1.4, 1.7, 1.1, 1, 1.8, 1.4, 2.2
เครื่องฟันสีใหม่	2, 2.4, 1.8, 1.6, 1, 1.7, 1.5, 1.2, 2.2, 1.4

จากผลการทดลองข้างบน จะสรุปผลได้หรือไม่ว่าเครื่องฟันสีทั้งสองฟันสีได้ความหนาแตกต่างกัน ด้วยระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐานการวิจัย: เครื่องฟันสีทั้งสองฟันสีได้ความหนาความหมายที่แตกต่างกัน

μ_x : ความหนาเฉลี่ยที่วัดได้จากเครื่องฟันสีเดิม

μ_y : ความหนาเฉลี่ยที่วัดได้จากเครื่องฟันสีใหม่

สมมติฐานทางสถิติ:

$$H_0: \mu_x = \mu_y$$

$$H_1: \mu_x \neq \mu_y$$

ใช้โปรแกรม Minitab จำนวน ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างผลการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab

Two-Sample T-Test and CI				
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	7	1.510	0.420	0.16
2	10	1.680	0.440	0.14

Difference = mu (1) - mu (2)
 Estimate for difference: -0.170
 95% CI for difference: (-0.626, 0.286)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.81 P-Value = 0.435 DF = 13

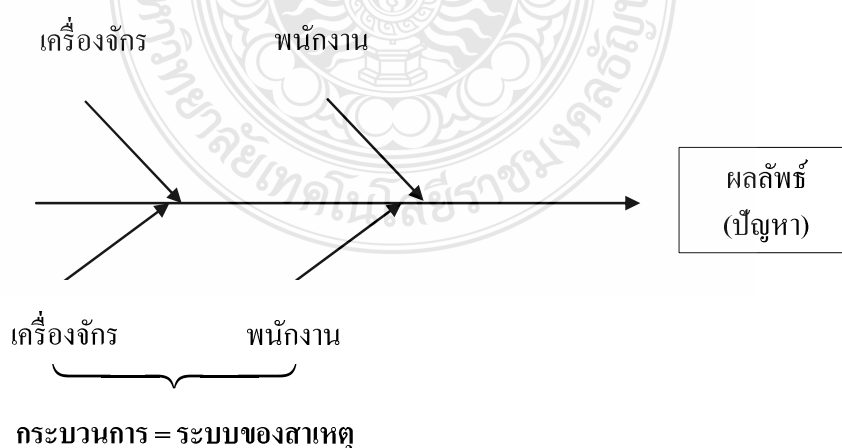
สรุปผล: ค่า P-Value = 0.435 > $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0

เครื่องทั้งสองพันธุ์ได้ความหนาาคาความไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

2.2 การควบคุมกระบวนการโดยใช้หลักสถิติ (Statistical Process Control: SPC)

2.2.1 กระบวนการ (Process)

โดยทั่วไปแล้วมักจะกำหนดความหมายของกระบวนการในรูปของการเชื่อมต่ออย่างเป็นระบบของกิจกรรม (A Systematic Series of The Activity) ต่างๆ ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า (โดยจะเรียกผลลัพธ์นี้ว่า “ผลิตภัณฑ์”) แต่สำหรับในที่นี้จะต้องพิจารณาความหมายของกระบวนการในรูปของ ระบบของสาเหตุ (Causes System) [6] ดังภาพที่ 2.5

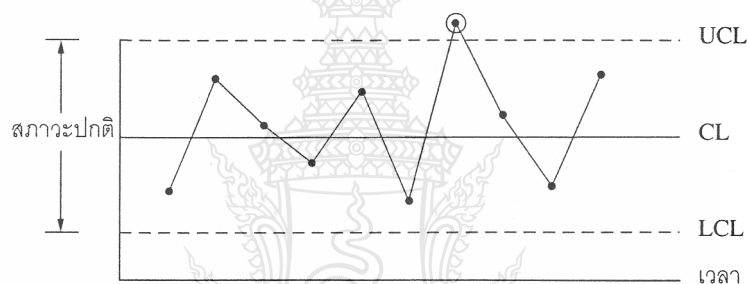


ภาพที่ 2.5 ความหมายของกระบวนการ [6]

ดังนั้นก่อนการศึกษาความสามารถของกระบวนการ จะต้องทำความเข้าใจก่อนเสมอว่า ปัญหาที่ต้องการจะทำการแก้ไขหรือการปรับปรุงคุณภาพ คืออะไร และปัญหาดังกล่าวน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร

1) ภาวะภายใต้การควบคุม (In Statistical Control)

ภาวะที่อยู่ภายใต้การควบคุมนี้ หมายถึงภาวะ (เงื่อนไขของปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตที่อยู่ภายใต้สภาพปกติ (Regular) ไม่ใช่อยู่ภายใต้สภาวะทดลอง (Laboratory Conditions) หรือ ภาวะใต้สภาวะที่ไม่เป็นไปตามสภาวะที่เคยเป็นมาก่อน และการพิจารณาว่ากระบวนการที่ศึกษาความสามารถนั้นอยู่ภายนอกสภาวะการควบคุมหรือไม่ ก็สามารถทดสอบได้ด้วยแผนภูมิควบคุม ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของแผนภูมิควบคุม [6]

กระบวนการที่อยู่ภายใต้การควบคุมนี้ อาจจะได้รับนิยามในความหมายอื่นๆ ได้อีก เช่น สภาวะเสถียรภาพ (Stability) สภาวะการปฏิบัติงาน (Under Operating Conditions) สภาวะโดยปกติ (Normal condition) ฯลฯ และภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้ กระบวนการจะมรคุณสมบัติที่สำคัญต่อการศึกษาความสามารถของกระบวนการอย่างมากคือ คุณสมบัติของตัวแบบที่สามารถคาดการณ์ (Predictable Pattern) ได้

ดังนั้น ก่อนการศึกษาความสามารถของกระบวนการ จะต้องทำความเข้าใจก่อนเสมอว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถของกระบวนการนั้นจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขอะไร ที่ถือว่าเป็นเงื่อนไขในสภาพปกติ หรือเงื่อนไขภายใต้สภาวะควบคุม

2) ความสามารถ (Capability) [6]

ความสามารถในที่นี้จะหมายถึง ความสามารถในเชิงแข่งขัน (Competence) ที่ขึ้นอยู่กับสมรรถนะของกระบวนการที่ได้รับการทดสอบ (Tested Performance) เพื่อให้บรรลุตามผลลัพธ์ที่

สามารถวัดได้ (Measurable Results) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในกระบวนการผลิตมักจะทำการวัดค่าของคุณสมบัติในเชิงกายภาพที่อาจกำหนดเป็นเชิงกล เชิงไฟฟ้า เชิงจุลชีววิทยา ฯลฯ เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ค่า pH ฯลฯ สำหรับกรณีกระบวนการบริการมักจะวัดค่าของคุณสมบัติในรูปของเวลาที่สะท้อนถึงความสะดวกความตรงต่อเวลา และความรวดเร็วในการบริการ ฯลฯ

ดังนั้น อาจจะจำแนกความสามารถออกเป็นความสามารถโดยธรรมชาติ (Inherent Capability) และความสามารถที่ได้รับการวัด (Measured Capability) โดยที่ความสามารถโดยธรรมชาติ หมายถึง ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการที่ทำการศึกษาภายใต้สภาวะควบคุม ส่วนความสามารถที่ได้รับการวัด หมายถึง ค่าความสามารถของกระบวนการที่ได้รับการประเมินผลผ่านข้อมูลที่ได้มาจากการกำหนดตัวเลขให้กับคุณลักษณะที่สนใจของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการที่ศึกษา

3) ความผันแปร (Variability)

เป็นความจริงที่กล่าวว่า “ในโลกนี้ไม่มีสิ่งของ 2 สิ่งใดที่มีความเหมือนกันเลย” แม้แต่คู่ฝาแฝดหรือขนาดมือซ้าย มือขวาของคนเรา ดังนั้น กระบวนการใดๆ ก็ตามจะอยู่ภายใต้ความผันแปรโดยธรรมชาตินี้เสมอ ละความแตกต่างหรือความผันแปรที่ได้จากกระบวนการอาจจะประกอบด้วยความผันแปรที่ผิดธรรมชาติอีกด้วยถ้ากระบวนการดังกล่าวอยู่นอกการควบคุม ดังที่ได้อธิบายผ่านตารางที่ 1.1

ดังนั้น ภายใต้การควบคุมกระบวนการ ผู้ดำเนินการจะต้องทำให้ความผันแปรของกระบวนการเป็นไปโดยธรรมชาติก่อนเสมอ (ที่เรียกว่า ภายใต้สภาวะควบคุม) และความผันแปรโดยธรรมชาตินี้ยังแบ่งออกเป็นอีก 2 กรณี คือ

ก) ความผันแปรโดยธรรมชาติในระยะสั้นๆ (Short Term Variability) หมายถึง ความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติของกระบวนการที่เป็นผลจากการออกแบบกระบวนการ และถ้าต้องการจะลดความผันแปรประเภทนี้ลงได้ จะต้องดำเนินการผ่านการออกแบบใหม่สำหรับกระบวนการ

ข) ความผันแปรโดยธรรมชาติในระยะยาว (Long Term Variability) หมายถึง ความผันแปรตลอดช่วงเวลา (Over the Time) ที่กระบวนการได้รับการดำเนินการ แสดงว่าความผันแปรประเภทนี้เป็นผลจากการควบคุมกระบวนการ และถ้าต้องการจุดลดความผันแปรประเภทนี้ลง จะต้องดำเนินการแก้ไขมาตรฐานของการควบคุมสำหรับกระบวนการเสียใหม่

2.2.2 สภาวะของกระบวนการ

จากความหมายของความสามารถของกระบวนการที่ได้กล่าวมาแล้ว จะพบว่าความสามารถของกระบวนการควรจะได้รับผลกระทบในรูปของความผันแปรของกระบวนการ ซึ่งโดยทั่วไป จะได้รับการจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ ความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติ และความผันแปรที่ผิดปกติ ดังภาพที่ 2.7 ถ้ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้แหล่งความผันแปรธรรมชาติ (Common Cause) ความผันแปรจะเสถียรตลอดเวลาและสามารถคาดการณ์ตัวแปรตัวแบบได้

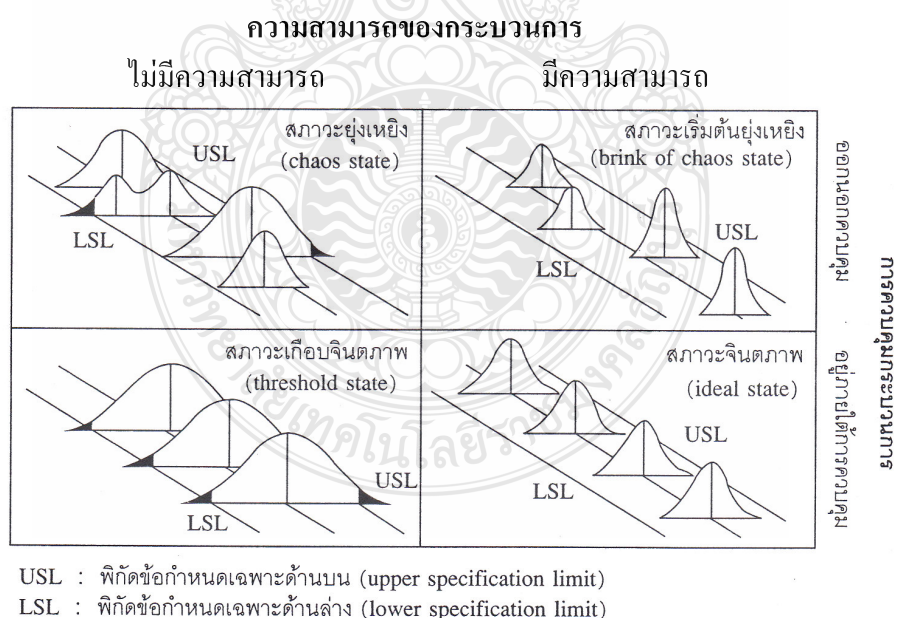


ภาพที่ 2.7 ลักษณะของตัวแบบความผันแปร [6]

ลักษณะของความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติจะเป็นความผันแปรที่สามารถคาดการณ์ตัวแบบได้ ในขณะที่ความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดปกติจะไม่สามารถคาดการณ์ตัวแบบได้ และมีปรมาจารย์ด้านคุณภาพได้อธิบายถึงความผันแปรในมุมมองที่แตกต่างกันออกไปดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความผันแปรของกระบวนการในมุมมองต่างๆ [6]

ปรมาจารย์คุณภาพ	มุมมอง	ความผันแปร	
วอลเตอร์ ชิวฮาร์ต (W.A. Shewhart)	สถิติ	สาเหตุโดยธรรมชาติ	สาเหตุผิดปกติ
เอ็ดเวิร์ด (E. W. Deming)	การบริหาร	สาเหตุแบบสุ่ม (Random Causes)	สาเหตุที่ระบุได้ (Assignable Causes)
เอ็ดเวิร์ด (E. W. Deming)	ระบบ	สาเหตุธรรมชาติ (Common Causes)	สาเหตุที่ไม่ธรรมชาติ (Special Cause)
โจเซฟ จูราน (J. M. Juran)	ระบบ	สาเหตุเรื้อรัง (Chronic)	สาเหตุที่เกิดเป็นครั้งคราว (Sporadic Spike)
ลักษณะของตัวแบบความผันแปร		คาดการณ์ได้	คาดการณ์ไม่ได้



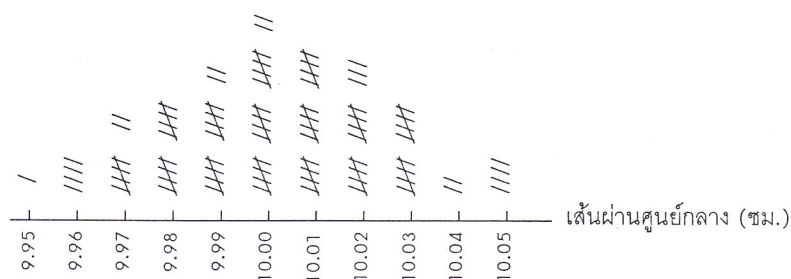
ภาพที่ 2.8 สภาวะของกระบวนการ [6]

โดยทั่วไปแล้ว จะจำแนกสภาวะของกระบวนการตามสภาวะการควบคุมออกได้เป็น 4 สภาวะ ดังภาพที่ 2.8 โดย 2 สภาวะแรกจะไม่สามารถประเมินค่าความสามารถของกระบวนการได้ เนื่องจากกระบวนการออกนอกการควบคุม หรือมีการดำเนินการภายใต้สภาวะที่ผิดไปจากธรรมชาติของกระบวนการ และจะเรียกสภาวะของกระบวนการที่อยู่ในสภาวะดังกล่าวรวมถึงมีส่วนที่ออกนอกข้อกำหนดเฉพาะด้วยว่า **สภาวะที่ยุ่งเหยิง (Chaos State)** แต่จะเรียกกระบวนการในสภาวะดังกล่าวที่กระบวนการยังอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะว่า **สภาวะที่เริ่มต้นยุ่งเหยิง (Brink of Chaos State)** ดังนั้น ภายใต้สภาวะทั้งสองของกระบวนการจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาสาเหตุของความผิดปกติก่อนแล้ว ดำเนินการกำจัดสาเหตุดังกล่าวออกไป เพื่อให้กระบวนการเข้าสู่สภาวะปกติหรืออยู่ภายใต้การควบคุมก่อน จึงจะสามารถประเมินความสามารถของกระบวนการได้ เมื่อกระบวนการอยู่ภายใต้สภาวะของการควบคุมหรือสภาวะที่ปกติจะทำให้ตัวแบบของกระบวนการได้รับการคาดการณ์ได้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว และจะเรียกสภาวะของกระบวนการว่า สภาวะในจิตภาพ (Ideal State) ถ้าหากภายใต้สภาวะได้สภาวะการณ์ของกระบวนการดังกล่าว กระบวนการมีความผันแปรอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะ และจะเรียกสภาวะของกระบวนการดังกล่าวว่า สภาวะเกือบ จินตภาพ (Threshold State) ถ้ากระบวนการดังกล่าวมีความผันแปรอยู่นอกข้อกำหนดเฉพาะ

2.2.3 แนวความคิดของการประเมินผลความสามารถของกระบวนการ

จากตัวอย่างที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้ทราบแล้วว่าในการประเมินผลด้านความสามารถของกระบวนการนี้ จะมีการจำแนกออกเป็นกรณีที่กระบวนการกระทำได้จริง (หรือสมรรถนะของกระบวนการ) และกรณีที่กระบวนการควรจะทำได้ (หรือความสามารถของกระบวนการ) ซึ่งจะประเมินผลได้จากค่าสัดส่วนของความบกพร่องที่เกิดขึ้น ดังนั้น แนวความคิดพื้นฐานของการประเมินค่าความสามารถของกระบวนการจะพิจารณาในรูปสัดส่วนของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นหรือสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้น

อย่างไรก็ตาม การประเมินผลในรูปสัดส่วนของความบกพร่องนี้จะให้สารสนเทศเกี่ยวกับกระบวนการค่อนข้างน้อย เพราะ โดยธรรมชาติแล้ว การประเมินค่าดังกล่าวจะได้มาจากการกำหนดให้ข้อมูลอยู่ในเทอมของ 0, 1 คือ ผ่าน หรือไม่ผ่าน เท่านั้น ดังนั้น ในระยะหลังจึงมีแนวโน้มที่จะประเมินผลค่าความสามารถของกระบวนการในรูปของข้อมูลวัดหรือข้อมูลเชิงผันแปร (Variable Data) มากขึ้น เพราะภายใต้ข้อมูลดังกล่าว จะทำให้ผู้วิเคราะห์ทราบถึงลักษณะของรูปทรงการกระจายตัวของข้อมูลและทำให้ประเมินถึงค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง (Central Tendency) และการกระจายตัว (Dispersion) ของข้อมูลได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.9

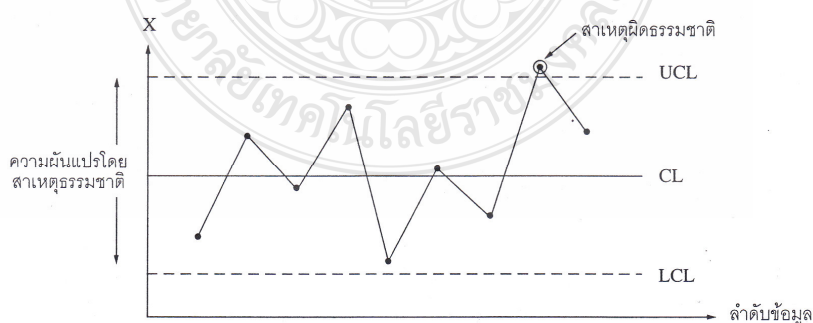


ภาพที่ 2.9 การแจกแจงความถี่ของเส้นผ่านศูนย์กลาง [6]

จากภาพที่ 2.9 จะพบว่าวิธีการกราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติ หรือ Normal Probability Paper: NOPP นี้ มีข้อดีคือสามารถประมาณการสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้โดยตรงจากกราฟ เช่น ในกรณีนี้จะมีปริมาณของสัดส่วนข้อบกพร่องที่ออกนอกพิสัยด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะเท่ากับ 6% และจะมีปริมาณของสัดส่วนข้อบกพร่องที่ออกนอกพิสัยด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะเท่ากับ 12% ดังนั้น จากตัวอย่างข้างต้นจะประมาณการค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดจากกระบวนการได้ประมาณ 18% ของผลผลิตทั้งหมด

2.2.4 วิธีการแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือกราฟที่มีกลไกในการแยกความผันแปรจากสาเหตุพิเศษ (Special Causes) ออกจากสาเหตุธรรมดา (Common Causes) ของข้อมูล ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาครั้งแรกด้วยการประยุกต์วิธีการทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis) โดย Dr. Walter A. Shewhart แห่ง AT&T Bell Lab เมื่อ 16 พฤษภาคม พ.ศ.2467 โดยมีแนวความคิดของกลไกดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แนวความคิดของแผนภูมิควบคุม [6]

ประเภทของแผนภูมิควบคุมได้รับการจำแนกตามประเภทข้อมูลที่แบ่งออกเป็นข้อมูลแบบผันแปร (Variable) และข้อมูลแบบแอตทริบิวต์ (Attributes) ซึ่งในที่นี้ขอกล่าวเฉพาะแผนภูมิควบคุมแบบผันแปรเท่านั้น ได้แก่ แผนภูมิ $\bar{X} - R$ แผนภูมิ $\bar{X} - S$ แผนภูมิ $\bar{X} - MR$ แผนภูมิ $\bar{X} - R$ เป็นแผนภูมิประเภทข้อมูลผันแปรที่มีความเหมาะสมกับกระบวนการที่มีคุณสมบัติความผันแปรรีพีทเทเบิลได้แก่ กระบวนการแบบลอต ซึ่งมีความจำเป็นต้องทำการควบคุมค่ารีพีทเทเบิลก่อนด้วยแผนภูมิ R แล้วค่อยควบคุมค่ารีโพรดิวซิเบิลผ่านแผนภูมิ X ดังนั้น แผนภูมิประเภทนี้จึงต้องใช้ขนาดกลุ่มย่อยที่โตกว่า 10 ตัว รวมถึงกรณีที่ขนาดของกลุ่มย่อยที่ต้องใช้แผนภูมิ $\bar{X} - S$

สำหรับแผนภูมิ $\bar{X} - MR$ เป็นแผนภูมิประเภทข้อมูลผันแปรที่มีความเหมาะสมกับกระบวนการที่มีคุณสมบัติความผันแปรแบบรีพีทเทเบิลดีมากจนไม่มีความจำเป็นต้องควบคุมได้แก่ กระบวนการแบบแบช (Batch) ในการเก็บข้อมูลจึงไม่มีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อย (ถ้ามีการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มย่อยแล้ว ค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยจะมีสาเหตุสำคัญมาจากรีพีทเทเบิลลิตีในระบบการวัดมากกว่ากระบวนการผลิต) ดังนั้นในบางครั้งอาจเรียกชื่อว่า I คือค่าวัดอิสระ (Individual) สูตรคำนวณสำหรับพิกัดควบคุม $\bar{X} - R, \bar{X} - S$ และ $\bar{X} - MR$ สรุปในตารางที่ 2.4 โดยกรณีนี้สามารถคำนวณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบศึกษาระยะสั้น โดยวิธีคำนวณความผันแปรในกลุ่มย่อยได้คือ

$$\text{กรณีแผนภูมิควบคุม } \bar{X} - R \quad \hat{\sigma}_{ST} = \frac{R}{d_2} \quad (2.1)$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{R}{d_2} \quad (\text{ถ้าจำนวนกลุ่มย่อยเกิน 20 กลุ่ม})$$

$$\text{กรณีแผนภูมิควบคุม } \bar{X} - S \quad \hat{\sigma}_{ST} = \frac{\bar{S}}{C_4} \quad (2.2)$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{\bar{S}}{C_4} \quad (\text{ถ้าจำนวนกลุ่มย่อยเกิน 20 กลุ่ม})$$

$$\text{และ กรณีแผนภูมิควบคุม } \bar{X} - MR \quad \hat{\sigma}_{ST} = \frac{MR}{1.128} \quad (2.3)$$

ตารางที่ 2.4 ประเภทของแผนภูมิควบคุมและสูตรคำนวณพิกัดควบคุม [6]

ประเภทแผนภูมิ	ตัวอย่างพารามิเตอร์ควบคุม	สูตรคำนวณพิกัดควบคุม
1.แผนภูมิ $\bar{X} - R$ ($n \leq 10$)	เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาน้ำหนักบรรจุเวลาในการปฏิบัติงาน แรงดึง เวลารอคอย ฯลฯ	แผนภูมิ R $UCL = D_4 \bar{R}$ $CL = \bar{R}$ $LCL = D_3 \bar{R}$ แผนภูมิ \bar{X} $UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$ $CL = \bar{\bar{X}}$ $LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$
2.แผนภูมิ $\bar{X} - S$ ($n > 10$ หรือ n ไม่คงที่)	เหมือนกรณี $\bar{X} - R$	แผนภูมิ S $UCL = B_4 \bar{S}$ $CL = \bar{S}$ $LCL = B_3 \bar{S}$ แผนภูมิ \bar{X} $UCL = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$ $CL = \bar{\bar{X}}$ $LCL = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$
3.แผนภูมิ $\bar{X} - MR$ ($n \leq 10$)	ความหวานค่า pH ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง ยอดขายรายเดือน ฯลฯ	แผนภูมิ MR $UCL = 3.267 \overline{MR}$ $CL = \overline{MR}$ $LCL = 0$ แผนภูมิ \bar{X} $UCL = \bar{\bar{X}} + 2.66 \overline{MR}$ $CL = \bar{\bar{X}}$ $LCL = \bar{\bar{X}} - 2.66 \overline{MR}$

สำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการศึกษาแบบระยะยาว จะคำนวณได้ดังนี้

$$\text{กรณีแผนภูมิควบคุม } \bar{X} - R \text{ และ } \bar{X} - S \quad \hat{\sigma}_{LT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{X})^2}{kn - 1}} \quad (2.4)$$

$$\text{กรณีแผนภูมิควบคุม } \bar{X} - MR \quad \hat{\sigma}_{LT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2}{k - 1}} \quad (2.5)$$

เมื่อ k = จำนวนกลุ่มย่อย หรือจำนวนจุดที่พลอต
 n = ขนาดกลุ่มย่อย

การคำนวณ $\hat{\sigma}_{LT}$ นี้จะใช้ข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณแม้ว่าจะออกนอกการควบคุมก็ตาม เพื่อให้ได้ภาพที่แท้จริงของสมรรถภาพของกระบวนการ อย่างไรก็ตาม ตำราอีกหลายเล่มได้แนะนำให้ใช้เฉพาะข้อมูลที่อยู่ภายใต้การควบคุมเท่านั้นเพื่อให้สอดคล้องกับคุณภาพด้านความสามารถในการคาดการณ์ การประมาณค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการด้วยวิธีการแผนภูมิควบคุม จะมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) การเลือกกระบวนการที่จะศึกษาพร้อมการกำหนดพารามิเตอร์วิกฤต โดยพารามิเตอร์ดังกล่าวควรจะเป็นพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่มีผลมาจากพารามิเตอร์ของกระบวนการมากที่สุด
- 2) ดำเนินการเลือกประเภทแผนภูมิควบคุมโดยพิจารณาจากค่ารีพิทเทบิลิตี้ของกระบวนการว่าควรจะได้รับ การควบคุมหรือไม่

กรณีต้องการควบคุมค่ารีพิทเทบิลิตี้เลือก แผนภูมิ $\bar{X} - R$ หรือ $\bar{X} - S$

กรณีไม่ต้องการควบคุมค่ารีพิทเทบิลิตี้เลือก แผนภูมิ $\bar{X} - MR$

- 3) ทำการรวบรวมข้อมูล (อาจจะเป็นกรณีรวบรวมข้อมูลเพื่อการประมาณค่ารี โปรคิวซิบัติ์ของกระบวนการ หรือการรวบรวมข้อมูลเพื่อการควบคุมกระบวนการ) โดยควรมีข้อมูล 20 – 30 กลุ่มย่อย (ในกรณีแผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ควรให้มีขนาดกลุ่มย่อยเท่ากับขนาดกลุ่มย่อยละ 4 – 10 ตัวอย่าง)
- 4) ทำการสร้างแผนภูมิควบคุมและแปลความหมาย (ดูรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างแผนภูมิ ควบคุม)

5) ในกรณีที่ข้อมูลมีคุณภาพดี (ข้อมูลเป็นแบบสุ่มรอบค่ากลางของแผนภูมิควบคุม) ให้ทำการประมาณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งการศึกษาแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว

6) ประมาณค่าดัชนีความสามารถทั้งด้านศักยภาพและด้านสมรรถนะของกระบวนการทั้งการศึกษาแบบระยะสั้นและระยะยาว

ตัวอย่างที่ 2.1 (แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$) [6]

จากตัวอย่างความกว้างของช่องว่าง (Gap Width) ของหัวบันทึกข้อมูล (Magnetic Recording) ถ้าผู้ศึกษาทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภายใต้ภาวะควบคุมของกระบวนการ ด้วยขนาดสิ่งตัวอย่างกลุ่มย่อยละ 4 ตัว จำนวน 20 กลุ่มย่อย ดังแสดงในภาพที่ 2.11

ให้ทำการประมาณค่าดัชนีแสดงความสามารถทั้งด้านศักยภาพและด้านสมรรถนะของกระบวนการการศึกษาทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาว

วิธีทำ

จากแผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ดังภาพที่ 2.11 นั้นพบว่า แผนภูมิ R แสดงสถานะมีความสม่ำเสมอ (Consistency) ซึ่งทำให้สามารถคาดหมายค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการได้ด้วยวิธีการคำนวณแบบภายในกลุ่มย่อย ดังภาพที่ 2.12 ดังนั้น

$$\hat{\sigma}_{ST} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0.1645}{2.059} = 0.0799$$

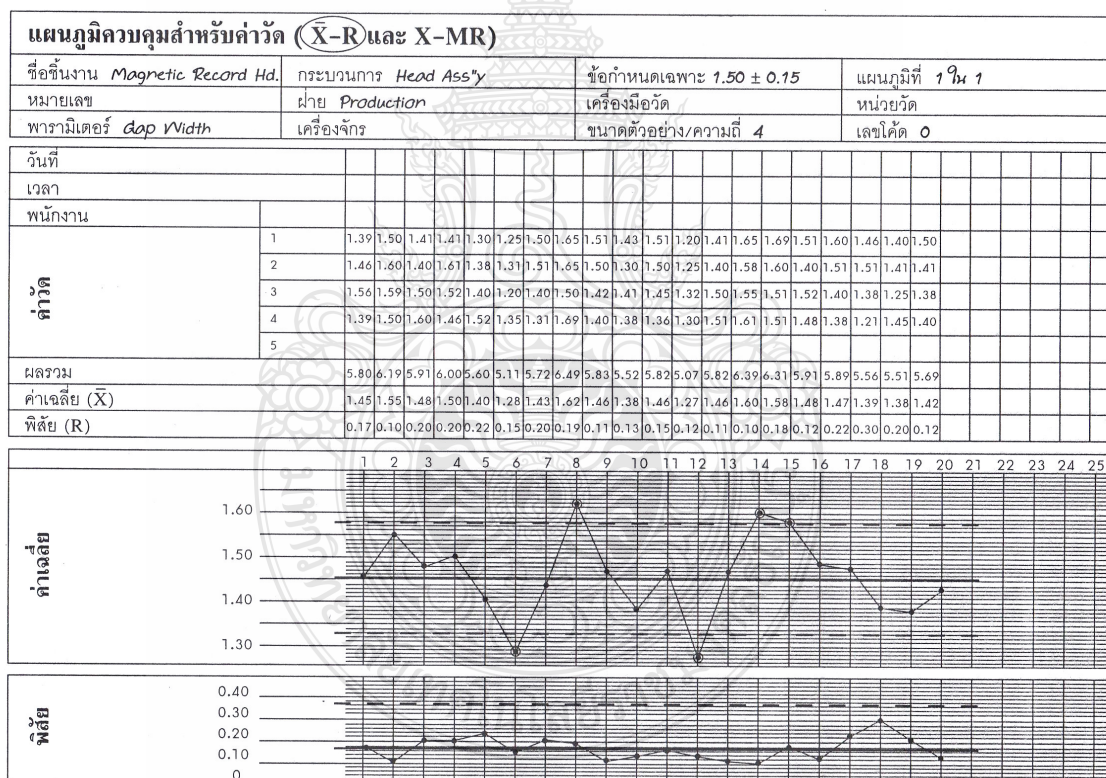
สำหรับในแผนภูมิ \bar{X} แม้ว่าจะมีจุดออกนอกการควบคุมอยู่บ้าง แต่ก็จำเป็นต้องนำมาทำการคำนวณ $\hat{\sigma}_{LT}$ เพื่อให้ทราบถึงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดขึ้นจริงได้ โดยอาศัยสมการที่ 2.4 จะได้ผลว่า

$$\hat{\sigma}_{LT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} \sum_{j=1}^4 (X_{ij} - 1.453)^2}{(4)(20) - 1}} = 0.11335$$

แต่สำหรับการศึกษาแบบระยะสั้น ต้องอาศัยค่าที่ได้จากการกำจัดความผันแปรจากสาเหตุพิศกรรมชาติแล้ว คือ $\bar{X} = 1.447$ และผลจากการคำนวณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาวนี้ ทำให้สามารถประมาณค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการได้ ดังนี้

$$C_R = \frac{6 \times 0.0799}{1.65 - 1.35} = 1.60$$

$$C_P = \frac{1.65 - 1.35}{6 \times 0.0799} = 0.63$$



ภาพที่ 2.11 แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ของความกว้างของช่องว่างหัวบันทึกข้อมูล [6]

ใบคำนวณสำหรับแผนภูมิควบคุมสำหรับค่าวัด ($\bar{X}-R$ และ $X-MR$)																																																													
พิกัดควบคุมเบื้องต้น (จำนวนกลุ่มย่อย 20) จำนวนค่าพิสัยโดยเฉลี่ย $\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{3.29}{20} = 0.1645$ Σ = ผลรวม, และ k = จำนวนกลุ่มย่อย จำนวนพิกัดควบคุมสำหรับค่าพิสัย $UCL_R = D_4 \times \bar{R} = 2.282 \times 0.1645 = 0.38$ $LCL_R = D_3 \times \bar{R} = 0 \times 0.1645 = 0$	พิกัดควบคุมที่ทบทวนแล้ว (ในกรณีที่ต้องทบทวน) $\bar{R} = \text{---} = \text{---}$ $UCL_R = \text{---} \times \text{---} = \text{---}$ $LCL_R = \text{---} \times \text{---} = \text{---}$																																																												
จำนวนค่าเฉลี่ยทั้งหมด $\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{29.06}{20} = 1.453$ การคำนวณพิกัดควบคุมสำหรับค่าเฉลี่ย $A_2 \bar{R} = 0.729 \times 0.1645 = 0.119$ $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 1.453 + 0.119 = 1.57$ $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 1.453 - 0.119 = 1.33$	$\bar{\bar{X}} = \frac{29.06 - 7.35}{20 - 5} = 1.447$ $A_2 \bar{R} = 0.729 \times 0.1645 = 0.119$ $UCL_{\bar{X}} = 1.447 + 0.119 = 1.57$ $LCL_{\bar{X}} = 1.447 - 0.119 = 1.33$																																																												
ประมาณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ถ้ากระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุม) $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0.1645}{2.059} = 0.0799$																																																													
ขนาดกลุ่มย่อย <table border="1"> <thead> <tr> <th>n</th> <th>A₂</th> <th>D₃</th> <th>D₄</th> <th>d₂</th> <th>n</th> <th>A₂</th> <th>D₃</th> <th>D₄</th> <th>d₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1.880</td> <td>*</td> <td>3.267</td> <td>1.128</td> <td>6</td> <td>0.483</td> <td>*</td> <td>2.004</td> <td>2.534</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.023</td> <td>*</td> <td>2.575</td> <td>1.693</td> <td>7</td> <td>0.419</td> <td>0.076</td> <td>1.924</td> <td>2.704</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.729</td> <td>*</td> <td>2.282</td> <td>2.059</td> <td>8</td> <td>0.373</td> <td>0.136</td> <td>1.864</td> <td>2.847</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.577</td> <td>*</td> <td>2.115</td> <td>2.326</td> <td>9</td> <td>0.337</td> <td>0.184</td> <td>1.816</td> <td>2.970</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td>0.308</td> <td>0.223</td> <td>1.777</td> <td>3.078</td> </tr> </tbody> </table> * พิกัดควบคุมสำหรับ R มีค่าประมาณเป็นศูนย์ถ้าขนาดกลุ่มย่อยต่ำกว่า 7		n	A ₂	D ₃	D ₄	d ₂	n	A ₂	D ₃	D ₄	d ₂	2	1.880	*	3.267	1.128	6	0.483	*	2.004	2.534	3	1.023	*	2.575	1.693	7	0.419	0.076	1.924	2.704	4	0.729	*	2.282	2.059	8	0.373	0.136	1.864	2.847	5	0.577	*	2.115	2.326	9	0.337	0.184	1.816	2.970						10	0.308	0.223	1.777	3.078
n	A ₂	D ₃	D ₄	d ₂	n	A ₂	D ₃	D ₄	d ₂																																																				
2	1.880	*	3.267	1.128	6	0.483	*	2.004	2.534																																																				
3	1.023	*	2.575	1.693	7	0.419	0.076	1.924	2.704																																																				
4	0.729	*	2.282	2.059	8	0.373	0.136	1.864	2.847																																																				
5	0.577	*	2.115	2.326	9	0.337	0.184	1.816	2.970																																																				
					10	0.308	0.223	1.777	3.078																																																				
หมายเหตุ : ให้ทำการบันทึกการปรับเปลี่ยนต่าง ๆ ในกระบวนการ																																																													
กลุ่มย่อยที่	วัน/เดือน/ปี	เวลา	วิจารณ์และบันทึกการปรับเปลี่ยน																																																										

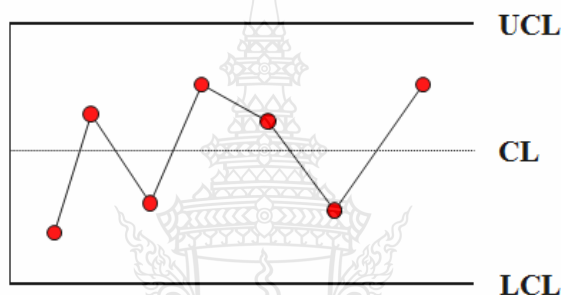
ภาพที่ 2.12 ใบคำนวณแผนภูมิควบคุม $\bar{X}-R$ ของความกว้างของช่องว่างหัวบันทึกข้อมูล [6]

2.2.5 การวิเคราะห์แผนภูมิควบคุม

การวิเคราะห์ลักษณะของจุดในแผนภูมิควบคุม เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อควบคุม กระบวนการผลิตเพราะจุดต่างๆ ในแผนภูมิควบคุมจะเป็นสิ่งบอกให้ทราบว่า

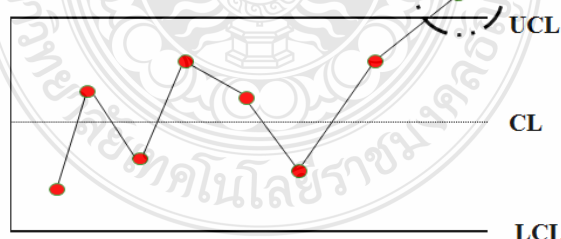
กระบวนการผลิตเป็นอย่างไรในขณะ นั้น การอ่านหรือตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิ เพื่อ โยงเหตุผลไปที่สภาวะของกระบวนการผลิต ซึ่งได้นำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตนำมาเขียนเป็น แผนภูมิควบคุม ซึ่งจะแสดงให้เห็นในแผนภูมิควบคุมนี้และ เมื่อตรวจพบความผิดปกติของ กระบวนการผลิต เพราะจากความผิดปกติในกระบวนการผลิตจะมีผลต่อคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้กระบวนการผลิตนั้นปรับสภาพการผลิต กลับสู่สภาวะที่อยู่ในควบคุม (In - Controlled) ได้ ต่อไป ลักษณะจุดที่เกิดขึ้นในแผนภูมิควบคุมที่บ่งบอกถึงการเกิดสิ่งผิดปกติในกระบวนการผลิตมี ดังต่อไปนี้

- 1) การอยู่ภายใต้ภาวะการควบคุม



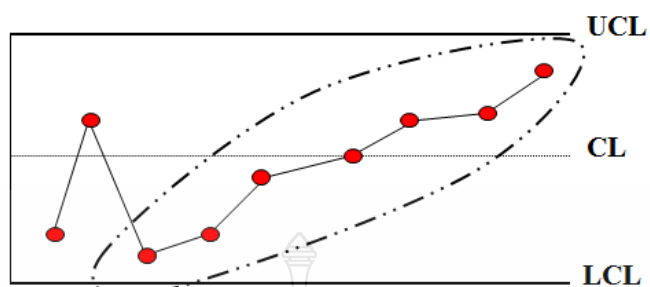
ภาพที่ 2.13 ข้อมูลอยู่ภายใต้ภาวะการควบคุม

- 2) มีจุดตกออกนอกเส้นขีดจำกัดควบคุม



ภาพที่ 2.14 บางข้อมูลหลุดออกจากเส้นควบคุม

3) การเกิดแนวโน้ม (Trend) ขึ้น หรือลง 7 จุดต่อเนื่อง



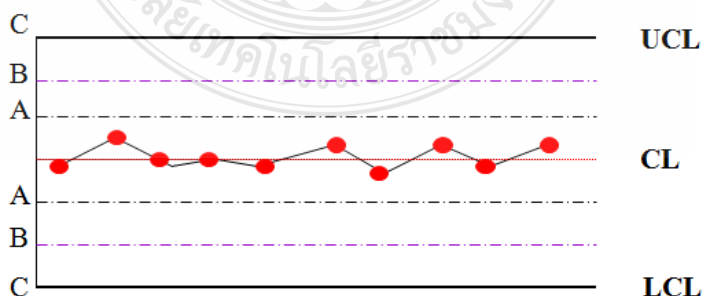
ภาพที่ 2.15 ข้อมูลเกิดเป็นแนวโน้มขึ้นหรือลง 7 จุดต่อเนื่อง

4) การเปลี่ยนระดับค่ากลาง (อยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นแนวกกลาง 7 จุดต่อเนื่อง)



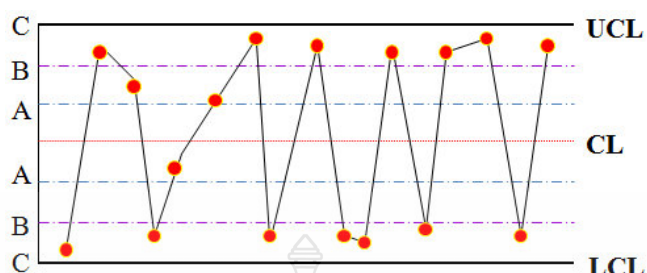
ภาพที่ 2.16 ข้อมูลเปลี่ยนระดับค่ากลาง โดยเรียงตัวอยู่ด้านใดด้านหนึ่ง 7 จุดต่อเนื่อง

5) การกระจายข้อมูลไม่เป็นแบบสุ่ม ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้แนวกกลาง A-A



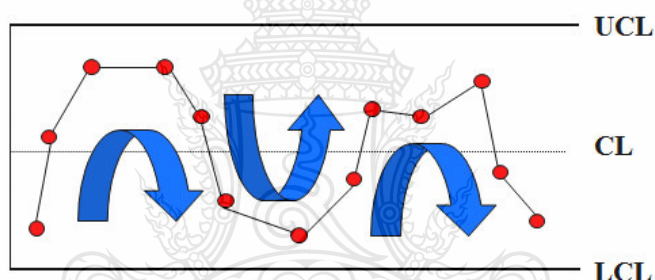
ภาพที่ 2.17 ข้อมูลกระจายตัวไม่เป็นแบบสุ่ม ส่วนใหญ่อยู่ใกล้แนว A-A

6) การกระจายข้อมูลไม่เป็นแบบสุ่ม ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นขอบ B-C



ภาพที่ 2.18 ข้อมูลกระจายตัวไม่เป็นแบบสุ่ม ส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นขอบ B-C

7) การเกิดเป็นวัฏจักร (Cycle)



ภาพที่ 2.19 ข้อมูลเกิดเป็นวัฏจักร

2.2.6 การวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk)

ในการวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) เป็นการวิเคราะห์ระดับคุณภาพที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม ดัชนีดังกล่าวเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถของกระบวนการ และผลิตภัณฑ์ต่อการตอบสนองข้อกำหนดของลูกค้า ดัชนีชี้วัดที่มักจะใช้กันก็คือค่า Cpk และ Ppk แม้ว่าดัชนีดังกล่าวจะใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งการตีความค่า Cpk และ Ppk สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ค่า Cpk และ Ppk เป็นการนำค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ค่าความผันแปรของกระบวนการและข้อกำหนดของลูกค้ามาคำนวณร่วมกัน ดัชนีชี้วัดดังกล่าวสะท้อนว่ากระบวนการมีขีดความสามารถแค่ไหนเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของลูกค้า

2) ในกรณีที่ Specification มี 2 ด้าน ค่า Cpk และ Ppk สูง เมื่อค่าเฉลี่ยอยู่ที่กลาง Specification และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยๆ

3) ทั้ง Cpk และ Ppk มีความหมายลึกๆ ก็คือกระบวนการที่เราศึกษาอยู่นั้นมีขีดความสามารถแค่ไหน เมื่อเทียบกับ 3-Sigma Process ซึ่งอาจถือว่าเป็นขีดความสามารถอ้างอิงของแนวคิดทางคุณภาพแบบดั้งเดิมที่คาดหวังให้กระบวนการมีขีดความสามารถอย่างน้อย ± 3 Sigma กระบวนการที่มีค่า Cpk/Ppk เท่ากับ 1 ก็คือ มีขีดความสามารถเทียบเท่ากับ 3-Sigma Process นั่นเอง

4) Cpk เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น คือ ที่เวลาใดเวลาหนึ่งกระบวนการมีขีดความสามารถเป็นอย่างไร ค่านี้จะแสดงเป็นนัยถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นจากความจำกัดและพื้นฐานของเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการ

5) Ppk เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะยาวซึ่งจะรวมเอาความผันแปรที่เกิดจากความไม่มีเสถียรภาพของกระบวนการเข้ามาด้วย กล่าวคือ มีความผันแปรระยะสั้น รวมกับความผันแปรอื่นที่เข้ามากระทบกระบวนการ ค่านี้จะแสดงถึงขีดความสามารถของกระบวนการเมื่อเราให้กระบวนการดำเนินการไปเป็นระยะเวลาหลายๆ (นานเท่ากับช่วงที่เราเก็บข้อมูลมา)

6) อุดมคติของเราอยากได้กระบวนการที่ทั้ง Cpk และ Ppk มีค่าสูง

7) ค่า Ppk จะน้อยกว่าหรือเท่ากับ Cpk เสมอ

8) ถ้า Cpk และ Ppk มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ากระบวนการไม่สูญเสียเสถียรภาพเนื่องจากการขยับตัวของค่าเฉลี่ยหรืออาจกล่าวได้ว่ากระบวนการถูกควบคุมได้อย่างมีเสถียรภาพในระยะยาว

9) ถ้าค่า Ppk น้อยกว่า Cpk มาก แสดงว่ากระบวนการสูญเสียเสถียรภาพ เนื่องจากการขยับตัวของค่าเฉลี่ย ซึ่งแสดงว่ามีบางปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงเข้ามากระทบกระบวนการเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

10) โดยทั่วไปแนวทางการประเมินค่า Cpk และ Ppk มีดังนี้

ก) $Cpk/Ppk < 1$ กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง

ข) $1 < Cpk/Ppk < 1.33$ Gray Zone อาจพอรับได้ถ้ากระบวนการนั้นควบคุมได้ยากหรือมีความจำกัดด้านเทคโนโลยี อย่างไรก็ตามถ้าเป็นไปได้ควรปรับปรุงกระบวนการ

ค) $Cpk/Ppk > 1.33$ กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ง) $Cpk/Ppk > 2$ คุณภาพระดับ World Class Quality หรือ Six Sigma Quality

นอกจากนี้ลูกค้าบางรายอาจตั้งความคาดหวังว่ากระบวนการควรมีขีดความสามารถที่สูง เช่น Cpk ควรมีค่ามากกว่า 1.67 และ Ppk ควรมีค่ามากกว่า 1.33 เป็นที่สังเกตว่าความแตกต่างดังกล่าวคือการเพื่อให้กระบวนการเกิดความไม่มีเสถียรภาพอยู่บ้าง

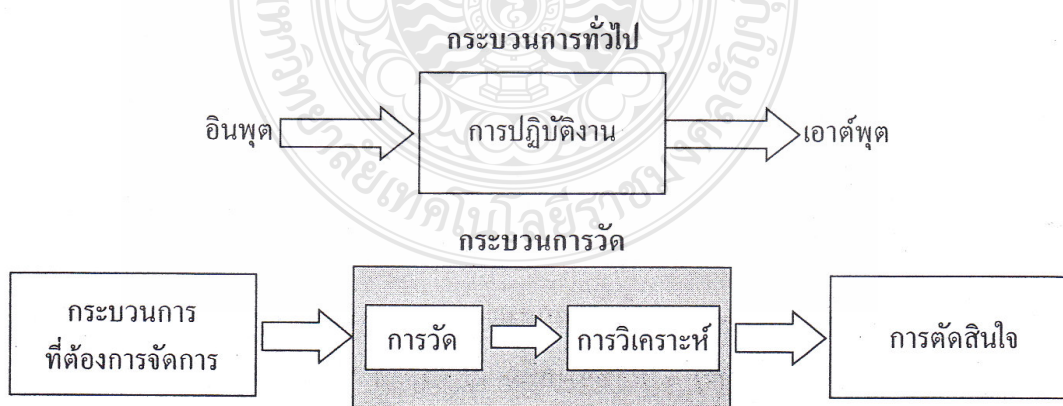
2.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA)

2.3.1 ความหมายของระบบการวัด

ในกระบวนการบริหารกระบวนการทางธุรกิจนั้น มีความจำเป็นที่ผู้ตัดสินใจต้องการความรู้ในประเด็นต่างๆ 3 ประการด้วยกัน [7-8] คือ

- 1) กระบวนการควรจะทำอะไร
- 2) มีอะไรที่จะเป็นความผิดพลาดได้บ้าง
- 3) กระบวนการกำลังทำอะไร

ในการตอบคำถามว่า “กระบวนการควรจะทำอะไรได้” นั้น ฝ่ายออกแบบและฝ่ายวิศวกรรมจะทำหน้าที่แปลความต้องการของลูกค้ามาเป็นข้อกำหนดทางวิศวกรรม สำหรับคำถามที่ว่า “จะมีอะไรที่จะเป็นความผิดพลาดได้บ้าง” นั้นในงานด้านการประกันคุณภาพสามารถดำเนินการด้วยการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ผ่านระบบการป้องกันที่เรียกว่า FMEA หรือ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) สำหรับในคำถามประเด็นสุดท้ายที่ต้องการทราบว่า “กระบวนการกำลังทำอะไร ?” นั้น ผู้ตัดสินใจต้องดำเนินการผ่านกิจกรรมการตรวจสอบ (Inspection) คือการใช้เครื่องมือวัดหรือเกจ (Gauge) ในการกำหนดค่าของผลิตภัณฑ์ขั้นสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตวัตถุดิบ หรือแม้แต่พารามิเตอร์ของกระบวนการเพื่อพิจารณาว่าผลที่เกิดขึ้นจริงเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ดังนั้น อาจจะพิจารณาการวัดและการวิเคราะห์ผลจากการวัดนี้ให้อยู่ในรูปของกระบวนการเช่นเดียวกับกระบวนการทั่วไปดังแสดงในภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 การกำหนดการวัดในรูปของกระบวนการ [7-8]

เมื่อพิจารณาการวัดให้อยู่ในรูปของกระบวนการนี้ ทำให้กำหนดเครื่องมือวัดหรือเกจเป็นเพียงส่วนหนึ่งของกระบวนการวัดเท่านั้น และค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปจากสาเหตุต่างๆ โดยเฉพาะจากปัจจัยแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งมีความจำเป็นต้องมีการประเมินผลผ่านคุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัด โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือค่าความเอนเอียงหรือไบอัส (Bias) และความแปรปรวน (Variance) และระบบการวัดที่ถือว่าดีที่สุดในจินตภาพคือระบบการวัดที่ไม่มีค่าความเอนเอียง (Zero Bias) และไม่มีค่าความแปรปรวน (Zero Variance) ซึ่งจะส่งผลทำให้ไม่มีโอกาสที่จะตัดสินใจผิดพลาดเลยในการควบคุมผลิตภัณฑ์และการควบคุมกระบวนการ

AIAG ได้นิยามความหมายของระบบการวัด ว่าหมายถึงสิ่งที่รวบรวมอุปกรณ์วัดคุมหรือเกจวัด มาตรฐาน การปฏิบัติงาน วิธีการ อุปกรณ์จับยึดงาน ซอฟต์แวร์ บุคลากร สิ่งแวดล้อมและข้อสมมุติฐานต่างๆ ที่ใช้ในการกำหนดปริมาณหน่วยที่ทำการวัดหรือประเมินคุณลักษณะที่ได้รับการวัดหรืออาจกล่าวง่ายๆ ว่าหมายถึงกระบวนการอย่างสมบูรณ์ที่ใช้ในการวัดในการกำหนดและออกและระบบการวัดที่ดีนั้นจะเป็นหน้าที่โดยตรงของฝ่ายบริหารซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ระบบการวัดที่ดีจะมีคุณสมบัติขั้นมูลฐานดังนี้ คือ

ก) มีความไว (Sensitivity) และสามารถแยกแยะความแตกต่าง (Discrimination) อย่างเพียงพอ กล่าวคือส่วนเพิ่มของค่าวัดควรจะมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับความผันแปรของกระบวนการและช่วงพิสัยข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กฎ “10 ต่อ 1” ที่ระบุไว้ว่าความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของเครื่องมือวัดควรจะสามารถแบ่งความผันแปรของกระบวนการหรือช่วงพิสัยข้อกำหนดเฉพาะออกเป็นสิบส่วนเป็นอย่างน้อยได้

ข) ระบบการวัดควรอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ ก็คือต้องดำเนินการภายใต้เงื่อนไขที่สามารถซ้ำได้ (Repeatable Condition)

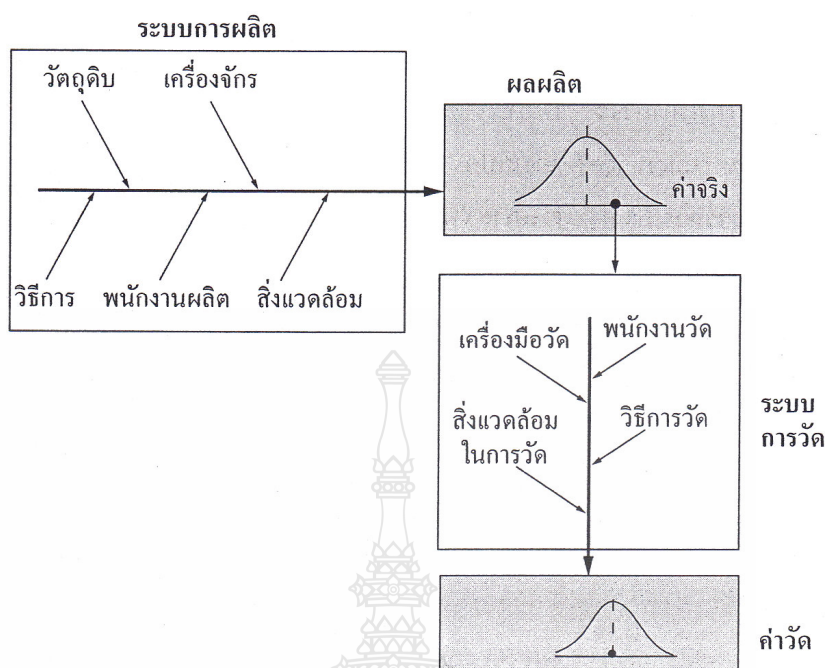
ค) ในกรณีการควบคุมผลิตภัณฑ์ ความผันแปรจากระบบการวัดจะต้องมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงพิสัยของข้อกำหนดเฉพาะ โดยจะทำการประเมินความผันแปรของระบบการวัดเทียบกับความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance)

ง) ในกรณีการควบคุมกระบวนการ ความผันแปรจากระบบการวัดควรจะสามารถแยกความแตกต่างของชิ้นงานได้ (Resolution) และต้องมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับความผันแปรของกระบวนการผลิต โดยจะทำการประเมินความผันแปรของระบบการวัดเทียบกับความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือความผันแปรโดยรวมจากการศึกษาการวิเคราะห์ระบบการวัด

2.3.2 ความผันแปรในระบบการวัด

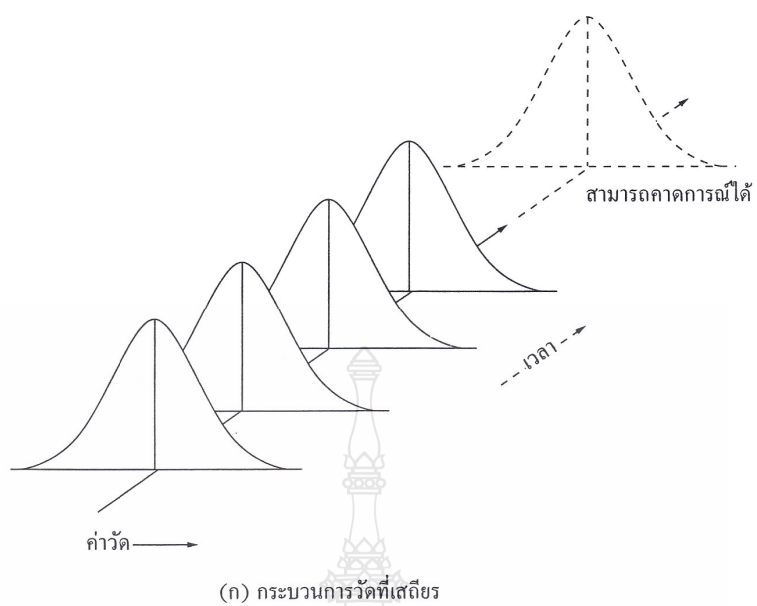
การวัด เปรียบเหมือนประตูสู่การควบคุมผลิตภัณฑ์และการควบคุมกระบวนการเพื่อการประกันคุณภาพ และจะเรียกศาสตร์ของการวัดนี้ว่า มาตรวิทยา (Metrology) ซึ่งหมายความถึงวิชาที่ว่าด้วยการวัด โดยในนิยามเกี่ยวกับการวัดนี้ได้มีนักวิชาการและองค์กรจำนวนมากได้พยายามนิยามความหมายเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างง่าย ๆ และครอบคลุม เช่น Farnum N.R.(1994, p. 257) ได้อ้างถึงนิยามของ Eisenhart (1963) ว่า การวัด หมายถึง การกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยคุณสมบัติเฉพาะที่กำหนด โดยคุณสมบัติเฉพาะที่กล่าวถึงนี้อาจจะเป็นลักษณะสมบัติทางกายภาพทางเคมี ฯลฯ อาทิ ความยาว ความแข็ง ความหนาแน่น ฯลฯ หรือมาตรฐาน ISO 10010-1 ได้นิยามความหมายของการวัดว่า หมายถึง ชุดของการปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาค่าของปริมาณอันหนึ่ง และจะเรียกปริมาณใดๆ ที่ได้รับการนำมาวัดนี้ว่า “สิ่งที่ได้รับการวัด (Measurand)”

จากนิยามที่กล่าวมานี้ จะพบว่ามีคำสำคัญสำหรับการวัดคือ ค่าคงที่ของสิ่งที่ได้รับการวัด ซึ่งถือเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่าและมีจุดประสงค์ที่จะกำหนดค่าให้ ในทางทฤษฎีจะเรียกค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่านี้ว่า “ค่าจริง (True Value)” โดยนักมาตรวิทยาอาจเรียกค่าดังกล่าวว่า ค่าที่เห็นพ้องกัน (Consensus Value) หรือ ค่าที่ได้รับการยอมรับกันโดยทั่วไป (Generally Accepted Value) หรือ ค่ามาตรฐาน (Master Value) นอกจากนี้ ยังมีคำสำคัญอีกคำหนึ่ง คือ ชุดการปฏิบัติการในการมอบหมายค่าตัวเลข ซึ่งหมายถึงกระบวนการวัด หรือระบบการวัด โดยมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด สิ่งที่ได้รับการวัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด และเนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้จะมีความไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดเสมอ ดังภาพที่ 2.21



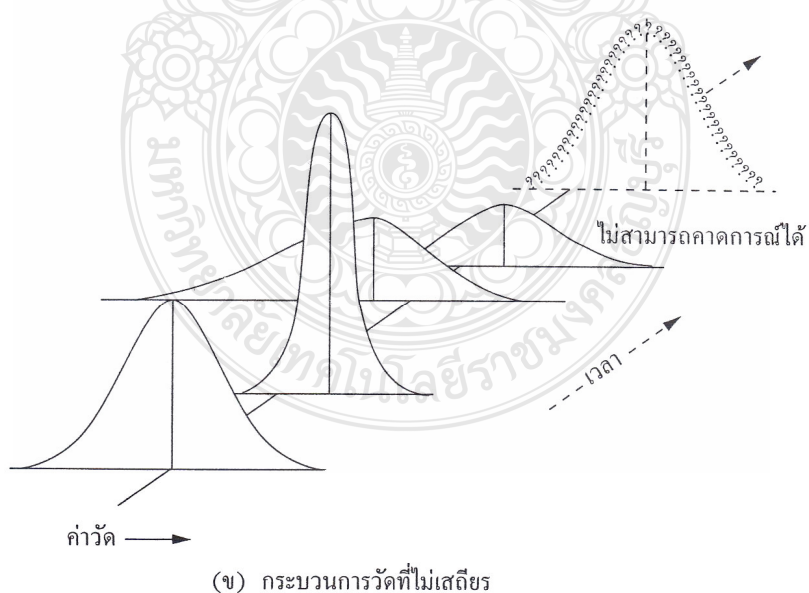
ภาพที่ 2.21 ความผันแปรในระบบการวัด [7-8]

ความผันแปรในระบบการวัดที่กล่าวถึงนี้ ถ้าหากเป็นไปด้วยสาเหตุธรรมชาติ (Chance Cause or Common Cause or Variation) แล้ว ค่าความผันแปรจะอยู่ในลักษณะเสถียรภาพที่สามารถคาดการณ์ได้ดังภาพที่ 2.22 แต่ถ้าหากความผันแปรเกิดจากสาเหตุผิดพลาดเนื่องจากปัจจัยภายนอกและจะเรียกสาเหตุดังกล่าวว่า สาเหตุผิดพลาด (Assignable Cause or Special Cause of Variation) โดยค่าความผันแปรนี้จะไม่เสถียรและไม่สามารถคาดการณ์ได้ ดังภาพที่ 2.23 ดังนั้น ในการวัดเพื่อประกันคุณภาพจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบสาเหตุผิดพลาดแล้วทำการกำจัดทิ้ง ควบคุมไปกับการพยายามลดปริมาณความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติลงอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.22 ประเภทของความผันแปรจากระบบการวัดที่เสถียร [7-8]

ถ้ากระบวนการวัดอยู่ภายใต้ความผันแปรจากสาเหตุผิดพลาด (Assignable Cause) ความผันแปรจะไม่เสถียรและไม่สามารถคาดการณ์ได้



ภาพที่ 2.23 ประเภทของความผันแปรจากระบบการวัดที่ไม่เสถียร [7-8]

จากที่กล่าวมานี้ จะพบว่าถ้าหากมองระบบการวัดเป็นกระบวนการแล้ว ค่าจากการวัดจะมีความผันแปรจากสาเหตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบระบบการวัดเสมอ เช่น ในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล เบงคิจิ โมริยามา ได้สรุปสาเหตุไว้ในตารางที่ 2.5 อย่างไรก็ตามสาเหตุต่างๆ สามารถสรุปได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ สาเหตุธรรมดา (Common Cause) และสาเหตุผิดปกติ (Special Cause) ดังสรุปในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล [7-8]

ประเภทของความคลาดเคลื่อน	สาเหตุ	ตัวอย่าง
1. ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด	โครงสร้างของเครื่องมือวัดหรือวิธีการใช้งาน	สเกลไม่เท่ากัน มีความลึกหรือ แรกกดที่ใช้ในการวัดเปลี่ยนแปลงไปช่วงกว้างไม่เท่ากัน
2. ความคลาดเคลื่อนจากพนักงานวัด	นิสัยของผู้วัด ระดับการฝึกฝนและทักษะ	อ่านสเกลผิดพลาดและวิธีใช้เครื่องมือมีความผิดพลาด
3. ความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยภายนอก	ปัจจัยภายนอกต่างๆ อาทิ อุณหภูมิแสงสว่าง	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิวิธีการให้แสงสว่าง
4. ความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุธรรมดา	ปัจจัยต่างๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้และระบุได้	สภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยหรือ สภาวะจิตใจของผู้วัด

ตารางที่ 2.6 ประเภทความผันแปรในระบบการวัด [7-8]

ประเภทความผันแปร	สาเหตุความผันแปร	ตัวแบบความผันแปรของค่าวัด	การแก้ไข
ความผันแปรภายใน - เกิดโดยธรรมชาติ - สามารถคาดการณ์ได้	สาเหตุธรรมดา (Common Cause)	ค่าวัดกระจายสมมาตรรอบค่าที่ควรจะเป็น (รูปทรงปกติที่คงที่)	ลดความผันแปรด้วยการจัดการกับระบบ
ความผันแปรภายนอก - เกิดจากปัจจัยภายนอก - เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวไม่สามารถคาดการณ์ได้	สาเหตุผิดปกติ (Special Causes)	ค่าวัดจะกระจายในรูปทรงและตำแหน่งต่างๆที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้	แก้ปัญหาที่จุดตรวจวัด

2.3.3 ความคลาดเคลื่อนของค่าวัด

จากสาเหตุด้านความผันแปรของระบบการวัด มีผลทำให้ค่าวัดที่ได้เบี่ยงเบนไปจากค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัดเสมอ กล่าวคือ ถ้าให้ X หมายถึงค่าวัดที่ได้และ μ หมายถึงค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัดแล้ว จะได้ว่า

$$X_i = \mu + \varepsilon_i \quad (2.6)$$

โดยจะเรียก ε (อ่านว่า เอปซิลอน) นี้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าวัด (Measurement Error) ในตำราภาษาไทยหลายเล่ม มักเรียกค่านี้ว่า “ความผิดพลาดจากการวัด” ซึ่งไม่น่าจะถูกต่อนัก เพราะค่าดังกล่าวมาจากสาเหตุธรรมดาที่มีได้ถือว่าเป็นความผิดพลาด

ดังนั้น ในการบริหารระบบการวัดเพื่อการประกันคุณภาพ จึงมีความจำเป็นต้องพยายามทำให้ความคลาดเคลื่อนของค่าวัดมีค่าต่ำที่สุดเพื่อจะให้ใกล้เคียงที่สุดกับค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัดโดยทั่วไปแล้วอาจจำแนกประเภทของความคลาดเคลื่อนของค่าวัดออกได้ 3 ประเภท คือ

- 1) ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด (Gross Error)
- 2) ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic Error)
- 3) ความคลาดเคลื่อนแบบกลุ่ม (Random Error)

ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด เป็นความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสาเหตุผิดปกติ (Special Causes) ของระบบการวัด ส่วนมากเกิดจากการขาดความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับเครื่องมือวัด และวิธีการวัดของพนักงานที่ทำหน้าที่วัด โดยลักษณะความคลาดเคลื่อนอาจจะมาจากการเลือกใช้

เครื่องมือวัดที่ผิดพลาด หรือมาจากการอ่านค่าที่ผิดพลาด โดยความคลาดเคลื่อนในลักษณะเช่นนี้ไม่สามารถคาดการณ์ได้แต่สามารถกำจัดได้เบื้องต้นด้วย การทำระบบการวัดให้เป็นมาตรฐาน คือ การกำหนดขั้นตอนและวิธีการวัดที่แน่นอน การฝึกอบรมพนักงานวัด การทำมาตรฐานของสิ่งที่ได้รับการวัด และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดอย่างถูกต้อง แล้วดำเนินการประเมินผลโดยอาศัยแผนภูมิควบคุม (Control Chart)

ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หมายถึงความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าไบอัส (Bias) โดยที่นิยามค่าไบอัสว่าความคลาดเคลื่อนที่ค่าที่ควรจะเป็น (Expected Value) จากค่าวัดเบี่ยงเบนไปจากค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัด โดยค่าที่ควรจะเป็นนี้ได้มาจากการเฉลี่ยออกความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของค่าวัด กล่าวคือ

$$\text{ค่าไบอัส} = X_i - \text{ค่าจริง} \quad (2.7)$$

ในตำราบางเล่มอาจเรียกค่าไบอัสว่าความถูกต้อง (Accuracy) โดยศัพท์ทั้งสองอาจมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในด้านความหมาย กล่าวคือ ถ้ากล่าวถึงความถูกต้อง จะมีความหมายในด้าน “การเข้าใกล้” ค่าจริงของค่าที่ควรจะเป็นจากระบบการวัด ในขณะที่ ไบอัส จะมีความหมายในด้าน “ความเบี่ยงเบนจาก” ค่าจริงของค่าที่ควรจะเป็นจากระบบการวัด แต่เนื่องจากคำว่า “ความถูกต้อง” ได้รับการนำไปใช้ในหลายๆ ศาสตร์รวมถึงคู่มือการใช้งานของอุปกรณ์วัด ดังนั้นในการประเมินผลระบบการวัดจึงนิยมใช้คำว่า “ไบอัส” มากกว่าคำว่าความถูกต้อง

ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบนี้จะมีสาเหตุโดยส่วนใหญ่จากโครงสร้างของเครื่องมือวัด นอกจากนี้อาจจะมีผลมาจากปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อค่าวัดหรือปริมาณที่มีผลต่อค่าวัด (Influence Quantity) ซึ่งหมายความถึงปริมาณที่มีใช้ปริมาณของสิ่งที่ได้รับการวัดแต่มีผลต่อค่าวัด เช่น กรณีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสำหรับการใช้ไมโครมิเตอร์วัดความยาว หรือความถี่ในการวัดขนาดความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าสลับ เป็นต้น

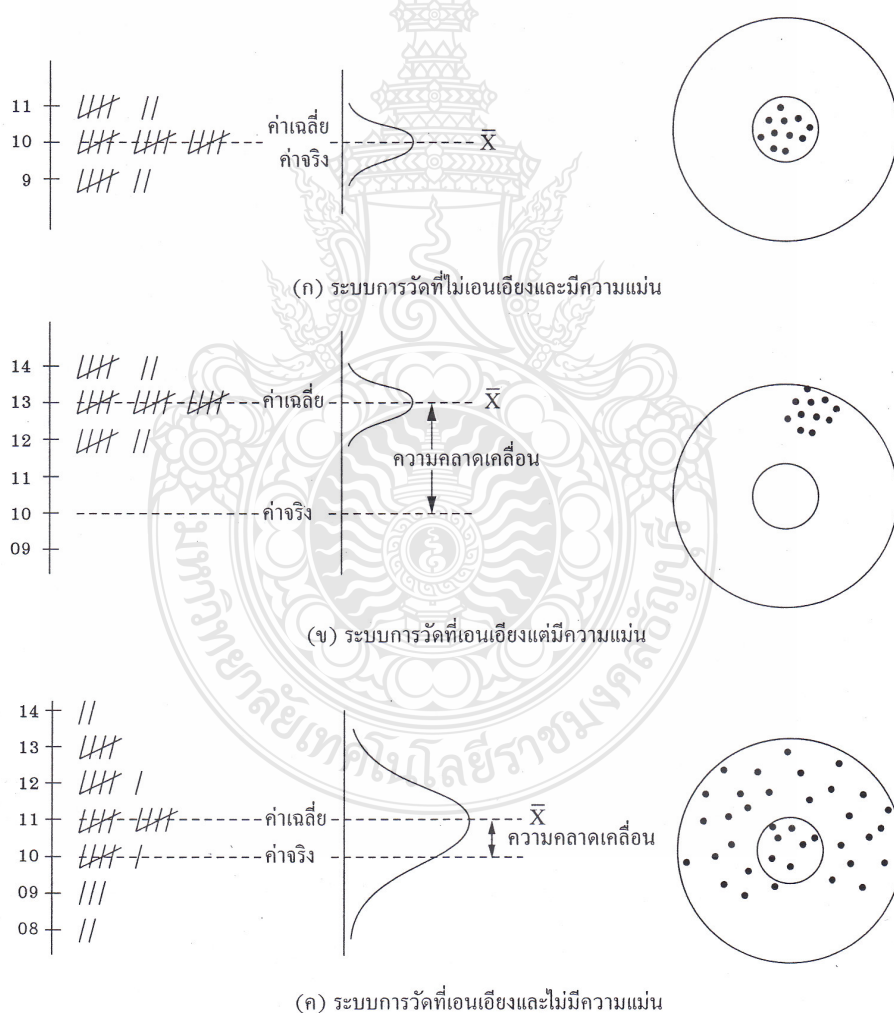
ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบนี้จะได้รับการกำหนดค่าด้วยผู้ผลิตหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบและสามารถกำจัดได้ด้วยการสอบเทียบ (Calibration) สำหรับกรณีของโครงสร้างของเครื่องมือวัด และสามารถกำจัดได้ด้วยการควบคุมปริมาณที่มีอิทธิพลต่อค่าวัดด้วยการควบคุมสภาพแวดล้อมของระบบการวัด เช่น การใช้ตัวปรับเสถียรแรงดันไฟฟ้า (Stabilizer) เป็นต้น

ความคลาดเคลื่อนประเภทสุดท้าย คือ ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ซึ่งหมายถึง ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็นของค่าวัดโดยมีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

เนื่องจากสาเหตุธรรมชาติของความผันแปรของระบบการวัดซึ่งไม่สามารถกำจัดทิ้งได้ แต่สามารถปรับค่าให้ลดลงได้ด้วยการดำเนินการปรับปรุงระบบการวัด เช่น การปรับวิธีการวัดใหม่ใช้อุปกรณ์จับยึดงาน (Fixture) ในการจับงานที่จะทำการวัด เป็นต้น ดังนั้น

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม} = X_i - \bar{X} \quad (2.8)$$

ความแตกต่างกันระหว่างความคลาดเคลื่อน $X_i - \bar{X}$ แบบสุ่มหรือความแม่นยำ (Precision) กับความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หรือค่าไบอัส โดยคุณสมบัติที่ต้องการของระบบการวัดคือจะต้องมีความไม่เอนเอียงและมีความแม่นยำ ดังแสดงในภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 ความแตกต่างระหว่างค่าไบอัสและความแม่นยำ [7-8]

Yasser and Brettner ได้แสดงถึงอิทธิพลของความคลาดเคลื่อนเชิงระบบและความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่มีต่อความผันแปรของค่าวัดด้วยสามเหลี่ยมมุมฉาก ดังแสดงในภาพที่ 2.25 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 b + \sigma^2} \quad (2.9)$$

และ
$$\sigma_o = \sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_p^2} \quad (2.10)$$

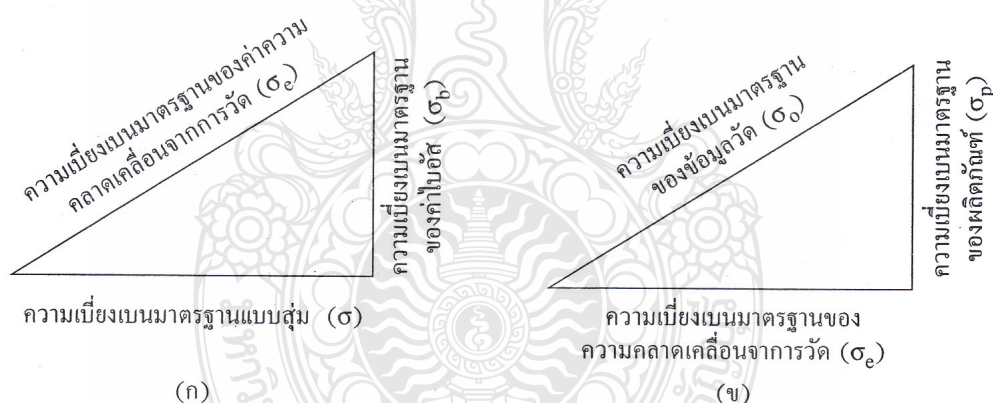
เมื่อ σ_o คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลวัด

σ_p คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลิตภัณฑ์หรือความผันแปรของกระบวนการ

σ_e คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด

σ_b คือ ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ

σ คือ ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม



ภาพที่ 2.25 ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดกับค่าวัด [7-8]

ดังนั้นในการตัดสินใจเกี่ยวกับกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ที่ดีจะต้องได้มาจากการลดความเบี่ยงเบนมาตรฐานเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดให้มากที่สุด โดยการลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มและความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ ทั้งนี้ความสัมพันธ์ดังภาพที่ 2.18 จะเป็นจริงเฉพาะกรณีที่ระบบการวัดได้รับการทำให้เป็นมาตรฐานแล้ว กล่าวคือ มีการกำจัดความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาดออกไปแล้วดังที่ได้กล่าวตอนต้น

2.3.4 การวิเคราะห์ระบบการวัดโดยวิธี Xbar-R

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความแม่นยำของระบบการวัด โดยโปรแกรม Minitab จะใช้คำสั่ง

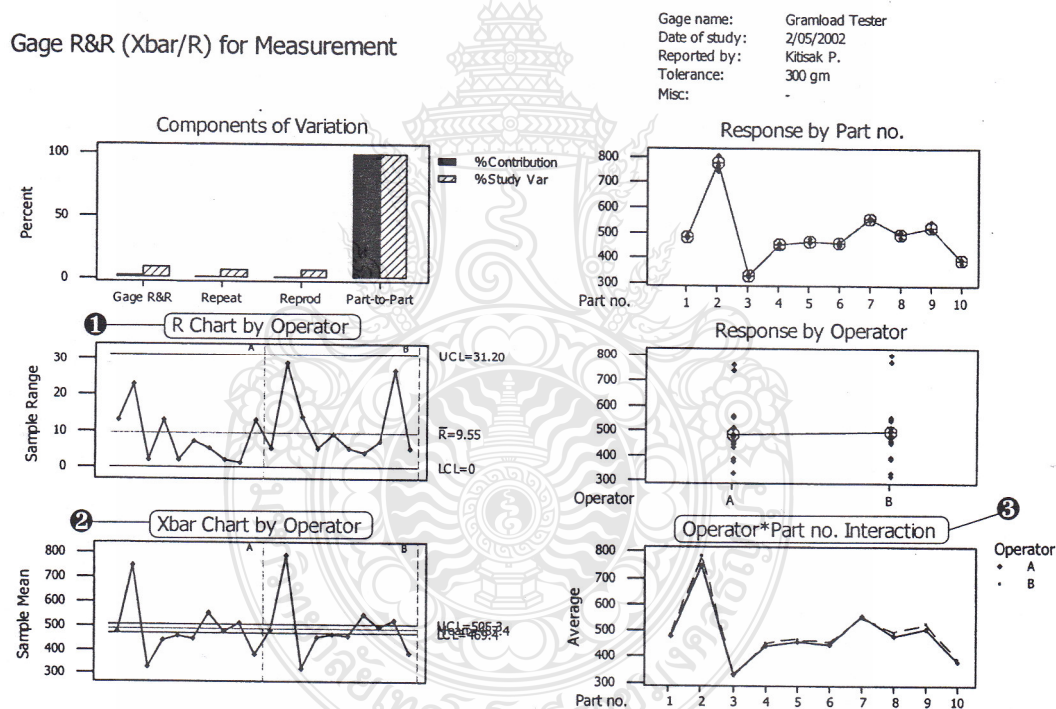
Stat > Quality Tool > Gage R&R Study (Crossed)

และสามารถเลือก ANOVA หรือ Xbar and R ในช่อง Method of Analysis

ตัวอย่างที่ 2.2 (การวิเคราะห์โดยวิธีการ Xbar-R)

Stat > Quality Tool > Gage R&R Study (Crossed)

ในช่อง Method of Analysis เลือก Xbar and R ได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 ผลลัพธ์ทางคอมพิวเตอร์ของวิธีการ Xbar – R [7-9]

ในการตีความหมายของผลการวิเคราะห์ GR&R ดังภาพที่ 2.26 และภาพที่ 2.27 จะต้องเริ่มต้นจากการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลจากระบบการวัดก่อนดังนี้

1) การตีความหมายจากแผนภูมิควบคุม R โดยจะพิจารณาคูณสมบัติด้านความสามารถในการแยกความแตกต่าง ซึ่งในกรณีนี้ระบบการวัดมีคุณสมบัติดังกล่าวดี (ในกรณีที่ระบบการวัดขาดคุณสมบัติด้านความสามารถในการแยกความแตกต่าง)

2) การตีความหมายแผนภูมิควบคุม \bar{X} (ในความเป็นจริงแล้วไม่ควรเรียกว่าแผนภูมิควบคุมเพราะในที่นี้แกนอนเป็นลำดับของชิ้นงานที่ทดสอบ มิได้แสดงถึงลำดับการทดลองหรือเวลาแต่อย่างใด) ในที่นี้พบว่าความผันแปรจากสาเหตุของระบบการวัดมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความผันแปรจากสาเหตุของระบบการผลิต (ห้ามตีความหมายว่า ออกนอกการควบคุม) ดังนั้น ข้อมูลที่วัดได้สามารถใช้ประมาณความผันแปรของกระบวนการได้โดยควรพิจารณาค่า NDC จาก Session อีกครั้ง

3) การตีความหมายอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างพนักงานวัดและชิ้นงานวัดโดยพิจารณาว่ากราฟที่พลอตซึ่งแสดงถึงค่าวัดชิ้นงานที่วัดโดยพนักงานแต่ละคนตัดกันหรือไม่ ในกรณีที่กราฟมีการตัดกันอย่างเด่นชัด แสดงว่ามีอิทธิพลร่วม กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงชิ้นงานวัดมีผลต่อค่าวัดที่พนักงานวัดได้ในสถานการณ์เช่นนี้จะไม่สามารถใช้วิธีการ \bar{X} - R วิเคราะห์ได้ต้องใช้วิธีการ ANOVA เท่านั้น

4) NDC เท่ากับ 17 แสดงว่าระบบการวัดที่ศึกษาทำการแยกประเภทข้อมูลที่ได้ออกเป็น 17 ประเภทที่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดใช้ประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการได้

การพิจารณาค่า NDC ควรดูควบคู่กับ “ \bar{X} Chart by Operator” ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถ้า \bar{X} Chart แสดงปริมาณความผันแปรจากระบบการวัดมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าความผันแปรของกระบวนการผลิตแล้ว ค่า NDC มักจะมีค่าสูง แต่ถ้าหาก NDC มีค่าต่ำเมื่อ \bar{X} chart แสดงภาวะดังกล่าวแล้วแสดงว่าระบบการวัดขาดคุณสมบัติด้านความไวในการแยกแยะผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ

ในกรณีที่ NDC มีค่าต่ำแต่ \bar{X} chart แสดงว่าความผันแปรจากสาเหตุของระบบการวัดมีค่ามากกว่าความผันแปรจากกระบวนการผลิต (แผนภูมิจะแสดงสถานะที่จุดอยู่ภายในขีดควบคุม) แสดงว่าการสุ่มงานมาทำการทดสอบเป็นไปอย่างไม่ถูกต้อง เช่น เลือกงานที่คล้ายกันมา ซึ่งมีความจำเป็นต้องไปสุ่มงานจากสายการผลิตอีกครั้ง

เมื่อ NDC แสดงค่าที่สอดคล้องกับคุณสมบัติ (แนะนำไว้ให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 5 จะสามารถประเมินผลระบบการวัด (MSE) ได้ โดยมีลำดับการตีความหมายตามข้อ 5, 6 และ 7

Gage R&R Study - XBar/R Method

Gage R&R for Measurement

Gage name: Gramload Tester
 Date of study: 2/05/2002
 Reported by: Kitisak P.
 Tolerance: 300 gm
 Misc: -

MSA	Source	Variance	%Contribution (of Variance)	
	Total Gage R&R	131.8		0.66
	Repeatability	71.7		0.36
	Reproducibility	60.1		0.30
	Part-to-Part	19936.0		99.34
	Total Variation	20067.8		100.00

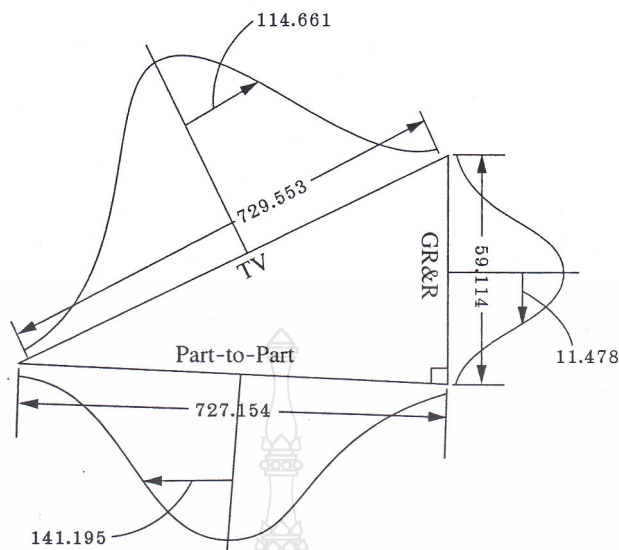
MSE	Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
	Total Gage R&R	11.478	59.114	8.10
	Repeatability	8.466	43.602	5.98
	Reproducibility	7.751	39.917	5.47
	Part-to-Part	141.195	727.154	99.67
	Total Variation	141.661	729.553	100.00

Number of distinct categories = 17

ภาพที่ 2.27 ผลลัพธ์ช่วง Session ของ Xbar-R [7-9]

5) ค่า “StdDev” แสดงว่าความผันแปรจากสิ่งตัวอย่างทดลองโดยค่าประมาณที่ประมาณไว้ จากค่าพิสัย ในที่นี้พบว่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ทดลองทั้งหมดมีค่า 141.661 กรัม จะเป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากชิ้นงานทดสอบ 141.195 กรัม และเป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบการวัด 11.478 กรัม

6) ค่า “Study Var” แสดงถึงความแปรผันจากประชากรหรือกระบวนการวัดที่ได้จากการอนุมานสิ่งตัวอย่างด้วยระบบความเชื่อมั่น 99% (หรือ 5.150) ในที่นี้พบว่าความแปรผันของข้อมูลทั้งหมดมีค่า 729.553 กรัม จะเป็นการแปรผันจากกระบวนการผลิต 727.154 กรัม และความแปรผันจากระบบการวัด 59.114 กรัม ดังแสดงความสัมพันธ์ ตามภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 แสดงความสัมพันธ์ของความผันแปรตาม 5 และ 6 [7-9]

7) ค่า % Study Var จะแสดงถึงความผันแปรเมื่อมีการประเมินผลเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ (TV) หรือ P/TV (Minitab จะไม่ประเมินผล P/T ให้ ถ้าหากมิได้กำหนดคำสั่งตาม Option) ในที่นี้พบว่า ถ้าความผันแปรของกระบวนการที่ประเมินได้จากข้อมูลวัด (TV) เท่ากับ 100 กรัม แล้วจะเป็นความผันแปรจากสาเหตุของกระบวนการผลิต 99.67 กรัม และเป็นผลจากการวัด 8.10 กรัม โดยแบ่งออกเป็นความผันแปรจากสาเหตุที่พิทะบิลิตี 5.98 กรัม และความผันแปรจากสาเหตุที่โปรดิซะบิลิตี 5.47 กรัม

ในกรณีที่ % Study Var จากกระบวนการวัดมีค่ามากกว่า 10% ก็ควรทำการวิเคราะห์สาเหตุความผันแปรสำหรับ MSA ตาม 8 และ 9 แต่ถ้าหากไม่เกิน 10% ก็ควรทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกันเพื่อการลดความผันแปรอย่างต่อเนื่อง

8) ค่า Variance จะแสดงถึงความแปรปรวน ที่หมายถึง ความผันแปรต่อหน่วยในประชากรที่ได้มาจากผลรวมกำลังสองของความเบี่ยงเบนด้วยองศาความอิสระ (DF) คือ

$$\text{Variance} = \frac{SS}{DF} \quad (2.11)$$

ในที่นี้ความแปรปรวนจากข้อมูลทั้งหมดมีค่า 20,067.8 กรัม² ซึ่งมาจากความแปรปรวนของกระบวนการผลิต 19,936.0 กรัม² และความแปรปรวนของกระบวนการวัด 131.8 กรัม²

9) ค่า % Contribution แสดงถึงความผันแปรจากสาเหตุต่างๆที่ส่งผล Contribution ต่อความผันแปรโดยรวม เมื่อทำการเทียบเป็นค่าร้อยละ หรือ % ซึ่งในที่นี้พบว่าถ้าความแปรปรวนทั้งหมด

2.4 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้หลักการควบคุมทางสถิติ และการวิเคราะห์ระบบการวัด พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่นำทฤษฎีดังกล่าว มาใช้ในการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต และถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในหลากหลายอุตสาหกรรมดังเช่น การปรับปรุงเวลาในการทดสอบฮาร์ดดิสก์โดยการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ [10] และการศึกษากระบวนการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบเวลาจริง [11] และการลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยหลักการทางสถิติ [12] และการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ปลา [13] และการควบคุมคุณลักษณะของขนมปังด้วยเทคนิคควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ [14] และการควบคุมน้ำหนักในการบรรจุของของเคเอฟซี [15] และการควบคุมเชิงสถิติของรอบเวลาการทำงานของโรงงาน [16] ซึ่งในทุกงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาข้างต้น ได้มีการนำการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ดังเช่น แผนภูมิ Xbar Chart มาทำการติดตามผลของกระบวนการก่อนและหลังทำการปรับปรุง เพื่อดูความสามารถของกระบวนการในแต่ละงานวิจัยทำได้ และจากการศึกษางานวิจัยการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของการขึ้นรูปโลหะกรณีศึกษาความสามารถเครื่องมือกล [17] พบว่าได้นำหลักการคำนวณค่าความสามารถกระบวนการ Cpk มาใช้ในการประมวลผลเพื่อหาความสามารถกระบวนการ ส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดพบว่าจากงานวิจัยการหาความผันแปรในการวิเคราะห์ระบบการวัดและการประยุกต์ [18] ได้มีการวิเคราะห์ตามคุณสมบัติ 2 อย่าง คือ คุณสมบัติด้านความเที่ยงตรง ได้แก่ ความเอนเอียงหรือไบอัส(Bias) ความเสถียร (Stability) และคุณสมบัติด้านความแม่นยำ ได้แก่ รีพิทเทบิลิตีและรีโพรดิวซิเบิลิตี (GR&R) ซึ่งในทุกงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาข้างต้นสามารถใช้แนวทางการควบคุมกระบวนการทางสถิติ มาแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นแรงสนับสนุนให้งานวิจัยนี้เลือกทฤษฎีดังกล่าว มาช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ของโรงงานตัวอย่าง

ทุกงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้นมีขั้นตอนการดำเนินงานที่คล้ายกันตามวิธีการควบคุมกระบวนการ โดยใช้วิธีทางสถิติ โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลของเสียและได้จัดลำดับปัญหาด้วยกราฟพาเรโต ดังเช่น งานวิจัยการวัดกลุ่มเซลล์ด้วยการวิเคราะห์พาเรโต [19] และการศึกษาการนำกฎ

80/20 ของพาเรโตมาใช้ในระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี [20] จากนั้นมาทำการตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้หลักการทางสถิติ คือ การทดสอบความน่าจะเป็น ดังเช่น การปรับปรุงแผนการผลิต [21] และการควบคุมหลายตัวแปรทางสถิติด้วยเซนเซอร์แบบเวลาปัจจุบัน [22] ต่อด้วยการหาความสามารถของกระบวนการ จากนั้นจะเริ่มเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยเริ่มจากการควบคุมกระบวนการใช้หลักการทางสถิติ ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้คือ แผนภูมิควบคุม (Control Chart) ดังเช่น งานวิจัยการควบคุมการปรับค่าและความแปรผันของสาเหตุโดยใช้ VSI ในการเลือกแผนภูมิควบคุม [23] และการใช้สถิติควบคุมกระบวนการตามเวลาปัจจุบันสำหรับการควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ [24] เพื่อนำมาตรวจติดตามการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

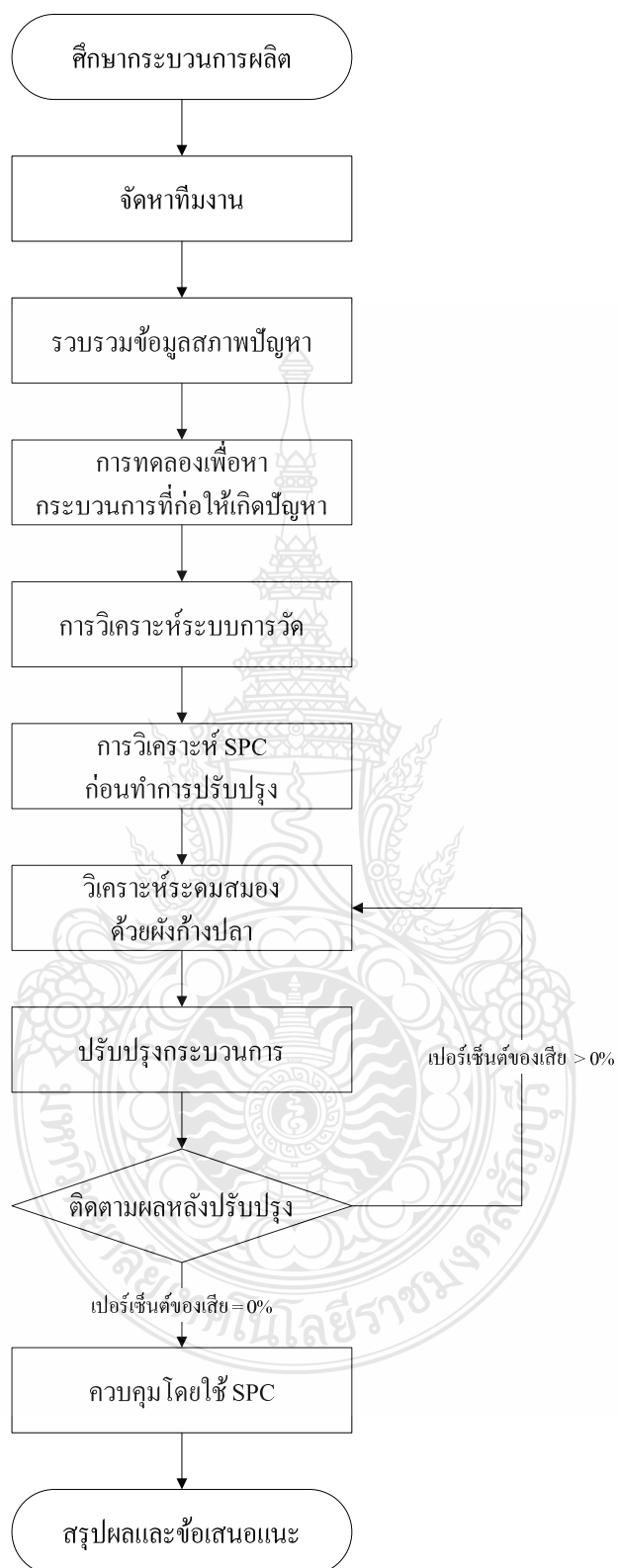


บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนนี้จะบรรยายเกี่ยวกับขั้นตอนการนำทฤษฎีการบริหารคุณภาพด้วยหลักการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) และการควบคุมกระบวนการโดยใช้หลักสถิติ (SPC) โดยนำเอาหลักการในเรื่องของการลดความผันแปรในกระบวนการผลิต มาประยุกต์ใช้ในการลดความสูญเสียดังกล่าว (Waste) โดยเนื้อหาจะเน้นหลักการต่างๆ เป็นลักษณะภาพรวมและเหตุการณ์นำมาใช้เพื่อความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเหล่านี้ในขั้นตอนต่างๆ ของการดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งทั้งหมดนี้มีเป้าหมายคือ การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการ การตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าให้สูงขึ้น และช่วยลดต้นทุนภายในองค์กรลงอย่างมีประสิทธิภาพ

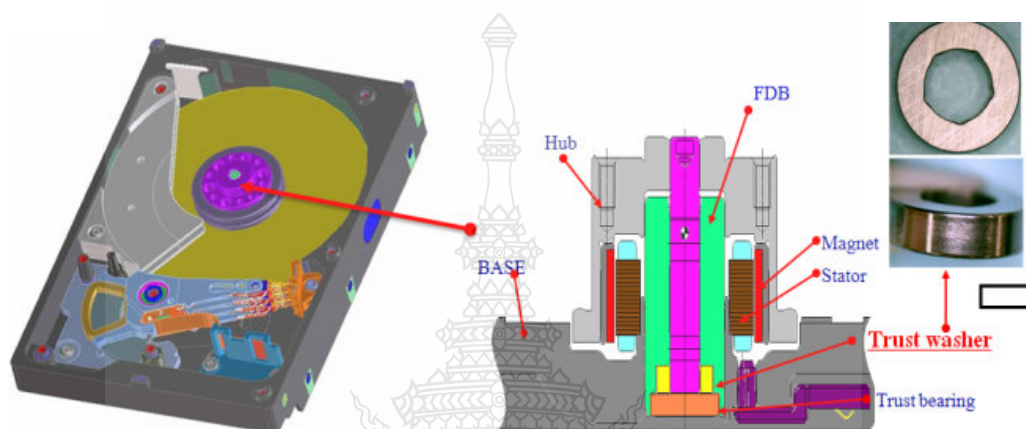
ระเบียบวิธีวิจัยประกอบด้วย 11 ขั้นตอนหลักๆ โดยเริ่มจากศึกษากระบวนการผลิตอย่างละเอียด จากนั้นทำการจัดตั้งทีมงานเพื่อช่วยในการระดมสมองแก้ไขปัญหาดังกล่าว และทำการรวบรวมข้อมูลของเสียเพื่อทำการระบุปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการศึกษาสภาพของปัญหาที่พบ ต่อจากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาว่าของเสียเกิดขึ้นกระบวนการใด และทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความมั่นใจก่อนเข้ากระบวนการวิเคราะห์ว่าค่าที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือเพียงใด จากนั้นทำแผนภูมิควบคุมเพื่อติดตามผลของข้อมูลก่อนการปรับปรุง และมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าโดยใช้เครื่องมือแผนผังก้างปลา เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ โดยทีมข้ามสายงาน เมื่อทำการปรับปรุงเรียบร้อยแล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนการติดตามผลลัพธ์สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถธำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

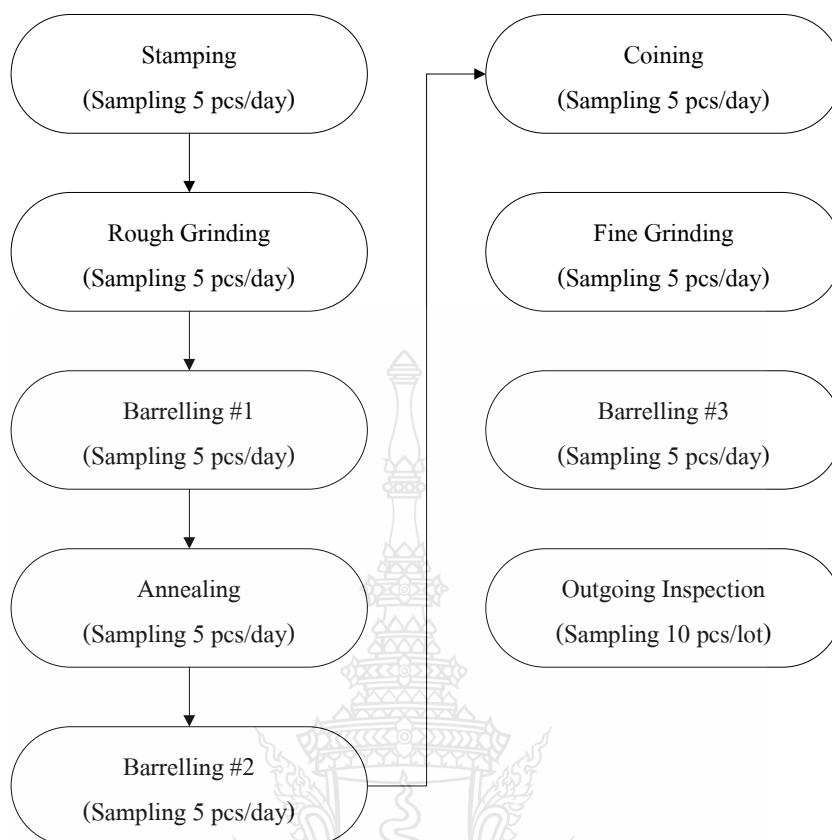
3.1 การศึกษากระบวนการผลิต

สายการผลิตที่ได้ทำการศึกษา คือสายการผลิตแหวนรองเพลาหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Thrust-Washer) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนหนึ่งของมอเตอร์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ประกอบอยู่บริเวณแกนกลางของแผ่นมีเดียดังภาพที่ 3.2 มีหน้าที่ในการประกอบแกนให้ได้ศูนย์กลาง ดังนั้นขนาดของชิ้นงานจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากกระบวนการอ่านข้อมูลของฮาร์ดดิสก์จะต้องมีเสถียรภาพมากที่สุด



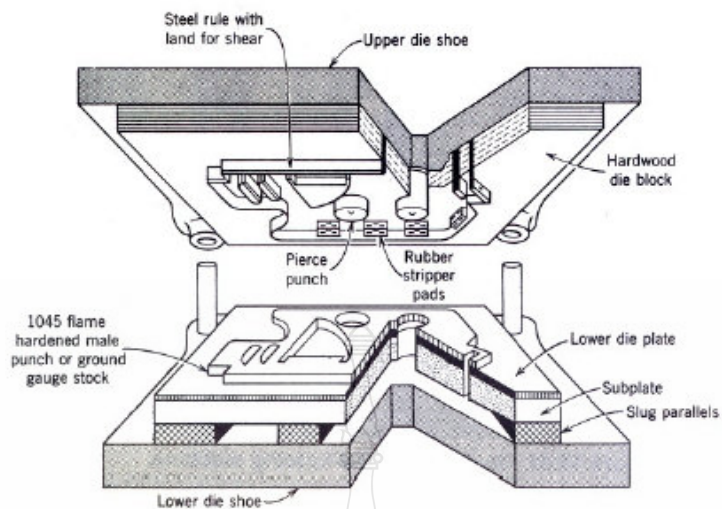
ภาพที่ 3.2 การประกอบ Thrust Washer เข้ากับส่วนประกอบของมอเตอร์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เป็นการดำเนินการศึกษาภาพรวมของกระบวนการผลิตชิ้นส่วน Thrust Washer ในโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติซึ่งมีหน้าที่ในการผลิตชิ้นส่วน รวมถึงการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรแต่ละกระบวนการ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานของทีมงานให้มีความเข้าใจก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงต่อไป โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารในระบบคุณภาพของแต่ละแผนกที่เกี่ยวข้องซึ่งข้อมูลที่ได้รวบรวมจะใช้ตารางและกราฟในการแสดงข้อมูลและถ้าเป็นขั้นตอนต่างๆ จะใช้แผนภูมิการไหลในการแสดงขั้นตอนการดำเนินการเพราะสามารถทำให้ทีมงานสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 3.3



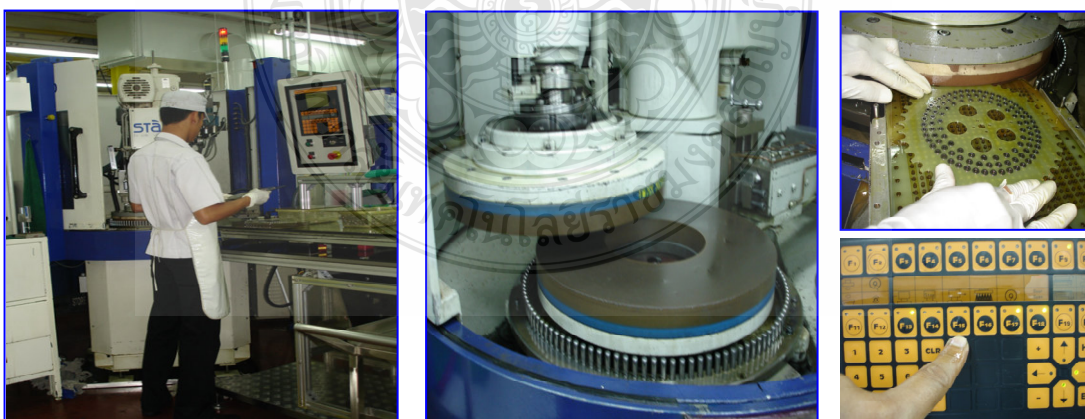
ภาพที่ 3.3 กระบวนการผลิต Thrust Washer

3.1.1 Stamping Process เป็นกระบวนการขึ้นรูปด้วยการกดอัด การบีบ (Stamping) ซึ่งเป็นวิธีการขึ้นรูปเย็น (Cold-Working) ของโลหะแผ่นด้วยแม่พิมพ์และเครื่องกด (Press) แม่พิมพ์จะเป็นตัวกำหนดรูปร่างและขนาดของชิ้นงานสำเร็จ ซึ่งประกอบด้วยสองส่วนคือ 펀ช์ (Punch) หรือแม่พิมพ์ และคาย (Die) โดยปกติ 펀ช์จะอยู่ด้านบน มีขนาดเล็กกว่าคาย มีรูปร่างคล้ายคายและจะเป็นตัวเคลื่อนที่เข้าหาคาย เมื่อ 펀ช์และคายประกบกันจะมีช่องว่างเกิดขึ้น ช่องว่างนี้จะถูกกำหนดโดยชนิดและความหนาของแผ่น โลหะชิ้นงานและวิธีการขึ้นรูป 펀ช์และคายจะถูกติดตั้งโยคายเซ็ท (Die Set) โดยคายจะติดอยู่ที่ฐานล่าง (Lower Die Shoe) และ 펀ช์ติดอยู่ที่ฐานบน (Upper Die Shoe) คายเซ็ททำหน้าที่นำ 펀ช์และคายให้เคลื่อนที่เข้าประกบกันอย่างถูกต้อง คายเซ็ทจะถูกนำไปติดตั้งบนเครื่องกด (Press Machine) ส่วนของคายจะยึดติดอยู่ด้านล่าง และ 펀ช์จะยึดติดอยู่ด้านบน ดังภาพที่ 3.4 โดยในกระบวนการนี้จะมีขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบจากพนักงานควบคุมคุณภาพเป็นจำนวน 5 ชิ้นต่อวัน ซึ่งหัวข้อการตรวจสอบจะมีทั้งส่วนของ การตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน (Dimension) และความเรียบร้อยทั่วไป (Appearance) ถ้าพบว่าชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนดจะทำการปฏิเสธล็อตในวันดังกล่าว



ภาพที่ 3.4 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์โลหะ

3.1.2 Rough Grinding Process การขัดหยาบเป็นขั้นตอนแรกในการขัดผิวชิ้นงาน เพื่อปรับแต่งผิวชิ้นงานหลาย ๆ ชิ้น ซึ่งขัดในเวลาเดียวกัน ให้มีระนาบผิวที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยใช้หินขัดชนิดอลูมิเนียมออกไซด์ จะใช้กับชิ้นงานซึ่งเป็นโลหะกลุ่มเหล็ก ดังภาพที่ 3.5 ในกระบวนการนี้จะมีขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบจากพนักงานควบคุมคุณภาพเป็นจำนวน 5 ชิ้นต่อวัน ซึ่งหัวข้อการตรวจสอบจะมีทั้งส่วนของการตรวจขนาดของชิ้นงาน (Dimension) และความเรียบร้อยทั่วไป (Appearance) ถ้าพบว่าชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนดจะทำการปฏิเสธล็อตในวันดังกล่าว



ภาพที่ 3.5 กระบวนการขัดหยาบ (Rough Grinding Process)

3.1.3 Barreling Process #1 การขัดหยาบโดยใช้วิธีการปั่น เพื่อปรับแต่งผิวชิ้นงานหลาย ๆ ชิ้น ซึ่งจัดในเวลาเดียวกัน ใน Tank Barrel โดยจะสลับกับ Media โดยชั้นบนสุดจะต้องมี Media ใสน้ำยา Finish Compound LC - SOI ตามปริมาณที่กำหนดปริมาณตาม Barrel Condition ดังภาพที่ 3.6 ในกระบวนการนี้จะมีขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบจากพนักงานควบคุมคุณภาพเป็นจำนวน 5 ชิ้นต่อวัน ซึ่งหัวข้อการตรวจสอบจะมีทั้งส่วนของการตรวจขนาดของชิ้นงาน (Dimension) และความเรียบร้อยทั่วไป (Appearance) ถ้าพบว่าชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนดจะทำการปฏิเสธล็อตในวันดังกล่าว



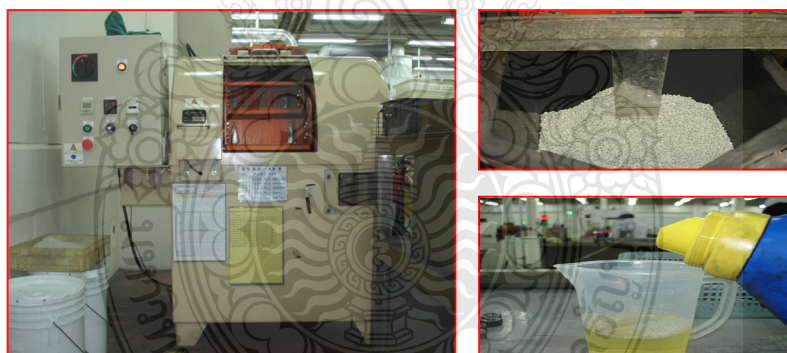
ภาพที่ 3.6 กระบวนการขัดหยาบ (Barreling Process)

3.1.4 Annealing Process กระบวนการอบเหนียวซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิระหว่างการหลอมโดยจะให้ความร้อนและมีการลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งโลหะอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ ได้โลหะที่เหนียวไม่เปราะ โดยอะตอมจะมีพลังงานสูงเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่สูงและจะมีอิสระในการจัดเรียงตัวมาก เมื่อมีการลดอุณหภูมิลงพลังงานก็จะลดลงตามไปด้วย โครงสร้างของโลหะจะจัดเข้าอย่างเป็นระเบียบเมื่อระบบมีพลังงานต่ำที่สุด ถ้ามีการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วหรือทำให้เย็นเร็วเกินไปก็จะทำให้โครงสร้างของโลหะไม่สม่ำเสมอและเกิดรอยร้าวขึ้นได้ ดังภาพที่ 3.7 ในกระบวนการนี้จะมีขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบจากพนักงานควบคุมคุณภาพเป็นจำนวน 5 ชิ้นต่อวัน ซึ่งหัวข้อการตรวจสอบจะทำการตรวจเฉพาะความเรียบร้อยทั่วไป (Appearance) ถ้าพบว่าชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนดจะทำการปฏิเสธล็อตในวันดังกล่าว



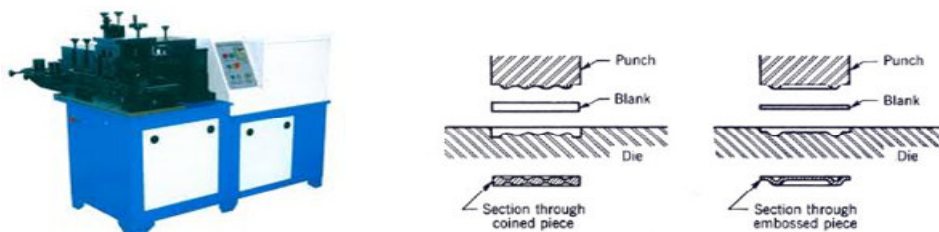
ภาพที่ 3.7 กระบวนการอบเหนียว (Annealing Process)

3.1.5 Barreling Process #2 การขัดหยาบโดยใช้วิธีการปั่น เพื่อปรับแต่งผิวชิ้นงานหลายๆ ชิ้น ซึ่งขัดในเวลาเดียวกัน ใน Tank Barrel โดยจะสลับกับ Media โดยชั้นบนสุดจะต้องมี Media ใสน้ำยา Finish Compound LC - SOI ตามปริมาณที่กำหนดปริมาณตาม Barrel Condition ดังภาพที่ 3.8 ในกระบวนการนี้จะมีขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบจากพนักงานควบคุมคุณภาพเป็นจำนวน 5 ชิ้นต่อวัน ซึ่งหัวข้อการตรวจสอบจะมีทั้งส่วนของการตรวจขนาดของชิ้นงาน (Dimension) และความเรียบร้อยทั่วไป (Appearance) ถ้าพบว่าชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนดจะทำการปฏิเสธล็อตในวันดังกล่าว



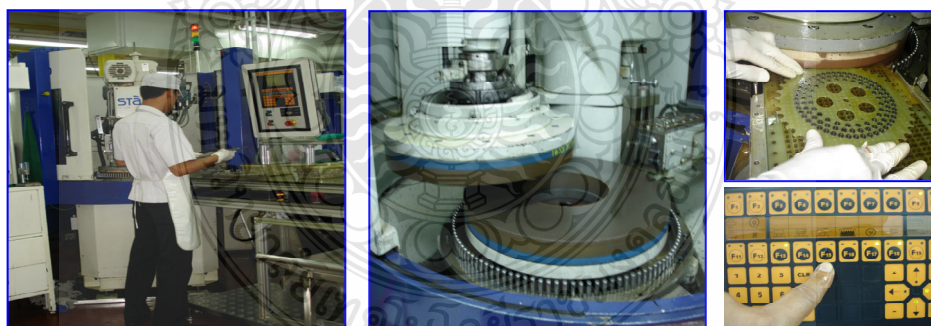
ภาพที่ 3.8 กระบวนการขัดหยาบ (Barreling Process)

3.1.6 Coining Process การปรับขนาดของชิ้นงานด้วยการบีบอัดชิ้นงานในแม่พิมพ์ปิด ดังภาพที่ 3.9 ในกระบวนการนี้จะมีขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบจากพนักงานควบคุมคุณภาพเป็นจำนวน 5 ชิ้นต่อวัน ซึ่งหัวข้อการตรวจสอบจะมีทั้งส่วนของการตรวจขนาดของชิ้นงาน (Dimension) และความเรียบร้อยทั่วไป (Appearance) ถ้าพบว่าชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนดจะทำการปฏิเสธล็อตในวันดังกล่าว



ภาพที่ 3.9 กระบวนการปรับขนาดของชิ้นงาน (Coining Process)

3.1.7 Fine Grinding Process การขัดผิวที่เกิดจากการขัดละเอียดจะมีความเสียหายเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยซึ่งจะสามารถขจัดออกได้หมด ในการขัดมัน Diadisc หรือ diamond ใช้สำหรับวัสดุแข็ง สำหรับวัสดุเนื้ออ่อนจะ ใช้กระดาษ SiC ซึ่งมีขนาดความละเอียดต่างกันการใช้กระดาษ SiC จะต้องขัดเป็นขั้นตอนไปจนถึง ขนาดละเอียดมาก ทำให้มีขั้นตอนในการขัดหลายขั้นตอนอีกทั้งจะต้องเปลี่ยนกระดาษ SiC บ่อยครั้ง เนื่องจากความคมของผงขัดสึกหรือผงขัดหลุดออกไป ดังภาพที่ 3.10 ในกระบวนการนี้จะมีขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบจากพนักงานควบคุมคุณภาพเป็นจำนวน 5 ชิ้นต่อวัน ซึ่งหัวข้อการตรวจสอบจะมีทั้งส่วนของการตรวจขนาดของชิ้นงาน (Dimension) และความเรียบร้อยทั่วไป (Appearance) ถ้าพบว่าชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนดจะทำการปฏิเสธล็อตในวันดังกล่าว



ภาพที่ 3.10 กระบวนการขัดผิว (Fine Grinding Process)

3.1.8 Barreling Process #3 การขัดหยาบโดยใช้วิธีการปั่น เพื่อปรับแต่งผิวชิ้นงานหลายๆ ชิ้น ซึ่งขัดในเวลาเดียวกัน ใน Tank Barrel โดยจะสลับกับ Media โดยชั้นบนสุดจะต้องมี Media ใส่น้ำยา Finish Compound LC - SOI ตามปริมาณที่กำหนดปริมาณตาม Barrel Condition ดังภาพที่ 3.11 ใน

กระบวนการนี้จะมีขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบจากพนักงานควบคุมคุณภาพเป็นจำนวน 5 ชั้นต่อวัน ซึ่งหัวข้อการตรวจสอบจะมีทั้งส่วนของการตรวจขนาดของชิ้นงาน (Dimension) และความเรียบร้อยทั่วไป (Appearance) ถ้าพบว่าชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนดจะทำการปฏิเสธล็อตในวันดังกล่าว



ภาพที่ 3.11 กระบวนการขัดหยาบ (Barreling Process)

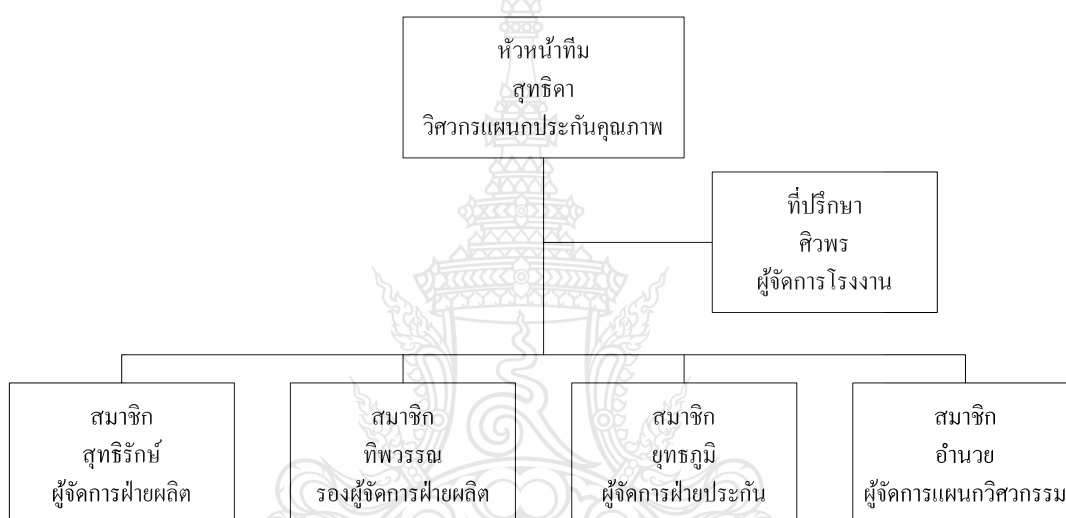
3.1.9 Outgoing Inspection ขั้นตอนการตรวจสอบขนาดและความเรียบร้อยทั่วไปของชิ้นงานก่อนที่จะการส่งมอบให้กับลูกค้า โดยในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบโดยสุ่มหยิบชิ้นงานมาจำนวน 10 ชิ้น ต่อล็อต จากนั้นทำการตรวจสอบชิ้นงานถ้าตรวจสอบผ่านทุกเงื่อนไข จะทำการปล่อยผ่านชิ้นงานส่งให้กับลูกค้า แต่ถ้าตรวจสอบไม่ปล่อยผ่านจะทำการปฏิเสธล็อต และทำการคัดกรองชิ้นงานทุกชิ้น 100% ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 กระบวนการตรวจสอบก่อนส่งมอบ (Outgoing Inspection Process)

3.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา

เมื่อทำการศึกษากระบวนการและได้หัวข้อที่จะทำการศึกษารวมถึงเป้าหมายในการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการจัดตั้งทีมงานที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหานั้น เป็นการคัดเลือกทีมงานที่มาจากหลายหน่วยงานที่มาร่วมกันแก้ไขปัญหาให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางเอาไว้ โดยทีมงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาจุดคานี้ จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์เป็นอย่างดีในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน ดังนั้นขณะทำงานดังกล่าวจึงต้องเป็นบุคคลที่มาจากหน่วยงานต่างๆ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วน Thrust Washer ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 โครงสร้างทีมงานแก้ไขปัญหา

จากการประสานงานกับแผนกต่างๆ ทำให้ได้ตัวแทนของแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยผู้จัดการ โรงงาน ผู้จัดการฝ่ายผลิต รองผู้จัดการฝ่ายผลิต ผู้จัดการแผนกประกันคุณภาพ และผู้จัดการแผนกวิศวกรรม และวิศวกรแผนกประกันคุณภาพ รวมจำนวนพนักงานที่เข้าร่วมในทีมงานทั้งหมด 6 คนและเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงจัดทำแผนภูมิขณะทำงานดังภาพที่ 3.13 และกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบดังนี้

หัวหน้าทีมคือ วิศวกรแผนกประกันคุณภาพ (QA Engineer) มีหน้าที่รวบรวมข้อมูลของเสีย ออกแบบการทดลอง ศึกษากระบวนการผลิตอย่างละเอียด กำหนดนัดหมายการประชุมและเป็นผู้นำการประชุมระดมสมองของทีมงานในการดำเนินการ

ที่ปรึกษาคือ ผู้จัดการ โรงงาน (Factory Manager) มีหน้าที่ให้คำปรึกษาและเสนอแนะในที่ประชุม เช่น กรณีที่มีความคิดเห็นไม่ตรงกันและหาข้อสรุปในการประชุม

สมาชิกทีมคือ ผู้จัดการฝ่ายผลิต รองผู้จัดการฝ่ายผลิต ผู้จัดการแผนกประกันคุณภาพ และผู้จัดการแผนกวิศวกรรม มีหน้าที่ร่วมกันวิเคราะห์ข้อบกพร่อง การช่วยกันระดมสมอง การออกแบบการทดลอง รวมถึงการเก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

3.3 การรวบรวมข้อมูลของเสีย และการศึกษาสภาพของปัญหา

3.3.1 การรวบรวมข้อมูลชิ้นงานเสีย

จากผลการเก็บข้อมูลสัดส่วนปัญหาของชิ้นส่วน Thrust Washer ที่พบจากขั้นตอนการคัดกรองชิ้นงาน 100% ในกระบวนการตรวจสอบก่อนส่งมอบ (Outgoing Inspection) ย้อนหลังตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2553 พบว่าปัญหาที่พบบ่อยคือปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน (Thickness NG) โดยมีจำนวนชิ้นงานเสียเฉลี่ยเท่ากับ 48,444 ชิ้น หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 8.70% ดังตารางที่ 3.1

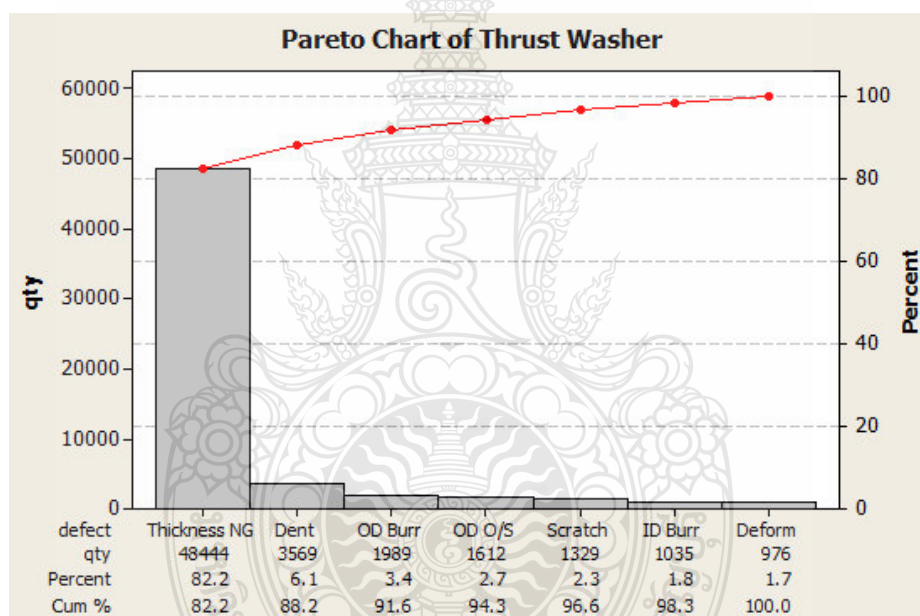
ตารางที่ 3.1 เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียของปัญหาแต่ละประเภทที่พบเฉลี่ยต่อเดือน

ปัญหา	จำนวนผลิต (ชิ้น)								เฉลี่ย	% ของเสีย
	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	700,000	700,000	557,143		
	ก.พ. 53	มี.ค. 53	เม.ย. 53	พ.ค. 53	มิ.ย. 53	ก.ค. 53	ส.ค. 53	เฉลี่ย		
Thickness NG	29587	24785	33226	50764	69787	74425	56537	48444	8.70%	
Dent	2922	0	890	466	1225	0	19480	3569	0.64%	
OD Burr	335	836	6268	4880	1135	468	0	1989	0.36%	
OD Oversize	0	412	980	3883	1686	1505	2820	1612	0.29%	
Scratch	0	1985	2371	1688	3260	0	0	1329	0.24%	
ID Burr	0	162	3520	0	562	0	3002	1035	0.19%	
Deform	0	0	1060	3155	2309	0	306	976	0.18%	
							รวม	58955	10.58%	

จากข้อมูลปัญหา ทางผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้แผนภูมิพารेटโต (Pareto Chart) พบว่าปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน (Thickness NG) มีเปอร์เซ็นต์สะสมเท่ากับ 82.17% ดังตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.14 ซึ่งสอดคล้องกับการเลือกปัญหาที่มีนัยสำคัญมากที่สุดตามกฎ 80-20 ของทฤษฎีพารेटโต

ตารางที่ 3.2 ข้อบกพร่องคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์สะสม

ปัญหา	จำนวนงานเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์สะสม
Thickness NG	48444	82.17%	82.17%
Dent	3569	6.05%	88.23%
OD Burr	1989	3.37%	91.60%
OD O/S	1612	2.73%	94.33%
Scratch	1329	2.25%	96.59%
ID Burr	1035	1.76%	98.34%
Deform	976	1.66%	100.00%
Total	58955		



ภาพที่ 3.14 กราฟพาเรโตแสดงปัญหาข้อบกพร่องหลัก

3.3.2 การศึกษาสภาพของปัญหาปัจจุบัน

จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.3.1 ทำให้ทราบว่า ปัญหาที่มีนัยสำคัญและต้องทำการแก้ไขเป็นอันดับแรก คือ ความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน คือ มีความหนาที่มาก และต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายถึงสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจและการนำไปสู่การแก้ไขที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ลักษณะของเสียจากความหนาชิ้นงาน Thrust Washer จะแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

- 1) ค่าความหนาชิ้นงานมากกว่า 2.237 มม.ขึ้นไป ผลพิจารณา คือ ไม่ผ่าน
 - 2) ค่าความหนาชิ้นงานอยู่ระหว่าง 2.233-2.237 มม.ผลพิจารณา คือ ผ่าน
 - 3) ค่าความหนาชิ้นงานน้อยกว่า 2.233 มม.ลงไป ผลพิจารณา คือ ไม่ผ่าน
- ซึ่งสามารถเป็นรูปภาพประกอบเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ลักษณะของเสียจากความหนาชิ้นงาน Thrust Washer

จุดวัดชิ้นงาน	ค่าความหนาของชิ้นงาน	พิจารณาชิ้นงาน
	2.237 มม. ขึ้นไป	NG
	2.233-2.237 มม.	OK
	2.233 มม. ลงไป	NG

3.4 การทดลองเพื่อหากระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหา

ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยได้มีการศึกษาขั้นตอนการไหลของกระบวนการผลิต Thrust Washer อย่างละเอียด เพื่อทำการศึกษาวิจัยว่ากระบวนการใดที่มีผลต่อปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน โดยทางผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการศึกษา ดังนี้

3.4.1 ศึกษากระบวนการผลิต Thrust Washer อย่างละเอียด และนำมาเขียนเป็นแผนภาพการไหล (Process Mapping) เพื่อให้ทีมงานสามารถมองเห็นภาพ และเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 3.3

3.4.2 ทดลองกระบวนการผลิต โดยทำการใส่ปัจจัยป้อนเข้า (Input) เป็นจำนวน 18,390 ชิ้น และทดลองผลิตเป็นจำนวน 1 วัน ดังตารางที่ 3.4

3.4.3 ทำการรวบรวมข้อมูลของเสียที่ออกมาในแต่ละกระบวนการ โดยคิดจำนวนของเสียเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เปอร์เซนต์ของเสียจากการทดลองกระบวนการผลิต

ลำดับ	กระบวนการ	จำนวนนำเข้า (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซนต์ของเสีย (%)
1	Stamping	18,390	0	0%
2	Rough Grinding	18,390	0	0%
3	Barreling #1	18,390	0	0%
4	Annealing	18,390	0	0%
5	Barreling #2	18,390	0	0%
6	Coining	18,390	0	0%
7	Fine Grinding	18,390	6,437	35%
8	Barreling #3	18,390	184	1%
9	Outgoing Inspection	18,390	0	0%

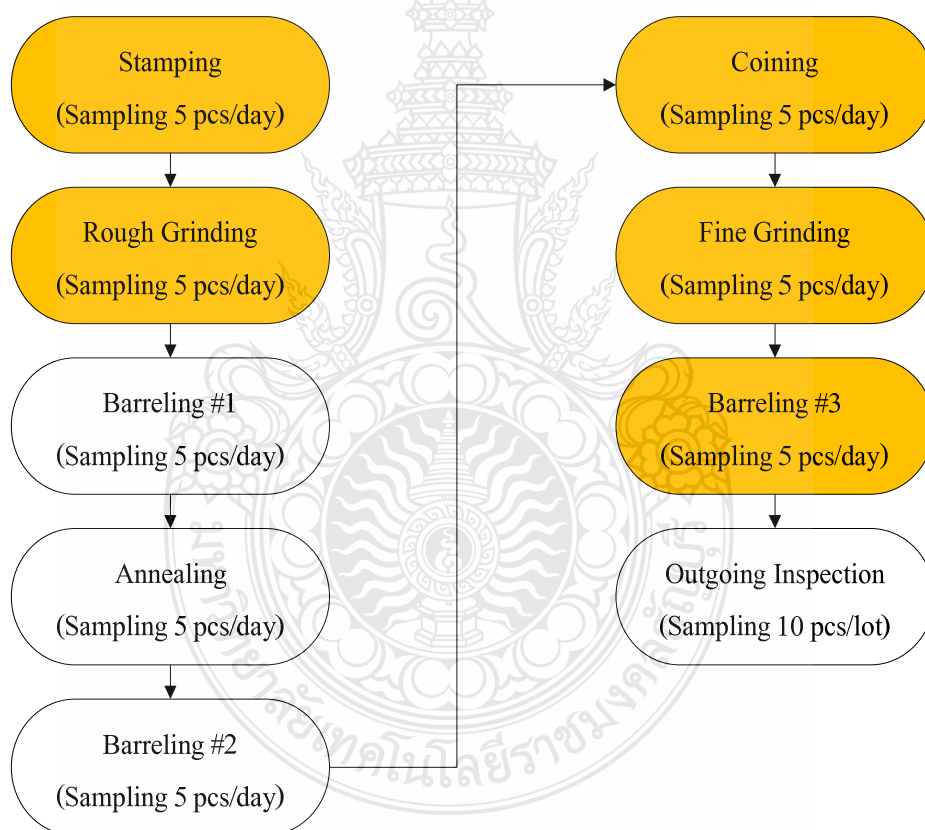
3.4.4 ศึกษาวิจัยว่ากระบวนการใดที่มีผลต่อปัญหาที่ศึกษา และกระบวนการใดที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ระดมสมองโดยใช้แผนภาพก้างปลาต่อไป โดยผลจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าของเสียจะเกิดขึ้นใน 2 กระบวนการ คือ กระบวนการ Fine Grinding พบ 35% และกระบวนการ Barreling #3 พบ 1% แต่ทางผู้วิจัยพบว่า ถ้าที่ทีมงานแก้ไขเพียง 2 กระบวนการข้างต้น จะส่งผลให้ในระยะยาวกระบวนการจะยังคงแกว่ง เกิดความไม่เสถียรภาพ และหลุดจากการควบคุม เนื่องจาก 2 กระบวนการนี้เป็นกระบวนการปลายทาง ที่ซึ่งต้องมีการควบคุมขนาดความหนาของชิ้นงานจากกระบวนการก่อนหน้ามาให้ได้ก่อน จึงจะทำให้ชิ้นงานมีขนาดความหนาที่ได้ตามลูกค้าต้องการเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้นทางผู้วิจัยขอเสนอ การควบคุมขนาดความหนาในแต่ละกระบวนการ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การควบคุมขนาดความหนาในแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ขีดจำกัด (mm)	ค่าน้อย (mm)	ค่ามาก (mm)
Stamping	2.50 ± 0.05	2.450	2.550
Rough Grinding	2.34 ± 0.005	2.335	2.345
Coining	2.275 ± 0.025	2.250	2.300
Fine Grinding	2.235 ± 0.002	2.233	2.237
Barrelling #3	2.235 ± 0.002	2.233	2.237
Drawing / Customer	2.235 ± 0.002	2.233	2.237

จากตารางที่ 3.5 จะเห็นว่า จะมีทั้งหมด 4 กระบวนการหลักที่ทำให้ขนาดของชิ้นงานเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมขนาดความหนาในแต่ละกระบวนการ เพื่อให้ในกระบวนการสุดท้ายมีขนาดตามที่แบบหรือลูกค้าได้กำหนดไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สรุปว่ากระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาทั้งหมด 5 กระบวนการ ดังนี้

- 1) กระบวนการ Stamping
- 2) กระบวนการ Rough Grinding
- 3) กระบวนการ Coining
- 4) กระบวนการ Fine Grinding และ
- 5) กระบวนการ Barrelling #3



หมายเหตุ: กระบวนการที่ 1, 2, 6, 7, 8 เป็นกระบวนการที่เกิดปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน

ภาพที่ 3.15 กระบวนการที่ทำให้เกิดปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน

3.5 ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัด

ในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่นำมาใช้วัดความหนาของชิ้นงานและความแม่นยำของพนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงาน เนื่องจากผู้วิจัยต้องการที่จะยืนยันผลการวัดค่าความหนาว่ามีความเที่ยงตรง แม่นยำ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาสาเหตุได้อย่างถูกต้อง และยังนำไปสู่ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบที่จะทำให้สามารถดักจับปัญหาความหนาได้อย่างแม่นยำ ไม่เกิดความผิดพลาด ซึ่งสาเหตุทั้งหมดที่ต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อยืนยันค่าที่วัดได้ในแต่ละขั้นตอนวิจัย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อยืนยันค่าที่วัดได้ในแต่ละขั้นตอนวิจัย

ลำดับ	ขั้นตอนวิจัย	ค่าที่วัดได้	ประโยชน์ของการวิเคราะห์ระบบการวัด
1	การเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย	จำนวนชิ้นงานเสียก่อนการปรับปรุง	เพื่อเป็นการวิเคราะห์ว่า จำนวนงานเสียเกี่ยวกับค่าความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลที่ต้องการ สามารถนำมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไปได้อย่างถูกต้อง
2	การปรับปรุงแก้ไขปัญหา	การควบคุมกระบวนการโดยใช้ SPC	เพื่อเป็นการวิเคราะห์ว่า ค่าที่ได้จากการติดตามโดย SPC เป็นค่าที่ต้องการ สามารถปล่อยผ่านชิ้นงานที่วัดได้ตามค่ามาตรฐานไปสู่ลูกค้าได้อย่างถูกต้อง
3	การเปรียบเทียบผลหลังการแก้ไข	จำนวนชิ้นงานเสียหลังการปรับปรุง	เพื่อเป็นการวิเคราะห์ว่า จำนวนงานเสียเกี่ยวกับค่าความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานหลังการปรับปรุงที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลที่ต้องการ สามารถนำมาประเมินผลการปรับปรุงแก้ไขของงานวิจัยเรื่องนี้ได้อย่างถูกต้อง

โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระบบการวัด โดยใช้การทดสอบ 3 รูปแบบคือ การทดสอบความเอนเอียงของเครื่องมือ (Bias) การทดสอบด้านอายุการใช้งานของเครื่องมือ (Stability) และการทดสอบการทำซ้ำและการทำเหมือน เพื่อหาความผันแปรของระบบการวัด (Gage Repeatability & Reproducibility) การใช้วิธีการทดสอบต่างๆ ในกระบวนการวิเคราะห์ระบบการวัดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์ระบบการวัดความหนาชิ้นงาน Thrust Washer

ลำดับ	เครื่องมือ	คน	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัด	ชนิดการทดสอบ
1	/		Indicator Heidenhain	Bias
2	/		Indicator Heidenhain	Stability
3	/	/	Indicator Heidenhain และผู้ตรวจสอบ	GR&R



ภาพที่ 3.16 เครื่องมือวัดความหนาชิ้นงาน (Indicator Heidenhain)

3.5.1 การวิเคราะห์ความเอนเอียง (Bias)

ในขั้นตอนการทดสอบนี้ทางผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความผันแปรของเครื่องมือวัดว่ามีความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

- 1) เลือกชิ้นงานที่ทราบค่าอ้างอิงแล้ว มา 1 ชิ้น หรือนำชิ้นงานมาหาค่าอ้างอิงโดยวัดด้วยเครื่องมือที่ละเอียดกว่าหลายๆ ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้มีชิ้นงานแม่แบบ (Master) ที่มีค่าความหนาตรงตามแบบ คือ 2.235 มิลลิเมตร พร้อมอยู่แล้ว
- 2) กำหนดให้ผู้ที่มีหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงานกรณีศึกษา มาทำการวัดชิ้นงานอ้างอิงซ้ำเป็นจำนวน 10 ครั้ง
- 3) นำค่าที่วัดได้มาทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมมินิแทป (Minitab) โดยใช้ฟังก์ชัน One Sample T-Test
- 4) สรุปผลการทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติ T-Test ด้วยระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) โดยมีเงื่อนไขการวิเคราะห์ผลการทดสอบดังนี้
 - ก) P-Value > 0.05 คือ สามารถสรุปได้ว่า ระบบการวัดไม่มี Bias

ข) P-Value = 0.05 คือ ไม่สามารถสรุปได้ว่า ระบบการวัดมี Bias

ค) P-Value < 0.05 คือ สามารถสรุปได้ว่า ระบบการวัดมี Bias

3.5.2 การวิเคราะห์ความเสถียรภาพ (Stability)

ในขั้นตอนการทดสอบนี้ทางผู้วิจัยต้องการตรวจสอบเครื่องมือวัดความหนา (Indicator Heidenhain) ว่ามีปัญหาคุณสมบัติด้านอายุการใช้งานของอุปกรณ์การวัดหรือไม่ โดยพิจารณาจากความผันแปรโดยรวมในระบบการวัดที่ได้จากการวัดชิ้นงานมาตรฐานชิ้นหนึ่งตลอดเวลาโดยใช้การวัด Stability แบบข้อมูลผันแปรความแม่นยำ (Accuracy) มีขั้นตอนดังนี้

1) หาตัวอย่างชิ้นงาน และกำหนดค่าอ้างอิงของตัวอย่าง โดยชิ้นงานอ้างอิงที่ทางผู้วิจัยได้เตรียมไว้ เป็นชิ้นงานที่ผ่านทุกขั้นตอน หรือที่เรียกว่าชิ้นงานสำเร็จรูปก่อนที่จะส่งมอบให้กับลูกค้า

2) กำหนดช่วงระยะเวลาที่ทำการวัดครั้งนี้ ทำการวัด 5 ช่วงเวลาคือ 8.00, 9.00, 10.00, 13.00 และ 15.00 โดยกำหนดให้วัดซ้ำ 3 ครั้งต่อ 1 ช่วงเวลา

3) Plot ข้อมูลบนกราฟ Xbar และ R Chart

4) กำหนดค่าเส้นควบคุม (Control Limit) และประเมินข้อมูลที่อยู่นอกเส้นควบคุม โดยโปรแกรมมินิแทป (Minitab)

5) ถ้าพบค่าที่อยู่นอกเส้นควบคุม แสดงว่าระบบการวัดไม่เสถียรภาพ โดยแบ่งการประเมินเป็นดังนี้ ถ้าพบว่ามีข้อมูลอยู่นอกเส้นควบคุมบน R Chart แสดงว่า Repeatability ไม่สม่ำเสมอ (Consistent) ถ้าพบว่ามีข้อมูลอยู่นอกเส้นควบคุมบน Xbar Chart แสดงว่าระบบการวัดนั้นไม่ได้เสถียรภาพ (Stability)

3.5.3 การวิเคราะห์ Gage R&R แบบข้อมูลผันแปร (Variable Gage R&R)

ในขั้นตอนการทดสอบนี้ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ด้านความแม่นยำ (Precision) ของระบบการวัด คือ ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุความผันแปรด้านรีพีทะบิลิตี้ (Repeatability) และด้านรีโพรดูซิบิลิตี้ (Reproducibility) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ดำเนินการจัดเตรียมค่ามาตรฐาน (Master) ชิ้นงานทั้งหมด 10 ชิ้นงาน

2) กำหนดพนักงานวัด 3 คน ทำการวัดคนละ 3 รอบ โดยในขั้นตอนนี้จะสุ่มพนักงานขึ้นมาครั้งละ 1 คน โดยให้ทำการวัดรอบละหนึ่งครั้งจากชิ้นงานที่ทำการสุ่มหยิบขึ้นมา (ไม่เรียงเบอร์) จากนั้นจึงให้พนักงานคนที่ 2 มาวัดเช่นเดียวกัน ทำเช่นนี้จนครบ ดังนั้นรวมจำนวนครั้งในการวัดทั้งหมด 90 ครั้ง

3) นำข้อมูลการทดสอบที่ได้มาทำการประมวลผลใน โปรแกรมมินิแทป (Minitab) โดยใช้วิธีการอาศัยค่าเฉลี่ยค่าพิสัย (Xbar-R) โดยเกณฑ์การวิเคราะห์ดังนี้

- ก) ยอมรับ ถ้า %Gage R&R น้อยกว่า 10%
- ข) พอยอมรับ ถ้า %Gage R&R ระหว่าง 10% – 20% และ 20% – 30%
- ค) ไม่ยอมรับ ถ้า %Gage R&R มากกว่า 30%

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุงโดยใช้ SPC (Statistical Process Control)

ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยจะนำข้อมูลค่าความหนาของชิ้นงานช่วงก่อนทำการปรับปรุงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 – สิงหาคม พ.ศ. 2553 มาทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิควบคุม ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ เพื่อให้ทราบถึงการกระจายตัวของข้อมูล และนำข้อมูลที่ไม่อยู่ระหว่างเส้นควบคุมไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไปได้อย่างถูกต้อง โดยในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็น 2 ส่วนคือ การวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิควบคุม และการวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) รายละเอียดดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนทำการปรับปรุงโดยใช้แผนภูมิควบคุม

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลค่าความหนาของชิ้นงานช่วงก่อนทำการปรับปรุง โดยข้อมูลที่ได้มาจากขั้นตอนการตรวจสอบงานก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า (Outgoing Inspection) มีการเก็บข้อมูลเป็นจำนวน 10 ชั้นต่อล็อต ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาในแต่ละวันมีจำนวนข้อมูลต่อหนึ่งกลุ่มย่อย (Subgroup) มากกว่า 9 ชั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้แผนภูมิควบคุม Xbar-S Charts มาทำการวิเคราะห์โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลช่วงก่อนทำการปรับปรุง เป็นจำนวน 10 ชั้นต่อล็อต เป็นระยะเวลา 7 เดือน รวมทั้งสิ้น 212 ล็อต
- 2) นำข้อมูลมาคำนวณโดยใช้โปรแกรมมินิแทป (Minitab) โดยเลือกที่ฟังก์ชัน Stat > Control Charts > Variable Charts for Subgroup > Xbar-S
- 3) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแผนภูมิควบคุมทั้งกราฟ Xbar Chart และ S Chart โดยเกณฑ์การยอมรับเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลมีการกระจายตัวที่ดี และสามารถยอมรับได้มีดังนี้
 - ก) ข้อมูลต้องอยู่ระหว่างเส้นควบคุมบน (UCL) และเส้นควบคุมล่าง (LCL)
 - ข) ข้อมูลต้องไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มขึ้นหรือลง 7 จุดต่อเนื่อง (Trend)
 - ค) ข้อมูลต้องไม่อยู่ในด้านใดด้านหนึ่งของเส้นแนวกลาง (CL) 7 จุดต่อเนื่อง
 - ง) ข้อมูลต้องไม่เกิดเป็นวัฏจักร (Cycle)

3.6.2 การวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการก่อนทำการปรับปรุง

จากข้อมูลมูลค่าความหนาชิ้นงาน Thrust Washer ช่วงก่อนทำการปรับปรุงเดือน กุมภาพันธ์ 2553 – สิงหาคม 2553 ในขั้นตอนการตรวจสอบก่อนทำการส่งมอบให้กับลูกค้า (Outgoing Inspection) ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพื่อใช้ในการประเมิน และเปรียบเทียบผลการปรับปรุงแก้ไขก่อนและหลัง โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลค่าความหนาชิ้นงานก่อนทำการปรับปรุงเป็นจำนวนล็อตละ 10 ชิ้น โดยแยกคิดเป็นรายเดือนๆ ละ 30 ล็อต ตามยอดขายในแต่ละเดือน
- 2) นำข้อมูลมาคำนวณโดยใช้โปรแกรมมินิแทป (Minitab) โดยเลือกที่ฟังก์ชัน Stat > Quality Tools > Capability Analysis > Normal
- 3) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากค่า Cpk ในช่อง Potential (Within) Capability ดังภาพที่ 3.21 โดยเกณฑ์การยอมรับทั่วไป คือ ค่า Cpk ต้องมากกว่า 1.33 ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะไม่คำนึงถึงเกณฑ์การยอมรับดังกล่าว แต่จะใช้ค่าดังกล่าวเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง

3.7 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์การกระจายตัว และค่าความสามารถของกระบวนการแล้ว ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้กราฟแผนภาพก้างปลา (Cause & Effect Diagram) และการระดมสมอง (Brainstorming) ภายในทีมงานที่ได้จัดตั้งขึ้น โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะวิเคราะห์แยกเป็นกระบวนการที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน ดังที่ได้ศึกษาในหัวข้อ 3.4 ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา มีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.7.1 นำหัวข้อปัญหาที่ถูกคัดเลือกจากหลักการพาเรโต ซึ่งก็คือ ปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน มารระบุไว้ที่หัวปลาด้านขวามือ

3.7.2 ระดมสมองภายในทีมงาน แยกวิเคราะห์ทีละกระบวนการ โดยใช้หลักการตั้งคำถามว่า “ทำไมจึงเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น” แล้วนำสาเหตุที่วิเคราะห์ได้จากการระดมสมองมาใส่ลงในแต่ละก้างปลา โดยให้เรียงตามกระบวนการที่วิเคราะห์ให้ถูกต้อง

3.7.3 ทีมงานระดมสมองถามต่ออีกว่าทำไมจึงเกิดสาเหตุนั้นขึ้น และให้นำสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ไปใส่เป็นก้างย่อยต่อก้างปลาหลักในหัวข้อที่ 2 จากนั้นให้ถามว่าทำไม-ทำไมไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้สาเหตุที่เป็นรากเหง้า หรือเป็นสาเหตุเชิงระบบ

3.7.4 นำสาเหตुरากเหง้าของแต่ละกระบวนการ ซึ่งนั่นก็คือ ก้างย่อยลำดับสุดท้ายของแต่ละกระบวนการ มาเข้าสู่การปรับปรุงในหัวข้อถัดไป

3.8 การปรับปรุงกระบวนการ

จากการวิเคราะห์สาเหตุในขั้นตอนก่อนหน้า ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงสาเหตุแต่ละกระบวนการดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงนำไปสู่การหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.8.1 กระบวนการ Stamping

1) ศึกษาข้อมูลประวัติการหยุดเครื่อง (Machine Breakdown) ในปี พ.ศ. 2552 เพื่อนำมาใช้ประเมินการควบคุมอายุการใช้งานของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ โดยจะทำการเก็บข้อมูลเฉพาะการหยุดเครื่องที่เกิดจากชิ้นส่วนแม่พิมพ์เกิดความเสียหายเท่านั้น

2) ตั้งค่าอายุการใช้งานในแต่ละชิ้นส่วน โดยผู้วิจัยจะกำหนดให้น้อยกว่าข้อมูลที่เคยทำได้ในอดีตเล็กน้อย เพื่อจะได้เป็นค่าเผื่อก่อนที่ชิ้นส่วนแม่พิมพ์จะเกิดความเสียหายจริง

3) กำหนดสีของถุงในแต่ละเบอร์แม่พิมพ์ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถแยกแยะชิ้นงานที่ออกมาจากแต่ละเบอร์แม่พิมพ์ได้ (Visual Control)

3.8.2 กระบวนการ Rough Grinding

1) ศึกษาข้อมูลประวัติการหยุดเครื่อง (Machine Breakdown) ในปี พ.ศ. 2552 เพื่อนำมาใช้ประเมินการควบคุมอายุการใช้งานของหินขัด โดยจะทำการเก็บข้อมูลเฉพาะการหยุดเครื่องที่เกิดจากหินขัดเกิดความเสียหายเท่านั้น

2) ตั้งค่าอายุการใช้งานในแต่ละชิ้นส่วน โดยผู้วิจัยจะกำหนดให้น้อยกว่าข้อมูลที่เคยทำได้ในอดีตเล็กน้อย เพื่อจะได้เป็นค่าเผื่อก่อนที่หินขัดจะเกิดความเสียหายจริง

3) ศึกษาประวัติปัญหาอันเนื่องมาจากความเรียบของผิวหินขัดที่เกินจากมาตรฐานมากเกินไป โดยผู้วิจัยพบว่า เมื่อความเรียบของหินมีค่าเกินจาก 10 ไมครอนจะทำให้ค่าความขนานของชิ้นงานไม่ได้มาตรฐานตามไปด้วย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการตั้งค่าโปรแกรมที่เครื่องจักรเพื่อควบคุมความเรียบผิวไม่ให้เกินจากค่าดังกล่าว

3.8.3 กระบวนการ Coining

1) ศึกษาข้อมูลประวัติการหยุดเครื่อง (Machine Breakdown) ในปี พ.ศ. 2552 เพื่อนำมาใช้ประเมินการควบคุมอายุการใช้งานของชิ้นส่วนแม่พิมพ์เครื่อง Coining โดยจะทำการเก็บข้อมูลเฉพาะการหยุดเครื่องที่เกิดจากชิ้นส่วนแม่พิมพ์เกิดความเสียหายเท่านั้น

2) ตั้งค่าอายุการใช้งานในแต่ละชิ้นส่วน โดยผู้วิจัยจะกำหนดให้น้อยกว่าข้อมูลที่เคยทำได้ในอดีตเล็กน้อย เพื่อจะได้เป็นค่าเผื่อก่อนที่ชิ้นส่วนแม่พิมพ์จะเกิดความเสียหายจริง

3) ศึกษาหาเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมค่าความหนาของชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการ Coining โดยผู้วิจัยพบว่าการใช้ Slide Gauge ในการควบคุมความหนาชิ้นงานจะส่งผล

ให้สามารถดักจับค่าความหนาที่ไม่ได้ตามมาตรฐานได้ในทุกชั้น และเป็นเครื่องมือที่สามารถแยกชิ้นงานที่ไม่ได้ตามแบบออกจากกระบวนการผลิตได้โดยอัตโนมัติ

3.8.4 กระบวนการ Fine Grinding

1) เก็บข้อมูลช่วงก่อนทำการปรับปรุงย้อนหลังเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนสิงหาคม 2553 โดยเลือกนำข้อมูลที่ได้ตามมาตรฐาน และเสถียรภาพมากที่สุดมาทำการคำนวณหาค่าเส้นควบคุมบน (UCL) และเส้นควบคุมล่าง (LCL) ของแผนภูมิ Xbar-R Charts โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (Minitab)

2) ปรับเปลี่ยนวิธีการตรวจสอบจากเดิม วิธีการสุ่มจำนวน 5 ชิ้นต่อวัน เป็นการสุ่ม 5 ชิ้นต่อภาชนะบรรจุงานเข้าเครื่อง (Carrier) โดยการหมุน 1 ครั้งของเครื่องจักรจะใช้เวลาเท่ากับ 15 นาที ได้ทั้งหมด 3 Carrier ดังนั้นผู้ตรวจสอบจะทำการสุ่มทั้งหมด 15 ชิ้นต่อ 1 รอบการหมุน

3) ติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบความหนา (Indicator Heidenhain) ให้มีการเชื่อมต่อกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ค่าการวัดถูกนำเข้าไปในโปรแกรมควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในรูปแบบอัตโนมัติ

4) จัดทำระเบียบปฏิบัติงาน (Procedure) การติดตามข้อมูลค่าความหนาโดยใช้โปรแกรมควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และวิธีปฏิบัติเมื่อข้อมูลไม่อยู่ระหว่างเส้นควบคุม

5) อบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของฝ่ายผลิต และฝ่ายควบคุมคุณภาพเพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการใช้โปรแกรม และวิธีการติดตามควบคุมเชิงสถิติ

3.8.5 กระบวนการ Barrelling #3

1) ศึกษาค่าความหนาที่เปลี่ยนไปในขั้นตอนนี้ เพื่อกำหนดค่าความเผื่อในกระบวนการก่อนหน้าได้อย่างถูกต้อง

2) ปรับแก้ไขเส้นควบคุมในกระบวนการก่อนหน้า (Fine Grinding) ให้มีค่าเพิ่มขึ้นตามข้อมูลที่ได้ศึกษาในหัวข้อก่อนหน้า

3.9 การติดตามผลลัพธ์หลังการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงในช่วงเดือนกันยายน 2553 ถึงเดือนมีนาคม 2553 เพื่อนำเสนอผลการติดตาม โดยแบ่งการติดตามข้อมูลเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.9.1 แนวโน้มเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังการปรับปรุง

เมื่อทำการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงแล้ว ผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ ถ้าเปอร์เซ็นต์ของเสียได้ตามเป้าหมาย คือ 0% หรือไม่เกิดปัญหาขึ้นอีก ผู้วิจัยจะดำเนินการต่อไปในขั้นตอนถัดไป คือ การ

ควบคุมกระบวนการ แต่ถ้าไม่ได้ตามเป้าหมายหรือมากกว่า 0% ผู้วิจัยจะย้อนกลับไปขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าสาเหตุที่แท้จริง และปรับปรุงกระบวนการใหม่อีกครั้ง

3.9.2 วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลหลังการปรับปรุง

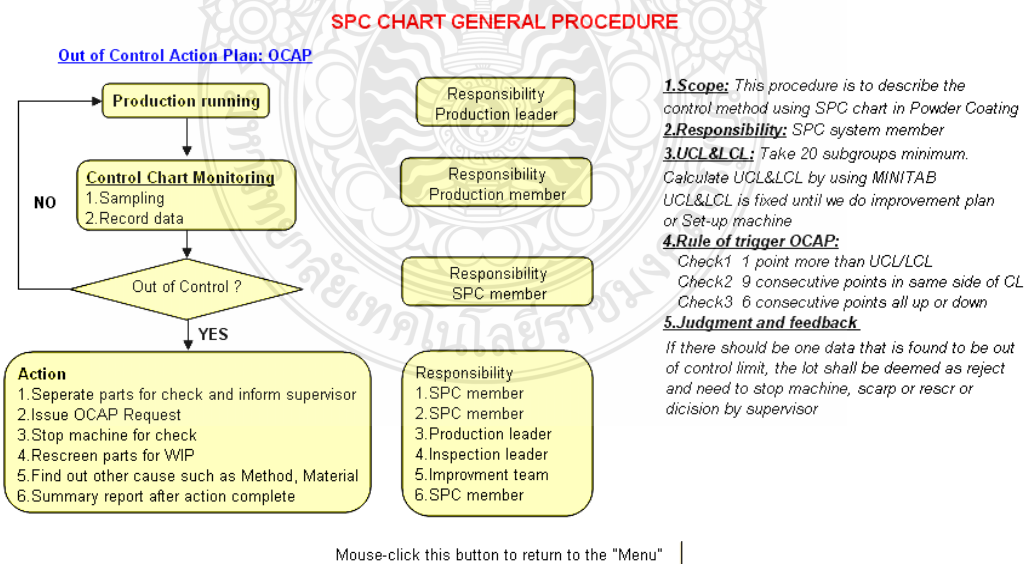
ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้หลังการปรับปรุง จากขั้นตอนการตรวจสอบก่อนส่งมอบ (Outgoing Inspection) มาทำการประมวลผล และจัดทำแผนภูมิ Xbar-S Chart โดยใช้โปรแกรม มินิแทป (Minitab) เพื่อประเมินว่าข้อมูลมีการกระจายตัวที่ดีขึ้นมากน้อยเพียงใด

3.9.3 แนวโน้มค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) หลังการปรับปรุง

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้หลังการปรับปรุง จากขั้นตอนการตรวจสอบก่อนส่งมอบ (Outgoing Inspection) มาทำการประมวลผลหาค่าความสามารถของกระบวนการโดยใช้โปรแกรม มินิแทป (Minitab) เพื่อประเมินว่ากระบวนการมีความสามารถที่ดีขึ้นมากน้อยเพียงใด

3.10 การควบคุมโดยใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC)

เมื่อผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงมีค่าได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดระเบียบปฏิบัติเรื่องการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับผู้รับผิดชอบ การติดตามข้อมูลจากค่าการวัดว่าอยู่ระหว่างเส้นควบคุมหรือไม่ รวมถึงการจัดการเมื่อข้อมูลไม่อยู่ระหว่างเส้นควบคุม (Out of Control) ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ระเบียบปฏิบัติเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

โดยรายละเอียดการควบคุมโดยใช้กระบวนการเชิงสถิติ (SPC) มีขั้นตอนดังนี้

3.10.1 วิศวกรทำการกำหนดขอบเขตบน (UCL) และขอบเขตล่าง (LCL) จากข้อมูลการผลิตในอดีตเป็นจำนวนอย่างน้อย 20 กลุ่มย่อย (Subgroup) โดยเลือกค่า UCL และ LCL ที่เครื่องจักรสามารถผลิตได้ และมีความผันแปรน้อยที่สุด

3.10.2 พนักงานที่เกี่ยวข้องจะทำการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน ที่ออกมาจากเครื่อง Fine Grinding ในทุกๆรอบการหมุน เป็นจำนวนรอบละ 5 ชิ้น

3.10.3 พนักงานทำการบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรม SPC

3.10.4 พิจารณาข้อมูลว่าอยู่ระหว่างเส้นควบคุม หรืออยู่ในเกณฑ์การยอมรับหรือไม่ดังหัวข้อ 3.6.1

3.10.5 ถ้าพบว่าข้อมูลอยู่เกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ให้อนุมัติทำการผลิตต่อ

3.10.6 แต่ถ้าพบว่าข้อมูลหลุดออกจากเส้นควบคุม หรือไม่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ให้ทำการปฏิบัติดังนี้

- 1) หยุดเครื่องจักร และแจ้งเตือนหัวหน้าส่วนการผลิตทันที
- 2) ให้ทำการคัดแยกชิ้นงานในช่วงเวลาการผลิตที่ทำการเข้าไปสุ่มตรวจสอบ
- 3) ดำเนินการออกเอกสารการแก้ไขปัญหาเมื่อข้อมูลหลุดออกจากเส้นควบคุม ที่มีชื่อเรียกว่า Out Of Control Action Plan (OCAP)
- 4) ดำเนินคัดกรอง (Sorting) ชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตทั้งหมด
- 5) ทุกส่วนงานร่วมกันหาสาเหตุที่เกิดขึ้น
- 6) สรุปสาเหตุ และแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และถาวร

3.11 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึง ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงทั้งในส่วนของเปอร์เซ็นต์ของเสีย และค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ว่าได้ตามเป้าหมายหรือไม่ จากนั้นจะเข้าสู่การอภิปรายผลการดำเนินงานโดยภาพรวมว่าสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา และสุดท้ายคือข้อเสนอแนะที่ทางผู้วิจัยต้องการนำเสนอให้ท่านอื่นที่สนใจเกี่ยวกับการวิจัยในหัวข้อนี้ได้ทราบ และนำไปปรับปรุงเพื่อให้งานวิจัยเกิดความสมบูรณ์ และนำไปสู่การพัฒนาค้นคว้าที่ยั่งยืนในอนาคต

บทที่ 4

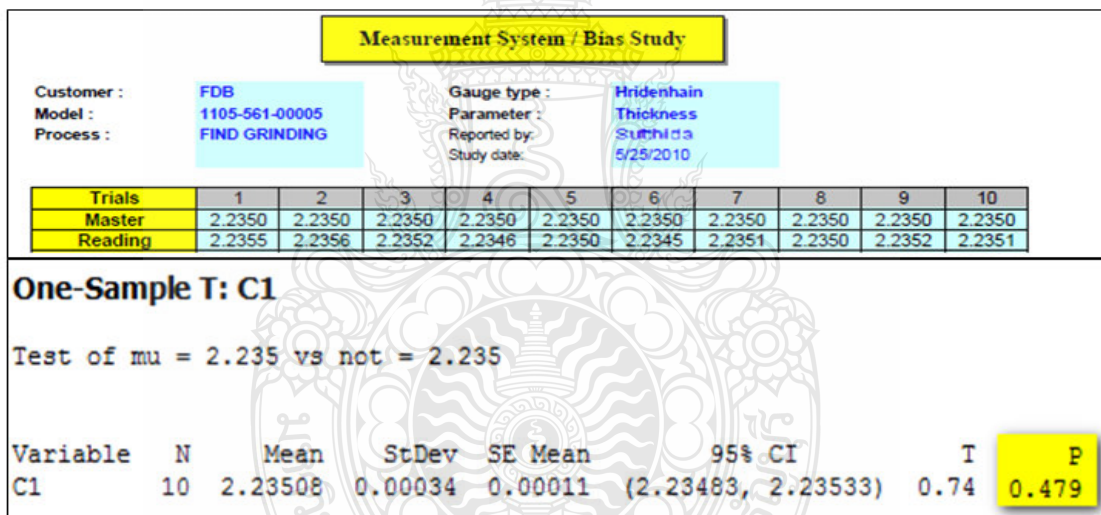
ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดใน 3 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์ความเอนเอียง (Bias) การวิเคราะห์ความเสถียรภาพ (Stability) และการวิเคราะห์ GR&R ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถอธิบายได้ดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ความเอนเอียง (Bias)

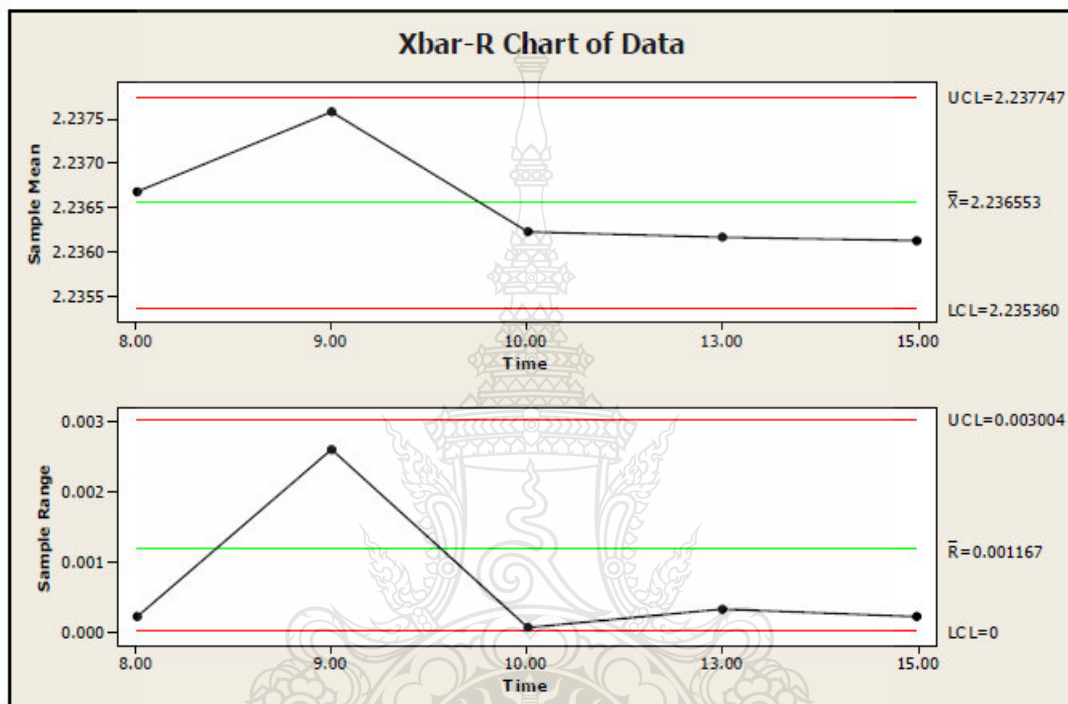
ผลลัพธ์จากการประมวลผลพบว่าค่า P-Value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.479 ดังภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่ามีค่าที่มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ระบบการวัดของเครื่องมือวัดความหนาไม่มี Bias



ภาพที่ 4.1 การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการการวัดด้วย Bias

4.1.2 การวิเคราะห์ความเสถียรภาพ (Stability)

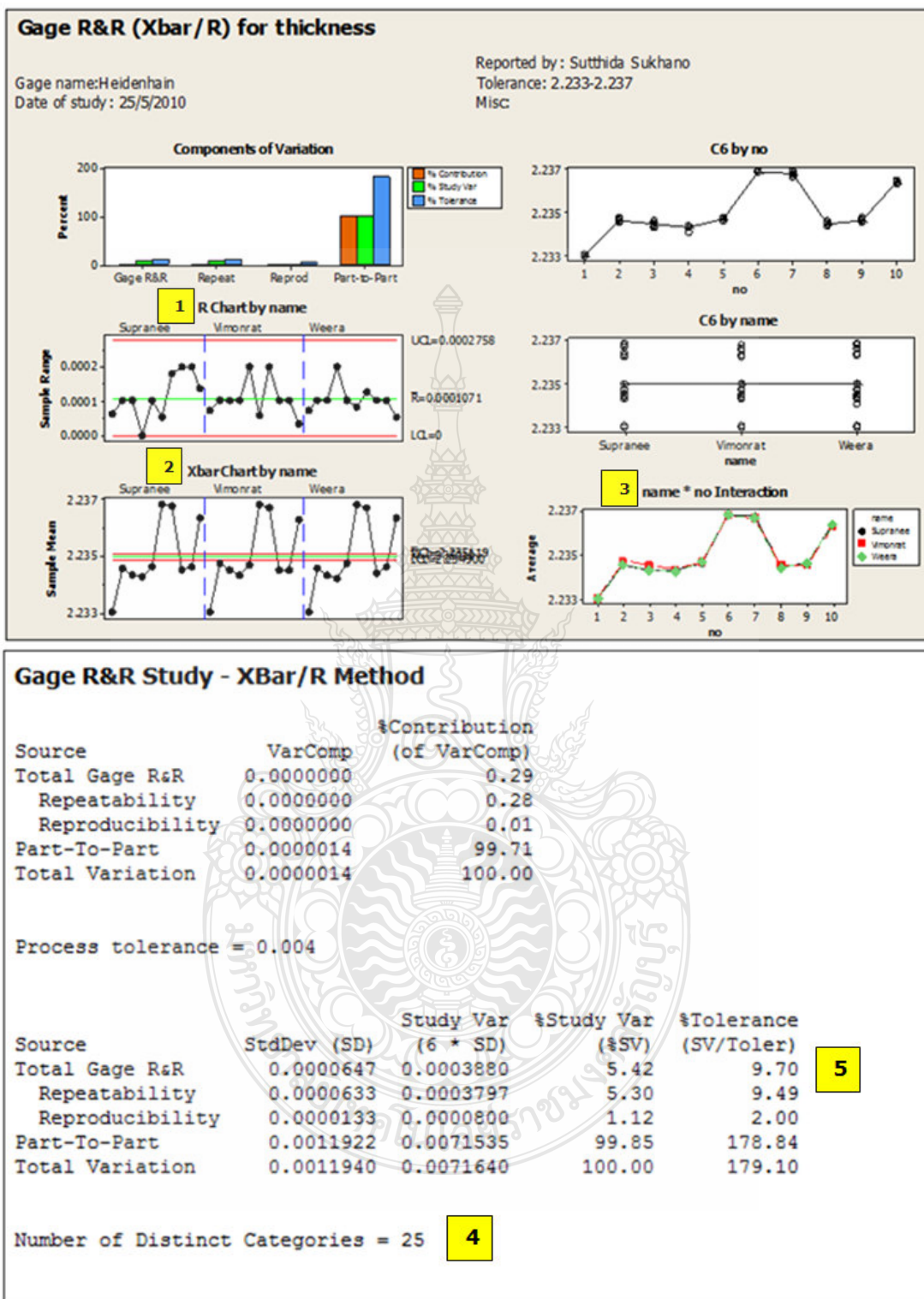
ผลลัพธ์จากการประมวลผลพบว่า ข้อมูลการทดสอบอยู่ระหว่างเส้นควบคุมทั้งในส่วนของ Xbar-Chart และ R-Chart ดังภาพที่ 4.2 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบการวัดของเครื่องมือวัดความหนา มีความสม่ำเสมอ (Consistent) และความเสถียรภาพ (Stability)



ภาพที่ 4.2 การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดด้วย Stability

4.1.3 การวิเคราะห์ความเสถียรภาพ (Stability)

ผลลัพธ์จากการประมวลผลโดยโปรแกรมมินิแทป (Minitab) จากภาพที่ 4.3 ทางผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ไปที่ละหนึ่งหัวข้อตามลำดับ 1-5 ดังนี้



ภาพที่ 4.3 การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการการวัดด้วย GR&R

1) จากแผนภูมิควบคุม R โดยพิจารณาคูสมบัติด้านความสามารถในการแยกความแตกต่าง ซึ่งในกรณีนี้ระบบการวัดมีคุณสมบัติดังกล่าวที่ดี นอกจากนี้จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติด้านความสม่ำเสมอ ซึ่งในตัวอย่างนี้พบว่าค่าพิสัยอยู่ภายในพิสัยควบคุม แสดงว่าค่าวัดที่ได้จากระบบการวัดมีความสม่ำเสมอดี

2) จากแผนภูมิควบคุม \bar{X} พบว่าความผันแปรจากสาเหตุของระบบการวัดมีค่าน้อยมาก (เส้นสีแดง UCL และ LCL) เมื่อเทียบกับความผันแปรจากสาเหตุของระบบการผลิต ดังนั้นข้อมูลที่วัดได้สามารถใช้ประมาณความผันแปรของกระบวนการได้ โดยควรพิจารณาจากค่า ndc ในหัวข้อที่ 4 อีกครั้ง

3) จากแผนภาพอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างพนักงานวัดและชิ้นงานวัด จะเห็นได้ว่ากราฟที่พลอตไม่ได้ตัดกันอย่างเห็นได้ชัด จึงเป็นเครื่องพิสูจน์ได้ว่าการใช้วิธีการ \bar{X} -R วิเคราะห์นั้นถูกต้องแล้ว

4) ค่า ndc เท่ากับ 25 แสดงว่าระบบการวัดที่ศึกษาทำการแยกประเภทข้อมูลที่วัดได้ออกเป็น 25 ประเภทที่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าข้อมูลที่วัดจากระบบการวัดใช้ประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการได้เป็นอย่างดี

5) ค่า GR&R เท่ากับ 9.70% จะเห็นได้ว่าค่าดังกล่าวมีค่าน้อยกว่า 10% ตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบการวัดของเครื่องมือ และผู้ตรวจสอบทั้ง 3 คนมีความแม่นยำที่สามารถยอมรับได้

จากผลการวิเคราะห์ระบบการวัดทั้ง 3 วิธีการดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นไม่ว่าจะเป็น วิธีการ Bias, Stability หรือ GR&R จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์นั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

ลำดับ	วิธีการ	ผลการวิเคราะห์	สรุปผล
1	Bias	P-Value = 0.479	ผ่าน
2	Stability	เส้นข้อมูลไม่หลุดออกนอก X-Chart และ R-Chart	ผ่าน
3	GR&R	%GR&R = 9.70	ผ่าน

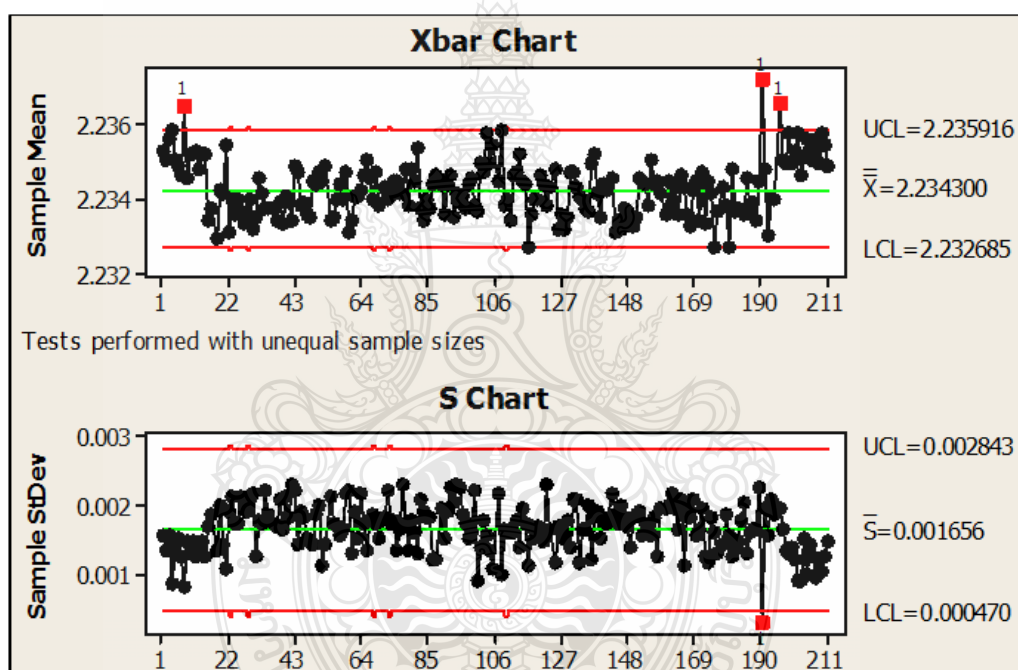
จากตารางที่ 4.1 จึงสามารถสรุปได้ว่าค่าที่ได้จากการวัดทั้งในส่วนของคุณสมบัติที่เก็บรวบรวมก่อน-หลังการปรับปรุง และข้อมูลจากการติดตามในช่วงระหว่างปรับปรุงนั้นมีความเที่ยงตรง

แม่นยำ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาสาเหตุได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและแนวทางการปรับปรุงต่อไป

4.2 ผลการวิเคราะห์กระบวนการก่อนปรับปรุงด้วย SPC

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความหนาของชิ้นงานช่วงก่อนทำการปรับปรุงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 – สิงหาคม พ.ศ. 2553 สามารถแสดงผลการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิควบคุม และการวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์จากแผนภูมิควบคุม (Control Chart)



ภาพที่ 4.4 แผนภูมิ Xbar-S Chart ในช่วงก่อนทำการปรับปรุง

จากแผนภูมิในภาพที่ 4.4 ทางผู้วิจัยขอจำแนกการอภิปรายผลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

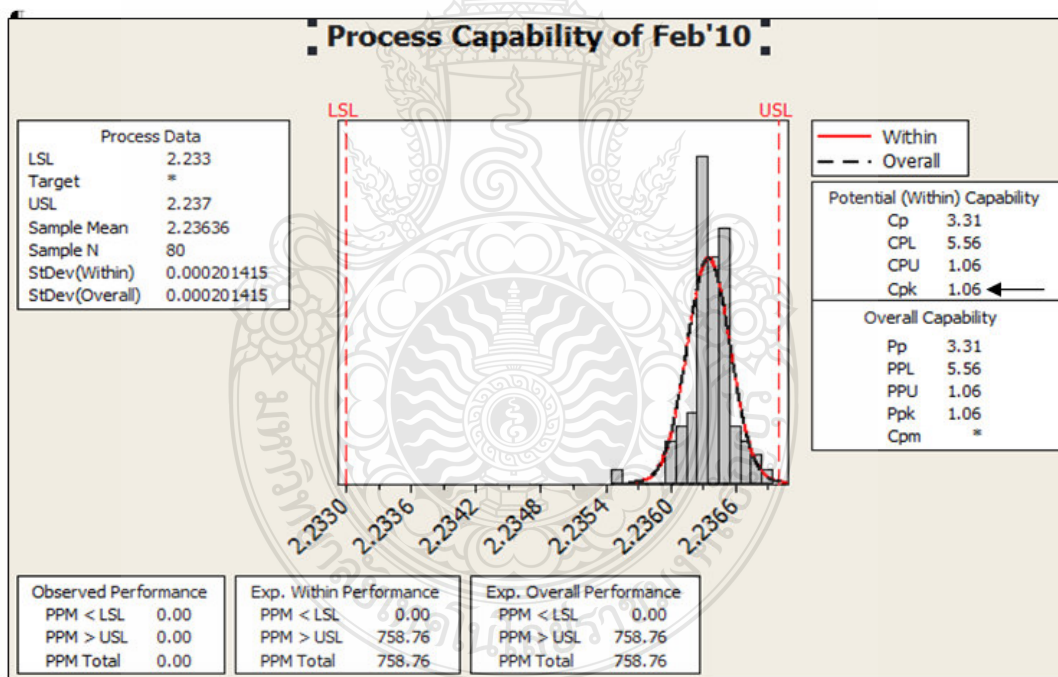
1) แผนภูมิ Xbar-Chart: จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าช่วงก่อนทำการปรับปรุงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2553 – สิงหาคม 2553 ข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถสังเกตได้ 2 จุดคือ ค่าของเส้นควบคุมล่าง (LCL) มีค่าเท่ากับ 2.233 ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าที่เท่ากับค่าต่ำสุดที่ลูกค้ายอมรับได้ จึงแสดงให้เห็นว่าการควบคุมกระบวนการไม่อยู่ในค่ากลาง เอนเอียงไปในทิศทางต่ำ มีความเสี่ยง

ที่ขนาดความหนาจึงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานสูง และอีกหนึ่งจุดที่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดคือ มีข้อมูลการสุ่มบางช่วงหลุดออกจากเส้นควบคุมบน (UCL) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การกระจายตัวของข้อมูลในช่วงก่อนการปรับปรุง มีค่าการกระจายตัวที่มาก และข้อมูลไม่เข้าสู่ค่ากลาง ส่งผลให้ขนาดความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามมาตรฐานดังข้อมูลที่ได้นำเสนอในบทที่ผ่านมา

2) แผนภูมิ S-Chart: จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าเส้นข้อมูลในหลายช่วงของการเก็บข้อมูล เกิดเป็นจุดเรียงต่อกันเกิน 7 และมีข้อมูลในบางช่วงเวลาที่หลุดออกจากเส้นควบคุมล่าง (LCL) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าความแปรผันของกระบวนการสูง และหลุดออกจากค่าควบคุมที่ได้กำหนดไว้

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk)

ตัวอย่างผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (Minitab) สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.5 และผลของค่าความสามารถกระบวนการก่อนทำการปรับปรุงสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2



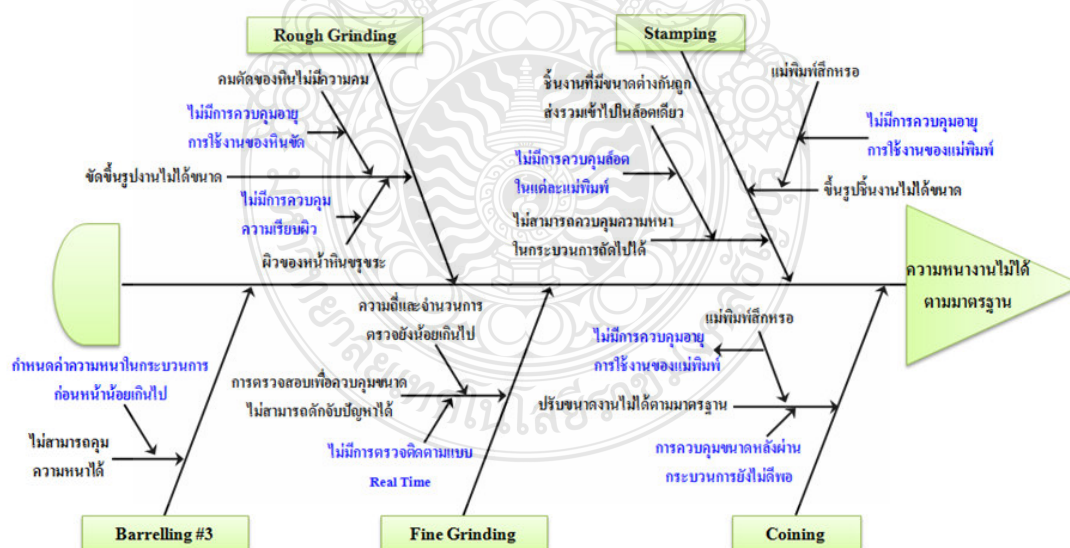
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ค่า Cpk โดยใช้โปรแกรมมินิแทป

ตารางที่ 4.2 ค่าความสามารถของกระบวนการก่อนทำการปรับปรุง

เดือน /พ.ศ.	ค่าความสามารถของกระบวนการ Cpk
กุมภาพันธ์ 2553	1.06
มีนาคม 2553	0.53
เมษายน 2553	0.72
พฤษภาคม 2553	0.87
มิถุนายน 2553	0.81
กรกฎาคม 2553	1.23
สิงหาคม 2553	1.22
ค่าเฉลี่ย	0.92

4.3 ผลการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)

จากผลการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละกระบวนการ ทำให้สามารถจัดทำเป็นข้อมูลสาเหตุในรูปแบบแผนผังก้างปลาดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์ปัญหา

จากผลการระดมสมองดังภาพที่ 4.6 ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงสาเหตุรากเหง้า (Root Cause) ของแต่ละกระบวนการ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนถัดไป โดยสาเหตุแต่ละกระบวนการสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สาเหตุรากเหง้าในแต่ละกระบวนการ

ลำดับ	กระบวนการ	สาเหตุรากเหง้า	รายละเอียด
1	Stamping	- ไม่มีการควบคุมอายุการใช้งานของแม่พิมพ์	- ปัจจุบันมีเพียงการซ่อมบำรุงเมื่อแม่พิมพ์เกิดปัญหาขึ้นเท่านั้น ทำให้เกิดปัญหาชิ้นงานมีความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานระหว่างปฏิบัติงาน
		- ไม่มีการควบคุมลีดในแต่ละเบอร์แม่พิมพ์	- ปัจจุบันไม่มีการควบคุมลีด ทำให้งานของทั้งสองแม่พิมพ์ปะปนกัน และเข้าสู่กระบวนการถัดไป
2	Rough Grinding	- ไม่มีการควบคุมอายุการใช้งานของหินขัด	- เมื่อไม่มีการควบคุมอายุการใช้งานของหินขัด จะทำให้ขนาดความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด
		- ไม่มีการควบคุมความเร็วของหินขัด	- เมื่อไม่มีการควบคุม จะทำให้ขนาดความหนาของชิ้นงานไม่เท่ากันทั้งระนาบ และมีความหนาที่ไม่ได้ตามมาตรฐาน
3	Coining	- ไม่มีการควบคุมอายุการใช้งานของแม่พิมพ์	- ปัจจุบันมีเพียงการซ่อมบำรุงเมื่อแม่พิมพ์เกิดปัญหาขึ้นเท่านั้น ทำให้เกิดปัญหาชิ้นงานมีความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานระหว่างปฏิบัติงาน
		- การควบคุมขนาดหลังผ่านกระบวนการยังไม่ดีพอ	- ปัจจุบันการควบคุมใช้วิธีการสุ่มตรวจสอบขนาดความหนาชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการเพียง 5 ชิ้น/วัน ส่งผลให้ไม่สามารถดับจกปัญหาได้
4	Fine Grinding	- ไม่มีการติดตามค่าความหนาแบบ Real Time	- ปัจจุบันการควบคุมใช้วิธีการสุ่มตรวจสอบขนาดความหนาชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการเพียง 5 ชิ้น/วัน ส่งผลให้ไม่สามารถดับจกปัญหาได้
5	Barrelling #3	- กำหนดค่าความหนาในกระบวนการก่อนหน้าน้อยเกินไป	- เนื่องจากเป็นการกำหนดให้สอดคล้องกับมาตรฐานการผลิต แต่ไม่ได้วิเคราะห์ถึงผลกระทบของกระบวนการที่มีผลต่อขนาดความหนาของชิ้นงาน

4.4 ผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา โดยแยกตามกระบวนการที่ได้วิเคราะห์ศึกษามาในขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยแนวทางการปรับปรุงมีดังนี้

4.4.1 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการ Stamping

ในกระบวนการนี้ทางผู้วิจัยได้มีการตั้งอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ และกำหนดสีของถุงใส่ชิ้นงาน เพื่อไม่ให้เกิดการปะปน โดยก่อนที่จะทำการปรับปรุงตั้งอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลประวัติการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ (Machine Breakdown) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 มาทำการประเมินเพื่อกำหนดอายุการใช้งานให้เกิดความเหมาะสม โดยมีข้อมูลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ประวัติการหยุดเครื่อง Stamping ในช่วงปี พ.ศ. 2552

Stamping (Shots)	Breakdown History		
	Upper Die Set	Lower Die Set	Stripper Set
1,000,000	-	-	-
2,000,000	-	-	-
3,000,000	-	-	-
4,000,000	-	-	-
5,000,000	-	-	4,907,060 / Oil Leak
6,000,000	-	5,419,000 / Die Deform	-
7,000,000	6,050,200 / Punch Crack	-	-
8,000,000	-	-	-
9,000,000	-	-	-
10,000,000	-	-	-

หมายเหตุ: ประวัติข้างต้นเป็นข้อมูลการหยุดเครื่องอันเนื่องมาจากชิ้นส่วนแม่พิมพ์มีปัญหาเท่านั้น

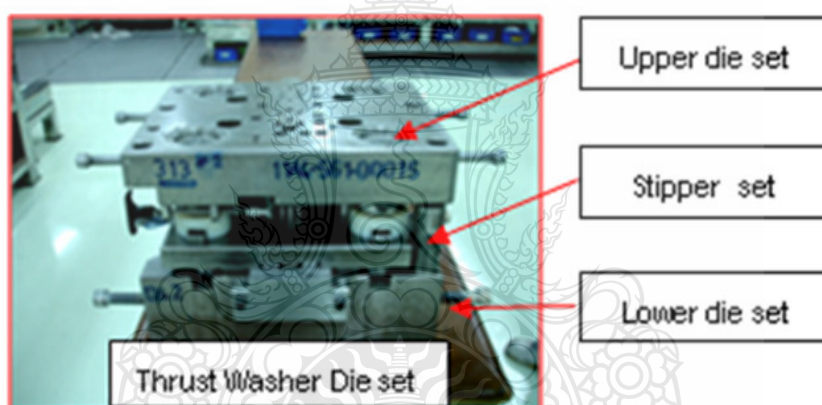
จากข้อมูลการหยุดเครื่องดังตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าในแต่ละชิ้นส่วนของแม่พิมพ์มีอายุการใช้งานที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลที่ได้เป็นบรรทัดฐานในการกำหนดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ ดังนี้

- 1) ฐานแม่พิมพ์ด้านบน (Upper Die Set) ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 5,000,000 ชิ้น เพื่อ

ควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเจียรปรับผิว เพื่อให้แม่พิมพ์กลับมาใช้ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.1

2) ฐานแม่พิมพ์ด้านล่าง (Lower Die Set) ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 5,000,000 ชิ้น เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเจียรปรับผิว เพื่อให้แม่พิมพ์กลับมาใช้ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.1

3) ตัวประกอบแม่พิมพ์ (Stripper Set) ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 4,500,000 ชิ้น เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์

4) การกำหนดสีของถุงที่ใส่ชิ้นงาน เนื่องจากชิ้นงานกรณีศึกษาผลิตโดยใช้แม่พิมพ์ 2 ลูก โดยแบ่งรหัสเป็น #1 และ #2 ซึ่งแม่พิมพ์ทั้ง 2 ลูกมีขนาดชิ้นงานที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมชิ้นงานที่ออกมาจากแต่ละแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดปะปนกัน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการผลิตของกระบวนการถัดไป ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้มีการกำหนดสีของถุงที่ใส่ชิ้นงานในแต่ละแม่พิมพ์ ดังภาพที่ 4.8 ดังนี้

การกำหนดสีถุงที่ใส่ Thrust Washer

ก) แม่พิมพ์เบอร์ 1: 1105-561-00005 #1: ถุงสีชมพู

ข) แม่พิมพ์เบอร์ 2: 1105-561-00005 #2: ถุงสีส้ม



ภาพที่ 4.8 การกำหนดค้ำถ่วงของแม่พิมพ์แต่ละเบอร์

4.4.2 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการ Rough Grinding

ในกระบวนการนี้ทางผู้วิจัยได้มีการควบคุม Lot ก่อนเข้ากระบวนการจากสีถ่วงที่ได้กล่าวไปในกระบวนการ Stamping ก่อนหน้านี้ และได้มีการควบคุมอายุการใช้งานของ Stone Wheel และสุดท้ายได้มีการควบคุมค่าความเรียบ (Flatness) ของหินให้ไม่เกิน 0.010 mm (10 micron) ก่อนที่จะทำการปรับปรุงตั้งอายุการใช้งานของหินขัด ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลประวัติการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมหินขัด (Machine Breakdown) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 มาทำการประเมินเพื่อกำหนดอายุการใช้งานให้เกิดความเหมาะสม โดยมีข้อมูลดังตารางที่ 4.5

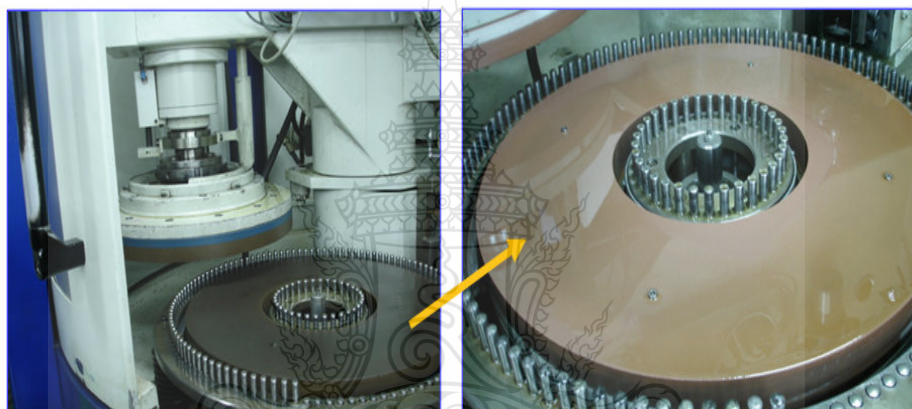
ตารางที่ 4.5 ประวัติการหยุดเครื่อง Rough Grinding ในช่วงปี พ.ศ. 2552

Grinding (Shots)	Breakdown History
	Stone Wheel
1,000,000	-
2,000,000	-
3,000,000	-
4,000,000	-
5,000,000	4,320,140 / Some surface area unsharped.
6,000,000	-
7,000,000	-
8,000,000	-
9,000,000	-
10,000,000	-

หมายเหตุ : ประวัติข้างต้นเป็นข้อมูลการหยุดเครื่องอันเนื่องมาจากหินขัดมีปัญหาเท่านั้น

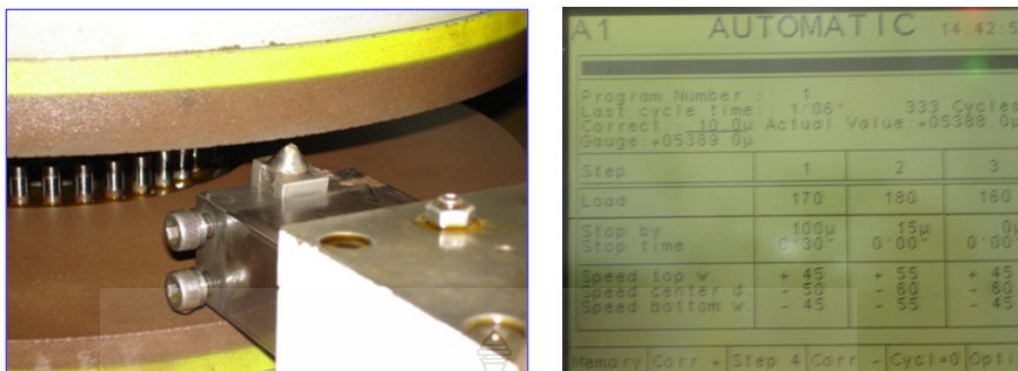
1) การควบคุมงานที่เข้ากระบวนการจากสีสูง โดยควบคุมตามสีสูงที่บ่งชี้ในเรื่องของเบอร์แม่พิมพ์ 1 และ 2 เพื่อไม่ให้งานที่มีขนาดต่างกันของแต่ละแม่พิมพ์มาผลิตรวมกัน

2) การควบคุมอายุการใช้งานของ Stone Wheel เนื่องจากถ้าหินขัดไม่มีการควบคุมอายุการใช้งานแล้ว จะทำให้เมื่อทำการผลิตจะทำให้ผิวหน้าของชิ้นงานกรณีศึกษาเกิดความเรียบที่ไม่เท่ากันทั่วทั้งผิว และเป็นสาเหตุค่าความเรียบ (Flatness) ที่วัดได้ไม่ได้ตามค่ามาตรฐาน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงต้องทำการกำหนดอายุการใช้งานของหินขัดหรือ Stone Wheel ให้ไม่เกิน 4,000,000 ชิ้น เมื่อครบอายุการใช้งานแล้ว กำหนดให้มีการซ่อมบำรุง โดยการปรับผิวเพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 หินขัด (Stone Wheel)

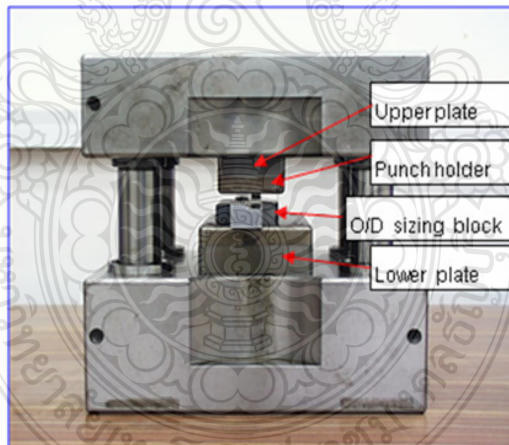
3) การควบคุมค่าความเรียบของหิน เนื่องจากในกระบวนการผลิตจริง การควบคุมอายุการใช้งานเพียงอย่างเดียวไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าหินขัดยังอยู่ในสภาพปกติหรือไม่ ดังนั้นต้องมีการควบคุมค่าความเรียบของหิน (Flatness) ไปด้วยอีกหนึ่งทาง โดยทางผู้วิจัยได้จัดหาโปรแกรมควบคุมความเรียบของผิวไปทำการติดตั้งในเครื่องขัด โดยใช้หัวเพชรเป็นเครื่องมือในการลากที่ผิวหินขัด และให้ทำการประมวลค่าผ่านโปรแกรม ดังภาพที่ 4.10 ซึ่งผู้วิจัยได้มีการควบคุมความเรียบของหินไม่ให้เกิน 0.010 mm หรือ 10 ไมครอน



ภาพที่ 4.10 การควบคุมค่าความเรียบของหินขัด

4.4.3 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการ Coining

ในกระบวนการนี้ทางผู้วิจัยได้มีการควบคุมอายุการใช้งานของ Coining Die ซึ่งมีส่วนประกอบดังภาพที่ 4.11 และมีการควบคุมขนาดความสูงของชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการด้วย Slide Gauge แบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 4.11 ส่วนประกอบของ Coining Die

โดยก่อนที่จะทำการปรับปรุงตั้งอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลประวัติการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ (Machine Breakdown) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 มาทำการประเมินเพื่อกำหนดอายุการใช้งานให้เกิดความเหมาะสม โดยมีข้อมูลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ประวัติการหยุดเครื่อง Coining ในช่วงปี พ.ศ. 2552

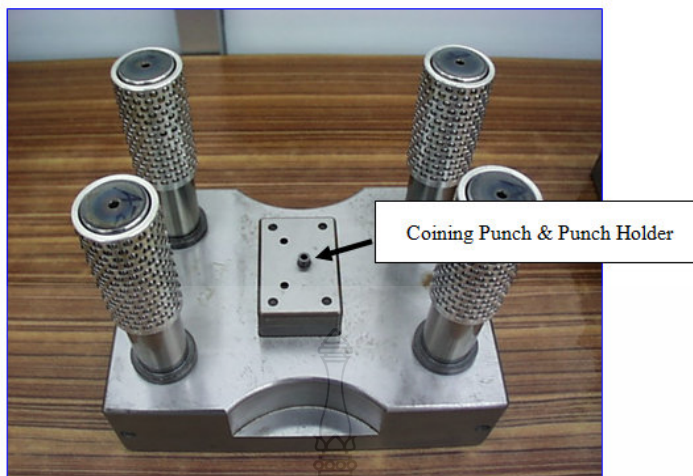
Coining (Shots)	Breakdown History	
	Upper Die Set	Lower Die Set
1,000,000	-	
2,000,000	-	
3,000,000	-	
4,000,000	-	3,106,000 / ID Sizing Dent
5,000,000	4,505,000 / Punch Dent	4,200,000 / OD Block Crack 4,340,100 / Die Bush Dent 4,850,000 / Plate Loose
6,000,000	-	
7,000,000	-	
8,000,000	-	
9,000,000	-	
10,000,000	-	
20,000,000	-	
30,000,000	21,560,000 / Holder Deform 23,975,000 / Plate Crack	

หมายเหตุ : ประวัติข้างต้นเป็นข้อมูลการหยุดเครื่องอันเนื่องมาจากชิ้นส่วนแม่พิมพ์มีปัญหาเท่านั้น

1) ฐานแม่พิมพ์ชุดบน (Upper Die Set)

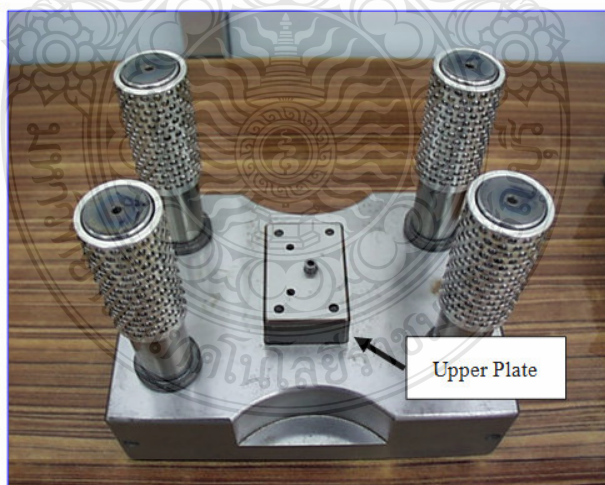
ก) Coining Punch ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 4,500,000 ชิ้น เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเจียรปรับผิว เพื่อให้แม่พิมพ์กลับมาใช้ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.12

ข) Punch Holder ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 20,000,000 ชิ้น เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 Coining Punch และ Punch Holder

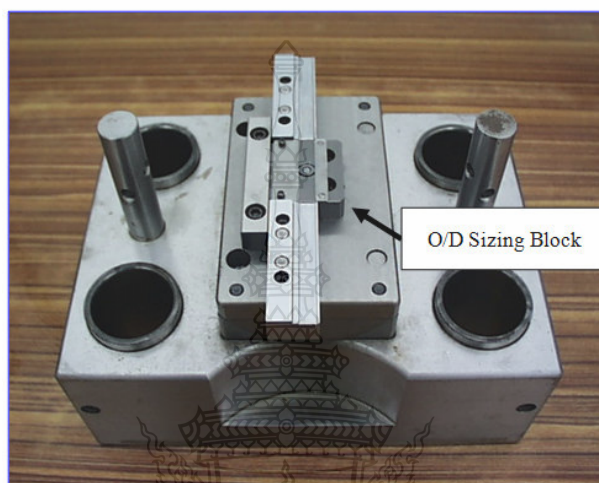
ค) Upper Plate ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 20,000,000 ชิ้น เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเจียรปรับผิว หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 Upper Plate

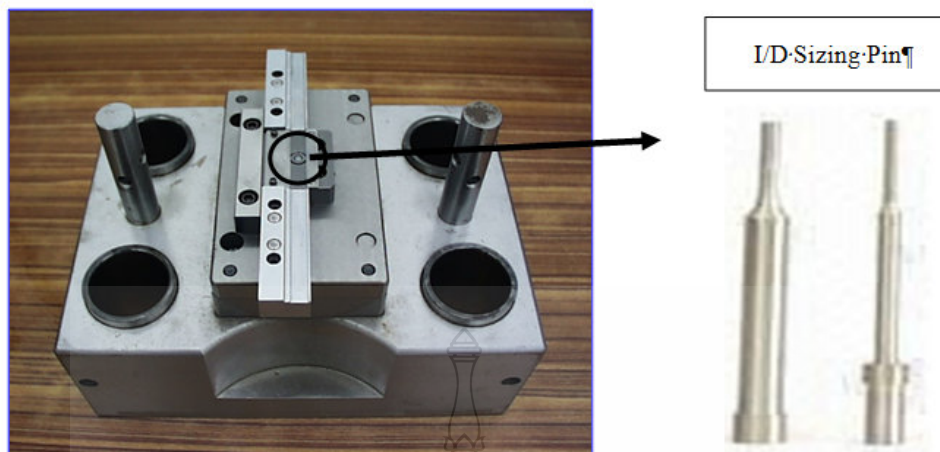
2) ฐานแม่พิมพ์ชุดล่าง (Lower Die Set)

ก) O/D Sizing Block ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 4,500,000 ชั่วโมง เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ เพื่อให้แม่พิมพ์กลับมาใช้ใหม่อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.14



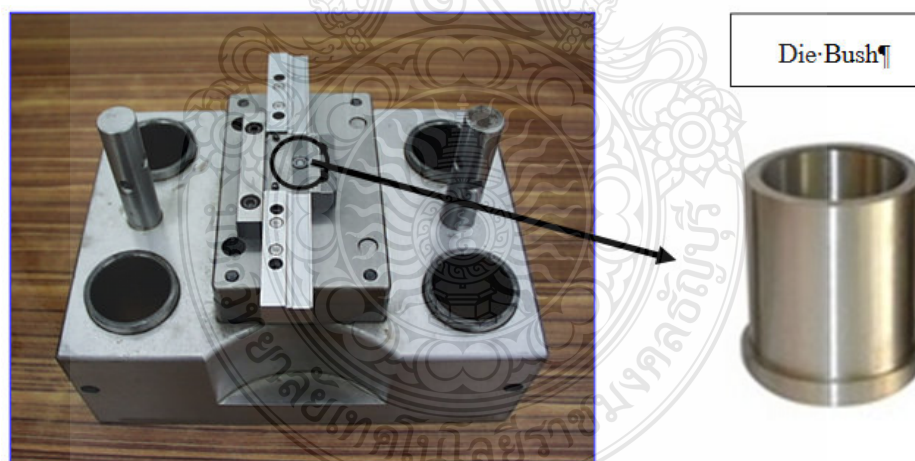
ภาพที่ 4.14 O/D Sizing Block

ข) I/D Sizing Pin ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 3,000,000 ชั่วโมง เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ หรือนำไปเคลือบ TiCN 1 ครั้ง เพื่อให้แม่พิมพ์กลับมาใช้ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.15



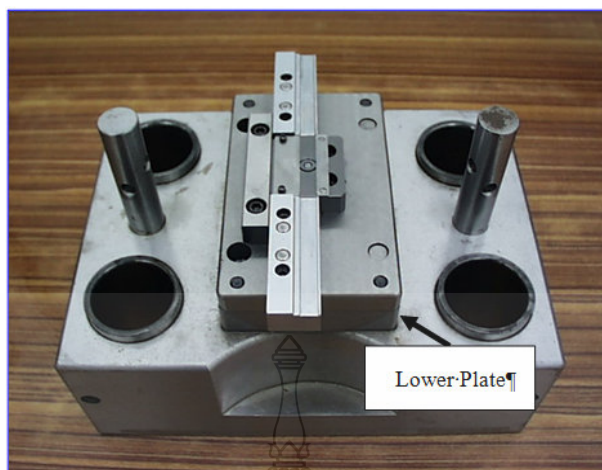
ภาพที่ 4.15 I/D Sizing Pin

ค) Die Bush ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 4,500,000 ชิ้น เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ เพื่อให้แม่พิมพ์กลับมาใช้ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.16



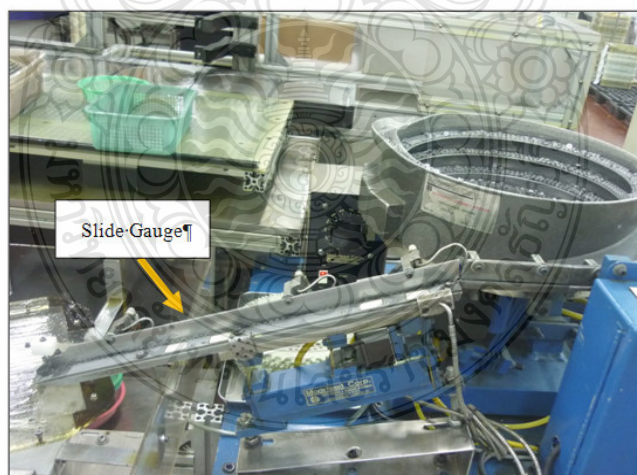
ภาพที่ 4.16 Die Bush

ง) Lower Plate ได้มีการตั้งอายุการใช้งาน 4,500,000 ชิ้น เพื่อควบคุมชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยเมื่อครบอายุการใช้งานทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์โดยการเจียรปรับผิว เพื่อให้แม่พิมพ์กลับมาใช้ใหม่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 Lower Plate

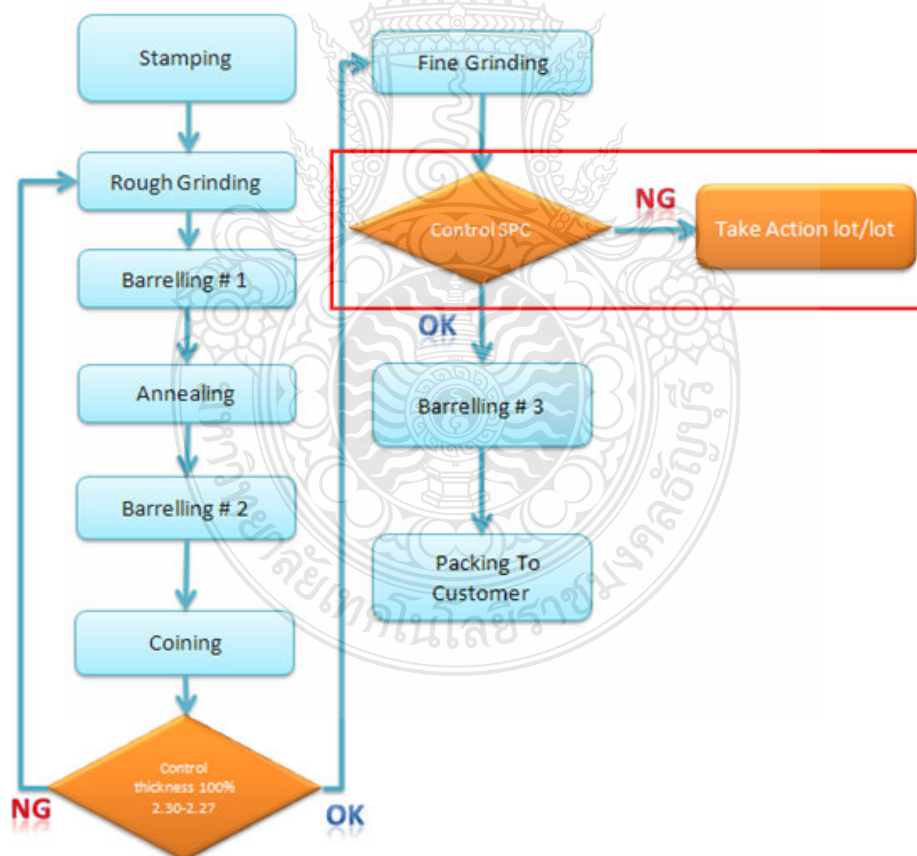
จ) การควบคุมขนาดความสูงของชิ้นงาน โดยหลังจากผ่านกระบวนการ Coining ทางผู้วิจัยได้ทำการติดตั้ง Slide Gauge เพื่อทำการควบคุมความสูงของชิ้นงาน ซึ่งงานที่มีความสูงเกินจากมาตรฐานที่ตั้งไว้จะไปติดกับแท่น Gauge และจะถูกคัดออกจากรางสไลด์อัตโนมัติ ซึ่งความสูงที่ทำการควบคุมคือ 2.25-2.30 mm ดังภาพที่ 4.18



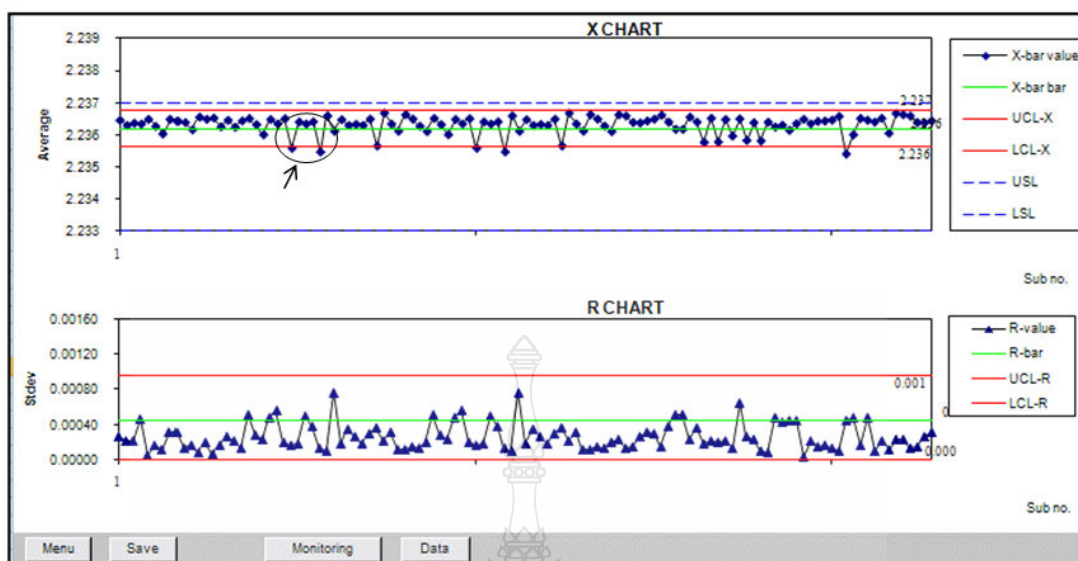
ภาพที่ 4.18 การนำ Slide Gauge มาควบคุมความสูงของชิ้นงาน

4.4.4 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการ Fine Grinding

จากขั้นตอนการวิเคราะห์พบว่าในกระบวนการนี้ไม่มีการติดตามค่าความหนาหลังการผลิตแบบทันทีปัจจุบัน (Real Time) ส่งผลให้ค่าที่ไม่ได้ตามมาตรฐานหลุดเข้าสู่กระบวนการถัดไป คือ Barrelling #3 ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวไม่สามารถปรับค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรเพื่อช่วยในการปรับขนาดชิ้นงานให้ได้ตามมาตรฐานได้ ดังนั้นกระบวนการนี้จึงถือว่าเป็นกระบวนการสุดท้ายที่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้มีการเพิ่มการควบคุมโดยใช้หลักการควบคุมทางสถิติ (SPC) เพื่อทำการควบคุมความผันแปรของขนาดชิ้นงานก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการถัดไป โดยมีการกำหนดให้ตรวจวัดในทุกรอบการหมุนของเครื่องจักร เป็นจำนวนรอบละ 5 ชิ้น แผนภูมิการไหลหลังการปรับปรุงสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.19 โดยเมื่อพบว่าข้อมูลหลุดจากเส้นควบคุมบน-ล่าง จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรในทันที ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการติดตาม และเตือนเมื่อข้อมูลหลุดจากเส้นควบคุม ดังภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.19 การเพิ่มวิธีการควบคุมด้วย SPC ในกระบวนการ Fine Grinding



ภาพที่ 4.20 การควบคุมความหนาด้วยแผนภูมิควบคุม Xbar-R Charts

จากภาพที่ 4.20 จะเห็นได้ว่าเมื่อเส้นข้อมูลหลุดจากเส้นควบคุมบน (UCL) และเส้นควบคุมล่าง (LCL) จะมีการแจ้งให้ช่างทำการปรับค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรในทันทีดังจะเห็นได้จากเส้นข้อมูลที่กลับเข้าสู่การควบคุมในทันทีไป ซึ่งการปรับปรุงแก้ไขในลักษณะนี้จะทำให้ชิ้นงานมีขนาดความหนาตามมาตรฐานในทุกตัว

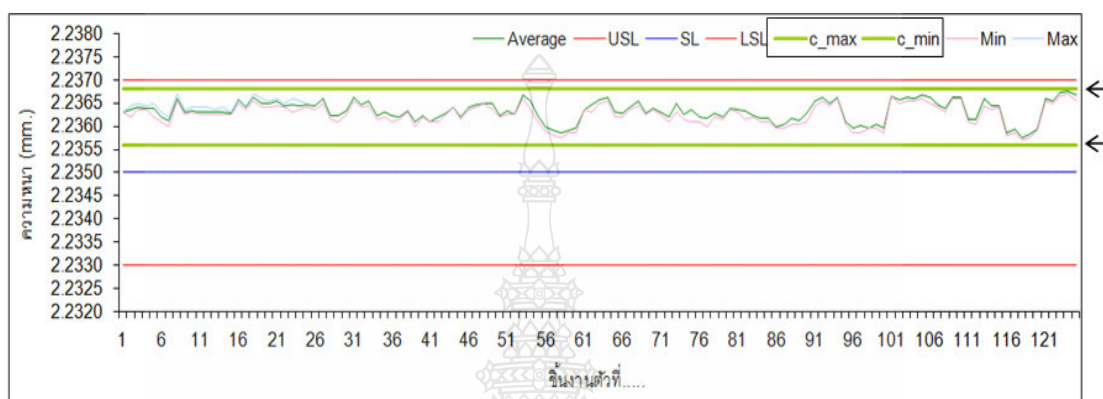
4.4.5 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการ Barrelling #3

จากขั้นตอนการวิเคราะห์พบว่าในกระบวนการนี้ทำให้ขนาดของชิ้นงานต่ำกว่ามาตรฐาน และไม่สามารถที่จะปรับแต่งพารามิเตอร์เครื่องจักรเพื่อแก้ไขปัญหาได้ ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผู้วิจัยจึงมองไปที่การควบคุมขนาดความหนาในกระบวนการก่อนหน้า (Fine Grinding) ที่คุมมาต่ำเกินไป ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับค่าของเส้นควบคุมบน (UCL) และเส้นควบคุมล่าง (LCL) ในกระบวนการ Fine Grinding ให้มีขนาดที่สูงขึ้น ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การปรับปรุ่ค่าควบคุมในกระบวนการ Fine Grinding

เส้นควบคุม	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลต่าง
Upper Control Limit (UCL)	2.2360 mm.	2.2368 mm.	+ 0.0008 mm.
Lower Control Limit (LCL)	2.2340 mm.	2.2356 mm.	+ 0.0016 mm.

ดังตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าทางผู้วิจัยมีการปรับค่าควบคุมในกระบวนการ Fine Grinding ให้มากขึ้น $0.0008 - 0.0016$ mm. เพื่อให้เมื่อผ่านกระบวนการ Barrelling #3 ในขั้นตอนนี้แล้วค่าความหนาจะลดลงได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งตัวอย่างการควบคุมด้วยแผนภูมิ Xbar-R Charts แสดงดังภาพที่ 4.21



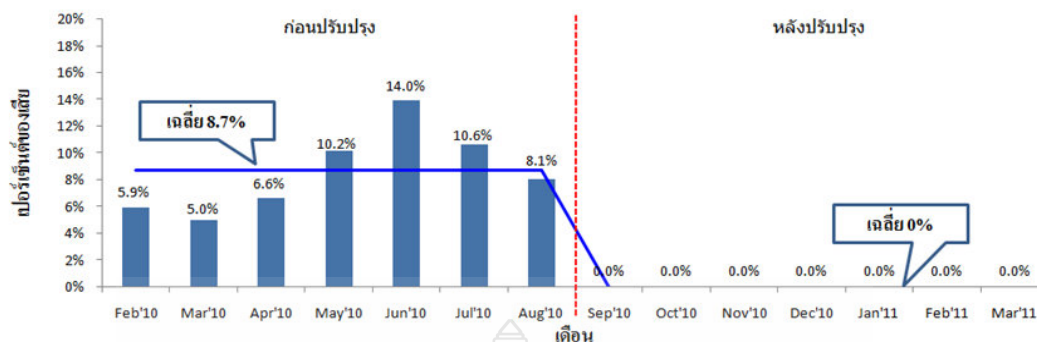
ภาพที่ 4.21 การเพิ่มค่าควบคุมในกระบวนการก่อนหน้า (Fine Grinding)

4.5 การติดตามผลลัพธ์หลังการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลภายหลังทำการปรับปรุงตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 เพื่อนำเสนอผลการติดตาม โดยแบ่งการติดตามข้อมูลเป็น 3 ส่วน คือ เปรอร์เซ็นต์ของเสีย การกระจายตัวของข้อมูล และค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ดังนี้

4.5.1 แนวโน้มเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังการปรับปรุง

จากแนวทางปรับปรุงแก้ไขกระบวนการดังที่ได้กล่าวมา ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังการปรับปรุง เพื่อทำการเปรียบเทียบผล สรุปได้ดังนี้

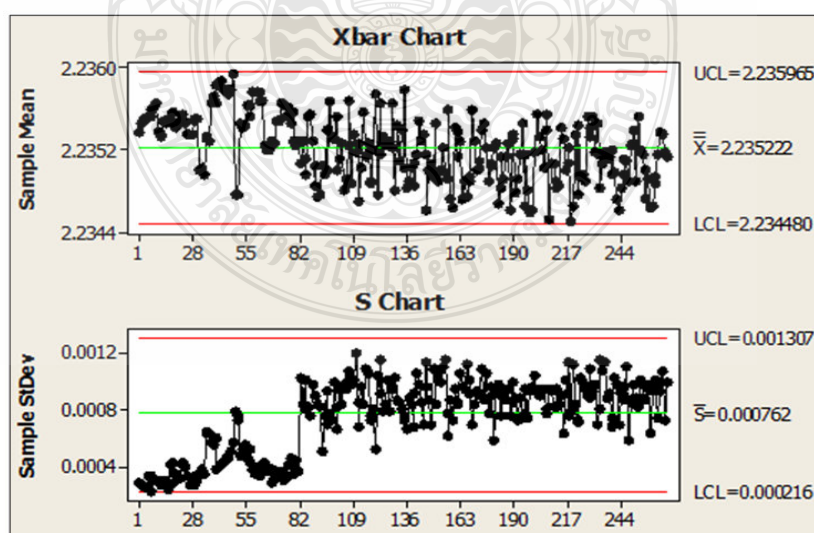


ภาพที่ 4.22 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียของแหวนรองเพลาหมุนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ (Thrust Washer) ก่อน-หลังปรับปรุง

จากภาพที่ 4.22 พบว่า เมื่อทำการการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติปัญหา ช่วงก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหาเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553- เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.7% ซึ่งผลการดำเนินงานแก้ไขและปรับปรุงปัญหาในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 – เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0% หรือไม่เกิดปัญหาขึ้นอีก ซึ่งสามารถลดข้อผิดพลาดได้ตามเป้าหมายที่วางเอาไว้

4.5.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลหลังการปรับปรุง

จากแนวทางปรับปรุงแก้ไขกระบวนการตั้งที่ได้กล่าวมา ทางผู้วิจัยได้ทำการติดตามผลการกระจายตัวของข้อมูลภายหลังการปรับปรุง เพื่อทำการเปรียบเทียบผล สรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 4.23 แผนภูมิ Xbar-S Chart ในช่วงหลังทำการปรับปรุง

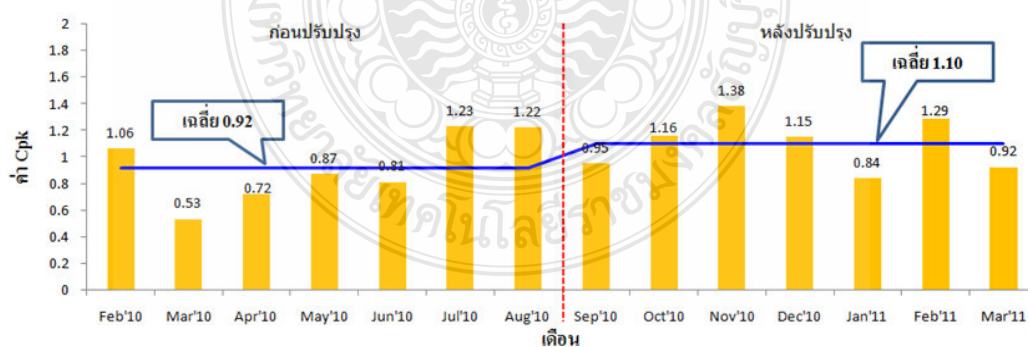
จากแผนภูมิในภาพที่ 4.23 ทางผู้วิจัยขอจำแนกการอภิปรายผลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1) แผนภูมิ Xbar-Chart: จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าช่วงหลังทำการปรับปรุงในช่วงเดือนกันยายน 2553 – มีนาคม 2554 ข้อมูลมีการกระจายตัวลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถสังเกตได้ 2 จุดคือ ค่าของเส้นควบคุมล่าง (LCL) มีค่าเท่ากับ 2.234 ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าที่ขยับเข้าใกล้ค่ากลาง ไม่เอนเอียงไปในทิศทางลบ และอีกหนึ่งจุดที่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดคือ ไม่มีข้อมูลที่หลุดออกจากเส้นควบคุมบน (UCL) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การกระจายตัวของข้อมูลในช่วงหลังการปรับปรุง มีค่าการกระจายตัวที่ดีขึ้น และข้อมูลเข้าสู่ค่ากลาง ($X\text{-Double bar} = 2.235222 \text{ mm}$)

2) แผนภูมิ S-Chart: จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าเส้นข้อมูลในช่วงแรกของการเก็บข้อมูลยังคงเกิดเป็นจุดเรียงต่อกันเกิน 7 อันเนื่องมาจากในช่วง 2 เดือนแรกหลังการปรับปรุง ทางบริษัทมีการวางแผนที่จะย้ายแผนผังโรงงาน เมื่อเริ่มทำการย้ายในช่วงเดือนที่ 82 จึงต้องมีการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรใหม่ ดังนั้นค่าความผันแปร (Standard Deviation) จึงสูงขึ้น ทำให้เส้นข้อมูลในช่วงก่อนการย้ายเครื่องเกิดเป็นลักษณะ 7 จุดต่อเนื่อง แต่เส้นข้อมูลดังกล่าวไม่ได้หลุดจากเส้นควบคุมบนและล่างแต่อย่างใด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าความแปรผันของกระบวนการต่ำ และไม่หลุดออกจากค่าควบคุมที่ได้กำหนดไว้

4.5.3 แนวโน้มค่าความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) หลังการปรับปรุง

จากแนวทางปรับปรุงแก้ไขกระบวนการดังที่ได้กล่าวมา ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าความสามารถของกระบวนการ C_{pk} หลังการปรับปรุง เพื่อทำการเปรียบเทียบผล สรุปได้ดังนี้

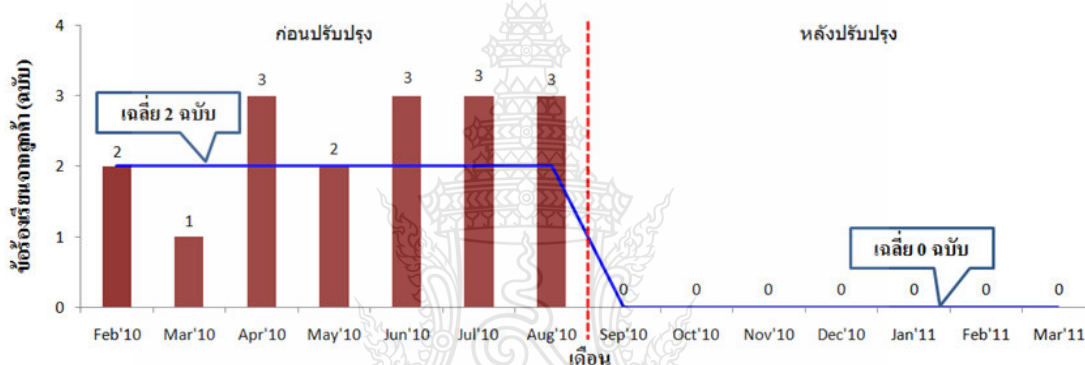


ภาพที่ 4.24 เปรียบเทียบค่าความสามารถของกระบวนการของแหวนรองเพลลาหมุนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ (Thrust Washer) ก่อน-หลังควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

จากภาพที่ 4.24 พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลค่าความสามารถของกระบวนการ หรือ Cpk ช่วงก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหาคือเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553- เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.92 ซึ่งผลการดำเนินงานแก้ไขและปรับปรุงปัญหาในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 – เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.10 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อของเสียลดลง กระบวนการเสถียรมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความสามารถของกระบวนการเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

4.5.4 แนวโน้มข้อร้องเรียนจากลูกค้า (Customer Claim) หลังการปรับปรุง

จากแนวทางปรับปรุงแก้ไขกระบวนการดังที่ได้กล่าวมา ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลข้อร้องเรียนจากลูกค้าหลังการปรับปรุง เพื่อทำการเปรียบเทียบผล สรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 4.25 เปรียบเทียบข้อร้องเรียนลูกค้าจากปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานก่อน-หลังปรับปรุง

จากภาพที่ 4.25 พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อร้องเรียนจากลูกค้า (Customer Claim) อันเนื่องมาจากปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐานช่วงก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหาคือเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553- เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2 ฉบับ ซึ่งผลการดำเนินงานแก้ไขและปรับปรุงปัญหาในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 – เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0 ฉบับ หรือไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้าหลังทำการปรับปรุง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วน Thrust Washer ของโรงงานตัวอย่าง โดยทำการศึกษาในเรื่องปัญหาความหนาชิ้นงานไม่ได้ตามมาตรฐาน ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) และการควบคุมกระบวนการโดยใช้หลักสถิติ (SPC) และ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือตามหลักสากล ซึ่งผลการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน

จากผลการวิเคราะห์ สามารถสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแยกตามกระบวนการผลิต และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา ได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาคความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน

กระบวนการผลิต	สาเหตุของปัญหา	แนวทางปรับปรุงแก้ไข
1.Stamping	1.1 ไม่มีการควบคุมอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ 1.2 ไม่มีการควบคุมลือตในแต่ละเบอร์แม่พิมพ์	1.1 กำหนดอายุการใช้งานของ Stamping Die 1.2 แบ่งแยกเบอร์แม่พิมพ์ด้วยสีถุง
2.Rough Grinding	4.1 ไม่มีการควบคุมอายุการใช้งานของหินขัด 4.2 ไม่มีความเรียบผิวของหินขัด	2.1 กำหนดอายุการใช้งานของหินขัด (Stone Wheel) 2.2 ควบคุมค่าความเรียบของหินที่ไม่เกิน 0.010 mm
3.Coining	3.1 ไม่มีการควบคุมอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ 3.2 การควบคุมขนาดหลังผ่านกระบวนการยังไม่ดีพอ	3.1 กำหนดอายุการใช้งานของ Coining Die 3.2 ควบคุมขนาดความสูงชิ้นงานด้วย Slide Gauge (2.25-2.30mm) ทุกตัว

ตารางที่ 5.1 สรุปแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาคอมพิวเตอร์ไม่ได้ตามมาตรฐาน (ต่อ)

กระบวนการผลิต	สาเหตุของปัญหา	แนวทางปรับปรุงแก้ไข
4.Fine Grinding	4.1 ไม่มีการตรวจติดตามค่าความหนาแบบ Real Time	4.1 เพิ่มการตรวจติดตามแบบ Real Time โดยใ้การเฝ้าติดตามกระบวนการเชิงสถิติ (SPC)
5.Barreling #3	5.1 กำหนดค่าความหนาในกระบวนการก่อนหน้าน้อยเกินไป	5.1 เพิ่มค่าควบคุมในกระบวนการ Fine Grinding 0.0008 – 0.0016 mm

5.2 ผลการปรับปรุง

ผลจากการดำเนินงานเพื่อปรับปรุงปัญหาคอมพิวเตอร์ไม่ได้ตามมาตรฐาน ของชิ้นส่วน Thrust Washer สามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)

จากผลการวิเคราะห์ระบบการวัด สามารถสรุปได้ว่าค่าที่ได้จากการวัดมีความเที่ยงตรงแม่นยำ โดยผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้ง 3 รูปแบบการวิเคราะห์ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความเอนเอียง (Bias) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า P-Value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.479 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ระบบการวัดของเครื่องมือวัดความหนาไม่มี Bias

2) การวิเคราะห์ความเสถียรภาพ (Stability) ผลการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลการทดสอบอยู่ระหว่างเส้นควบคุมทั้งในส่วนของ Xbar-Chart และ R-Chart จึงสรุปได้ว่า ระบบการวัดของเครื่องมือวัดความหนามีความสม่ำเสมอ (Consistent) และความเสถียรภาพ (Stability)

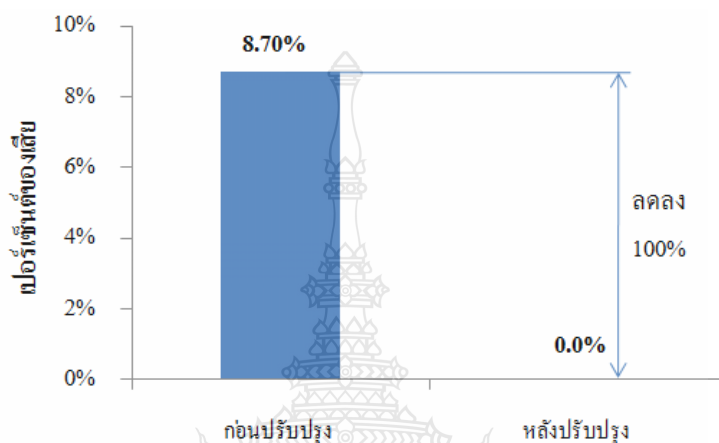
3) การวิเคราะห์ GR&R ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า GR&R เท่ากับ 9.70% ซึ่งน้อยกว่า 10% จึงสรุปได้ว่าระบบการวัดของเครื่องมือ และผู้ตรวจสอบทั้ง 3 คนมีความแม่นยำที่สามารถยอมรับได้

5.2.2 ผลการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC)

จากผลการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) ส่งผลให้เกิดการเฝ้าติดตามความสามารถของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง และทันเวลาปัจจุบัน (Real Time) และสามารถปรับแก้ไขเงื่อนไขการผลิตได้ทันถ่วงที เมื่อข้อมูลไม่อยู่ในช่วงการควบคุม โดยผลจากการเฝ้าติดตามข้อมูลการผลิตหลังทำการปรับปรุง ผู้วิจัยพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวลดลงอย่างเห็นได้ชัด อันสังเกตได้จากค่าของเส้นควบคุมบน (UCL) และเส้นควบคุมล่าง (LCL) ที่ขยับเข้าใกล้ค่ากลางมากยิ่งขึ้น ประกอบกับไม่มีข้อมูลใดที่หลุดออกจากค่าควบคุมที่กำหนดไว้

5.2.3 ผลของเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสีย

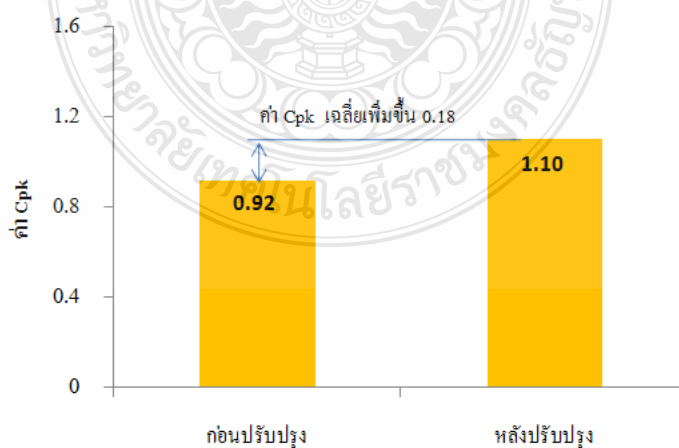
ผลจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหасสามารถที่จะลดปัญหาความหนาไม่ได้ตามค่ามาตรฐาน จากเดิมเปอร์เซ็นต์ของเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 8.7% เหลือ 0% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยสามารถป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นอีกได้ แสดงดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 สรุปเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังการปรับปรุง

5.2.4 ผลของค่าความสามารถกระบวนการ (Cpk)

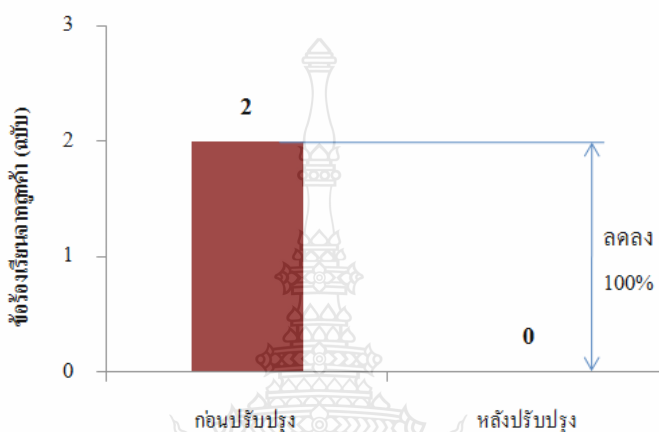
ผลจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหасสามารถที่จะเพิ่มค่าความสามารถของกระบวนการ จากเดิมค่า Cpk เฉลี่ยอยู่ที่ 0.92 เพิ่มขึ้นเป็น 1.10 ซึ่งสามารถเพิ่มได้มากถึง 0.18 แสดงดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 สรุปค่าความสามารถของกระบวนการ Cpk หลังการปรับปรุง

5.2.5 ผลของข้อร้องเรียนจากลูกค้า

ผลจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาคือจะสามารถที่จะลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าอันเนื่องมาจากปัญหาความหนาไม่ได้ตามมาตรฐาน จากเดิมได้รับข้อร้องเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ 2 ฉบับ เหลือ 0 ฉบับ โดยสามารถป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นอีกได้ แสดงดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 สรุปข้อร้องเรียนจากลูกค้าหลังการปรับปรุง

5.3 อภิปรายผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่าหลักการควบคุมกระบวนการทางสถิติ SPC และการวิเคราะห์ระบบการวัด MSA สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการลดข้อบกพร่องของปัญหาความหนาไม่ได้ตามค่ามาตรฐาน (Thickness Out of Spec) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต Thrust Washer ได้อย่างเหมาะสม เพราะสามารถประเมินความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุง โดยใช้หลักการประเมินทางสถิติ และอีกทั้งยังมีการเฝ้าติดตามความสามารถของกระบวนการ โดยใช้แผนภูมิควบคุม ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือทางสถิติเช่นเดียวกัน จากผลการประเมินและเฝ้าติดตามพบว่า ข้อมูลก่อนการปรับปรุงมีค่าความสามารถของกระบวนการที่ไม่ดีนัก มีการกระจายตัวที่ไม่เกาะกลุ่ม และมีข้อมูลที่หลุดจากเส้นควบคุม (Out of Control) เป็นจำนวนมาก และทางผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ซึ่งมีแนวคิดคล้ายกับงานวิจัย การวิเคราะห์ความสามารถในการวัดการทดสอบทำลายและกระบวนการปรับปรุงโดยใช้การออกแบบทดลองทากุชิ [26] เพื่อประเมินทักษะของผู้ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบทุกคน พบว่าค่า GR&R ที่ได้มีค่าที่อยู่ในช่วงสามารถยอมรับได้ และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทได้ตั้งไว้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อ

รวบรวมสาเหตุทั้งหมด และใช้เครื่องมือแผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) ซึ่งคล้ายกับแนวคิดงานวิจัย Six Sigma ทิศทางใหม่ในการจัดการคุณภาพและผลผลิต [27] และใช้ DMAIC Six Sigma เป็นระบบปรับปรุงการคุณภาพพื้นที่ปฏิบัติงานและค่าใช้จ่าย [28] เพื่อหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา และทำการปรับปรุงกระบวนการ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการประเมินค่าความสามารถของกระบวนการ หลังการปรับปรุง พบว่าค่าความสามารถของกระบวนการมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากข้อมูลมีการกระจายตัวที่ลดลง เกาะกลุ่มมากขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนภูมิควบคุมซึ่งคล้ายกับแนวคิดงานวิจัย การประยุกต์ใช้การควบคุมกระบวนการทางสถิติเพื่อติดตามและประเมินผลการวิเคราะห์อันตรายจากข้อมูลด้านสุขอนามัยของจุลชีววิทยา [29] และการประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติ (SPC) สำหรับการควบคุมที่จุดเหมาะสมของกระบวนการฉายรังสีของเซมิคอนดักเตอร์พลังงานสูง [30] และการประยุกต์ใช้การแจกแจงแลมเบิร์ตค่าทั่วไปในวิธีการควบคุมกระบวนการทางสถิติ [31] จากนั้นจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อควบคุมระบบการทำงานให้คงอยู่ตลอดไป ทั้งนี้ยังสามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นตัวอย่างต้นแบบในการวางแผนดำเนินงานปรับปรุงกระบวนการผลิตอื่นๆ ได้อีกต่อไป

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานวิจัยนี้พบปัญหาและอุปสรรคหลายประการ สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

5.4.1 เนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาเพียงปัญหาเดียว ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเสียของชิ้นงานนี้ไม่ได้ลดลงเป็นจำนวนมากนัก ดังนั้นควรจะมีการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาอื่นด้วย เพื่อให้จำนวนของเสียถูกลดลงมากที่สุด

5.4.2 ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสามารถควบคุมได้เพียงบางกระบวนการ เนื่องจากถ้าทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรในบางกระบวนการแล้ว จะทำให้จุดอื่นของชิ้นงานมีค่าไม่ได้ตามมาตรฐานไปด้วย ดังนั้นผู้ที่ทำงานวิจัยลักษณะนี้ควรมีการศึกษา และหาข้อมูลเงื่อนไขของแต่ละกระบวนการอย่างละเอียด เพื่อไม่ให้ไปกระทบกับจุดอื่นที่ไม่ได้ทำการศึกษา

รายการอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, **คาดการณ์ดีเอสพีช่วยกระตุ้นตลาดปี 2556** (Online), 2555. Available: <http://www.kasikornresearch.com>, (3 มีนาคม 2556)
- [2] อูมาวดี นุชนิยม, **ปัจจัยสำคัญต่อการนำเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์**, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547
- [3] ศรีไร จารุกัญญา, **การควบคุมคุณภาพ**. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ, 2544. หน้า 31-75
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล (QC Circle)**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541. หน้า 3-315
- [5] รศ.ดร.สรชัย พิศาลบุตร, **สถิติวิศวกรรม**. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์, 2554. หน้า 155-167
- [6] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**. ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2551
- [7] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **การวิเคราะห์ระบบการวัด**. ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550. หน้า 185-200
- [8] David Benham and others, **Measurement Systems Analysis (Third Edition)**. Michigan: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2002. pp.132.
- [9] Mahmoud Awad Tashi P. Erdmann Yassir Shanshal and Bruce Barth, "A Measurement System Analysis Approach for Hard-to-Repeat Events," **Quality Engineering**, Copyright 21, 2009, pp300–pp305
- [10] อติสร แก้วกักดี, **การปรับปรุงเวลาในการทดสอบฮาร์ดดิสก์ :การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ และการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**, สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551
- [11] วิเชียร ตีร์รัตนวิช, **ระบบควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบเวลาจริง**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาการจัดการอุตสาหกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541
- [12] จิระเดช ดิสตัน, **การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยหลักการสถิติ**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2551

- [13] Nigel P. Grigg ,“Case study-the use of statistical process control in fish product packaging,” **Food Control**, Vol. 9, No. 5, 1998. pp. 289-297
- [14] Khongsak Srikaeo ,“Characterization of wheat-based biscuit cooking process by statistic process control techniques,” **Food Control**, Vol. 16, 2005. pp.309 –317
- [15] จารุวรรณ พรรณาลัย, “การควบคุมน้ำหนักในการบรรจุซองของเคเอฟซี,” **การประชุมวิชาการ หน่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม**, 20-22 ตุลาคม 2551
- [16] PAUL M. SWAMIDASS and CLYDE MAJERUS, “Statistical control manufacturing cycle time and project time: lessons from statistical process control,” **INT.J.PROD.RES.**, Vol.29, No.3, 1991. pp551-pp63
- Ali Rıza Motorcu and Abdulkadir Gu” Ilu, “Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability and process capability,” **Materials and Design** Vol.27, 2006. pp 364–pp372
- [17] ศุภชาติ ชมหวาน, **การศึกษความผันแปรในการวิเคราะห์ระบบการวัดและประยุกต์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, วิทยาลัยนานาชาติ (สถิติประยุกต์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.
- [18] เอกรินทร์ รินทรานุรักษ์, **การวัดกลุ่มเซลล์ด้วยการวิเคราะห์พารามิเตอร์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาการจัดการอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.
- [19] ชานินทร์ จันทน์พัฒนา, **การศึกษการนำกฎ 80/20 ของพารามิเตอร์มาใช้ในระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.
- [20] Thananya Wasusri, “Improving Production Planning and Scheduling Process’ stability with SPC charts”, **Proceeding of 7th Annual International conference Busan**, October 24-26, Korea, 2002. pp.479-482
- [21] Min Woo Lee and Sung Hun Hong, (Abstract of “Real-time remote monitoring of small-scaled biological wastewater treatment plants by a multivariate statistical process control and neural network-based software sensors,” **Process Biochemistry** (Electronic), Vol.43, 2008. pp. 1107–1113), Available: <http://www.elsevier.com/locate/procbio>.

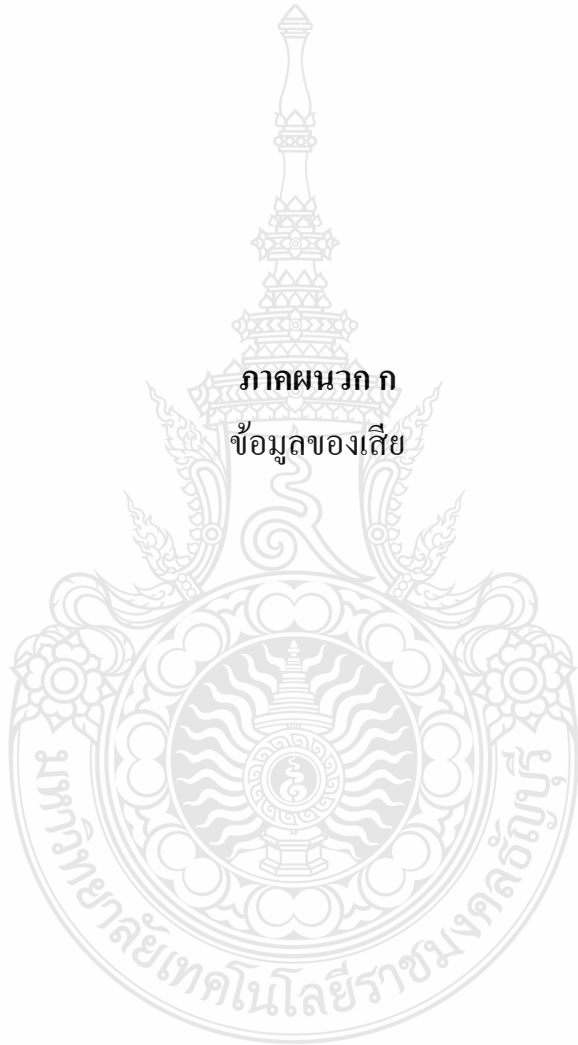
- [22] Su-Fen Yang, (Abstract of “Controlling over-adjusted process means and variances using VSI cause selecting control charts,” **Expert Systems with Applications** (Electronic), Vol. 36, 2009, pp. 7170–7182) Available: <http://www.elsevier.com/locate/eswa>.
- [23] Shankar Chakraborty, (Abstract of “Real time statistical process advisor for effective quality control,” **Decision Support Systems** (Electronic), Vol. 42, 2006. pp. 700–711) Available: <http://www.sciencedirect.com>
- [24] วิเชียร แก้วณะศรี, การลดจำนวนของเสียในอุตสาหกรรมทอลวดตาข่าย โดยใช้เครื่องมือคุณภาพ และวงจรดีเอ็มเอไอซีของเทคนิคซิกซ์ซิกมา, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549
- [25] Thongchai Choesjai, “Capability Measurement Analysis for Destructive Testing by Nested Design and improve process using Taguchi DOE,” **Data Storage Technology conference**, May 2008, KKU, 2008. pp.477-483
- [26] Tushar N. Desai and Dr. R. L. Shrivastava, “Six Sigma – A New Direction to Quality and Productivity Management,” **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**, 22-24 October 2008, San Francisco U.S.A., 2008.
- [27] Sameer Kumar and Michael Sosnoski, “Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs,” **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol. 58, No. 3, 2009. pp.254-273
- [28] G. D. Hayes, “Applying statistical process control to monitor and evaluate the hazard analysis critical control point hygiene data”, **Food Control**, Vol 8, No.4, 2005. pp173-176
- [29] J. Mittendorfer, “Application of statistical methods (SPC) for an optimized control of the irradiation process of high-power semiconductors,” **Radiation Physics and Chemistry**, Vol 57, 2000. pp.629-634
- [30] B. Fournier, “Application of the generalized lambda distributions in a statistical process control methodology,” **Journal of Process Control**, Vol 16, 2006. pp.1087-1098.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ข้อมูลของเสีย

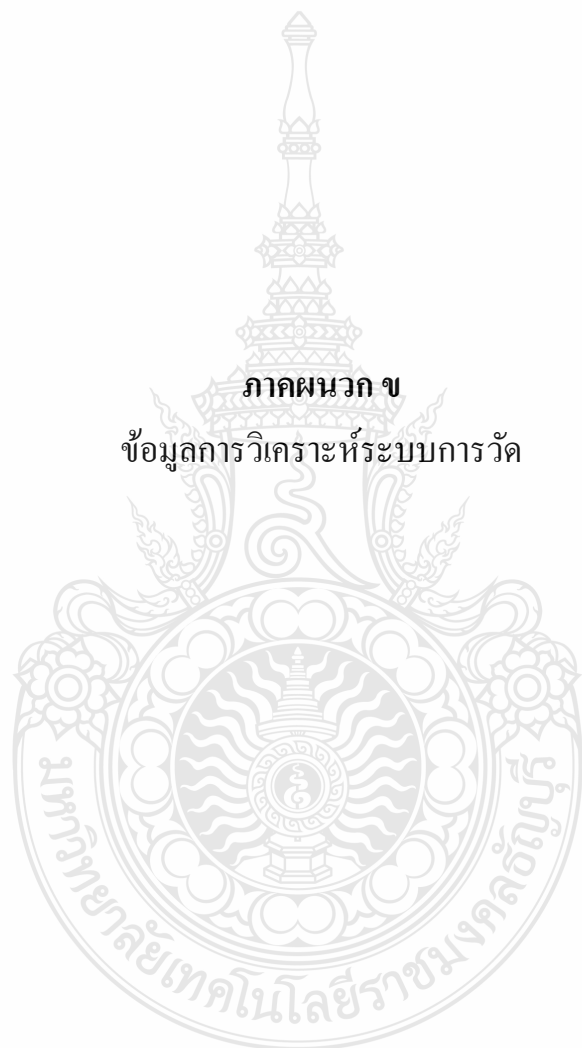


ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานเสียของชิ้นส่วน Thrust Washer ก่อนปรับปรุง (ก.พ. 53 – ส.ค. 53)

Month	ก.พ. 53	มี.ค. 53	เม.ย. 53	พ.ค. 53	มิ.ย. 53	ก.ค. 53	ส.ค. 53
Thickness NG	29587	24785	33226	50764	69787	74425	56537
Dent	2922	0	890	466	1225	0	19480
OD Burr	335	836	6268	4880	1135	468	0
OD Oversize	0	412	980	3883	1686	1505	2820
Scratch	0	1985	2371	1688	3260	0	0
ID Burr	0	162	3520	0	562	0	3002
Deform	0	0	1060	3155	2309	0	306
Total	<u>32844</u>	<u>28180</u>	<u>48315</u>	<u>64836</u>	<u>79964</u>	<u>76398</u>	<u>82145</u>

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานเสียของชิ้นส่วน Thrust Washer หลังปรับปรุง (ก.ย. 53 – มี.ค. 54)

Month	ก.ย. 53	ต.ค. 53	พ.ย. 53	ธ.ค. 53	ม.ค. 54	ก.พ. 54	มี.ค. 54
Thickness NG	0	0	0	0	0	0	0
Dent	3120	2133	0	1280	0	6668	3720
OD Burr	1230	0	0	965	1003	416	751
OD Oversize	2501	5390	1725	0	2358	0	1490
Scratch	3020	2580	2683	1928	0	985	3290
ID Burr	465	0	0	761	0	1851	969
Deform	1908	650	0	485	771	565	0
Total	<u>12244</u>	<u>10753</u>	<u>4408</u>	<u>5419</u>	<u>4132</u>	<u>10485</u>	<u>10220</u>



ภาคผนวก ข

ข้อมูลการวิเคราะห์ระบบการวัด

ตารางที่ ข.1 ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการการวัดด้วย Bias

Measurement System / Bias Study

Customer : FDB
M/C : KOYO -1
Process : FIND GRINDING
Parameter : Length

Gauge type : Heidenhain
Master type: Box gauge
Reported by: SUTTHIDA
Study date: 25/5/2010

Trials	Master	Reading
1	2.2350	2.2355
2	2.2350	2.2356
3	2.2350	2.2353
4	2.2350	2.2346
5	2.2350	2.2350
6	2.2350	2.2345
7	2.2350	2.2351
8	2.2350	2.2350
9	2.2350	2.2352
10	2.2350	2.2351
Avg	2.235	0.001

Hypothesis:T-Test

One-Sample T: C1

Test of $\mu = 2.235$ vs not = 2.235

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
C1	10	2.23508	0.00034	0.00011	(2.23483, 2.23533)	0.74	0.479

Decision:

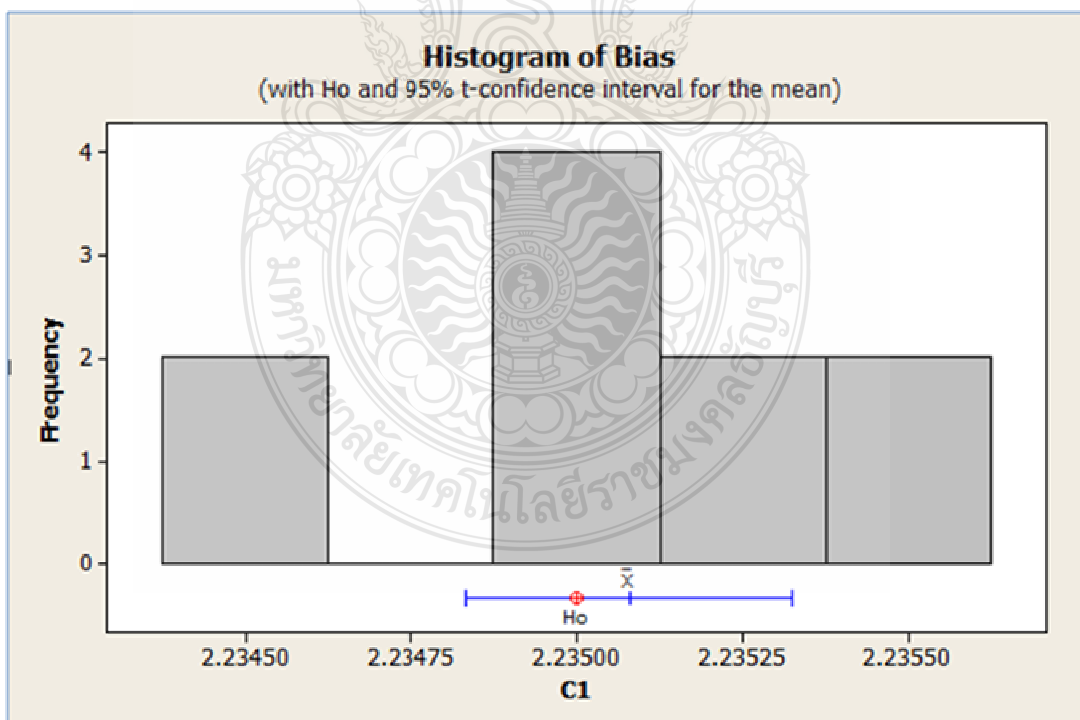
Bias is Acceptable

Bias is Not Acceptable

P > 0.05

P < 0.05

Graphs



ตารางที่ ข.2 ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการการวัดด้วย Stability

Measurement System / Stability Study

Customer :
M/C :
Process :
Parameter :

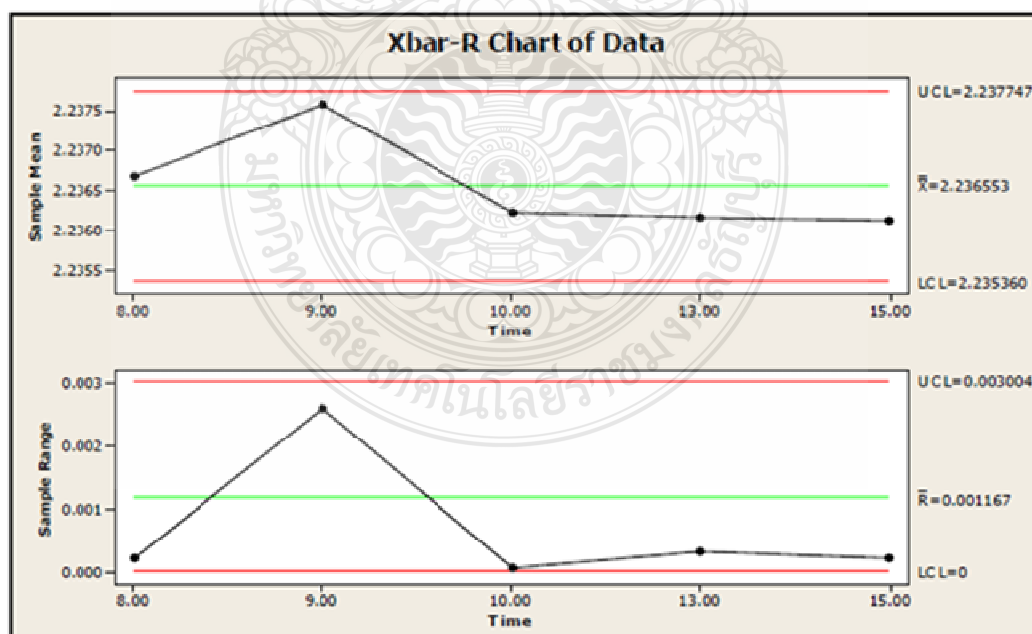
FDB
KOYO -1
FIND GRINDING
Length

Gauge type :
Master type:
Reported by:
Study date:

Heidenhain
Box gauge
SUTTHIDA
26/5/2010

Run	Date	Replicates	Data
1	8.00	1	2.23665
2		2	2.23660
3		3	2.23680
4	9.00	1	2.23930
5		2	2.23675
6		3	2.23670
7	10.00	1	2.23625
8		2	2.23620
9		3	2.23620
10	13.00	1	2.23610
11		2	2.23605
12		3	2.23635
13	15.00	1	2.23620
14		2	2.23600
15		3	2.23615

Stability Study for KOYO -1



Decision :

Stability is Acceptable

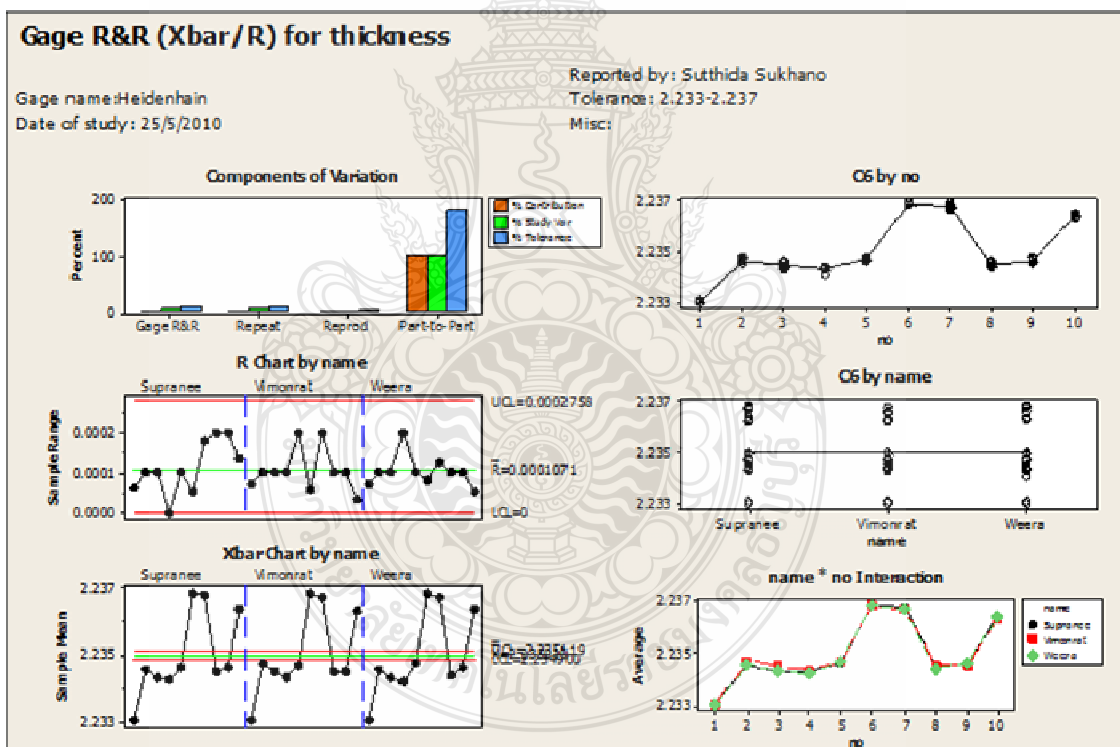
Stability is Not Acceptable

ตารางที่ ข.3 ศึกษากระบวนการการวัดด้วย Gage R&R

Gage Repeatability and Reproducibility Report

Part No. & Name:	1105-560-00005	Heidenhain
Characteristics :	Length	45172272
Specifications :	2.233-2.237	293-240

Operator	Name: Vimonrat			Operator	Name: Suprahee			Operator	Name: Weera		
Sample #	1st. Trial	2nd. Trial	3rd. Trial	1st. Trial	2nd. Trial	3rd. Trial	1st. Trial	2nd. Trial	3rd. Trial		
1	2.233	2.233	2.233	2.233	2.233	2.233	2.233	2.233	2.233		
2	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235		
3	2.235	2.235	2.235	2.234	2.234	2.234	2.234	2.234	2.234		
4	2.234	2.234	2.234	2.234	2.234	2.234	2.234	2.234	2.234		
5	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235		
6	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237		
7	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237	2.237		
8	2.235	2.235	2.235	2.235	2.234	2.235	2.235	2.234	2.234		
9	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235		
10	2.236	2.236	2.236	2.236	2.236	2.236	2.236	2.236	2.236		
Total	22.35005	22.35048	22.35033	22.35	22.3502	22.3501	22.350	22.349822	22.350168		



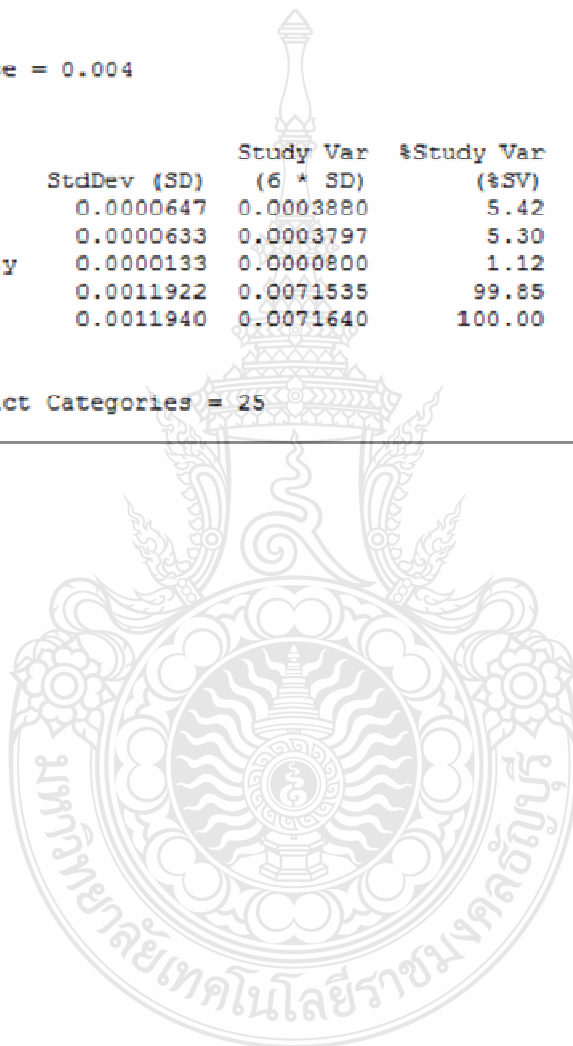
ตารางที่ ข.3 ศึกษากระบวนการการวัดด้วย Gage R&R (ต่อ)

Gage R&R Study - XBar/R Method		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000000	0.29
Repeatability	0.0000000	0.28
Reproducibility	0.0000000	0.01
Part-To-Part	0.0000014	99.71
Total Variation	0.0000014	100.00

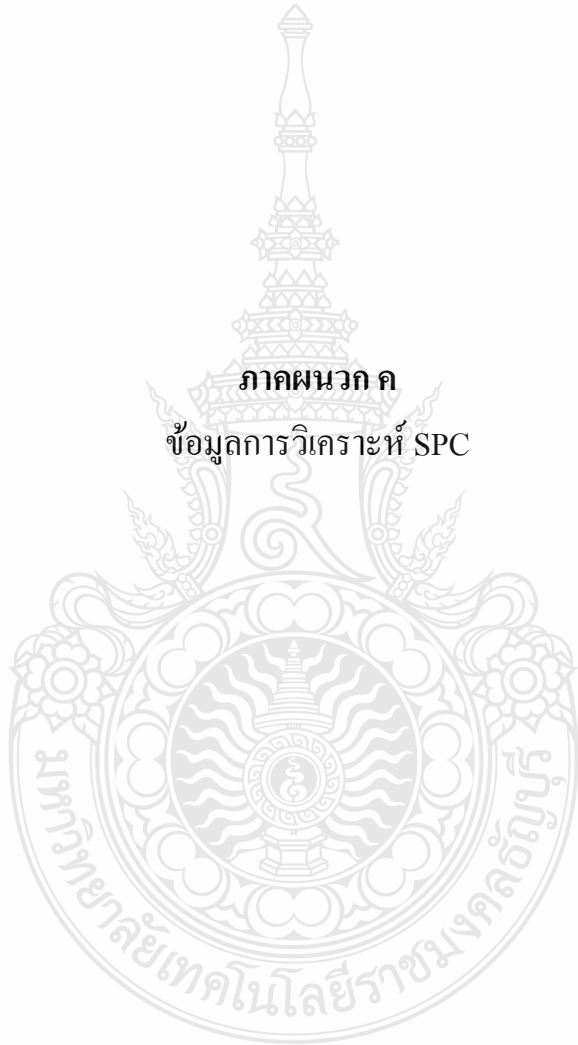
Process tolerance = 0.004

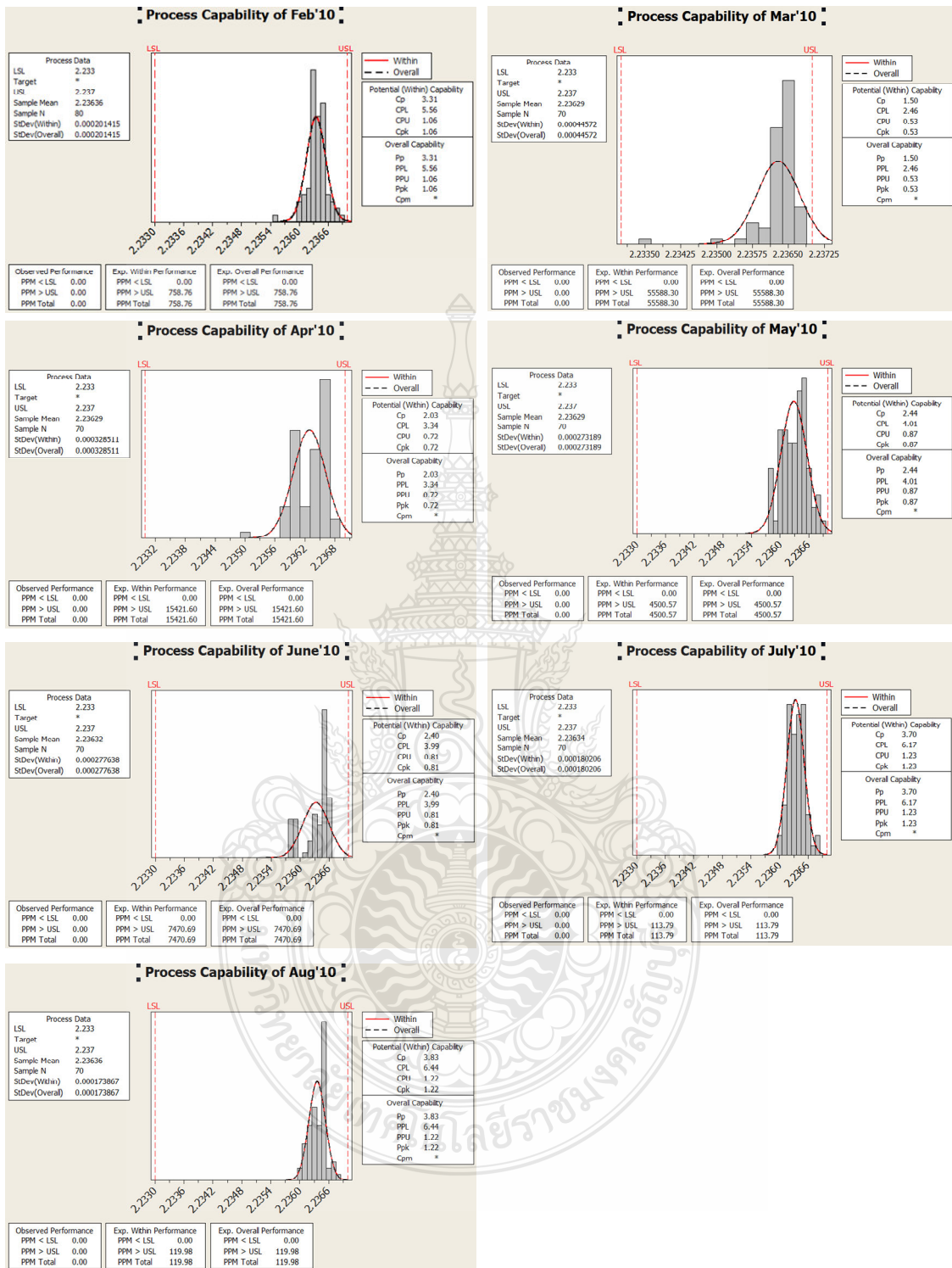
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.0000647	0.0003880	5.42	9.70
Repeatability	0.0000633	0.0003797	5.30	9.49
Reproducibility	0.0000133	0.0000800	1.12	2.00
Part-To-Part	0.0011922	0.0071535	99.85	178.84
Total Variation	0.0011940	0.0071640	100.00	179.10

Number of Distinct Categories = 25

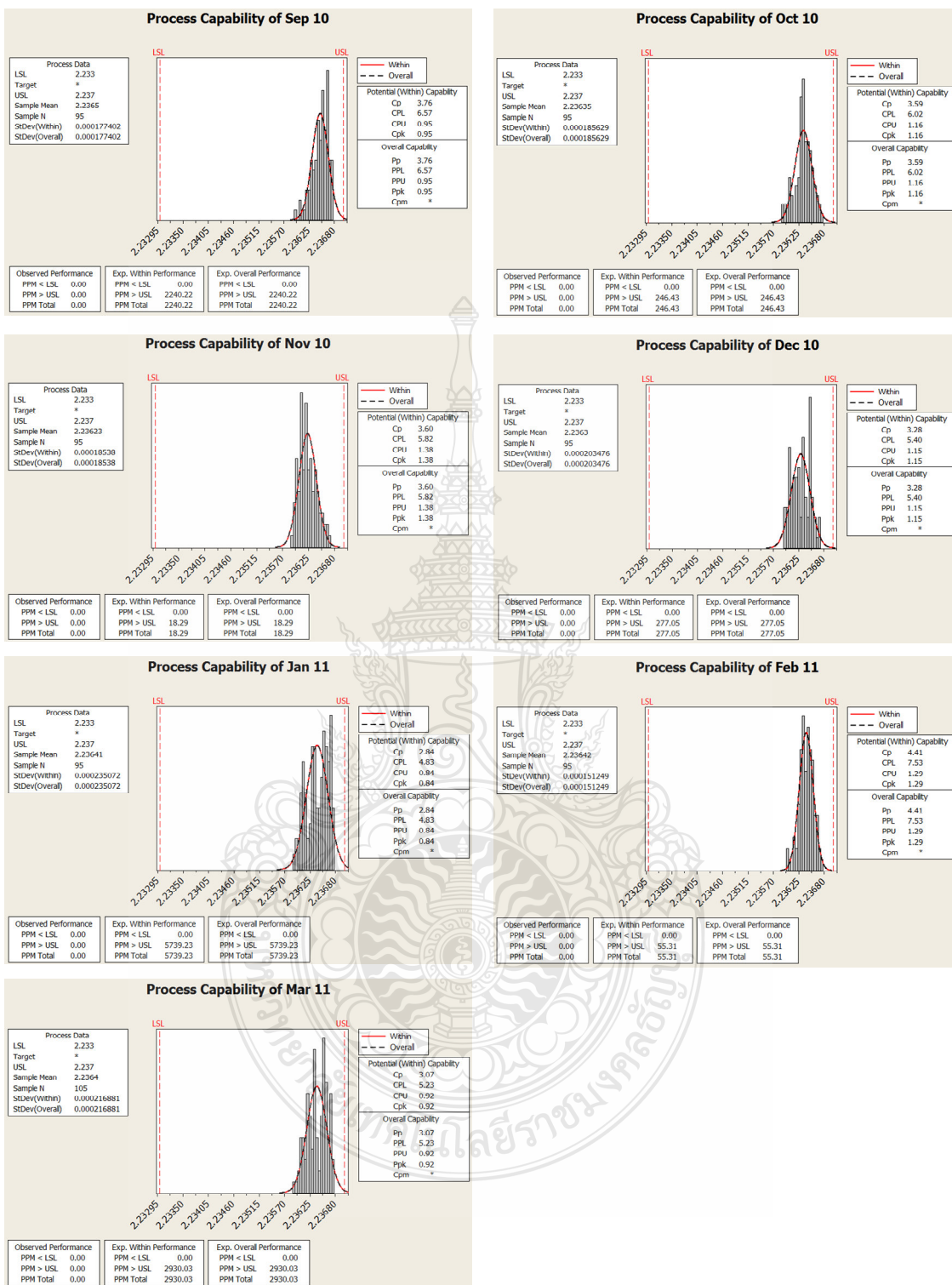


ภาคผนวก ค
ข้อมูลการวิเคราะห์ SPC



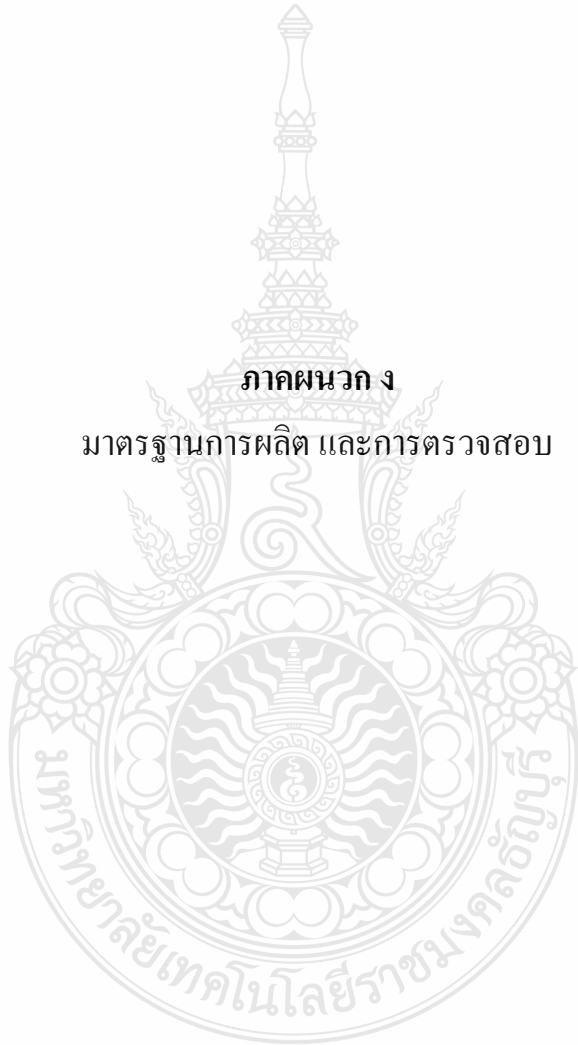


ภาพที่ ๑.1 แผนภูมิความสามารถของกระบวนการก่อนทำการปรับปรุง (ก.พ. 53 – ส.ค. 53)


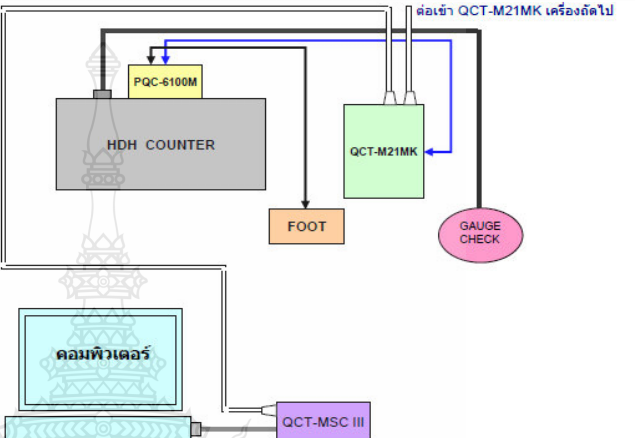





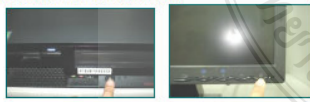



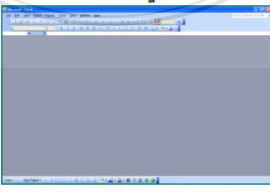



ภาพที่ ค.2 แผนภูมิความสามารถของกระบวนการหลังทำการปรับปรุง (ก.ย. 53 – มี.ค. 54)

ภาคผนวก ง
มาตรฐานการผลิต และการตรวจสอบ



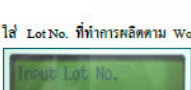
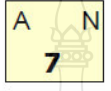


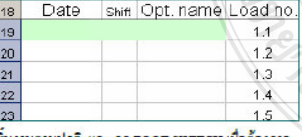


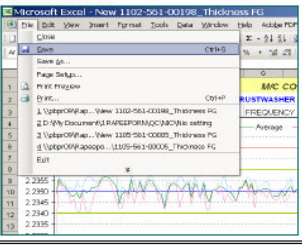


ตารางที่ ง.1 มาตรฐานการส่งข้อมูลการวัดเข้า Computer

คำอธิบายการทำงาน (WORK INSTRUCTION)		การติดตั้งอุปกรณ์									
หัวข้อ : ขั้นตอนการส่งข้อมูลการวัดรับงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้รับผิดชอบ : พนักงานประจำเครื่อง Grinding จุด : PROCESS GRINDING THRUSTWASHER เครื่อง / สถานที่ : M/C_OSG-01 , OSG-02 , OSG-03 , OSG-04 , OSG-05 , SG-02		<table border="1"> <tr> <td>Work Instruction No:</td> <td>WI-PD-09-232</td> </tr> <tr> <td>Issue Date:</td> <td>June 12, 2010</td> </tr> <tr> <td>Effective Date:</td> <td>June 12, 2007</td> </tr> <tr> <td>Document No:</td> <td>QA-02-001-A165 Rev. (C)</td> </tr> </table>		Work Instruction No:	WI-PD-09-232	Issue Date:	June 12, 2010	Effective Date:	June 12, 2007	Document No:	QA-02-001-A165 Rev. (C)
Work Instruction No:	WI-PD-09-232										
Issue Date:	June 12, 2010										
Effective Date:	June 12, 2007										
Document No:	QA-02-001-A165 Rev. (C)										
ขั้นตอนการ OPERATE											
ลำดับ	ส่วนประกอบอุปกรณ์	ลำดับ	การติดตั้งอุปกรณ์								
1	PQC-6100 M  <ul style="list-style-type: none"> ใช้ประกอบที่ช่อง RS-232 ด้านหลัง HDH COUNTER 	1									
2	QCT-M21MK  <ul style="list-style-type: none"> ใช้ในการ Input Dwg. No และ Lot no. ที่ทำการผลิต ใช้เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่อง 	2									
3	FOOT SWITCH  <ul style="list-style-type: none"> ใช้ในการกดเพื่อส่งข้อมูลการวัดเข้าคอมพิวเตอร์ 	3									
4	QCT-MSC III  <ul style="list-style-type: none"> ใช้ในการแปลงสัญญาณข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ 	4									
Prepared by : สุทธิดา Position QC Staff Date 12 Jun - 2010 Approved by : ระพีพร Position QMR Date 12 Jun - 2010 Authorized by : ศิวพร Position A. MGR Date 12 Jun - 2010 Rev. (B) Reason of Change : Revised for Page 7		Page 1 of 7									



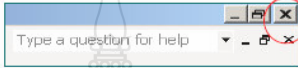


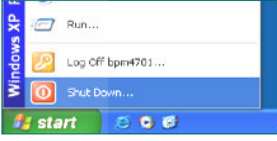
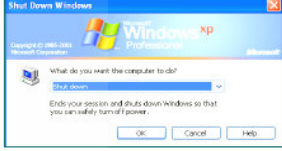
คำอธิบายการทำงาน (WORK INSTRUCTION)		การติดตั้งอุปกรณ์									
หัวข้อ : ขั้นตอนการส่งข้อมูลการวัดรับงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้รับผิดชอบ : พนักงานประจำเครื่อง Grinding จุด : PROCESS GRINDING THRUSTWASHER เครื่อง / สถานที่ : M/C_OSG-01 , OSG-02 , OSG-03 , OSG-04 , OSG-05 , SG-02		<table border="1"> <tr> <td>Work Instruction No:</td> <td>WI-PD-09-232</td> </tr> <tr> <td>Issue Date:</td> <td>June 12, 2010</td> </tr> <tr> <td>Effective Date:</td> <td>June 12, 2010</td> </tr> <tr> <td>Document No:</td> <td>QA-02-001-A165 Rev. (C)</td> </tr> </table>		Work Instruction No:	WI-PD-09-232	Issue Date:	June 12, 2010	Effective Date:	June 12, 2010	Document No:	QA-02-001-A165 Rev. (C)
Work Instruction No:	WI-PD-09-232										
Issue Date:	June 12, 2010										
Effective Date:	June 12, 2010										
Document No:	QA-02-001-A165 Rev. (C)										
ขั้นตอนการ OPERATE											
ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน								
1	เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ - เปิด CPU และ เปิด MONITOR  - กดปุ่ม CTRL + ALT + DELETE เพื่อ Log on และ ENTER 1 ครั้ง  - ใส่ PASSWORD " bppr4701 " แล้ว ENTER 1 ครั้ง 	2	เปิดโปรแกรมการส่งข้อมูล - ดับเบิลคลิกที่ Icon QCS-MSC IV for Excel เพื่อเปิดโปรแกรม  - หน้าจอ MONITOR จะปรากฏ โปรแกรม MS Excel  - ด้านขวามือล่างของหน้าจอ MONITOR จะมีสัญลักษณ์ของโปรแกรมแสดงอยู่ 	3	เปิด QCT-M21 MK - เลือกสวิทช์ไปที่ " ON "  - หน้าจอ QCT-M21MK จะแสดงผล ดังนี้ 						
Prepared by : สุทธิดา Position QC Staff Date 12 Jun - 2010 Approved by : ระพีพร Position QMR Date 12 Jun - 2010 Authorized by : ศิวพร Position A. MGR Date 12 Jun - 2010 Rev. (B) Reason of Change : Revised for Page 7		Page 2 of 7									

ตารางที่ ง.1 มาตรฐานการส่งข้อมูลการวัดเข้า Computer (ต่อ)

คู่มือวิธีการทำงาน (WORK INSTRUCTION)		คู่มือวิธีการทำงาน (WORK INSTRUCTION)	
หัวข้อ : ขั้นตอนการส่งข้อมูลการวัดชิ้นงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์		หัวข้อ : ขั้นตอนการส่งข้อมูลการวัดชิ้นงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์	
ผู้รับผิดชอบ : พนักงานประจำเครื่อง Grinding		ผู้รับผิดชอบ : พนักงานประจำเครื่อง Grinding	
จุด : PROCESS GRINDING THRUSTWASHER		จุด : PROCESS GRINDING THRUSTWASHER	
เครื่อง / สถานที่ : M/C OSG-01 , OSG-02 , OSG-03 , OSG-04 , OSG-05 , SG-02		เครื่อง / สถานที่ : M/C OSG-01 , OSG-02 , OSG-03 , OSG-04 , OSG-05 , SG-02	
Work Instruction No: WI-PD-09-232		Work Instruction No: WI-PD-09-232	
Issue Date: June 12, 2010		Issue Date: June 12, 2010	
Effective Date: June 12, 2010		Effective Date: June 12, 2010	
Document No: QA-02-001-A165 Rev. (C)		Document No: QA-02-001-A165 Rev. (C)	
ขั้นตอนการ OPERATE			
ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
4	เปิด File ที่เราต้องการบันทึกข้อมูลการวัดชิ้นงาน - กด " 1 " ที่ QCT-M21MK  - ใส่ Dwg. No ของ Part ที่เราทำการผลิตจากตารางหน้า 7 โดย กดตัวเลข ที่ QCT-M21MK  - ใส่ Lot.No. ที่ทำการผลิตตาม Work Order Sheet โดย กดตัวเลขที่ QCT-M21MK 	5	วิธีการใช้ QCT-M21 MK  1 เป็นกดเพื่อ Input ตัวเลขและตัวอักษร โดยกดเลือกดังนี้ - ต้องการพิมพ์ ตัวเลข หรือ สัญลักษณ์ ที่อยู่ด้านล่าง ให้กดปุ่ม " SHIFT " ให้มีเสียงดัง บีบ 1 ครั้ง ก่อนกดตัวเลข - ต้องการพิมพ์ ตัวอักษรที่อยู่ด้านซ้ายมือ ให้กดปุ่ม " SHIFT " ให้มีเสียงดัง บีบ 2 ครั้ง ก่อนกดตัวอักษร - ต้องการพิมพ์ ตัวอักษรที่อยู่ด้านขวามือ ให้กดปุ่ม " SHIFT " ให้มีเสียงดัง บีบ 3 ครั้ง ก่อนกดตัวอักษร 2 ปุ่ม " SHIFT " ใช้กดเพื่อเลือกตัวเลขหรือตัวอักษร 3 ปุ่ม " ENT " ใช้กดเพื่อยืนยันการ INPUT 4 ปุ่ม " SEND " ใช้กดเพื่อเลื่อน CURSOR ไปด้านหลัง หรือเลื่อนไปยังข้อมูลชุดถัดไป 5 ปุ่ม " CANCEL " ใช้กดเพื่อลบ หรือ ยกเลิกข้อมูล 6 ปุ่ม " ITEM " ใช้กดเพื่อเลื่อน CURSOR มาด้านหน้า 7 ปุ่ม " FIELD " ใช้กดเพื่อเลื่อนไปยังข้อมูลชุดถัดไป 8 ปุ่ม " START " ใช้กดเพื่อเริ่มการบันทึกข้อมูลชุดใหม่

คู่มือวิธีการทำงาน (WORK INSTRUCTION)		คู่มือวิธีการทำงาน (WORK INSTRUCTION)			
หัวข้อ : ขั้นตอนการส่งข้อมูลการวัดชิ้นงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์		หัวข้อ : ขั้นตอนการส่งข้อมูลการวัดชิ้นงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์			
ผู้รับผิดชอบ : พนักงานประจำเครื่อง Grinding		ผู้รับผิดชอบ : พนักงานประจำเครื่อง Grinding			
จุด : PROCESS GRINDING THRUSTWASHER		จุด : PROCESS GRINDING THRUSTWASHER			
เครื่อง / สถานที่ : M/C OSG-01 , OSG-02 , OSG-03 , OSG-04 , OSG-05 , SG-02		เครื่อง / สถานที่ : M/C OSG-01 , OSG-02 , OSG-03 , OSG-04 , OSG-05 , SG-02			
Work Instruction No: WI-PD-09-232		Work Instruction No: WI-PD-09-232			
Issue Date: June 12, 2010		Issue Date: June 12, 2010			
Effective Date: June 12, 2010		Effective Date: June 12, 2010			
Document No: QA-02-001-A165 Rev. (C)		Document No: QA-02-001-A165 Rev. (C)			
ขั้นตอนการ OPERATE					
ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน		
6	พิมพ์ วันที่ , กะ , ชื่อ ลงใน File ที่เปิดขึ้นมา 	9	กดปุ่ม " FIELD " หน้าจอ QCT-M21MK จะแสดงดังนี้  กดปุ่ม " SEND " เพื่อเลื่อนไปยังข้อมูลชุดถัดไป 	13	การ SAVE ข้อมูลระหว่างกะ ให้ SAVE ดังนี้ กรณีที่ RUN ต่อเนื่องทั้งวัน - SAVE ก่อนพักกินข้าว - SAVE ก่อนกลับบ้าน กรณีที่ RUN แล่นกะ - SAVE ก่อนพักกินข้าว หรือก่อนเปลี่ยน Part ใหม่ - ปิด FILE ก่อนกลับบ้าน หรือก่อนเปลี่ยน Part ใหม่ โดยการเปิด Menu " FILE " เลือกคำสั่ง " SAVE " ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ 
7	วัดชิ้นงานตามปกติ และ กด FOOT SWITCH เมื่อต้องการส่งข้อมูลการวัดเข้าเครื่อง คอมพิวเตอร์ 	10	ทำการวัดชิ้นงานและบันทึกข้อมูลให้ครบ Lot		
8	เมื่อวัดจนครบตามจำนวนที่กำหนด QCT-M21MK หน้าจอจะแสดงดังนี้ 	11	เมื่อจบ Lot ให้ กดปุ่ม " START " และ " ENT " ตามลำดับ		
		12	เริ่ม Lot ใหม่ โดยทำตามขั้นตอนที่ 4 และ 6 อีกครั้ง		

ตารางที่ ง.1 มาตรฐานการส่งข้อมูลการวัดเข้า Computer (ต่อ)

คู่มือวิธีการทำงาน (WORK INSTRUCTION)					
หัวข้อ : ขั้นตอนการส่งข้อมูลการวัดชิ้นงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์		Work Instruction No: WI-PD-09-232			
ผู้รับผิดชอบ : พนักงานประจำเครื่อง Grinding		Issue Date: June 12, 2010			
จุด : PROCESS GRINDING THRUSTWASHER		Effective Date: June 12, 2010			
เครื่อง / สถานที่ : M/C_OSG-01_OSG-02_OSG-03_OSG-04_OSG-05_SG-02		Document No: QA-02-001-A165 Rev. (C)			
ขั้นตอนการ OPERATE					
ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน		
14	<p>การเปลี่ยน PART ที่ทำการคลัดระหว่าง กะ</p> <p>- กด " 2 " ที่ QCT-M21MK</p>  <p>- หน้าจอ QCT-M21MK จะแสดงการปิด FILE</p>  <p>- เริ่ม PART ใหม่ โดยทำตามขั้นตอนที่ 4 และ 6 อีกครั้ง</p>	15	<p>เมื่อหยุดการคลัด หรือ หยุด XUNG งานก่อนวันหยุด</p> <p>- ปิด FILE ทั้งหมดที่เปิดค้างไว้</p> <p>โดยการคลิกที่ เครื่องหมาย " ถากบาท " ด้านขวามือสุดของหน้าจอ MONITOR</p>  <p>- โปรแกรมจะถาม Save ให้คลิกที่ Yes To All</p>  <p>- ปิดโปรแกรม QCS-MSCIV for Excel โดยการคลิกขวาที่ Icon สัญลักษณ์ของโปรแกรม และ เลือก The end of "QCS-MSCIV for Excel"</p> 	16	<p>ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์</p> <p>- คลิกปุ่ม START และ SHUT DOWN ที่หน้าจอ MONITOR</p>  <p>- คลิกที่ปุ่ม " OK "</p> 

คู่มือวิธีการทำงาน (WORK INSTRUCTION)					
หัวข้อ : ขั้นตอนการส่งข้อมูลการวัดชิ้นงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์		Work Instruction No: WI-PD-09-232			
ผู้รับผิดชอบ : พนักงานประจำเครื่อง Grinding		Issue Date: June 12, 2010			
จุด : PROCESS GRINDING THRUSTWASHER		Effective Date: June 12, 2010			
เครื่อง / สถานที่ : M/C_OSG-01_OSG-02_OSG-03_OSG-04_OSG-05_SG-02		Document No: QA-02-001-A165 Rev. (C)			
ขั้นตอนการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น					
ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน		
1	<p>ปัญหาเกิด FOOT SWITCH แล้วข้อมูลไม่เข้า</p> <p>- ตรวจสอบ FOOT SWITCH โดยการ Key คีย์ที่วัดได้ที่ QCT-M21MK แล้วกดปุ่ม " ENT "</p> <p>- QCT-M21MK จะแสดงค่าที่ติดลบ</p> <p>- ให้กดปุ่ม " CANCEL "</p> <p>- ทดลองวัดชิ้นงานและกด FOOT SWITCH อีกครั้ง</p>	3	<p>ปัญหาข้อมูล ERROR ระหว่างใช้งาน</p> <p>- ถ้าหน้าจอกลับมาที่หน้าจอ ดังรูป</p>  <p>- ให้ กด " 3 " แล้วกดปุ่ม " FIELD " และ ปุ่ม " SEND " ที่ QCT-M21MK ตามลำดับ</p> <p>- หน้าจอจะกลับไปยังตำแหน่งเดิมที่เราวางงานค้างอยู่</p> <p>- ทดลองวัดชิ้นงานและกด FOOT SWITCH อีกครั้ง</p> <p>- ถ้าหน้าจอแสดงค่า ERROR อื่นๆ</p> <p>- ให้ กดปุ่ม " CANCEL " จนกว่าหน้าจอจะกลับไปยังหน้าจอแรก</p> <p>- ให้ กด " 3 " แล้วกดปุ่ม " FIELD " และ ปุ่ม " SEND " ที่ QCT-M21MK ตามลำดับ</p> <p>- หน้าจอจะกลับไปยังตำแหน่งเดิมที่เราวางงานค้างอยู่</p> <p>- ทดลองวัดชิ้นงานและกด FOOT SWITCH อีกครั้ง</p>	1	<p>สาย LAN สีขาว ที่เชื่อมต่อกับระหว่าง QCT-M21MK แต่ละเครื่องต้องไม่หลุดออกจากกัน</p>  <p>** ถ้าสาย LAN ที่ใช้เชื่อมต่อกับระหว่าง QCT-M21MK แต่ละเครื่องหลุดจากกัน จะทำให้สัญญาณส่งข้อมูลการวัดขาดจากกัน หรือไม่สามารถส่งข้อมูลการวัดเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ได้</p>
2	<p>ปัญหา CONNECTING หลวม</p> <p>- ตรวจสอบดูว่าสายที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์หลุดหรือไม่</p> <p>- ขยับสายให้แน่นทุกจุดที่เชื่อมต่อ</p> <p>- ทดลองวัดชิ้นงานและกด FOOT SWITCH อีกครั้ง</p> <p>- ถ้ายังไม่สามารถใช้งานได้ให้ถอดสายออกและต่อใหม่</p> <ol style="list-style-type: none"> สายค้ำของ Foot switch สายเทา-เขียวแดงของ QCT-M21MK  <p>- ทดลองวัดชิ้นงานและกด FOOT SWITCH อีกครั้ง</p>				

ตารางที่ ง.2 มาตรฐานการวัดและการทำงานหลังตรวจสอบการของกร SPC

ONE - POINT LESSON SHEET		Refer WI-PD-09-286																											
Machine Name : OSG-01 , OGG-02 , OSG-03 , OSG04 , OSG-05																													
Type : <input type="checkbox"/> Basic Knowledge		<input checked="" type="checkbox"/> Problem Case Studies																											
		<input type="checkbox"/> Improvement Case Studies																											
Work Standards Sheet		Process Flow	Processing Control																										
			<p>1. ทำการ Sampling Part ทุก 1 Carrier , 3 pcs/ Carrier (Outside , Middle , Inside)</p> <p>2. ตรวจสอบโดยใช้ Heidenhain</p> <p>3. ตรวจสอบค่าตั้งที่ทำการตรวจเช็คไว้ในกลุ่มไหน ให้ทำการแยกงานออก (ห้ามปนกันโดยเด็ดขาด)</p> <p>หมายเหตุ</p> <p>กลุ่ม Spec งานกลุ่มที่ 1 ให้ Flow ตามปกติ (Lot No. WT12524)</p> <p>กลุ่ม Spec งานกลุ่มที่ 2 ให้ Lot side 4,500 pcs</p> <p>เพื่อให้ Control Lot เพื่อแยก Barrel โดยกำหนด No. Lotใหม่ SP-WT12524 จะเห็นว่าสิ่งที่เพิ่มก็คือ SP ซึ่งมีความหมายว่า Special Lot Control เพื่อควบคุมการ Barrel</p>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sampling Point 1. วงนอก 2. วงกลาง 3. วงใน</td> <td style="text-align: center;">Cleaning ทำความสะอาด</td> <td style="text-align: center;">Checking ตรวจเช็คโดย Heidenhain</td> <td style="text-align: center;">Check DATA เพื่อแบ่งออกกลุ่มงาน</td> </tr> </table>						Sampling Point 1. วงนอก 2. วงกลาง 3. วงใน	Cleaning ทำความสะอาด	Checking ตรวจเช็คโดย Heidenhain	Check DATA เพื่อแบ่งออกกลุ่มงาน	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Key Point to Work</th> <th>No.</th> <th>Symbol</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Sampling 3 pcs/carrier (Outside , Middle , Inside)</td> <td>①</td> <td>Operation 1</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td rowspan="2">Control Lot ตามกลุ่ม กลุ่มที่ 1 ปกติ กลุ่มที่ 2 Special</td> <td>◇</td> <td>Inspection</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>Operation 2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>SP</td> <td>Special Lot Control</td> </tr> </tbody> </table>		No.	Key Point to Work	No.	Symbol	1	Sampling 3 pcs/carrier (Outside , Middle , Inside)	①	Operation 1	2	Control Lot ตามกลุ่ม กลุ่มที่ 1 ปกติ กลุ่มที่ 2 Special	◇	Inspection	②	Operation 2			SP	Special Lot Control
Sampling Point 1. วงนอก 2. วงกลาง 3. วงใน	Cleaning ทำความสะอาด	Checking ตรวจเช็คโดย Heidenhain	Check DATA เพื่อแบ่งออกกลุ่มงาน																										
No.	Key Point to Work	No.	Symbol																										
1	Sampling 3 pcs/carrier (Outside , Middle , Inside)	①	Operation 1																										
2	Control Lot ตามกลุ่ม กลุ่มที่ 1 ปกติ กลุ่มที่ 2 Special	◇	Inspection																										
		②	Operation 2																										
		SP	Special Lot Control																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">Acknowledgement</th> </tr> <tr> <td>Name</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Shift</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Acknowledgement				Name				Shift				Date				Prepared by : _____ Position _____ Date _____ Approved by : _____ Position _____ Date _____ Authorized by : _____ Position _____ Date _____											
Acknowledgement																													
Name																													
Shift																													
Date																													



ตารางที่ ง.3 ระบบปฏิบัติของการกำหนดค่า Control Chart

PRESS DIVISION		PROCEDURE	
STATISTICAL PROCESS CONTROL		Document No:	
		Issue Date:	31-May-10
Part Name:	THRUSTWASHER	Effective Date:	1-Jun-10
Part No:	1105-561-00005	Page :	2 of 5

1 Scope: Fine grinding process

2 Purpose: Used X-R chart and X-S chart.

3 Responsibility: Quality member.

4 Procedure:

4.1 Rule of UCL&LCL

Step	Description
1	Take data 25 subgroups minimum.
2	Calculate UCL&LCL by using MINTAB
3	UCL&LCL is fixed until we do Improvement plan or set up M/C
4	Take data 25 subgroups minimum and issue new UCL&LCL

4.2 Rule of trigger

Test	Description
1	1 point more than UCL/LCL
2	9 consecutive points in same side of CL
3	6 consecutive points all increasing or decreasing

4.3 Calculate control limits
X bar R chart will be review by QC staff or QC manager every month and decision of re-calculate will be consider at the same time.

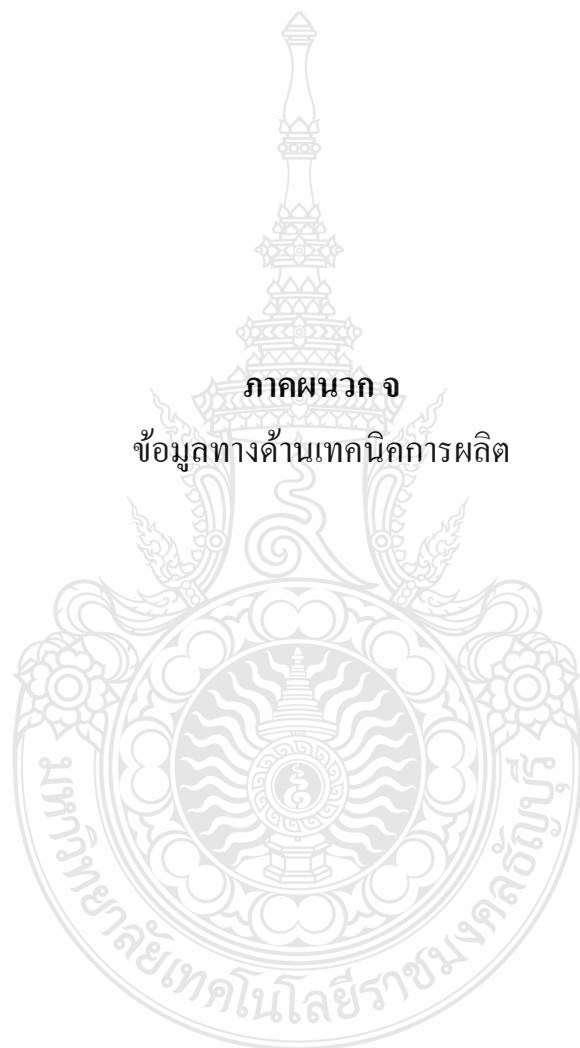
4.4 Judgment and feedback
If there should be one data that is found to be out of control limit, the lot shall be deemed as reject and need to stop production, sorted or reworked or decision by staff then if necessary QC staff will feedback to concerned personnel for immediately take corrective action.

4.5 Reference:

Document No.	Document Name
	Action report
	Control Chart

5 Parameter selection:

No	Parameter	Spec	Equipment	Frequency	Process
1	Thickness	2.233-2.237	Hridenhal	15 pcs/540 pcs	Fine Grinding

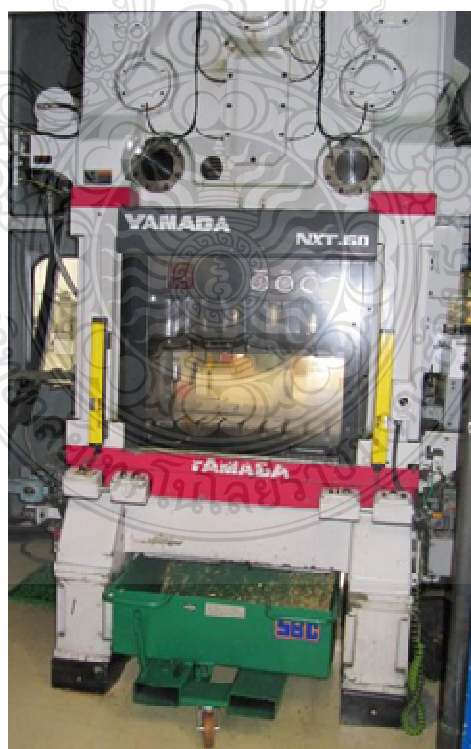


ภาคผนวก จ

ข้อมูลทางด้านเทคนิคการผลิต

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลเครื่อง Stamping ยี่ห้อ Yamada รุ่น NXT 60

Model	NXT - 60					
Press Capacity (ton)	60 ton					
Stroke Length (mm)	15	20	25	30	40	50
Stroke per Minute (spm)	150	150	150	150	150	150
	800	750	700	650	400	350
Die Height (mm)	300	300	300	301	302	303
Slide Adjustment (mm)	50					
Bolster (mm)	950 x 650 x 120					
Slide Lower Area (mm)	950 x 420					
Side Opening (mm)	260					
Motor (kw)	4p x 22					
Weight (approx.) (ton)	12.5					
Clutch and Brake	Air Friction Clutch and Brake					
Lubrication Device	Automatic Circulation Lubrication					



ภาพที่ จ.1 เครื่อง Stamping ยี่ห้อ Yamada รุ่น NXT 60

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลเครื่อง Rough Grinding ยี่ห้อ KOYO รุ่น R631

R631 : Adaptable Tooling Sided Grinding	
Grinding Capacity (mm)	Max Ø125
Grinding Wheel DxW (mm)	Ø305 x 50
Floor Space WxD (mm)	1,500 x 2,250
Machine Weight (Kg)	5,000



ภาพที่ จ.2 เครื่อง Rough Grinding ยี่ห้อ KOYO รุ่น R631

ข้อมูลสารเคลือบ TiCN

ผิวเคลือบไทเทเนียมคาร์ไบด์ไนไตรด์ (TiCN)


เป็นการชุบเคลือบที่เกี่ยวข้องกับโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนในกระบวนการชุบเคลือบผิวของ TiN โดยผลลัพธ์คือ ชิ้นงานจะถูกเคลือบให้มีคุณสมบัติเป็นเลิศด้านความแข็งและการต้านทานการสึกหรอที่เหนือกว่าการชุบเคลือบผิว TiN และดีเยี่ยมกับเหล็กที่ใช้ในงานแปรรูปวัสดุ งานปั๊ม และเหล็กขึ้นรูปคาร์บอนสูง เหล็กเครื่องมือ และวัสดุที่กัดกร่อนอื่นๆ การเคลือบผิว TiCN สามารถกำหนดให้มีสีที่หลากหลาย (สีเทาฟ้าจนถึงสีชมพู) ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของ Ti และ N₂ แต่ส่วนมากผิว

เคลือบจะออกสีเทาฟ้าที่ไม่มีจุดดำหนิ จึงสามารถนำไปปรับใช้กับการเคลือบผิวของเครื่องประดับ ตกแต่งได้ คุณสมบัติเด่นของผิวเคลือบ TiCN จะมีความแข็งสูงและมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำกว่าผิวเคลือบ TiN แต่ไม่สามารถทดแทนการประยุกต์ใช้ของผิวเคลือบ TiN ได้ทั้งหมด โดยปกติจะนำไปใช้สำหรับงานตัด งานกดอัด และงานเกี่ยวกับการสึกหรอที่ปฏิบัติการในอุณหภูมิปานกลาง

การประยุกต์ใช้งานผิวเคลือบ TiCN

สามารถประยุกต์ใช้งานได้ดีที่หลากหลายสำหรับเครื่องมืองานตัด ดอกสว่าน งานกัด งานคว้าน งานเจาะ งานตัดเป็เกลียว ซึ่งทำงานด้วยเครื่องจักร เหมาะสำหรับใช้งานกับเหล็กที่มีความแข็งสูง และสามารถใช้ได้กับสแตนเลส และใช้สำหรับปกป้องการสึกหรอของแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ตัด การปั๊ม และการขึ้นรูป

ตารางที่ จ.3 คุณสมบัติของผิวเคลือบ TiCN

NAME	Color	Nanohardness up to [GPa]	Thickness [μm]	Friction (fretting) coefficient	Max. usage temperature [$^{\circ}\text{C}$]	Symbol color
TiCN	blue-grey	37	1.4	0.2	400	

ภาคผนวก ฉ
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่





รวมบทความ
การประชุมวิชาการข่ายงาน
วิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554
IE NETWORK CONFERENCE 2011

20 - 21 ตุลาคม 2554
โรงแรมแอมบาสเตอร์ซิตี จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ
การประชุมช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รศ.ดร.จิตรารัฐกิจการพานิช
ผศ.ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย
ผศ.ดร.ประมวล สุธีจาร์วัฒน

รศ.ดร.ปารเมศ ชุตติมา
ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์
ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ปฎิภาณ จุ้ยเจิม
ดร.สุदारตน์ วงศ์กักรเกียรติ

ดร.ปณณมี สัจจกมล
ดร.สุวิษกรณ์ วิชกุล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
ดร.ศิริรัตน์ หมั่นวนิชกุล
อ.จันจิรา คงชื่นใจ

ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ
ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ผศ.ชานนท์ มุลวรรณ
อ.ประภาพรรณ เกษราพงศ์

ดร.ศักดิ์ชาย รักการ
อ.จักรินทร์ กลั่นเงิน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รศ.ดร.พรเทพ ขอบขายเกียรติ
ผศ.ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว
ผศ.ดร.วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์
ดร.ปาพจน์ เจริญอภิบาล

รศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล
ผศ.ดร.दनัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์
ดร.ธนา ราษฎร์ภักดิ์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ.ดร.วิชัย ฉัตรทินวัฒน์
ผศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล
ผศ.ดร.สรรัฐดิษฐ์ ชิวสุทิตศิลป์
ผศ.ดร.อรรณพล สมุทคุปต์
ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
ดร.อนิรุท ไชยจาร์วนิช

รศ.ดร.วิมลทิน เหล่าศิริถาวร
ผศ.ดร.วัสสนัย วรธนัจฉริยา
ผศ.ดร.อภิชาติ โสภางแดง
ดร.กรกฎ ไยบัวเทศ ทิพย์าวงศ์
ดร.วสวัชร นาคเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ.คมสัน จิระภัทรศิลป์
 รศ.ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล
 ผศ.ดร. เจริญชัย โขมพัตราภรณ์
 ผศ.พจมาน เตียวัฒนรัฐติกาล
 ดร.วิศิษฐ์ศรี วัยรัตน์
 อ.ปรีชาญา เพ็ญสุระ

รศ.ดร.บวรโชค ผู้พัฒนา
 รศ.สันติรัฐ นันสะอาจ
 ผศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์
 ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์
 ดร.อิศรทัต พึ่งอัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รศ.วันชัย แผลมหลักสกุล

ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ
 ผศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต
 ดร. อุตม จันทร์จรัสสุข
 ดร.ชুমพล ยวงโย

รศ.ดร. ฤดี มาสุจันทร์
 ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพัสกุล
 ดร.พิชญ์วดี กิตติปัญญางาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผศ.พิชัย จันทรมณี

ผศ.วิชาญ ช่วยพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

ผศ.ณัฐศักดิ์ พรพุดศิริ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.นเรศ อินต๊ะวงศ์
 ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ

ดร.บรรเจิด แสงจันทร์
 ผศ.มนวิภา อารีพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รศ.สุชาติ เย็นวิเศษ
 ผศ.สุรสิทธิ์ ระว่างวงศ์

ผศ.เดช เหมือนขาว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผศ.ดร.พรศิริ จงกล
 ดร.ปภากร สุนานนท์
 อ.นรา สมัตถภาพงศ์

ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย
 ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รศ.ดร.จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์
 ผศ.ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร
 ผศ.ดร.สวัสดี ภาละราช

รศ.ดร.จิรศิริพงษ์ เจริญภักดิ์
 ผศ.ดร.วรารัตน์ กังสัมฤทธิ์
 ผศ.ดร.เสมอจิตร์ หอมรสสุนธ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.ดร.ภุพงษ์ พงษ์เจริญ
 ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
 ดร.ภาณุ บุรณจารุกร
 อ.ศรีสัจจา วิทาศักดิ์

ผศ.ศิษฏา สิมารักษ์
 ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล
 อ.ธณิกานต์ ธงชัย

มหาวิทยาลัยปทุมธานี

ดร. ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเร็จ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป
 ผศ.ดร.บพิตร บุปผโชติ
 ดร.นิตา ชัยมูล

ผศ.ดร.สุดสาคร อินธิเดช
 ดร.อรอุมา ลาสุนนท์

มหาวิทยาลัยมหิดล

รศ.ดร.ดวงพรรณ ศฤงคารินทร์
 ดร.จิรพรรณ เลียงโรคาพาธ

ผศ.ดร.วเรศรา วีระวัฒน์
 ผศ.ศุภชัย นาทะพันธ์

มหาวิทยาลัยรังสิต

ผศ.ดร.ธนวรรณ อัครวโปกษณ์
 ผศ.สินี สุขกรมใส
 อ.ศิลปชัย วัฒนเสย
 อ.พรรคพงษ์ แก่นณรงค์

ผศ.ดร.เพียงจันทร์ จริ่งจิตร
 ดร.พิชญ มั่นสปีติ
 อ.ต่อศักดิ์ อุทัยไขฟ้า
 อ.สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ผศ.ดร. กฤษดา พิศลยบุตร
 อ.นุกูล อุบลบาน

ดร.เลิศเลขา ธนะชัยพันธ์
 อ.นันทวรรณ อ้าเอี่ยม

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รศ.ธนรัตน์ แต้ววัฒนา
 ผศ.ดร.นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์
 ดร.สิริเดช ขาตินิยม

ผศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล
 ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ
 ดร.พงษ์เพ็ญ จันทนะ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม**ผศ.พัฒนาพงศ์ อริยสิทธิ์****อ.จักรพันธ์ กัณหา****อ.ธนิศ ศรีวระมย์****อ.วราพจน์ พันธุ์คง**

ดร.ธริณี มณีศรี

อ.ชวลิต มณีศรี

อ.พิสุทธิ์ รัตนแสนวงษ์

อ.สุพัฒตรา เกษราพงศ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร**ผศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร****ผศ.ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ****ผศ.สุชุม โฆษิตชัยมงคล****ดร.กัญจนา ทองสนิท****ดร.สิทธิชัย แซ่แหล่ม**

ผศ.จันทร์เพ็ญ อนุรัตน์านนท์

ผศ.วันชัย ลีลาแก้ววงศ์

ผศ.สุวัฒน์ เณรโต

ดร.ณัฐพล ศิริสว่าง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**รศ.ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล****รศ.สมชาย ชูโณม****ผศ.ดร.เจษฎา วรณสินธุ์****ผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล****ผศ.ดร.รัญชนา สีนธวาลัย****ผศ.ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์****ผศ.เจริญ เจตวิจิตร****ผศ.ยอดดวง พันธุ์นรา**

รศ.วนิดา รัตนมณี

ผศ.ดร.กลางเดือน โพชนา

ผศ.ดร.ธเนศ รัตนวิไล

ผศ.ดร.ประภาส เมืองจันทร์บุรี

ผศ.ดร.สุภาพรณ ไชยประพัทธ์

ผศ.ดร.องุ่น สังข์พงศ์

ผศ.พิเชฐ ตระการชัยศิริ

ผศ.สงวน ตั้งโพธิธรรม

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย**อ.จิตลดา ชัมเจริญ****อ.วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฏ์****อ.อรอุมา กอสนาน**

อ.นิศากร สมสุข

อ.อัญชลี สุพิทักษ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**ผศ.ดร.คณิศร ภูนิคม****ผศ.ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ****ผศ.ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส****ผศ.ดร.สุขอังคณา ลี****ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงศ์**

ผศ.ดร.นลิน เพียรทอง

ผศ.ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ

ผศ.ดร.สมบัติ สิ้นธุเชาวน์

ดร.ธารชуда พันธุ์นิกุล

ดร.สัมพันธ์ โอฬาพิริยะกุล

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น**ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์**

ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผศ.ชัยพฤกษ์ อภาเวท

อ.เจษฎา วงศ์อ่อน

ผศ.ประยูร สุรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รศ.ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร

ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์

ผศ.ดร.ณฐา คุปต์ชูเอียร

ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง

ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด

ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ

ดร.ณรงค์ชัย โอเจริญ

ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์

ผศ.สุรัตน์ ตรัยวนพงศ์

รศ.มานพ ตันตระกูล

ผศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์

ผศ.ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์

ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล

ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์

ดร.ชัยยะ ปราณิตพลกรัง

ดร.ระพี กาญจนะ

ดร.สุนนมาลย์ เนียมกลาง



สารบัญ (ต่อ)

OIE34	การศึกษาปัญหาและการหาแนวทางในการพัฒนาศักยภาพนิสิตตามกรอบมาตรฐาน คุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ : กรณีศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร ภาณุ บูรณจารุกร ชวัญนิธิ คำเมือง อุมภาพร มีบ้านเก็ง พรทิพย์ สมพงษ์	330
OIE35	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมขวดสมุนไพรลดไขมันส่วนเกินด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่ เชิงคุณภาพ กาญจนา วงเวียน วิชัย รุ่งเรืองอนันต์	331
OIE36	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของอุต้อเรือ พิพัฒน์ พูลสวัสดิ์ กิตติภักดิ์ รัตนจันทร์ สิทธิพงศ์ มหาธนบดี	332
OIE37	การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ด้วยหลักการควบคุมกระบวนการ เชิงสถิติและการวิเคราะห์ระบบการวัด สุทธิดา เอี่ยมเจริญ ระพี กาญจนะ	333
OIE38	การลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปั๊มฉุกเฉิน โดยใช้หลักการ DMAIC กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนพลาสติกรถยนต์ ธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ ระพี กาญจนะ	334
OIE39	การลดรอบเวลาการผลิตในสถานงานผ่านคลื่นน้ำตะกั่ว ปณพ พิกุลทอง ประมวล สุธีจาร์วัฒน์	335
OIE40	ตัวแบบการประมาณการต้นทุนบนพื้นฐานตัวแปรเพื่อประยุกต์ใช้กับชิ้นงานโลหะแผ่น ขึ้นรูป กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และฮาร์ดดิสก์ ดาราวรรณ วีรานันต์ กุศล พิม่าพันธุ์ศรี	336
OIE41	การพัฒนาเครื่องมือการประมาณต้นทุนเหล็กโครงสร้างรูปพรรณสำหรับ งานก่อสร้างอาคาร กุศล พิม่าพันธุ์ศรี อานุภาพ บุญศรี	337
OIE43	การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการทำขนมไก่ กรณีศึกษา : กลุ่มแม่บ้านตำบลชุมพล อำเภอสังขละบุรี จังหวัดสงขลา วีรชัย มัญจรัรักษ์ กุ้เกียรติ พูลยรัตน์ สันติชัย บุญฤทธิ์	338

การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ด้วยหลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติและ
การวิเคราะห์ระบบการวัด

Defective Reduction in Hard Disk Drive Process with Statistical Process Control
and Measurement System Analysis Techniques

สุทธิดา เอี่ยมเจริญ^{1*} ระพี กาญจนะ²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

E-mail: sukhanoo@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Thrust washer) ด้วยเทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC) ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) ปัจจุบันโรงงานตัวอย่างสูญเสียรายได้จากการชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Thrust washer) ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าเป็นจำนวนหลายหมื่นบาทต่อเดือนขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมจำนวนของเสียทั้งหมด โดยจำแนกตามชนิดของลักษณะข้อบกพร่อง และนำมาคัดเลือกข้อบกพร่องที่ต้องนำมาแก้ไขด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagrams) ซึ่งจะพบว่าสาเหตุหลักคือปัญหาที่เกิดจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ (Drawing) จากนั้นวิเคราะห์สภาพปัญหาของแต่ละกระบวนการด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ทั้งจากเครื่องมือวัดและผู้ปฏิบัติงาน จากนั้น สร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการ Control chart เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง Fine grinding process และทำเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนและหลังการควบคุมกระบวนการ จากผลการปรับปรุงพบว่า สามารถลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Thrust washer) จาก 62,390 ชิ้น เป็น 40,497 ชิ้นและสัดส่วนบกพร่องที่ลดลง 35% จากก่อนควบคุมกระบวนการที่กระบวนการทำได้ และทำให้ความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น 0.80 เป็น 0.83 และสามารถลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเป็นศูนย์

คำหลัก การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ, วิเคราะห์ระบบการวัด, วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ, ชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์



การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ด้วยหลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และการวิเคราะห์ระบบการวัด

Defective Reduction in Hard Disk Drive Process with Statistical Process Control and Measurement System Analysis Techniques

สุทธิดา เอี่ยมเจริญ^{1*} ระพี กาญจนะ²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อ.ชัยบุรี จ.ปทุมธานี 12110

E-mail: sukhan@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer) ด้วยเทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC) ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) ปัจจุบันโรงงานตัวอย่างสูญเสียรายได้จากการชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer) ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าเป็นจำนวนมากหลายหมื่นบาทต่อเดือน ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมจำนวนของเสียทั้งหมดโดยจำแนกตามชนิดของลักษณะข้อบกพร่อง และนำมาคัดเลือกข้อบกพร่องที่ต้องนำมาแก้ไขด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagrams) ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักคือปัญหาที่เกิดจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ (Drawing) จากนั้นวิเคราะห์สภาพปัญหาของแต่ละกระบวนการด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดทั้งจากเครื่องมือวัดและผู้ปฏิบัติงาน จากนั้นสร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการ Control chart เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง Fine grinding process และทำเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนและหลังการควบคุมกระบวนการ จากผลการปรับปรุงพบว่า สามารถลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer) จาก 62,390 ชิ้น เป็น 40,497 ชิ้นและลดส่วนบกพร่องที่ลดลง 35% จากก่อนควบคุมกระบวนการที่กระบวนการทำได้ และทำให้ความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น 0.80 เป็น 0.83 และสามารถลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเป็นศูนย์

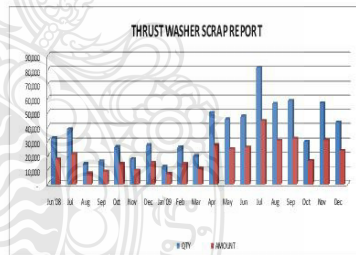
คำสำคัญ: การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ, วิเคราะห์ระบบการวัด, วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ, ชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Hard Disk Drive) ขนาดใหญ่ของโลก เนื่องมาจากปัจจัยเกื้อหนุนที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศทำให้สามารถดึงดูดผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟที่สำคัญ ๆ จากต่างประเทศให้เข้ามาตั้งฐานการ

ผลิตในประเทศไทย และคาดว่าอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟของไทยในอนาคตจะมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นและมีการขยายการลงทุนของบริษัทชั้นนำต่าง ๆ พร้อมกับการลงทุนในอุตสาหกรรมนี้เพิ่มมากขึ้น [1]

ดังนั้นบริษัทการศึกษาซึ่งเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟเพื่อความเจริญก้าวหน้าทางธุรกิจและมีศักยภาพในการแข่งขันบริษัทจึงมีนโยบายในการพัฒนาเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพและสามารถตอบสนองกับความต้องการของลูกค้าได้ แต่ในปัจจุบันบริษัทการศึกษาประสบปัญหาการผลิตแหวนรองเพลานฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer) ที่มีงานเสียเกิดขึ้นค่อนข้างมาก ดังรูปที่ 1 (เก็บผลตั้งแต่วันที่มกราคม 2551 ถึง เดือนธันวาคม 2552)



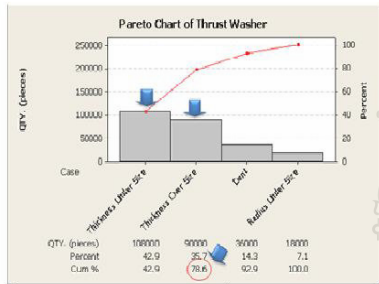
รูปที่ 1 ปริมาณของเสียของแหวนรองเพลานฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer)



รูปที่ 2 แสดง Thrust washer เข้ากับส่วนประกอบของมอเตอร์ฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ



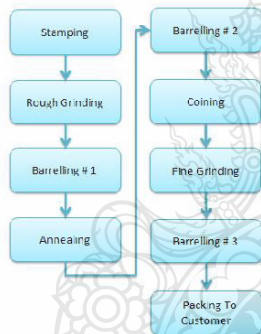
จากรูปที่ 1 เมื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา พบว่า สาเหตุหลักของปัญหาเกิดจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ (Drawing) ที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาของเสียของแหวนรองเพลลาหมุนอาร์คติกไทร์ฟ (Thrust washer)

จากรูปที่ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยกฎ 80-20 ทำให้พบว่าต้องแก้ไขปัญหาที่มีความสำคัญ คือ Thickness (Over-Under size) ซึ่งมีความถี่สะสม 78.6%

ในขั้นตอนของกระบวนการผลิต Trust washer คือ



รูปที่ 4 แสดงแผนภาพกระบวนการผลิต(Trust Washer)

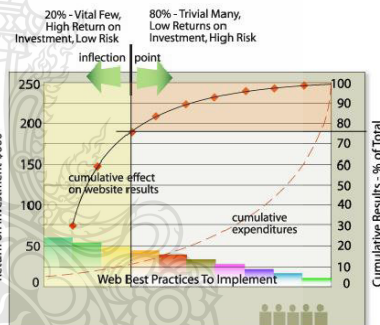
จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น สาเหตุจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ (Drawing) เป็นสาเหตุหลัก 78.6% ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการศึกษาดังปัจจัยที่มีผลต่องานเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแหวนรองเพลลาหมุนอาร์คติกไทร์ฟ (Thrust Washer) โดยการประยุกต์ใช้หลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistic Process Control ; SPC) และใช้หลักการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis ; MSA) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำและควบคุมปัจจัยที่มีผลให้มีความเหมาะสม พร้อมทั้งใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต ผลการวิจัยนี้จะทำให้สามารถลดจำนวนงานเสียลง 50%และเป็นผลให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถลดต้นทุนและมีผลกำไรที่เพิ่มขึ้นได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนภูมิพาร์โต (Pareto Diagrams)

ความเป็นมา วิลเฟรโด พาร์โต (Vilfredo Pareto) เป็นวิศวกรและนักสังคมวิทยา (Engineer & Sociologist) ชาวอิตาลี ซึ่งมีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1849-1923 (พ.ศ. 2392-2466) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าที่มีระดับรายได้ต่าง ๆ แล้วได้นำเสนอผลของการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และได้กลายมาเป็นเครื่องมือทางการบริหารการจัดการที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในฐานะที่เป็นวิธีการแก้ไขปัญหามุ่งความสำคัญกับการศึกษาวิเคราะห์น้อยที่สุด

แผนภูมิพาร์โต เป็นการนำหลักการทั่วไปมาใช้ หลักการนี้คือ "ของดีมีน้อย" (Vital few and trivial many) คำว่า "ของดีมีน้อย" ในที่นี้อาจเป็นของไม่ดีก็ได้ หมายความว่า สาเหตุสำคัญของปัญหามักจะมีเพียงไม่กี่อย่าง นั่นคือ สาเหตุส่วนน้อยทำให้เกิดปัญหาส่วนใหญ่ ซึ่งอาจถือเป็นหลักการว่า "ประมาณร้อยละ 80 ของปัญหาเกิดจากสาเหตุเพียงไม่กี่ประการเท่านั้น"[2] แผนภูมิแห่งการจัดลำดับ (Pareto Diagram) เป็นแผนภูมิทางสถิติที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพของการผลิต โดยอาศัยหลักการจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในการผลิต เพื่อให้ได้พิจารณาเลือกเรื่องที่มีความสำคัญมาก มาทำการแก้ไขปรับปรุงก่อนเป็นลำดับแรก [3]



Pareto's Chart

รูปที่ 5 ตัวอย่างแผนภูมิพาร์โต

2.2 การควบคุมกระบวนการ

กระบวนการโดยทั่วไปแล้วมีความหมาย คือเป็นการเชื่อมต่อกันอย่างเป็นระบบของกิจกรรมต่างๆ ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ตรงกับความต้องการ การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิตินั้นได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในกลุ่มงานอุตสาหกรรม รวมทั้งกลุ่มงานอื่นๆ ก็เพื่อที่จะให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต และสิ่งสำคัญเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเราสามารถที่จะใช้กลุ่มของข้อมูลที่มีอยู่ในการอธิบายตัวอย่าง (Sample) หรือประชากร (Population) เพื่อให้มองเห็นภาพได้ดีที่สุด เราจึงต้องให้ตัวความสนใจในวิธีการที่เราใช้ในกรณีอธิบายข้อมูลดังกล่าว วิธีที่ใช้วัดหรืออธิบายข้อมูลเราเรียกว่า



“ค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง (Central tendency)” ซึ่งนิยมใช้ค่าทางสถิติอยู่ 3 ค่าที่ใช้ในการอธิบายคือ ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i \tag{1}$$

ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าฐานนิยม (Mode) เราอาจจะต้องมีการวิเคราะห์ก่อนว่าข้อมูลมีความเบี่ยงเบนโดยธรรมชาติหรือไม่ เพราะจะมีผลต่อค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง พิจารณาคุณภาพของข้อมูลโดยดูขนาดของความเบี่ยงเบนหรือที่เรียกว่า “การกระจาย (Dispersion)” ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยค่าทางสถิติหลายค่าด้วยกัน เช่น ค่าพิสัย (Range) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าความแปรปรวน (Variance) เป็นต้น ซึ่งค่าต่าง ๆ เหล่านี้สามารถคำนวณหาได้ดังนี้ [4]

ค่าพิสัย (Range: R)

$$R = R_{\max} - R_{\min} \tag{2}$$

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \tag{3}$$

ค่าความแปรปรวน (Variance: S²)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \tag{4}$$

2.4 การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ

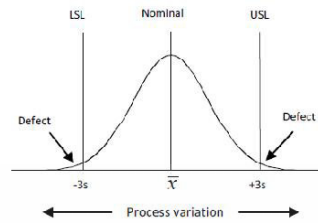
วัตถุประสงค์สถิติในการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อทำการปรับปรุงและการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ โดยพิจารณากระบวนการที่สภาวะที่มีเสถียรภาพ หรือได้รับการควบคุม เมื่อเวลาผ่านไปข้อมูลที่ได้จากการวัดจะมีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution) ก็จะสามารถกำหนดเส้นพิทัดควบคุมกระบวนการได้ด้วยตัวอย่างเช่น การกำหนดเส้นพิทัดควบคุม (Specification limit) ของกระบวนการ [5], [6]

$$USL = \bar{X} + 3S \tag{5}$$

$$CL = \bar{X} \tag{6}$$

$$LSL = \bar{X} - 3S \tag{7}$$

แสดงใน เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้กำหนดเส้นพิทัดควบคุม จะให้ระดับช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval) ที่ 99.73% โดยเป็นการควบคุมกระบวนการผลิตแบบซิก-ซิกม่า [7]



รูปที่ 6 มาตรฐานการควบคุมกระบวนการที่ระดับ 6σ

2.5 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ดัชนีแสดงความสามารถ (Capability index, C_p) ในการตัดสินใจเกี่ยวกับประชากรนั้นมักจะคำนึงถึงความเบี่ยงเบนของประชากรอยู่ในช่วงที่ยอมให้เกิด ทั่ววัดความเบี่ยงเบนของข้อมูลจากประชากรเมื่อเทียบกับขนาดของความเบี่ยงเบนที่ยอมให้เกิดแล้วเรียกว่า “ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ” [8]

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \tag{8}$$

ถ้าการวัดที่ต้องคำนึงถึงค่ากลาง \bar{X} ที่อาจเปลี่ยนแปลงไปจากค่า C_L ค่า C_p ที่ได้ก็จะเรียกว่า “ดัชนี C_{pk}” ซึ่ง

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \tag{9}$$

โดยที่

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} \tag{10}$$

และ

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \tag{11}$$

อาจใช้ค่า μ แทน \bar{X} เมื่อคำนึงถึงกลุ่มประชากร

2.6 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis; MSA)

การวิเคราะห์ระบบการวัดนี้มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด ระบบการวัดปัจจุบันมีความสำคัญต่อการยืนยันผลการตรวจสอบคุณภาพ ถึงแม้ว่าระบบการผลิตจะมีความถูกต้องแต่ถ้าระบบการวัดมีความผิดพลาด ก็อาจส่งผลต่อการตัดสินใจที่คลาดเคลื่อนได้ จะเกิดอะไรขึ้นถ้าระบบการวัดขาดความเที่ยงตรง (Accuracy) และความแม่นยำ (Precision) จะส่งผลทันทีต่อการตรวจสอบชิ้นงาน ทำให้การตรวจสอบคุณภาพขาดความเชื่อถือจากลูกค้า ดังนั้นระบบการวัดจึงถือเป็นระบบพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีการควบคุม และต้องลดความผันแปรในระบบการวัด

ความผันแปรในระบบการวัดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าความเอนเอียง (Bias), ความเสถียร (Stability), สมบัติเชิงเส้น (Linearity) และ



ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) ความสามารถในการประเมินเหมือน (Reproducibility) ถ้าได้รับการติดตามผลและการปรับปรุง ก็จะทำให้ระบบมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและสามารถลดความผันแปรที่เกิดขึ้นให้ต่ำน้อยลงได้ [9]

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาวิเคราะห์จากสภาพปัญหาของชิ้นงาน

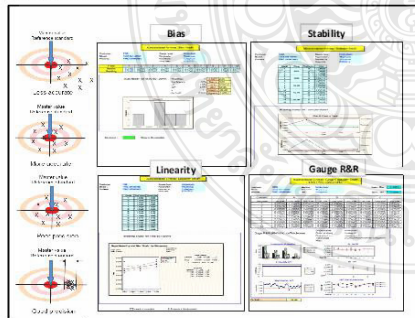
ทำการศึกษาลักษณะของชิ้นงานจากมูลค่าการทิ้งที่เกิดขึ้นแต่ละกระบวนการของThrust washer ทั้ง 9 กระบวนการ ดังรูปที่ 4 ที่เกี่ยวกับปัญหาความหนาของชิ้นงาน ในระยะเวลาตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนธันวาคม 2552 ผลสรุปสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ปัญหาแสดงดังตารางที่ 1

NO.	Process	%NG of Thickness
1	Stamping	0%
2	Rough Grinding	0%
3	Barrelling #1	0%
4	Annealing	0%
5	Barrelling #2	0%
6	Coining	0%
7	Fine Grinding	35%
8	Barrelling #1	1%
9	Packing To Customer	0%

ผลจากการศึกษาสาเหตุของปัญหา (Process Mapping) เกิดขึ้นแต่ละกระบวนการและกระบวนการที่เป็นสาเหตุ ของปัญหา มี 2 กระบวนการ คือกระบวนการ Fine Grinding 35% และ กระบวนการ Barrelling 1%

3.2 ศึกษาและวัดวิเคราะห์ระบบการวัด

ขั้นตอนศึกษาวิเคราะห์ระบบการวัดที่สำคัญกระบวนการเพื่อศึกษาค่าที่แท้จริงของข้อมูล ขั้นตอนแรกเริ่มแรกคือ ศึกษาและวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดทั้งจากเครื่องมือวัดและผู้ปฏิบัติงานโดยใช้ Bias, Stability, Linearity, Gauge R&R ในการวิเคราะห์เครื่องมือวัดตามทฤษฎี (Indicator Heidenhain) และ ผู้ปฏิบัติงานทั้ง 3 คน ที่กระบวนการ Fine Grinding ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีผลต่อค่าความหนาของชิ้นงาน

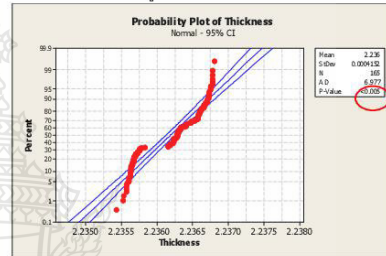


รูปที่ 7 ตารางศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัด

เมื่อทำการศึกษาคูสมบัตินี้เชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัดหรืออุปกรณ์การวัดและพิจารณาว่าความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงความผันแปรของกระบวนการผลิตได้หรือไม่ จากนั้นทำการปรับปรุงระบบการวัดให้อยู่ในค่าที่สามารถยอมรับได้เพื่อลดความผันแปรของข้อมูล

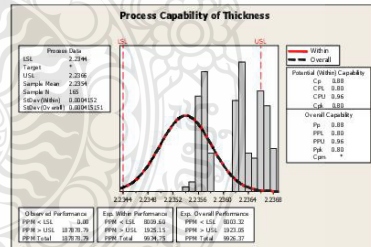
3.3 สร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการ มีขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบการกระจายของข้อมูลของสภาพงานก่อนควบคุมด้วยการทดสอบสถิติของกลุ่มย่อยจากตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่ม โดยใช้ค่าความน่าจะเป็น หรือ P-value เมื่อค่า P-value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ถ้า P-value < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายแบบไม่เป็นปกติ แสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งได้ค่า P-value = 0.006 เนื่องจากมีความแปรปรวนของชิ้นงานสูง



รูปที่ 8 ทดสอบการกระจายของข้อมูลโดยใช้ค่าความน่าจะเป็น

2. การทดสอบวิเคราะห์ที่กักควบคุมและความสามารถของกระบวนการจากสภาพงานก่อนปรับปรุง พบว่าค่าที่ได้มีการกระจายตัวสูงและมักเกินข้อกำหนด (Drawing) เมื่อวิเคราะห์ที่สภาพงานพบว่ายังไม่มีการควบคุมปริมาณก่อนเข้ากระบวนการ

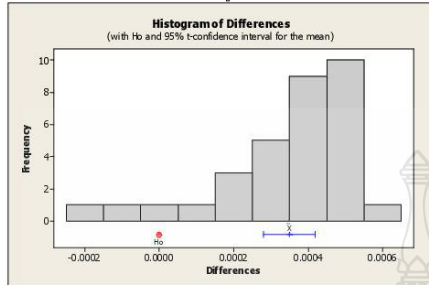


รูปที่ 9 ความสามารถของกระบวนการ Fine grinding ก่อนควบคุมที่ระดับคุณภาพ 6σ

3. ศึกษาผลกระทบของความหนาหลังจากผ่านกระบวนการ Barrelling # 3 ด้วยการทำทดสอบสถิติจากตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่มโดยใช้ค่าความน่าจะเป็น หรือ P-value แสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งได้ค่า P-value = 0.078 เมื่อค่า



P-value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลไม่มีความแตกต่างกัน
P-value < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกัน



Paired T-Test and CI: Before, After

Paired T for Before - After	N	Mean	StDev	SE Mean
Before	32	2.23623	0.00043	0.00003
After	32	2.23500	0.00035	0.00006
Difference	32	0.000349	0.000593	0.000034

95% CI for mean difference: (0.000280, 0.000418)
T-Test of mean difference = 0 vs true difference = 0: T-Value = 10.22, P-Value = 0.000

รูปที่ 10 ทดสอบการเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้ค่าความน่าจะเป็น

ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังผ่านกระบวนการ Barrelling # 3 พบว่ากระบวนการ Barrelling # 3 มีผลทำให้ค่าความหนาผลลดลงประมาณ 0.0004 มิลลิเมตร

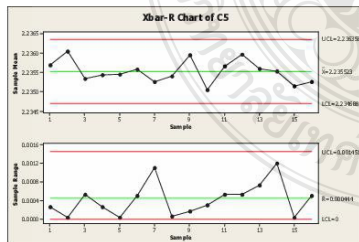
4. ทำการกำหนดพิกัดควบคุม $\bar{X}-R$ Chart สำหรับควบคุมกระบวนการ Fine Grinding โดยคำนวณจาก Minitab และบวกเพิ่มค่าเผื่อของกระบวนการ Barrelling # 3 มีผลทำให้ค่าความหนาผลลดลงประมาณ 0.0004 มิลลิเมตร ค่าดังนี้

\bar{X} -Chart

UCL_X = 2.2368 mm
CL_X = 2.2362 mm
LCL_X = 2.2356 mm

R-Chart

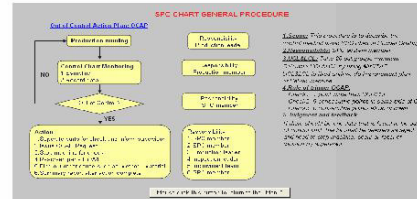
UCL_R = 0.002 mm
CL_R = 0.001 mm
LCL_R = 0 mm



รูปที่ 11 แสดงแผนภูมิการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

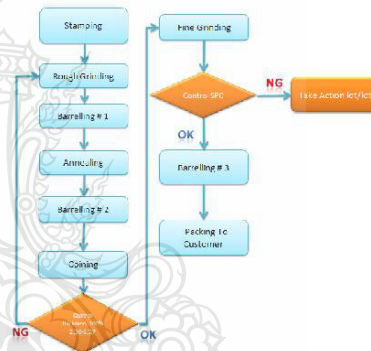
เมื่อติดตามค่าความหนาผลหลังผ่านการควบคุมกระบวนการ Fine grinding เมื่อค่ามีความเสถียรจึงทำการกำหนดมาตรฐานเพื่อใช้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานและการแก้ไข

5. ทำการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานของกระบวนการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ โดยกำหนดเป็นระเบียบปฏิบัติงานระหว่างฝ่ายผลิตและฝ่ายคุณภาพเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 12 แสดงวิธีปฏิบัติงานของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

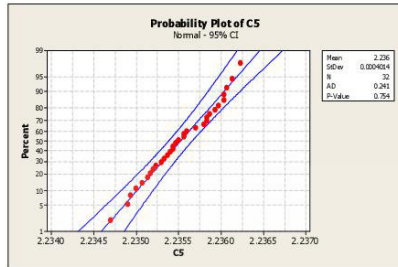
ควบคุมการกระจายค่าความหนาของชิ้นงานก่อนหน้าเข้ากระบวนการ Fine Grinding ดังนี้



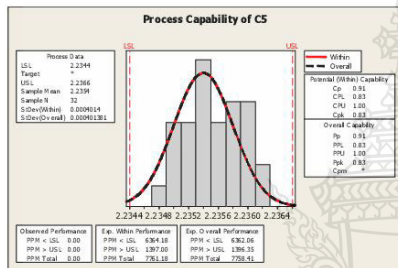
รูปที่ 13 แสดงแผนภาพควบคุมกระบวนการผลิต (Trust Washer)

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการกระจายของข้อมูลของสภาพงานหลังควบคุมด้วยการทดสอบสถิติของกลุ่มย่อยจากตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่ม โดยใช้ค่าความน่าจะเป็น หรือ P-value แสดงดังรูปที่ 14 ซึ่งได้ค่า P-value = 0.754 เมื่อค่า P-value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายแบบไม่เบี่ยงเบน ถ้า P-value < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายแบบไม่เบี่ยงเบน



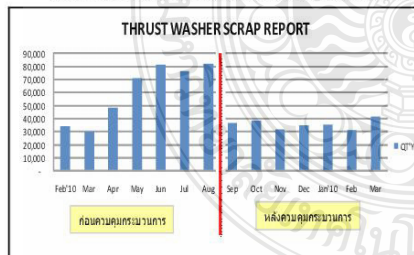
รูปที่ 14 ทดสอบการกระจายของข้อมูลโดยใช้ค่าความน่าจะเป็น และผลวิเคราะห์ที่กักควบคุมและความสามารถของกระบวนการ จากสภาพงานหลังการปรับปรุง



รูปที่ 15 ความสามารถของกระบวนการ Fine grinding หลังควบคุมที่ระดับคุณภาพ 6 σ

ในรูปที่ 14,15 เป็นผลการทดลองการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของกระบวนการ Fine Grinding ด้วยที่กักควบคุมที่ระดับคุณภาพที่กำหนด พบว่าค่าของข้อมูลความหนาของชิ้นมีการกระจายเป็นแบบปกติและมีการกระจายของข้อมูลลดลงจาก 0.00041 เป็น 0.00040 และ ดัชนีความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้นจาก 0.80 เป็น 0.83

2. ผลการเปรียบเทียบงานเสียและสัดส่วนบกพร่องที่เกิดขึ้น



รูปที่ 16 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของเสียของแหวนรองเพลามุนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer)ก่อน-หลังควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ

จากแผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของเสียของแหวนรองเพลามุนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer) ก่อน-หลังควบคุมกระบวนการเชิงสถิติผลการเปรียบเทียบงานเสียพบว่าปริมาณลดลงเฉลี่ยจาก 62,390 ชิ้น เป็น 40,497 ชิ้นและสัดส่วนบกพร่องที่ลดลง 35% และพบว่าปริมาณงานเสียจากปัญหาจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ (Drawing) ลดลง 92.5%

5. สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์กระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer) ซึ่งเป็นกรนำลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer) มาวิเคราะห์หาสาเหตุโดยสาเหตุหลักคือปัญหาที่เกิดจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ (Drawing) ที่กระบวนการ Fine Grinding หลังจากการวิเคราะห์และปรับปรุงความแม่นยำของระบบการวัดศึกษาความแปรปรวนของกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ทำการสร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ $\bar{X}-R$ Chart และทำการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ จากการวิจัยในครั้งนี้นพบว่า สามารถลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไทร์ฟ (Thrust washer) จาก 62,390 ชิ้น เป็น 40,497 ชิ้นและสัดส่วนบกพร่องที่ลดลง 35% จากก่อนควบคุมกระบวนการที่กระบวนการทำได้ และทำให้ความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้นจาก 0.80 เป็น 0.83

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลหลังจากการปรับปรุงเบื้องต้นจะเห็นว่าผลลัพธ์ไม่ได้ตามค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้อันเนื่องมาจากมีปัจจัยอื่นเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์นี้ด้วย คือ ขอบเขตของงานวิจัยศึกษาเพียงปัญหาที่มีนัยสำคัญมากที่สุดตามกฎ 80-20 เท่านั้น ส่งผลให้ปัญหาอื่นนอกเหนือจากนี้คือ ปัญหาDent และ Radian under size ไม่ได้ถูกควบคุมเป็นผลให้ผลลัพธ์หลังการวิจัยไม่ได้ตามค่าเป้าหมาย

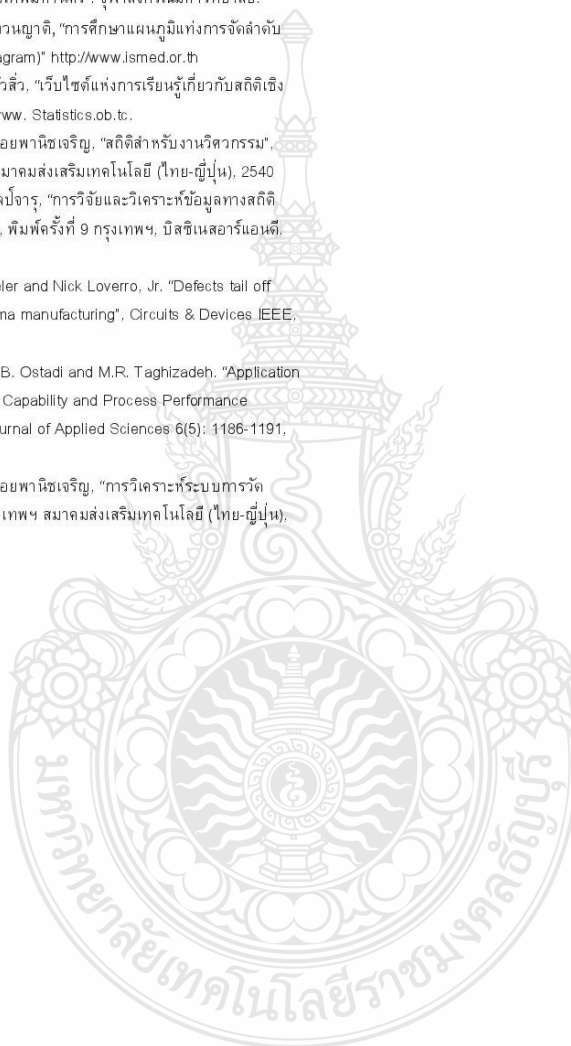
กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร. ระพี กาญจนะ ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัยนี้ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณบุคลากร เพื่อร่วมงาน ผู้บังคับบัญชาและผู้ใต้บังคับบัญชาของบริษัททรูเน็คศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือเอื้อเฟื้อข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลการทำวิจัย สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้องอาจารย์ทุกท่าน และเพื่อนทุกคนที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนกระทรวงแรงงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนวิจัยไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย



เอกสารอ้างอิง

- [1] Engineeringtoday. เร่งสร้างคนเก่งป้อนอุตสาหกรรม
ชาร์ตดิสก์ไดรฟ์ หัวผู้ผลิตลงทุน R&D เพิ่ม (Online),
2010. Available: <http://www.engineeringtoday.net> (10
August 2010).
- [2] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2539 : 25-26). การศึกษาการ
ทำงาน. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] เฉลิมวุฒิ สงวนญาติ, "การศึกษาแผนภูมิแห่งการจัดลำดับ
(Pareto Diagram)" <http://www.ismed.or.th>
- [4] ฉลอง สีนแก้วสีว. "เว็บไซต์แห่งการเรียนรู้เกี่ยวกับสถิติเชิง
ประยุกต์" [www. Statistics.ob.tu](http://www.Statistics.ob.tu).
- [5] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, "สถิติสำหรับงานวิศวกรรม",
กรุงเทพฯ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540
- [6] ชานินทร์ ศิลป์จารุ, "การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
ด้วยSPSS", พิมพ์ครั้งที่ 9 กรุงเทพฯ, บิสิเนสฮอไรซอนต์,
2551
- [7] Paul E. Fieler and Nick Loverro, Jr. "Defects tail off
with sixsigma manufacturing", Circuits & Devices IEEE,
1991
- [8] K. Rezaie, B. Ostadi and M.R. Taghizadeh. "Application
of Process Capability and Process Performance
Indices" Journal of Applied Sciences 6(5): 1186-1191,
2006
- [9] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, "การวิเคราะห์ระบบการวัด
(MSA)", กรุงเทพฯ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),
2546



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสุทธิดา เอี่ยมเจริญ
วัน เดือน ปีเกิด	3 มิถุนายน 2526
ที่อยู่	35/366 หมู่บ้านภัสสร 12 ต.คลองสาม อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120
การศึกษา	
พ.ศ. 2548	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2549 – 2549	ตำแหน่งวิศวกรเขียนแบบ (Shop Drawing Engineer) บริษัท บางกอก อินดัสเทรียลบอยเลอร์ จำกัด
พ.ศ. 2550 – 2553	ตำแหน่งวิศวกรโครงการ (Project Engineer) บริษัท ที เอส เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
พ.ศ. 2553 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมคุณภาพ (QC&QA Engineer) บริษัท มินิแบ (ไทย) จำกัด

