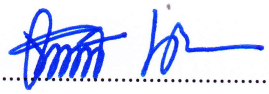
การประยุกต์หลักการดีเอ็มเอไอซี เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบินพาณิชย์

มโนรัตน์ จันทร์คำ

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ มโนรัตน์ จันทร์คำ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

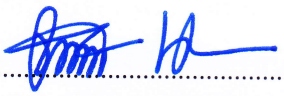
คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์



..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

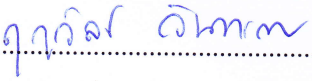
(รองศาสตราจารย์จันทร์ฑา นาควชิรตระกูล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์



..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์จันทร์ฑา นาควชิรตระกูล)



..... กรรมการ

(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

..... กรรมการ

(ดร. บัญชา อริยะจรรยา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 12 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ จันทร์ฑา นาควชิรตระกูล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานค้นคว้าอิสระที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินงานศึกษาค้นคว้าตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดในระหว่างการดำเนินการ เพื่อให้การค้นคว้าฉบับนี้มีความสมบูรณ์

งานค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลุล่วงโดยการได้รับความร่วมมือจากเพื่อนร่วมงานของบริษัทที่ช่วยหาข้อมูล ให้คำปรึกษา คำชี้แนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการศึกษาอย่างมาก และขอขอบคุณบุคลากรบัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดช่วงเวลาของการศึกษาและการค้นคว้าอิสระ

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนครูอาจารย์ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้การสนับสนุนมาโดยตลอด และช่วยเหลือจนส่งผลให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจต่อไป

มโนรัตน์ จันทร์คำ

56920614: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: ดีเอ็มเอไอซี/ ลดของเสีย/ ปรับปรุงกระบวนการผลิต

มโนรัตน์ จันทร์คำ: การประยุกต์หลักการดีเอ็มเอไอซี เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนประตูเครื่องบินพาณิชย์ (IMPLEMENTING THE DMAIC FOR DEFECT REDUCTION IN THE AIRCRAFT PARTS MANUFACTURING PROCESS) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: จันทร์ฑา นาควชิรตระกูล, 138 หน้า. ปี พ.ศ. 2560

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยวิธีการแมชชีนนิ่งเพื่อลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน จากการศึกษาข้อมูลของเสียในปี 2557ไตรมาสที่ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์หมายเลข 144A6526-1 หรือ Door lower stop มีอัตราของเสียอยู่ที่ 3.74% ซึ่งเกินกว่าเป้าหมายของบริษัทกรณีศึกษาที่กำหนดไว้ที่ 1% และมีแนวโน้มที่จะเกิดของเสียจำนวน 117 ชิ้น ซึ่งมีมูลค่าสูงถึง 440,826.26 บาท ปัญหาที่พบ คือ ความหนาของชิ้นงานไม่ได้ขนาด ผิวของชิ้นงานเกิดรอยลึกที่เกิดจากคมตัดของเครื่องมือตัด และผิวชิ้นงานมีความต่างระดับที่เกิดจากเครื่องมือตัด

การปรับปรุงกระบวนการผลิตจะดำเนินการโดยนำหลักการดีเอ็มเอไอซี แผนผังก้างปลา เอฟเอ็มอีเอ มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแล้วจึงทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน กำหนดมาตรฐานในการทำงาน และกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบสภาพเครื่องมือตัด ผลของการปรับปรุงพบอัตราของเสียอยู่ที่ 0.26% ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดไว้ที่อัตราของเสียไม่เกิน 1% และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราของเสียในไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2557 อัตราการเกิดของเสียลดลง จาก 3.74% เหลือ 0.26% หรือสามารถลดลงได้ 93.04% จากจำนวนของเสียที่พบก่อนปรับปรุง

56920614: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng.
(INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORD: DMAIC/ DEFECT REDUCTION/ PROCESS
MANORAT CHANKHAM : IMPLEMENTING THE DMAIC FOR DEFECT REDUCTION IN THE AIRCRAFT PARTS MANUFACTURING PROCESS. ADVISORY COMMITTEE: CHANTRA NAKVACHIRATRAKUL, ASSOCIATE PROFESSOR., 138 P. 2017.

This independent research aims to improve the metal forming process by machining methods to reduce the rate of scrap that occurs in the manufacturing process of aircraft parts. According to a study of scrap data in the fourth quarter of 2014, product number 144A6526-1 or Door Lower Stop has a scrap rate of 3.74%, which exceeds the company's target of 1%. There are 117 pieces of scrap. And the scrap cost is up to 440,826.26 Baht. The problem is that the thickness of the workpiece is out of specification. The surface of the workpiece contain deep feed mark and elevated levels due to the cutting process.

The improvement of the production process is carried out by implementing the Define Measure Analyze Improve Control (DMAIC). Fishbone Diagram and Failure Mode & Effects Analysis (FMEA) are used to diagnose the cause of the problem and then improve the manufacturing process by redesigning the fixture. Finally, the standard working procedure and tool condition monitoring were established.

The improvement of the production process by implementing the DMAIC has been applied to reduce the rate of scrap in production. The results show that the scrap rate reduced to 0.26% which is lower than the company's target of no more than 1%. The scrap rate dropped from 3.74% to 0.26% compared to the scrap rate in the fourth quarter of 2014 or can reduce by 93.04% of the number of scraps found.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

สมมติฐานของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 2

ขอบเขตการวิจัย 3

แผนการดำเนินงาน 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

ประวัติความเป็นมาของ ซิกซ์ ซิกม่า 5

ความหมายของซิกซ์ ซิกม่า 6

คณะทำงานซิกซ์ ซิกม่า 7

ขั้นตอนการดำเนินงานซิกซ์ ซิกม่า 9

เครื่องมือสำหรับวิธีการซิกซ์ ซิกม่า 10

การวางแผนคุณภาพ การควบคุมและการปรับปรุงคุณภาพ 19

เครื่องมือแก้ปัญหา 7 อย่าง 22

แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบคุณสมบัติ 23

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 28

สภาพปัจจุบันของโรงงาน 28

กระบวนการผลิต 30

ขั้นตอนการผลิต 32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

คัดเลือกงาน 39
ขั้นตอนการดำเนินงาน 45
กำหนดปัญหา 46
ขอบเขตของการศึกษา 46
ศึกษากระบวนการ 48
เก็บรวบรวมข้อมูล 50
วิเคราะห์ข้อมูล 52
กำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไข และตั้งเป้าหมาย 54
วิเคราะห์ระบบการวัด และวิเคราะห์ปัญหา 54
ปัญหา Dimension out of spec. 54
ปัญหา Tool mark 66
ปัญหา Mismatch 72
การนำเทคนิค FMEA มาประยุกต์ใช้ 76
สรุปสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางการปรับปรุง 83
4 ผลการดำเนินงาน 87
การปรับปรุง 87
ปรับปรุงระบบการตรวจสอบด้วยสายตา 87
ปรับปรุงฟิกเจอร์สำหรับจับยึดชิ้นงาน 91
มาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool 94
ใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool 97
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน 100
การกำหนดอายุการใช้งาน Cutting tool 103
ผลการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 106
การควบคุม 109
5 สรุปและอภิปรายผล 112
สรุปกระบวนการวิจัย 112
สรุปผลการวิจัย 114

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

อภิปรายผลการวิจัย 114

ข้อเสนอแนะ 115

บรรณานุกรม 116

ภาคผนวก 117

ภาคผนวก ก 118

ภาคผนวก ข 126

ภาคผนวก ค 130

ภาคผนวก ง 134

ประวัติย่อของผู้วิจัย 138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	แผนการดำเนินงานของโครงงาน	4
3-1	ข้อมูลการผลิตในไตรมาส 4 ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2557-ธันวาคม 2557	38
3-2	ข้อมูลการผลิตในไตรมาส 4 ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2557-ธันวาคม 2557	40
3-3	ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราของเสียในช่วง 80%	41
3-4	ข้อมูลแนวโน้มของอัตราการผลิตของเสีย และมูลค่าของเสียที่จะเกิดขึ้น	42
3-5	รายละเอียดข้อมูลของเสีย Door lower stop ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2557-ธันวาคม 2557	51
3-6	ลักษณะของเสีย	52
3-7	รายละเอียดปัญหา	55
3-8	ผลการวัดชิ้นงานในพื้นที่การผลิต เปรียบเทียบกับการวัดภายในห้อง QC	57
3-9	ผลการวัดบล็อกเกจ	60
3-10	การกรองปัญหาด้าน Dimension out of spec	64
3-11	รายละเอียดของปัญหา และจำนวนของเสีย	66
3-12	ผลการทดสอบการตรวจสอบด้วยสายตา	68
3-13	การกรองปัญหาด้าน Tool mark	71
3-14	รายละเอียดของปัญหา และจำนวนของเสีย	72
3-15	การกรองปัญหาด้าน Mismatch	75
3-16	เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ	77
3-17	เกณฑ์การประเมินโอกาสการเกิดสาเหตุ	79
3-18	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจจับ	80
3-19	วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ	81
3-20	สรุปปัญหา และแนวทางการแก้ไขของแต่ละสาเหตุ	84
4-1	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดในปัจจุบันหลังดำเนินการปรับปรุง	90
4-2	พารามิเตอร์การตัดเฉือนที่กำหนด	104
4-3	รายละเอียดข้อมูลของเสียในไตรมาส 2 ปี 2558	106
4-4	ลักษณะการเสียที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง	108
4-5	ข้อมูลของเสียไตรมาสที่ 2 เดือนเมษายน 2558-มิถุนายน 2558	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-6	เกณฑ์การให้คะแนนปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์เครื่องจักรหรืออุปกรณ์	72
4-7	เกณฑ์การให้คะแนนปัจจัยเสริมด้านระยะเวลาซ่อม	72
4-8	เกณฑ์การให้คะแนนปัจจัยเสริมด้านความถี่ของการเสียหายของเครื่องจักร	73
4-9	เกณฑ์การให้คะแนนปัจจัยเสริมด้านค่าซ่อมเครื่องจักร	73
4-10	การกำหนดความวิกฤตของอะไหล่ เครื่องตัดเม็ดพลาสติก ด้วยวิธี Multi criteria analysis	77
4-11	ผล ABC-Multi criteria matrix ของรายการอะไหล่ของเครื่องตัดเม็ดพลาสติก	80
4-12	การจัดการอะไหล่ตามนโยบายการจัดการอะไหล่ของเครื่องตัดเม็ดพลาสติก	81
4-13	การจัดกลุ่มตามการเคลื่อนไหวของอะไหล่	83
4-14	จำนวนรายการอะไหล่ตามความสำคัญและการเคลื่อนไหว	84
4-15	นโยบายการจัดการอะไหล่ของเครื่องตัดเม็ดพลาสติก	85
4-16	แมทริกซ์การกำหนดนโยบายคงคลัง	85
4-17	รายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ของแผนกจัดซื้อ ปี พ.ศ. 2558	87
4-18	ผลการจัดระดับการเคลื่อนไหว คำนวณค่าการจัดเก็บ สูง-ต่ำ จุดสั่งซื้อและจุดคุ้มค่าในการสั่งซื้ออะไหล่ ประเภทอะไหล่ Fast moving, Normal moving ใช้วิธีการคำนวณแบบ ROP Normal	89
4-19	ผลการคำนวณค่าการจัดเก็บ สูง-ต่ำ จุดสั่งซื้อและจุดคุ้มค่าในการสั่งซื้ออะไหล่เคลื่อนไหวช้า (Slow moving) Class 1, Class 2 ใช้วิธีการคำนวณแบบ Poisson ROP	92
4-20	ผลการแบ่งกลุ่มอะไหล่ด้วย ABC Analysis และ Multi criteria analysis matrix	95
4-21	ผลการวิเคราะห์ ABC-Multi criteria analysis และประเภทของการควบคุมอะไหล่	95
4-22	มูลค่าการสูญเสียเมื่อเครื่องจักร Breakdown ระหว่างเดือน กรกฎาคม-ธันวาคม	96
4-23	การเปรียบเทียบการจัดการอะไหล่ระหว่างข้อมูลปีพ.ศ. 2555-พ.ศ. 2558 และแนวทางนำเสนอ	97

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 การกระจายตัวแบบปกติ ค่ากลาง และระดับความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6

2-2 แผนภาพพาเรโต 11

2-3 พิกัดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม 25

2-4 จุดพิกัด 2 จุด ติดกันและอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุม 25

2-5 จุดพิกัดอย่างน้อย 7 จุด ติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่ง 26

2-6 จุดพิกัดแสดงแนวโน้มไปทางด้านใดด้านหนึ่ง 26

3-1 เครื่องมิลลิ่ง 29

3-2 เครื่องกลึง 29

3-3 สายการล้างชิ้นงาน และเตรียมผิวชิ้นงาน 30

3-4 ผังการไหลของกระบวนการผลิต 31

3-5 จัดเตรียมวัตถุดิบ 32

3-6 จัดเตรียมเครื่องมือตัด 33

3-7 จัดเตรียมอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน 33

3-8 การปรับตั้งเครื่องจักร 34

3-9 ลบคมชิ้นงาน 35

3-10 ล้างชิ้นงานด้วยกระบวนการทางเคมี 35

3-11 ห้องสำหรับกระบวนการพ่นสี 36

3-12 ชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการพ่นสี 36

3-13 แพ็คเตรียมจัดส่ง 37

3-14 กราฟแสดงจำนวนผลิต และอัตราของเสียที่พบในกระบวนการผลิต 39

3-15 กราฟพาเรโต้แสดงข้อมูลอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในไตรมาส 4 41

3-16 กราฟพาเรโต้แสดงข้อมูลแนวโน้มอัตราของเสีย 43

3-17 กราฟพาเรโต้แสดงข้อมูลแนวโน้มมูลค่าความสูญเสีย 43

3-18 ชิ้นงานผลิตภัณฑ์หมายเลข 144A6526-1 44

3-19 หมายเลขของชิ้นส่วนโครงสร้างเครื่องบิน 45

3-20 แผนผังการไหลของขั้นตอนการดำเนินงาน 46

3-21 แผนผังการผลิตชิ้นส่วนประตูเครื่องบิน หมายเลข 144A6526-1 47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-22 ชิ้นงานหลังผ่าน Operation 1 48
3-23 ชิ้นงานหลังผ่าน Operation 2 49
3-24 ชิ้นงานหลังผ่าน Operation 3 50
3-25 กราฟแสดงจำนวนการผลิต และของเสีย 51
3-26 กราฟแสดงอัตราของเสียเทียบกับเป้าหมาย 52
3-27 กราฟพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของปัญหา 53
3-28 จุดที่ชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามแบบ 54
3-29 ตำแหน่งการวัด และวิธีวัดขนาดชิ้นงาน 55
3-30 แผนการวัดงาน 59
3-31 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนในรูปของ X bar-R chart 61
3-32 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด 62
3-33 การวิเคราะห์ปัญหา Dimension out of spec 63
3-34 จุดควบคุมค่าความขนานของงาน 66
3-35 ลักษณะของเสียที่เกิดจาก Tool mark 67
3-36 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 69
3-37 การวิเคราะห์ปัญหา Tool mark 70
3-38 ลักษณะของเสียที่เกิด Mismatch 73
3-39 ลักษณะ Surface mismatch 73
3-40 การวิเคราะห์ปัญหา Mismatch 74
4-1 การตรวจสอบรอยบุบ 88
4-2 การตรวจสอบคราบสนิม 88
4-3 การตรวจสอบครีบหรือคม 89
4-4 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 91
4-5 ฟีกเจอร์ก่อนปรับปรุง 92
4-6 ฟีกเจอร์ก่อนปรับปรุง Operation 1 93
4-7 ฟีกเจอร์หลังปรับปรุง Operation 2 93
4-8 สภาพ Cutting tool ที่พร้อมใช้งาน 95

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-9 คมกัดมีการสึกหรอ/ ไม่มีการสึกหรอ 95

4-10 คมกัดเกิดการเปลี่ยนรูป 96

4-11 คมกัดบิ่น 96

4-12 คมกัดเกิดการเปลี่ยนรูป 97

4-13 ใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool 98

4-14 รายการ Cutting tool สำหรับผลิตงาน 99

4-15 ลักษณะการวางชิ้นงาน Operation 1 100

4-16 ภาพหลังการวางชิ้นงาน 101

4-17 ลักษณะการวางชิ้นงาน Operation 2 102

4-18 การตรวจสอบด้วยพินเกจ 102

4-19 พารามิเตอร์การตัดเฉือนจากบริษัทผลิตดอกสว่าน 104

4-20 ลักษณะการสึกหรอของคมตัด 105

4-21 กราฟแสดงจำนวนการผลิตของดี และของเสีย 107

4-22 กราฟแสดงอัตราของเสียเปรียบเทียบกับเป้าหมาย 107

4-23 จุดที่ชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ 108

4-24 กราฟเปรียบเทียบอัตราของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 109

4-25 P-Chart ไตรมาสที่ 2 จำนวน 8 ล็อตการผลิต 110

5-1 ชุดดันชิ้นงาน 115

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันมีการแข่งขันทางธุรกิจค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะที่มีผู้ลงทุนทั้งในประเทศ และจากต่างชาติเข้ามาลงทุนในประเทศไทยเพื่อสร้างฐานการผลิตมีมากขึ้น ผู้ประกอบการจึงต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์เพื่อความอยู่รอดในการดำเนินธุรกิจ ซึ่งในปัจจุบันการดำเนินธุรกิจส่วนใหญ่จะแข่งขันกันในเรื่องของการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเพื่อที่จะสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า เช่น ราคาสินค้าต่ำ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ตามมาตรฐาน การส่งมอบให้ได้ตามปริมาณที่ลูกค้าต้องการและทันตามกำหนดเวลา เป็นต้น ผู้ประกอบการที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีจะสามารถดำเนินธุรกิจต่อไปได้ ดังนั้นผู้ประกอบการจะต้องมีความตื่นตัว และฉับไวต่อเทคโนโลยีและวิทยาการสมัยใหม่ แล้วนำมาช่วยในการปรับปรุง และพัฒนากระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วได้สินค้าที่มีคุณภาพ มีการส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้รวดเร็วตามความต้องการ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ

ในสถานการณ์ปัจจุบันการสร้างรายได้ และผลกำไรให้กับบริษัทนั้นไม่ได้มีแค่เพียงการแข่งขันด้านการตลาดเพื่อเพิ่มยอดขายเท่านั้น การลดต้นทุนการผลิตก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้บริษัทมีผลกำไรเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง เช่น หากขายสินค้าในราคาเท่าเดิม จำนวนเท่าเดิมโดยที่ยังคงรักษาคุณภาพในระดับเดิมได้โดยที่มีต้นทุนที่ต่ำกว่าบริษัทก็จะมีกำไรมากขึ้น

กรณีศึกษานี้ผู้ศึกษาจะมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะเพื่อลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน โดยการนำเอาเทคนิค และหลักการของทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพ มาประยุกต์ใช้ในการจัดการ วิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา จนกระทั่งสามารถแก้ไขปัญหา ในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาแล้วจึงกำหนดวิธีการทำงานซึ่งเป็นมาตรฐานใหม่ขึ้นมาใช้ในกระบวนการผลิต ผู้ศึกษาคาดว่าการนำเทคนิคเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จะทำให้ได้สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา และวิธีการปรับปรุงแก้ไขที่ถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลให้อัตราของเสียลดจำนวนลงและจะช่วยให้ต้นทุนในการผลิตลดลงอีกด้วย

ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา คือ ผลิตภัณฑ์ที่ดำเนินการผลิตมีอัตราของเสียอยู่ที่ 3.74% ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายตามนโยบายของบริษัทที่กำหนดไว้ที่ 1% และมีแนวโน้มมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากการผลิตของเสียสูงถึง 440,826.26 บาท ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพตามความต้องการของลูกค้านั้นส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เนื่องจากการจัดการการผลิต หรือวิธีการทำงานที่ไม่ถูกต้อง อีกทั้งทักษะ และความชำนาญในการทำงานของพนักงาน จากปัญหาที่พบในบริษัทศึกษาดังที่กล่าวมานั้นเป็นเหตุจูงใจให้ผู้ศึกษาสนใจทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพการผลิต เพื่อลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาสภาพการทำงานในปัจจุบันว่ากระบวนการ หรือกิจกรรมการผลิตต่าง ๆ ที่ทำอยู่นั้นมีกิจกรรมใดจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ ก่อนจะวิเคราะห์หาสาเหตุ ของปัญหาแล้วจึงกำหนดแนวทางในการปรับปรุง และดำเนินการติดตามผลของหลังการปรับปรุง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำงาน และระบบการผลิต โดยใช้หลักการ DMAIC
2. เพื่อค้นหาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต และทำให้เกิดของเสีย
3. เพื่อลดอัตราของเสียของผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มมูลค่าความเสียหายสูงที่เกิดขึ้นในกระบวนแมชชีนนิ่ง (Machining)

สมมติฐานของการวิจัย

1. การประยุกต์ใช้เทคนิคและหลักการของทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพมาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง จะสามารถช่วยให้ลดอัตราของเสียในกระบวนการผลิตได้
2. การกำหนดวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน (Standardized work) เพื่อใช้ในการทำงานมีความสัมพันธ์กับอัตราการเกิดของเสียกระบวนการผลิต
3. การกำหนดมาตรฐานการตรวจสอบจะทำให้การตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงานมีประสิทธิผลที่ดีขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้รับความรู้ ความเข้าใจหลักการปรับปรุงคุณภาพด้วย DMAIC, FMEA และการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต

2. ลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

3. ลดต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการผลิตของเสีย

4. ได้แบ่งปันตัวอย่างในการนำเทคนิคและหลักการของทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพไปประยุกต์ใช้และการดำเนินงานให้บริษัทอื่น ๆ หรือผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

1. การศึกษานี้จะทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ชิ้นงาน Door lower stop

2. ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข โดยมีการนำเทคนิค และเครื่องมือจัดการด้านคุณภาพต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้

3. มีการติดตามผลในไตรมาส 2 ปี พ.ศ. 2558 จนถึงไตรมาส 2 ปี พ.ศ. 2559 หลังการปรับปรุงกระบวนการ หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบอัตราของเสียกับกระบวนการผลิตก่อนปรับปรุง

แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงานของการศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องบินเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต รายละเอียดของแผนการดำเนินงานแสดงไว้ดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงานของโครงงาน

ลำดับ		ม.ค. 58	ก.พ. 58	มี.ค. 58	เม.ย. 58	พ.ค. 58	มิ.ย. 58	ก.ค. 58	มี.ค. 59	ก.ย. 59	ต.ค. 59	พ.ย. 59	ก.พ. 60	มี.ค. 60	เม.ย. 60
1	ศึกษากระบวนการและระบบการผลิต	←	—	→											
2	เก็บรวบรวมข้อมูล		←	—	—	→									
3	วิเคราะห์ข้อมูลและคัดเลือกงาน			←	—	→									
4	ดำเนินการปรับปรุงคุณภาพด้วยเทคนิค DMAIC														
	- กำหนดปัญหา (Define phase)														
	- การวัด (Measure phase)				←	—	→								
	- การวิเคราะห์ (Analysis phase)														
	- การปรับปรุง (Improve phase)														
	- การควบคุม (Control phase)														
5	เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน						←	—	→						
6	สรุปผลการดำเนินงาน							←	—	→					
7	ปรับปรุงข้อมูลในขั้นตอนการวัด (Measure phase)								←	—	—	—	—	—	→
8	ปรับปรุงข้อมูลในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase)								←	—	—	—	—	—	→
9	ปรับปรุงข้อมูลในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)								←	—	—	—	—	—	→
10	เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน (ปรับปรุงข้อมูล)								←	—	—	—	—	—	→
11	สรุปผลการดำเนินงาน (ปรับปรุงข้อมูล)								←	—	—	—	—	—	→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการดำเนินงานเพื่อวิเคราะห์ และปรับปรุงกระบวนการผลิต ดังรายละเอียดดังนี้

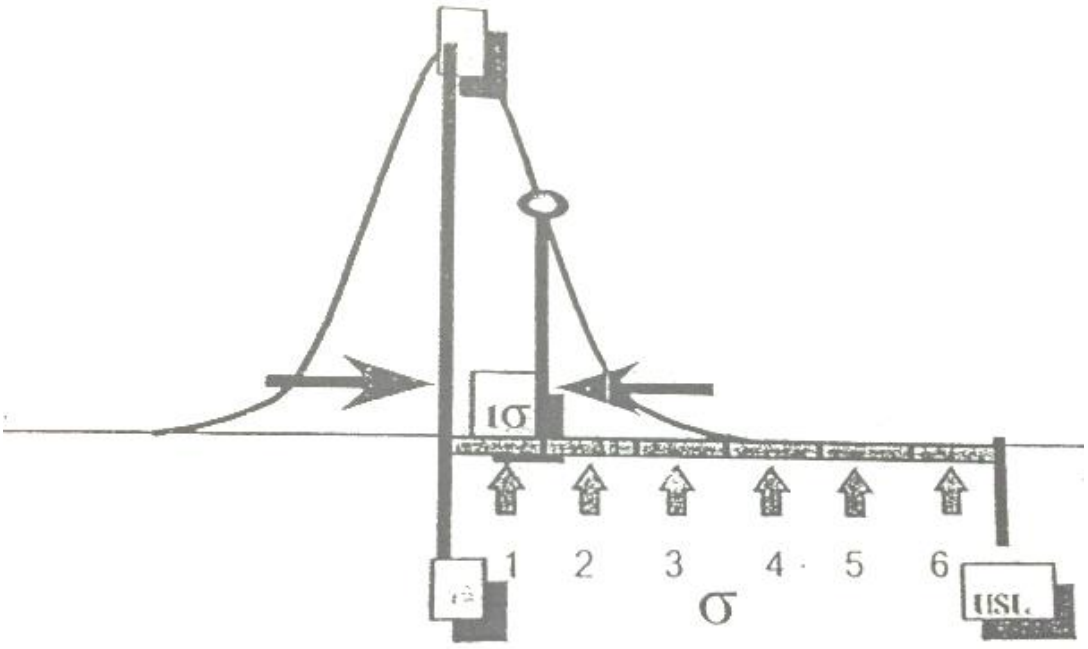
ประวัติความเป็นมาของ ซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า เป็นปรากฏการณ์สร้างสรรค์ทางธุรกิจ ซึ่งได้รับการเปิดเผยอย่างจริงจังครั้งแรกโดย บริษัทโมโตโรล่า จำกัด ในตอนต้น หลัง ค.ศ.1990 เป็นต้นมา โดยผู้คิดค้นแนวคิดนี้คือ Mikel Harry ซึ่งอาศัยแนวคิดของการอธิบายกระบวนการด้วยการศึกษาความแปรปรวนของปรมาจารย์ Deming ซึ่งเป็นบิดาแห่งการพัฒนาคุณภาพ หลังจากเรื่องราวของความสำเร็จของวิธีการซิกซ์ ซิกม่า กระจายออกไปแล้ว บริษัทยักษ์ใหญ่อย่าง General Electric, Sony, Allied signal และ Motorola สามารถยึดครองความสนใจจากตลาดการเงินแห่งสหรัฐอเมริกาและทำการเผยแพร่กลยุทธ์ทางธุรกิจวิธีนี้ออกไป วิธีการทาง ซิกซ์ ซิกม่า นี้ จะเกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือทางสถิติอย่างมีระบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่า เร็วกว่า และมีราคาถูกกว่าในการแข่งขัน แทนที่จะเสียต้นทุนจำนวนมากกับกระบวนการทำซ้ำในการซ่อมแซมผลิตภัณฑ์หรือโครงการที่ไม่สำเร็จ วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งมีต้นทุนด้านการฝึกฝนและสร้างความเข้าใจในการดำเนินการ กลับทำให้ได้มาซึ่งผลกำไรสุทธิที่มากกว่าและแน่นอนกว่า สำหรับโครงการที่ดำเนินการด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า ผู้นำโครงการบางครั้งจะถูกเรียกว่า “Black belt” “Top guns” “Change agents” หรือ “Trailblazers” ขึ้นอยู่กับนโยบายการจัดตั้งของแต่ละองค์กร ผู้คนเหล่านี้จะถูกฝึกฝนทางด้านปรัชญา หลักการ และระบบความคิดทางซิกซ์ ซิกม่า และถูกคาดหมายให้ทำโครงการ 4 โครงการต่อปี ซึ่งสามารถลดต้นทุนได้อย่างต่ำ 500,000 ดอลล่าร์สหรัฐต่อปี (ณ ปัจจุบัน ประมาณ 21,500,000 บาทต่อปี) การริเริ่มวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า ในองค์กรจะถูกออกแบบให้ทำการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมในการพัฒนาอย่างรุนแรง โดยมุ่งประเด็นไปที่การคิดค้นหาปัญหาที่ซ่อนเร้นพัฒนาสิ่งที่ยากและแปลกใหม่ เพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้อย่างชัดเจนให้ได้ และประโยชน์สูงสุดของวิธีการซิกซ์ ซิกม่า คือ ถ้าหากมีการวางระบบที่ดีแล้ว จะสามารถสร้างพื้นฐานทางปัญญา ซึมซับลงไปสู่ทุก ๆ ส่วนขององค์กรและให้ผลตอบแทนทางความรู้ที่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นตัวเงินได้

1. ความหมายของซิกซ์ ซิกม่า

M. Harry ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “Six sigma” เป็นวิถีทางแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ ประกอบด้วยรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่เหมาะสม และตอบสนองภารกิจขององค์กร ซึ่งจะทำให้ทั้งลูกค้าและผู้ผลิตได้ผลตอบแทนทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นด้านอรรถประโยชน์ ทรัพยากร และคุณค่าของผลิตภัณฑ์

สถาบัน Juran ได้ให้คำจำกัดความว่า “Six sigma” เป็นกลยุทธ์ของฝ่ายบริหารในการพัฒนาคุณภาพเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด และลดความสูญเสียที่ทำให้เกิดความไม่พึงพอใจของลูกค้าให้เหลือน้อยที่สุด ในทางสถิตินั้น ซิกม่า หรือ σ เป็นสัญลักษณ์กรีกซึ่งแทนค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและแสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่เบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของข้อมูลหรือประชากร โดยมี μ เป็นสัญลักษณ์แทนค่ากลางของประชากรและลักษณะการกระจายตัวของประชากรโดยทั่วไปจะเป็นรูประฆังคว่ำ ซึ่งมีความเบี่ยงเบนออกไปทั้ง 2 ข้าง จากค่ากลาง ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 การกระจายตัวแบบปกติ ค่ากลาง และระดับความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ช่วงกระจายตัวนี้ในทางธุรกิจจะมีการตั้งค่ามาตรฐานของการผลิต (Specification limits) เอาไว้เป็นข้อกำหนดว่า หากข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตอยู่นอกเหนือช่วงการกระจายตัวที่ตั้งเอาไว้จะถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความบกพร่อง โดนสภาพการแข่งขันในปัจจุบัน ค่ามาตรฐานของ

การผลิตนี้ถูกเปลี่ยนแนวความคิดจากในอดีตซึ่งกำหนดโดยความต้องการของระดับคุณภาพของกระบวนการที่ 6 ซิกม่า นั้น จะหมายถึง กระบวนการจะมีโอกาสสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสียเพียง 3.4 PPM (Part per million) ซึ่งเป้าหมายนี้ ถึงแม้ว่าโครงการจะยังไม่บรรลุเป้าหมายภายในระยะเวลาเบื้องต้น แต่ถ้าหากมีการผลักดันที่ดี โดยฝ่ายบริหาร และมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันในการร่วมมือจากทั่วทั้งองค์กรแล้วในที่สุดเป้าหมายนี้ย่อมจะเป็นไปได้ในทุก ๆ องค์กร

2. คณะทำงานซิกซ์ ซิกม่า

โครงการซิกซ์ ซิกม่า จะเกิดขึ้นไม่ได้ ถ้าไม่มีคณะทำงานที่จะดำเนินงานซึ่งเป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องเข้าใจโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ของคณะทำงานในเรื่องซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งคณะทำงานมีบทบาทและหน้าที่ดังนี้

2.1 แชมเปียน (Champion)

แชมเปียน เป็นบุคคลระดับผู้บริหารที่จัดระบบการจัดการเป็นผู้นำคอยสนับสนุนรวมถึงการเป็นที่ปรึกษาให้กับทีม โดยแชมป์เปียนจะคอยดูความก้าวหน้าของทีมในการทำ Project และคอยช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุปสรรคที่เกิดขึ้นในทีมและนอกจากนั้น แชมเปียนยังมีหน้าที่ในเรื่อง

2.1.1 การตั้งเป้าหมายสำหรับ Project ในการปรับปรุงให้สอดคล้องกับลำดับความสำคัญทางธุรกิจ

2.1.2 จัดหาแหล่งทรัพยากรสำหรับทีมในด้านต่าง ๆ เช่น ในด้านเวลา ด้านการเงิน เป็นต้น

2.1.3 เรียนรู้ความสำคัญของการจัดการ โดยมีข้อมูลเป็นตัวขับสำหรับทีมและการนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการจัดการของตนเอง

2.1.4 การทำงานรวมกับผู้บริหารคนอื่น ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าการแก้ปัญหาของทีมเป็นไปอย่างราบรื่น

2.1.5 ประเมินผลและมอบรางวัลแก่ผู้ประสบความสำเร็จในการทำโปรเจค

2.2 มาสเตอร์แบล็คเบล (Master black belt)

มาสเตอร์แบล็คเบล เป็นบุคคลซึ่งทำหน้าที่ในการประสานงานร่วมกับฝ่ายบริหาร ซึ่งต้องรับผิดชอบและดูแลการทำงาน ตลอดจนเป็นผู้อบรมและเป็นพี่เลี้ยงของแบล็คเบล โดยมาสเตอร์แบ็ลคเบล จะทำงานเต็มเวลาเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า มาสเตอร์แบล็คเบล มีหน้าที่ดังนี้

2.2.1 ให้การอบรมเรื่อง ซิกซ์ ซิกม่า กับ แบล็คคเบล

2.2.2 สร้างและควบคุมตารางกำหนดเวลาของแต่ละโปรเจคที่แบล็คเบลต้องทำ

2.2.3 ช่วยลดการต่อต้านที่เกิดจากการนำเอา ซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในองค์กร

2.2.4 ช่วยทีมแบล็คเบลในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในทีม และลดความขัดแย้งที่เกิดขึ้น

2.2.5 เก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมที่แบล็คเบลทำ

2.2.6 ช่วยทีมในสนับสนุนและฉลองในกรณีที่ทีมประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา

2.3 แบล็คเบล (Black belt)

แบล็คเบลเป็นบุคคลที่ถูกเลือกขึ้นมาและได้รับการอบรมในเรื่องของกระบวนการวิเคราะห์และทักษะต่าง ๆ รวมถึงการใช้เครื่องมือทางสถิติ หลังจากได้รับการอบรมแล้ว จะทำงานเต็มเวลาในการประยุกต์ใช้ความรู้ หลักการและแนวคิด ตลอดจนเครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการแก้ปัญหาโครงการที่ได้รับมอบหมาย นอกจากนั้นยังเป็นเสมือนตัวเชื่อมระหว่างการจัดการฝ่ายบริหารและการทำงานในระดับปฏิบัติการ นอกจากนี้ความรับผิดชอบของแบล็คเบลยังรวมไปถึง

2.3.1 การเป็นหัวหน้าทีม

2.3.2 การเลือกสมาชิกในทีม

2.3.3 การทำงานร่วมกับสมาชิกในทีม

2.3.4 การสนับสนุนสมาชิกในทีมในการเรียนรู้และประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า

2.3.5 ควบคุมให้ทีมใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นไปตามที่กำหนด

2.3.6 สนับสนุนให้นำสิ่งที่แก้ปัญหาแล้วมาใช้ในงานจริง

2.3.7 สรุปโปรเจคในรูปของเอกสารเพื่อแสดงผลการทำงานของทีม รวมถึงการนำเสนอต่อที่ประชุม

2.3.8 ให้การอบรมในเรื่องซิกซ์ ซิกม่า กับกรีนเบล

2.4 กรีนเบล (Green belt)

กรีนเบล เป็นบุคคลซึ่งได้รับความรู้เพียงพอเกี่ยวกับ ซิกซ์ ซิกม่า และได้รับการเลือกเข้าไปแก้ปัญหาเกี่ยวกับงานประจำที่ทำอยู่ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการสนับสนุนการทำงานให้กับแบล็คเบล โดยคณะทำงานนี้จะทำงานเฉพาะกิจซึ่งทำการแก้ปัญหาในแต่ละโครงการ

2.5 สมาชิกทีม (Project team member)

สมาชิกในทีมจะเป็นบุคคลที่ทำงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโปรเจค โดยสมาชิกในทีมจะมีส่วนในการแนะนำในเรื่องของรายละเอียดของกระบวนการ การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ นอกจากนั้นยังมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ และการวางแผน รวมไปถึงการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายในที่ประชุมและรายงานผลการปฏิบัติงานให้ทีมทราบ

2.6 เจ้าของกระบวนการ (Process owner)

เจ้าของกระบวนการ หมายถึง ผู้จัดการหรือหัวหน้างานที่เป็นเจ้าของพื้นที่หรือเจ้าของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับโครงการ มีส่วนช่วยในการสนับสนุนโครงการ ช่วยคัดเลือกและส่งสมาชิกไปร่วมทีม สื่อสารความรู้ที่ได้ให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องและพนักงานในหน่วยงานทราบ

3. ขั้นตอนการดำเนินงานซิกซ์ ซิกม่า

เมื่อฝ่ายบริหารองค์กรได้ทำการตัดสินใจอย่างจริงจังและดำเนินนโยบายตามวิธีการซิกซ์ ซิกม่า ก็จะทำการฝึกอบรมฝ่ายบริหารให้เข้าใจวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเป็น Champion ให้กับแต่ละโครงการ ทำการกำหนดบุคลากรที่มีความเหมาะสมเพื่อมาเป็น Black belt โดยมีการกำหนดนโยบายและเริ่มดำเนินการของฝ่ายบริหาร ตลอดไปจนถึงการเริ่มการกระจายนโยบายไปสู่การปฏิบัติ Black belt ที่ผ่านการอบรมแล้วจะร่วมกับ Champion เพื่อทำการเลือกปัญหา กำหนดคณะทำงาน และเริ่มดำเนินงานตามขั้นตอน DMAIC ดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดปัญหา (Define phase)

ในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการศึกษาความต้องการของลูกค้า อาจได้จากการสำรวจความต้องการหรือข้อมูลร้องเรียนโดย Black belt และ Champion จะร่วมกันนำความต้องการของลูกค้ามากระจายเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของกระบวนการ ปัญหาที่เกิดจากคุณภาพต่าง ๆ ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า รวมถึงปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในหน่วยงานปกติ ก็จะถูกจัดเรียงลำดับความสำคัญ และถูกเลือกให้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง เมื่อ Black belt และ Champion สามารถกำหนดโครงการได้แล้วก็ร่วมกันกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน และคณะทำงานต่อไป

สิ่งสำคัญที่ได้จากขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วย หัวข้อโครงการ รายละเอียดของปัญหา ขอบเขตของการดำเนินงาน เป้าหมายโครงงาน แผนการดำเนินงาน คณะทำงานและหน้าที่ความรับผิดชอบต่าง ๆ ของผู้มีส่วนร่วมโครงการ

3.2 การวัด (Measure phase)

ขั้นตอนนี้ Black belt และคณะทำงานจะร่วมกันกำหนดแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ ทำการศึกษากระบวนการโดยละเอียด กำหนดปัญหาหรือปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการ หรือตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (Key process output variables: KPOVs.Ys) และปัจจัยนำเข้า (Key process input variables: KPIVs; Xs) หรือสาเหตุต่าง ๆ ของกระบวนการที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหา KPOVs ตามสมการ $y = f(x1,x2,\ldots.xn)$ กำหนดแนวทางในการวัดปัจจัยต่าง ๆ ทำการวิเคราะห์กระบวนการวัด หากผลการวิเคราะห์ระบบการวัดมีการผันแปรมากเกินกว่าที่กำหนด จะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดมีความผันแปรมากเกินกว่าที่กำหนด จะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีเสียก่อน เมื่อยอมรับได้แล้วจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพ

การดำเนินงานในปัจจุบัน กำหนดปัจจัยนำเข้าหรือสาเหตุที่สำคัญ ที่น่าจะส่งผลกระทบต่อระดับคุณภาพของ Output ของกระบวนการ เพื่อจะดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

3.3 การวิเคราะห์ (Analyze phase)

ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าหรือสาเหตุที่สำคัญของกระบวนการ มาทำการวิเคราะห์ผ่านวิธีการทางสถิติ การพิสูจน์สมมติฐานโดยทำการทดลอง (Design of experiment) เพื่อดูว่าปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ก็จะนำไปดำเนินการปรับปรุงในขั้นต่อไป

3.4 การปรับปรุง (Improve phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่าง KPOVS กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อ KPOV นั้น ๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ระดับ KPOVS ที่ดีที่สุด

สิ่งสำคัญที่จะได้รับจากขั้นตอนนี้ คือ แนวทางการปรับปรุงกระบวนการที่ดีที่สุด กระบวนการที่ได้รับการปรับปรุงจนเหมาะสม และปัจจัยสำหรับการดำเนินการควบคุม

3.5 การควบคุม (Control phase)

เมื่อทำการปรับปรุงกระบวนการแล้วนำข้อมูลที่ได้จัดทำเป็นแผนภูมิควบคุม (Control chart) ทำการควบคุมกระบวนการตรวจสอบตรวจติดตามอย่างต่อเนื่องและทำการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิต เปรียบเทียบกับเป้าหมายในตอนแรก ถ้าหากยังไม่ได้ตามเป้าหมายก็จะต้องย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนก่อนหน้านี้อีกครั้ง นอกจากนี้แล้ว จะต้องมีการประเมินผลการดำเนินงานโดยวัดจากระดับคุณภาพที่เปลี่ยนไปและประเมินความสามารถในการลดต้นทุน หรือความพึงพอใจของลูกค้าที่เปลี่ยนไปหลังจากการปรับปรุงกระบวนการ สิ่งสำคัญที่ได้รับจากขั้นตอนนี้ คือ การควบคุมกระบวนการด้วย Control chart การทำแผนการควบคุมกระบวนการ ข้อมูลที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการที่จะนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการต่อไป

4. เครื่องมือสำหรับวิธีการซิกซ์ ซิกม่า

เครื่องมือหลักสำหรับวีการ ซิกซ์ ซิกม่า นั้นประกอบด้วย เครื่องมือทางสถิติต่าง ๆ และเครื่องมือทางคุณภาพ (Quality tools) เป็นหลัก นอกจากนั้นยังมีเทคนิคพิเศษอีกหลายอย่างในการช่วยสร้างความสะดวกในการดำเนินงาน ซึ่งจะกล่าวถึงเครื่องมือที่นิยมใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 การกำหนดปัญหา (Define phase)

4.1.1 Process mapping

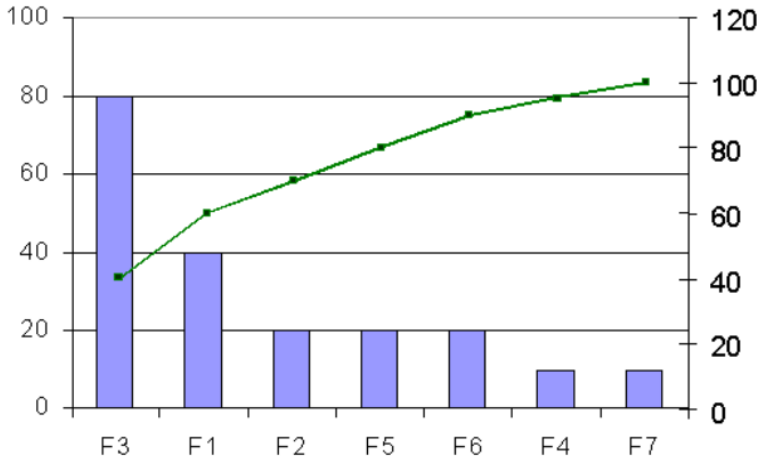
Process mapping เป็นการนำเสนอกระบวนการเป็นรูปภาพแสดงลำดับปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์ ของแผนภาพการไหล (Flow chart) การเขียน Process map จะช่วยให้เรามองเห็นภาพของกระบวนการได้ชัดเจนมากขึ้น

4.1.2 แผนภาพพาเรโต (Pareto chart)

แผนภาพพาเรโต เป็นกราฟแท่งซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับปริมาณ โดยสาเหตุอาจเป็นชนิดของข้อบกพร่อง หรือตำแหน่งของข้อบกพร่อง ส่วนปริมาณอาจเป็นมูลค่า ความถี่ จำนวน ปริมาตร ฯลฯ แผนภาพพาเรโต ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ แกนตั้งซ้ายมือเป็นแกนแสดงปริมาณ แกนตั้งขวามือเป็นแกนแสดงเปอร์เซ็นต์สะสมตั้งแต่แรกไปจนถึงแท่งสุดท้าย แกนนอนแสดงสาเหตุ ชนิด ฯลฯ

ดร.โจเซฟ จูราน ผู้ซึ่งค้นพบหลักการของพาเรโตได้กล่าวไว้ว่า ถ้าข้อมูลอยู่ในสภาวะเสถียรภาพแล้ว ข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีเพียงเล็กน้อย (Vital few) ในขณะที่ข้อมูลที่เหลืออีกจำนวนมากจะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (Trivial many) ลักษณะของข้อมูลที่มีความสำคัญมาก (ประมาณ 80% ของตัวความสำคัญทั้งหมด) และจะมาจากข้อมูลเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 20% ของประเภทของข้อมูลทั้งหมด) เรียกกฎสำหรับหลักพาเรโตนี้ว่า “กฎ 80-20”

แผนภาพพาเรโตยังแสดงให้ทราบถึงความมีเสถียรภาพหรือไม่ของข้อมูลที่พิจารณา โดยมีข้อกำหนด คือ ถ้าตัวแบบของข้อมูลเป็นไปตามหลักการพาเรโตแล้ว แสดงว่าข้อมูลนั้นอยู่ในสภาวะเสถียรภาพและสามารถคาดการณ์ได้ แต่ถ้าหากตัวแบบของข้อมูลได้เป็นไปตามหลักการของพาเรโตแล้ว แสดงว่า ข้อมูลไร้เสถียรภาพอันเนื่องมาจากการเก็บข้อมูลหรือกระบวนการยังไม่ได้มาตรฐานไร้ความเสถียรภาพ



ภาพที่ 2-2 แผนภาพพาเรโต

4.1.3 กราฟวงกลม (Pie chart)

กราฟวงกลมเป็นการแสดงข้อมูลในรูปวงกลม โดยการเป็นส่วนย่อย ๆ ตามสัดส่วนของข้อมูลโดยให้เนื้อหาในวงกลม 360 องศา คิดเป็น 100% แล้วเปรียบเทียบสัดส่วนเป็นองศา

4.2 การวัด (Measure phase)

4.2.1 แผนภาพก้างปลา (Cause and effects diagram)

แผนภาพก้างปลา เป็นแผนภาพที่มีประโยชน์มากสำหรับการนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลสำหรับประเด็นปัญหาที่พิจารณาโดยแผนภาพนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดนศาสตราจารย์โอรุอิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียวเมื่อ ค.ศ. 1943 โดยครั้งแรกนั้น ดร.อิชิกาว่า ได้ใช้แผนภาพนี้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพในการผลิตวิศวกรจาก บริษัท คาวาซากิสตีสเวิร์ค จำกัด สำหรับมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) ได้นิยามความหมายของแผนภาพก้างปลาไว้ว่าเป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่งกับสาเหตุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง แผนภาพก้างปลาที่นำมาใช้ในซิกซ์ ซิกม่า จะเป็นแผนภาพก้างปลาการกำหนดรายการของสาเหตุ โดยแผนภาพก้างปลานี้จะมุ่งไปสู่สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาซึ่งทำให้ทราบสาเหตุต่าง ๆ ทั้งหมดและทำการพิสูจน์หาสาเหตุต่าง ๆ ได้ค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสีย คือ มีความยากในการสร้างค่อนข้างมากเพราะนอกจากจะต้องพยายามระดมสมองหาสาเหตุที่คาดว่าจะเป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว ยังจำเป็นต้องมีการทบทวนอยู่เสมอด้วย เพื่อให้มั่นใจว่าสาเหตุหลัก ๆ มิได้ตกหล่นไปจากการพิจารณาในการสร้างแผนภาพก้างปลา จะมีลำดับขั้นตอน คือ

4.2.1.1 ให้ทำการนิยามปัญหาให้ชัดเจน หมายถึง การนิยามปัญหาให้อยู่ในรูปปริมาณมิใช่อยู่ในรูปเชิงคุณภาพ โดยควรจะมีการอภิปรายในกลุ่มให้เข้าใจกันก่อนการระดมสมองจะเริ่มขึ้น

4.2.1.2 ให้ทำการระดมสมองจากทีมโดยผ่านวิธีการใช้การ์ด ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นว่าสมาชิกแต่ละคนจะต้องออกความคิดเห็นกี่ข้อ แล้วให้เขียนความคิดเห็นลงบนบอร์ดที่เตรียมไว้แผ่นละหนึ่งข้อ

4.2.1.3 เมื่อได้ดำเนินการระดมสมองจากทีมได้ครบถ้วนแล้ว จะต้องทำการกำหนดแนวความคิดของการจำแนกสาเหตุ โดยใช้หลักการ 4M คือ คน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการ

4.2.1.4 ให้นำแผ่นกระดาษที่ผ่านการระดมสมองมาแล้วมาจัดกลุ่มแนวความคิดตามสาเหตุที่ได้กำหนดไว้ทั้งนี้ในช่วงแรกอาจจะทำบนแผ่นกระดานดำก็ได้ โดยการจัดกลุ่มความคิดในช่วงนี้ยังไม่ต้องเขียนลงไปเพราะว่ายังไม่ทราบสาเหตุทั้งหมดว่ามีอะไรบ้าง

4.2.1.5 นำแผ่นกระดาษที่ผ่านการระดมสมองมาจัดทำแผนภาพก้างปลาและทำการตรวจสอบอีกครั้งว่าความเป็นสาเหตุและผลซึ่งกันและกันมีความถูกต้องหรือไม่และการจัดกลุ่มของสาเหตุถูกต้องหรือไม่

4.2.1.6 ดำเนินการทบทวนข้อความของสาเหตุรากเหง้าหรือสาเหตุเบื้องต้นที่ระบุในแผนภาพก้างปลาด้วยพิจารณาจำแนกสาเหตุต่าง ๆ ในแผนภาพก้างปลาให้เห็นสาเหตุที่ควบคุมได้และสาเหตุที่ควบคุมไม่ได้

4.2.2 แผนภาพเมทริกซ์ (Cause and effects matrix)

Bossert (1991) ได้ให้นิยามสำหรับแผนภาพเมทริกซ์ คือ เป็นแผนภาพที่แสดงถึงการจัดองค์กรของกลุ่มขนาดใหญ่ของคุณลักษณะ (Characteristics) หรือหน้าที่หรืองานโดยอาศัยความสัมพันธ์กันแบบมีเหตุมีผลในรูปแบบของกราฟ นอกจากนี้แล้วยังอาจจะใช้แสดงถึงความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่พิจารณาได้ด้วยแผนภาพเมทริกซ์ที่ใช้มีหลายแบบแต่ที่นำมาใช้กับวิธีซิกซ์ ซิกม่า จะเป็นรูปแบบทรงตัวอักษร L

4.2.3 การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับ

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2548) ได้กล่าวว่า วัตถุต่าง ๆ ล้วนแล้วแต่มีค่าคงที่ของคุณสมบัติเฉพาะต่าง ๆ ค่าหนึ่งซึ่งถือว่าเป็น ค่าจริง ของวัตถุตามคุณสมบัติเฉพาะนั้น ๆโดยการวัดจะเป็นการกำหนดค่าคงที่เป็นตัวเลขให้กับคุณสมบัติเฉพาะเหล่านั้นในกระบวนการวัด หรือระบบการวัด จะมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด สิ่งที่ได้รับจากการวัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด แต่เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้จะมีความไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้เกิดความผันแปรจากระบบการวัดขึ้น ซึ่งความผันแปรนี้มีอยู่ด้วยกันสองลักษณะ คือ ความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุธรรมชาติ (Common cause of variation) ซึ่งความผันแปรจะอยู่ในเสถียรภาพที่สามารถทำนายได้ แต่ความผันแปรอีกลักษณะหนึ่ง คือ ความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุแห่งความผิดพลาด (Special cause of variation) ความผันแปรนี้จะไม่เสถียร และไม่สามารถทำนายได้ ในการวัดเพื่อการประกันคุณภาพจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับสาเหตุแห่งความผิดพลาดแล้วทำการกำจัดทิ้ง ควบคู่ไปกับการพยายามลดสาเหตุธรรมชาติแห่งความผันแปรอย่างต่อเนื่อง

จากความคลาดเคลื่อนของค่าวัดที่มีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้และไม่สามารถกำจัดได้จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการกำจัดปริมาณที่สามารถควบคุมได้ก่อน อันได้แก่

ความคลาดเคลื่อนจากความผิดซึ่งเป็นสาเหตุมาจากความผิดพลาด เช่น การขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือวัด ซึ่งสามารถกำจัดได้ด้วยการกำหนดขั้นตอน และวิธีการวัดที่แน่นอน การฝึกอบรมพนักงานวัด การทำมาตรฐานของสิ่งที่ได้รับการวัด เป็นต้น เมื่อดำเนินการทำให้ระบบการวัดเป็นมาตรฐานแล้ว ก็จะดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือเพื่อกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หลังจากนั้นจะมีการลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มซึ่งมีสาเหตุมาจากธรรมชาติต่าง ๆ ด้วยการประเมินถึงแหล่งความผันแปรต่าง ๆ ทั้งจากเครื่องมือวัด พนักงานวัด ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการวัด การวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดเพื่อแยกแยะแหล่งความผันแปรต่าง ๆ และการดำเนินการปรับปรุงในการวิเคราะห์จะสนใจในการวิเคราะห์ความถูกต้องและการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด แล้วพยายามปรับให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งความแม่นยำของระบบการวัดจะประกอบด้วย

4.2.3.1 ความสามารถในการวัดซ้ำหรือรีพีทอะบิลิตี้ (Repeatability) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

4.2.3.2 ความสามารถในการทำเหมือน หรือ รีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับ จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจจับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือ ผ่านและไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร โดยมีเกณฑ์ในการยอมรับวัดจากค่าประสิทธิผลของการตรวจสอบดังต่อไปนี้

< 10% error สามารถยอมรับความสามารถระบบการวัดได้

10 ถึง 30% error อาจจะยอมรับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งที่ประยุกต์ใช้

> 30% error ไม่สามารถยอมรับความสามารถระบบการวัดได้ มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ระบบถึงสาเหตุความผันแปร แล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

หมายเหตุ เกณฑ์ในการยอมรับ อ้างอิงจากการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)

ในการศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีการประเมินผลในระยะสั้น (Short method) และวิธีการประเมินผลในระยะยาว (Long method) โดยแนวความคิดของวิธีการประเมินผลในระยะสั้นจะอาศัยการจำแนกชิ้นสิ่งของตัวอย่างงานที่มีลักษณะดี ไม่ดีและก้ำกึ่ง (Marginal) ในจำนวนที่เหมาะสมแล้วให้พนักงานที่สุ่มมาหรือกำหนดไว้ล่วงหน้าทำการตรวจสอบเพื่อจำแนกผลการตรวจสอบผ่านและไม่ผ่าน จากนั้นจะพิจารณาว่าผลการตรวจสอบซ้ำมีคุณภาพตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างงานหรือไม่

ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบ่งบอกถึง “ความถูกต้อง” ในการตรวจสอบ โดยจะแบ่งลักษณะความถูกต้องนี้ออกเป็น “ความลำเอียงของลูกค้า” ที่จะหมายถึง การที่พนักงานตรวจสอบมีแนวโน้มจะตรวจสอบแล้ว สรุปผลว่า “ไม่ผ่าน” สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดี และ “ความลำเอียงของลูกค้า” ที่หมายถึง การที่พนักงานตรวจสอบมีแนวโน้มจะตรวจสอบแล้วสรุปผลว่า “ผ่าน” สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ดี นอกจากนี้ยังให้ความในใจต่อความสามารถในการตรวจสอบซ้ำของพนักงานตรวจสอบ ซึ่งโดยปกติจะทำการประเมินผลออกมาในรูปของ ความมีประสิทธิผลของการตรวจสอบ ที่หมายถึง ความสามารถของระบบการวัด หรือการแยกแยะงานไม่ดีออกจากงานไม่ดี

สำหรับแนวคิดในการประเมินผลระยะยาวนั้นจะอาศัยกราฟแสดงสมรรถนะของระบบวัด (Gauge performance curve: GPC) ที่แสดงถึงโอกาสในการตรวจสอบแล้ว “ยอมรับ” คุณภาพของสิ่งตัวอย่างงานที่แต่ละค่าของสิ่งตัวอย่างงานที่มีการกำหนดในรูป “ค่าอ้างอิง” เพื่อพิจารณาค่าไบอัส และค่ารีพีทอะบิลิตี้ โดยค่าไบอัสจะทำการตัดสินใจว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากศูนย์ คือ ไม่ไบอัส หรือไม่ โดยอาศัยตัวสถิติสำหรับทดสอบ t โดย

$$t = \frac{31.3 \square |\text{ค่าไบอัส}|}{\text{ค่ารีพีททะบิลิตี้}}$$

สำหรับค่ารีพีทอะบิลิตี้จะพิจารณาได้จากค่าความแตกต่างของค่าอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้ว “ยอมรับ” (Pa) 0.995 กับค่าวัดอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้ว “ยอมรับ” (Pa) 0.005 แล้วหารด้วยตัวประกอบเพื่อการปรับค่า (Adjustment factor) 1.08 กล่าวคือ

$$\text{รีพีททะบิลิตี้} = \frac{\text{Xt(atPa=0.995)} - \text{Xt(atPa=0.005)}}{1.08}$$

โดยการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับค่าไบอัสและค่ารีพีททิลิตี้ของระบบการวัดแบบประเมินผลระยะยาวนี้ จะต้องอาศัยทฤษฎีการตัดสินใจเกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐาน

ในการประเมินผลกระบวนการวัดหรือกระบวนการตรวจสอบในระยะสั้น (GR&R-Gauge Repeatability & Reproducibility) จะมีกระบวนการวิธีในการประเมินผลดังนี้

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 10-30 ชิ้น โดยพยายามให้สิ่งตัวอย่างงานดังกล่าวประกอบด้วย สิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพที่ดี สิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพไม่ดีและสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่งหรือ มาร์จินัล ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

2. ทำการเลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบงานมา 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบ และได้ผ่านาการฝึกอบรมมาอย่างดีและผ่านการสอบประเมินผลแล้ว (โดยเฉพาะการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึก เช่น กลิ่น รสชาติ สี ฯลฯ)

3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างงานอย่างสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพงานว่า “ผ่าน” หรือ “ไม่ผ่าน” พร้อมบันทึกผลลงในตารางทดสอบ และในการประเมินผลของพนักงานแต่ละคนนี้มีความจำเป็นจะต้องทำการตรวจสอบ “ซ้ำ” อย่างน้อยชิ้นละ 2-3 ครั้ง

4. ทำการเลือกพนักงานคนที่สองแล้วดำเนินการตรวจสอบอย่างสุ่มเหมือนคนที่หนึ่งและทำการตรวจสอบซ้ำ 2 ครั้ง และทำเช่นนี้กับพนักงานคนอื่น ๆ อีกจนครบทุกคนตามที่ได้วางแผนไว้

5. ทำการประเมินผลด้วยดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

$$\%\ \text{รีพีททะบิลิตี้ ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ทำการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

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

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

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้านไบอัส ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

6. ดำเนินการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้จากดัชนีตามสมการโดยที่ว่าถ้า % รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ (%Appraiser score) มีคะแนนต่ำกว่า 100% แล้วมีความจำเป็นต้องทำการฝึกอบรมพนักงานรวมทั้งมีการประเมินผลพนักงานใหม่ เพื่อปรับปรุงให้รีพีททะบิลิตี้ดีขึ้น แต่ถ้าหาก % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% Appraiser score) มีค่าต่ำกว่า 100% แล้ว มีความจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเสียใหม่ หรือมิฉะนั้นก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ

สำหรับ % ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ (% Screen effectiveness score) และ % ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute screen effectiveness score) มีค่าต่ำกว่า 100% แล้วก็มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้นแล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้องเพื่อให้ดัชนีทั้งสองมีค่าเท่ากัน

4.3 การวิเคราะห์ (Analyze phase)

4.3.1 การทดสอบสมมติฐาน

ในการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ในวิธีการ σ ซิกม่า จะต้องอาศัยการตั้งสมมติฐานให้กับปัญหาต่าง ๆ ซึ่งสมมติฐาน คือ ข้อสมมติฐาน หรือข้อความที่เกี่ยวข้องกับประชากรชุดเดียว

หรือมากกว่า ซึ่งอาจจะเป็นจริงหรือไม่ก็ได้ แล้วอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทำการทดสอบสมมติฐานนั้น ๆ

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2548) ได้กล่าวไว้ว่า สมมติฐานที่สร้างขึ้นด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ เรียกว่า สมมติฐานหลัก (Null hypothesis) จะเขียนแทนด้วย Ho การปฏิเสธ Ho ทำให้ยอมรับสมมติฐานอื่น (Alternative hypothesis) เขียนแทนด้วย Ha ในการตัดสินใจจากผลการทดสอบ สมมติฐานเชิงสถิติอาจจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ คือ เมื่อเราปฏิเสธ Ho โดยที่ Ho เป็นจริง การตัดสินใจดังกล่าวเป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 2 ซึ่งโอกาสในการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 และ 2 เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ α และ β ตามลำดับ

การตั้งสมมติฐานจะเป็นการตั้งด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ ดังนั้นในการทำการทดสอบสมมติฐานย่อมมีความเสี่ยงที่จะเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 หากเราจะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ในทางปฏิบัติจะเริ่มจากการตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ดำเนินการสุ่มตัวอย่าง แล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหาความเชื่อมั่นที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น การตั้งสมมติฐานสองปัจจัยในกระบวนการไม่มีความแตกต่างกัน ก็จะดำเนินการสุ่มตัวอย่างจากสองปัจจัยนั้นซึ่งส่งผลถึงปัญหา แล้วนำมาเปรียบเทียบการกระจายตัวทางสถิติ หากพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญก็จะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วยอมรับสมมติฐานอีกอันหนึ่ง ซึ่งในที่นี้ หมายถึง ทั้ง 2 ปัจจัยมีความแตกต่างกัน

ในทางปฏิบัติ เมื่อตั้งสมมติฐานได้แล้ว ถ้าหากมีจำนวนปัจจัยไม่มากก็อาจทำการทดสอบสมมติฐานแบบพื้นฐานได้ แต่ถ้าหากมีหลายปัจจัยก็อาจจะออกแบบการทดลองตามความเหมาะสมโดยอาศัยหลักการของการออกแบบทดลอง (Design of experiments: DOE) หรือจากข้อมูลปกติตามความเหมาะสม ทำการทดลองเก็บข้อมูลแล้วใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลซึ่งจะมีวิธีการแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบข้อมูลและวิธีการทดลอง ในทางปฏิบัติสามารถใช้โปรแกรมคำนวณทางสถิติช่วย ซึ่งสามารถคำนวณค่า P-Value (Probability value) ที่สัมพันธ์โดยตรงกับ α ซึ่งหมายถึงโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดหากทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งเมื่อเราให้ค่า $\alpha = 0.05$ หรือ 5% หรือมีโอกาสผิดพลาดได้ 1 ใน 20 ของการตัดสินใจ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานนั้น หากพบว่าค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 คือ มีโอกาสที่การปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากกว่า 0.05 ก็จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก และต้องยอมรับสมมติฐานหลักนั้น แต่ถ้าหากค่า P น้อยกว่า 0.05 ก็จะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น แล้วยอมรับสมมติฐานรอง

4.3.2 การออกแบบการทดลอง

หลักการพื้นฐาน วิธีการออกแบบการทดลองในเชิงสถิติเป็นสิ่งจำเป็นถ้าเราต้องการหาข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่เรามีอยู่ และถ้ายิ่งปัญหาที่สนใจนั้นเกี่ยวข้องกับความผิดพลาด (Experiment error) วิธีการทางสถิติเป็นวิธีการเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญ 2 ประการ สำหรับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผลการทดลอง คือ การออกแบบผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งศาสตร์ทั้งสองมีความเกี่ยวข้องกันอย่างมาก หลักการพื้นฐาน 3 ประการ คือ เรพลิเคชั่น (Replication) แรนดอมไมเซชั่น (Randomization) และบล็อกกิง (Blocking)

ขั้นตอนการทดลอง

4.3.2.1 กำหนดประเด็นหรือทางเลือกที่จะทำการทดลอง

4.3.2.2 สำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

4.3.2.3 กำหนดสิ่งที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจนว่าต้องการทราบหรือหาคำตอบเรื่องใดบ้าง

4.3.2.4 คาดเดาคำตอบหรือสมมติฐานไว้ล่วงหน้า โดยอาศัยสิ่งที่ศึกษามาแล้วหรืออ้างอิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.3.2.5 กำหนดแผนการทดลอง

4.3.2.6 ระบุตัวแปรที่จะใช้ในการทดลอง

4.3.2.7 เลือกแบบการทดลอง

4.3.2.8 เลือกกลุ่มตัวอย่าง

4.3.2.9 กำหนดเครื่องมือทางสถิติที่ใช้

4.3.2.10 ดำเนินการทดลอง

4.3.2.11 วิเคราะห์และทดสอบสมมติฐาน

4.3.2.12 สรุปผลการทดลอง

4.3.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)

ANOVA เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีจำนวนประชากรมากกว่า 2 ชุด แนวความคิดเกี่ยวกับ ANOVA คือ ให้หาค่าความแตกต่างของข้อมูลทั้งหมดในรูปค่าความแปรปรวนแล้วพิจารณาว่าผลเป็นประการใด ถ้าค่าความแปรปรวนเป็นศูนย์แสดงว่าปัจจัยที่ได้รับการควบคุมไม่มีผลต่อค่าปัจจัย ถ้าหากว่า

ความแปรปรวนมิได้เป็นศูนย์แล้ว เป็นไปได้ที่ผลมาจากปัจจัยที่ได้รับการควบคุมและหาสาเหตุที่มิได้รับการควบคุม หลักการสำหรับ ANOVA คือ เป็นการหาความแปรปรวนโดยรวม แล้วแยกออกเป็นความแปรปรวนเนื่องจากทรีตเมนต์และความแปรปรวนเนื่องจากสาเหตุที่ไม่ได้รับการควบคุม ซึ่งหมายถึง รีพีททะบิลิตี้ แล้วพิจารณาเทอมความแปรปรวนเนื่องจากทรีตเมนท์ว่ามีปริมาณมากหรือไม่เมื่อเทียบกับผลจากสาเหตุที่ไม่ควบคุมได้ในระหว่างเงื่อนไขการทดลอง หรือ รีโปรดิวซิบิลิตี้

4.4 การปรับปรุง (Improve phase)

ทำการทดลองโดยใช้วิธีการทดลองแบบปัจจัยเดียว (Single factor experiment) และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการปรับปรุง โดยการเลือกจากระดับของปัจจัยที่เหมาะสมมาดำเนินการปรับปรุง ทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบวัดผลก่อนการปรับปรุงและหลักการปรับปรุง นำผลการวัดที่บรรลุเป้าหมายไปดำเนินการควบคุมต่อไป

4.5 การควบคุม (Control phase)

4.5.1 การควบคุมกระบวนการด้วยแผนภูมิควบคุม P-Chart ตรวจติดตามสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

5. การวางแผนคุณภาพ การควบคุมและการปรับปรุงคุณภาพ

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2548) ได้กล่าวถึงในปี ค.ศ.1986 ซึ่งจูราน (J.M. Juran)ได้เสนอแนวความคิดทางการบริหารองค์กร หรือเรียกว่า การบริหารคุณภาพแบบเบ็ดเสร็จ (Total quality management) เป็นแนวทางการบริหารยุคใหม่ ซึ่งมีแนวสำคัญ คือ สร้างแนวความคิดด้านคุณภาพที่เหมาะสมกับบุคลากรในทุก ๆ หน้าที่ ในทุกลำดับขั้นตามสายบังคับบัญชาขององค์กรตลอดจนทุก ๆ สายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ โดย “ไตรศาสตร์ด้านคุณภาพของจูราน” นั้น ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางถึงแนวการบริหารคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ กิจกรรมหลักของไตรศาสตร์ด้านคุณภาพของจูราน ซึ่งมีความสำคัญต่อแนวความคิดในการบริหาร และการจัดการด้านคุณภาพประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

5.1 การวางแผนคุณภาพ (Quality planning: QP)

โดยทั่วไป “การวางแผน (Planning)” หมายถึง การกำหนดไว้ซึ่งเป้าหมาย (Goal) และวิธีการ (ภายใต้ทรัพยากรที่มีจำกัด) ในอันที่จะทำให้เกิดความมั่นใจว่าผลจากวิธีการที่กำหนดไว้บรรลุเป้าหมาย

ดังนั้น การวางแผนคุณภาพ จึงหมายถึง การกำหนดไว้ซึ่งเป้าหมายที่จะบรรลุความคาดหมายของลูกค้าที่กำหนด แล้วทำการจัดสรรทรัพยากรที่มีจำกัดต่อวิธีการที่จะทำให้เกิด

ความมั่นใจว่าผลจากวิธีการดังกล่าวทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจ ขั้นตอนทั่วไปของการวางแผนคุณภาพ ประกอบด้วย

5.1.1 การชี้บ่งลูกค้า ซึ่งโดยปกติแล้วจะหมายถึงลูกค้าภายนอก

5.1.2 พิจารณาถึงความต้องการของลูกค้า โดยประเมินจากผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะตอบสนองความจำเป็น (Need) ของลูกค้า และความคาดหมาย

5.1.3 กำหนดคุณภาพในการออกแบบ หรือลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยผ่านการแปรความต้องการของลูกค้า (อาจเรียกกระบวนการนี้ว่า การแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ (Quality function deployment: QFD)

5.1.4 การกำหนดเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะได้มาจากนโยบายของผู้บริหาร และเป้าหมายด้านคุณภาพ (Quality target) ประกอบกับคุณภาพในการออกแบบตามขั้นตอนที่ 3

5.1.5 ทำการออกแบบและพัฒนากระบวนการ (กำหนดวิธีการภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด) ที่จะทำให้คุณลักษณะที่เกิดขึ้นจริงของผลิตภัณฑ์บรรลุตามเป้าหมายของผลิตภัณฑ์

การวางแผนคุณภาพนี้ถึงเป็นกระบวนการต้นน้ำ (Upstream process) ของกระบวนการบริหารคุณภาพ ดังนั้น ถ้าหากการวางแผนคุณภาพได้รับการดำเนินการอย่างไม่สมบูรณ์ จะทำให้เป็นสาเหตุสำคัญของความไม่มีคุณภาพด้านความถูกต้องในการผลิต หรือความไร้ประสิทธิภาพด้านคุณภาพ (Quality deficiencies) นอกจากนี้จะพบว่ามาตรการต่าง ๆ ในการปรับปรุงคุณภาพ มักจะเป็นการวางแผนใหม่ (Replanning) เกี่ยวกับคุณภาพเสมอ

5.2 การควบคุมคุณภาพ (Quality control: QC)

โดยทั่วไป “การควบคุม” (Controlling) หมายถึง การรักษาไว้ซึ่งเป้าหมายโดยประกอบด้วยการเฝ้าพินิจ (Monitoring) ผลการดำเนินงานเพื่อนิยามปัญหาแล้วดำเนินการด้านการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหาเพื่อจะแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ดังนั้นการควบคุมคุณภาพ จึงมีความหมายว่าเป็นการเฝ้าพินิจผลจากกระบวนการเพื่อเปรียบเทียบกับความคาดหมายของลูกค้า ถ้าหากพบว่าผลการดำเนินการตามกระบวนการมิได้เป็นไปตามคาดหมายที่ส่งผลให้ลูกค้าเกิดความไม่พอใจแล้ว จะต้องค้นหาสาเหตุของความไม่พอใจดังกล่าวเพื่อจะแก้ไขให้ถูกต้อง

ขั้นตอนทั่วไปในการควบคุมคุณภาพ ประกอบด้วย

5.2.1 การเลือก “หัวข้อควบคุม” เพื่อจะได้ทราบถึงประเด็นที่จะควบคุม ซึ่งจะหมายถึง ความคาดหมายของลูกค้า และโดยแนวทางการบริหารแบบเบ็ดเสร็จ จะพิจารณาจากความคาดหมายของลูกค้าภายใน ที่จะได้มาจากการแปรเปลี่ยน “จุดควบคุม (Control unit)” ที่หมายความถึง ความคาดหมายของลูกค้า ในผลลัพธ์ให้เป็น “ประเด็นควบคุม (Control items)”

ที่หมายถึง จุดควบคุมในกระบวนการต่าง ๆ

5.2.1.1 การเลือกหน่วยที่ใช้วัดหรือประเมินหัวข้อควบคุมดังกล่าว

5.2.1.2 จัดทำระบบการวัดหรือประเมินผล

5.2.1.3 จัดทำมาตรฐานของตัววัดผลงาน หรือมาตรฐานของสมรรถนะ (Standard of performance)

5.2.1.4 ทำการวัด หรือประเมินผลงาน หรือสมรรถนะที่เกิดขึ้นจริง (Actual performance) แล้วเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสมรรถนะ

5.2.1.5 ในกรณีที่มีความแตกต่างระหว่างสมรรถนะที่เกิดขึ้นจริงกับมาตรฐานของสมรรถนะ จะถือว่าเป็น “ปัญหาด้านคุณภาพ”

5.2.1.6 ให้วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้านคุณภาพ เพื่อกำจัดทิ้งไปต่อไป

5.3 การปรับปรุงคุณภาพ (Quality improvement: QI)

โดยทั่วไป “การปรับปรุง (Improvement)” หมายถึง การยกระดับเป้าหมายให้สูงขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปจะได้มาจากการทบทวนผลการปฏิบัติงานเดิม แล้วดำเนินการวางแผนใหม่และการควบคุมใหม่ (Re-control) เพื่อให้ผลงานเป็นไปตามเป้าหมายใหม่ที่กำหนด

ดังนั้น การปรับปรุงคุณภาพจึงมีความหมายเท่ากับการคาดการณ์ความคาดหมาย “ใหม่” ของลูกค้าสำหรับผลิตภัณฑ์เดิม หรือการค้นหา “ความจำเป็น” ของลูกค้าสำหรับการพิจารณาผลิตภัณฑ์ใหม่ แล้วทำการวางแผนใหม่ ตลอดจนการควบคุม “รักษา” สภาพเดิมให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด แต่ “การปรับปรุงคุณภาพ” เป็นการ “ทำลาย” สภาพเดิมและสร้างระบบใหม่ขึ้นมาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายใหม่ของคุณภาพ

ขั้นตอนทั่วไปของการปรับปรุงคุณภาพ ประกอบด้วย

5.3.1.1 การชี้บ่งโครงการเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ โดยทั่วไปแล้วจะได้มาจากการสำรวจความจำเป็นของลูกค้าภายนอก

5.3.1.2 การจัดคณะทำงานเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ (Quality improvement team: QIT) ที่โดยทั่วไปจะกำหนดให้คณะทำงานประกอบด้วยพนักงานระดับการจัดการขององค์กร และมักเป็นการบริหารแบบข้ามสายงาน (Cross function team: CFT)

5.3.1.3 การวินิจฉัยสาเหตุจากระบบ

5.3.1.4 พัฒนาวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ

5.3.1.5 ทดสอบถึงความมีประสิทธิภาพของวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ

5.2.1.6 ทำการประเมินถึงแรงต่อต้านต่อการเปลี่ยนแปลง ที่โดยทั่วไปประกอบด้วยแรงต่อต้าน 2 ประการ คือ แรงต่อต้านทางสังคม (Social resistance) และแรงต่อต้านทางเทคโนโลยี (Technological resistance) แล้วหาทางแก้ไขเพื่อเอาชนะแรงต่อต้านดังกล่าว

5.2.1.7 จัดทำระบบควบคุมขึ้นใหม่ และพิจารณาถึงประโยชน์ที่พึงได้รับ

6. เครื่องมือแก้ปัญหา 7 อย่าง (7 QC Tools)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2548) ได้กล่าวถึงชุดเครื่องมือแก้ปัญหา 7 อย่าง ถูกรวบรวมพัฒนาขึ้นมาสำหรับการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาสำหรับกระบวนการแก้ไขปัญหาทางคุณภาพ (QC circle) โดย JUSE ภายใต้หลักการ 2 ประการ คือ การทำให้ง่าย (สำหรับพนักงานปฏิบัติการหน้างานโดยส่วนใหญ่) และมีความสามารถในการประยุกต์ใช้ได้ (กับอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป และองค์กรทั่ว ๆ ไป) แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งนี้ก็มิได้หมายความว่า พนักงานทุกคนจะสามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ง่าย และก็มิได้หมายความว่าชุดเครื่องมือทั้ง 7 อย่าง จะสามารถประยุกต์ใช้ได้กับอุตสาหกรรมทุกประเภท

การควบคุมคุณภาพจำเป็นต้องอาศัยวิธีการทางสถิติเป็นเครื่องมือ โดยเครื่องมือควบคุมคุณภาพเชิงสถิติที่สำคัญมีดังนี้

6.1 ใบรายการตรวจสอบ (Check sheet) เป็นการเก็บข้อมูลอย่างง่ายในรูปแบบตาราง ซึ่งภายในตารางจะระบุขั้นตอนการผลิต และช่องสำหรับใส่เครื่องหมาย เพื่อเก็บจำนวนครั้งของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกต ยกตัวอย่าง เช่น ใบรายการตรวจสอบ ข้อบกพร่องของสินค้าจะรวบรวมความถี่ของข้อบกพร่องแยกตามลักษณะที่พบในแต่ละวันหรือแต่ละเดือน เป็นต้น

6.2 แผนภูมิขั้นตอนการผลิต (Flow process chart) จะแสดงลำดับขั้นตอนการผลิต และความสัมพันธ์ระหว่างจุดงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งจะช่วยให้ผู้วิเคราะห์ทราบว่าปัญหาคุณภาพจากจุดงานใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อจุดงานอื่น เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

6.3 แผนภูมิก้างปลา (Fish bone diagram) บางครั้งเรียกว่า “แผนภูมิอิชิกาวา (Ishikawa chart)” หรือ “แผนภูมิเหตุและผล (Cause and effect diagram)” จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลที่เกิดขึ้น โดยทางขวามือของแกนนอนหรือหัวปลา (Fish head) แสดงผลกระทบหรือปัญหาที่เกิดขึ้น (Effect) ส่วนสาเหตุหลักของปัญหาก็จะแสดงอยู่บนแกนนอนที่มีลักษณะเหมือนก้างปลา (Fish bone) โดยมีสาเหตุย่อยแตกแขนงออกจากสาเหตุหลักต่อไป แผนภูมิก้างปลาช่วยให้ผู้วิเคราะห์มองเห็นสาเหตุที่แท้จริง และแก้ปัญหาได้ถูกต้องตรงจุดมากขึ้น

6.4 แผนภูมิแท่งหรือฮีสโตแกรม (Bar chart or histogram) มีลักษณะเป็นกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับปริมาณของคุณสมบัตินั้น โดยแกนนอนใช้แทนค่าที่

ต้องการวัด และแกนตั้งแทนความถี่ของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาใช้ตรวจสอบการกระจายของข้อมูลว่า มีค่าเกินจากเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่

6.5 แผนภูมิพาเรโต (Pareto chart) เป็นการนำข้อมูลจากฮีสโตแกรมมาพล็อตตามลำดับความถี่ของการเกิดปัญหา โดยเรียงลำดับจากปัญหาที่มีความถี่สูงสุดไปยังความถี่ต่ำสุด แผนภูมิพาเรโตช่วยให้ผู้วิเคราะห์ตัดสินใจเลือกปัญหาที่จะแก้ไขได้ โดยพิจารณาเลือกปัญหาที่มีความถี่สูงสุดเป็นอันดับแรก

6.6 แผนภาพกระจาย (Scatter diagram) เป็นการนำข้อมูลจากแผนภูมิก้างปลามาวิเคราะห์ต่อ โดยสร้างกราฟเพื่อหาว่าปัจจัยใดเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพนั้นจริง เพื่อหาแนวทางแก้ไขต่อไป

6.7 แผนภูมิควบคุม (Control chart) เป็นแผนภูมิที่สามารถชี้วัดได้ว่า เมื่อใดที่กิจการมีปัญหาคุณภาพเกิดขึ้นในระบบการผลิตจริง โดยพิจารณาจากค่าของตัวแปรที่ต้องการควบคุมคุณภาพ ว่าเกิดความผันแปรเกินพิกัด (ขีดจำกัด) ที่กำหนดไว้หรือไม่ และความผันแปรนั้นมีแนวโน้มอย่างไร

7. แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบคุณสมบัติ

แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบคุณสมบัติ (Control chart for attribute) เป็นแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณภาพ กล่าวคือ เป็นการจำแนกผลิตภัณฑ์ออกเป็นประเภท “ดี” หมายถึง ได้มาตรฐาน หรือ “เสีย” หมายถึง ไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งอาจเกิดจากผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องหรือรอยตำหนิ เป็นต้น แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบคุณสมบัติ คือ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart)

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart)

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (Proportion defective control chart: P-Chart) เป็นการตรวจสอบคุณภาพที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย กล่าวคือ เป็นการพิจารณาสัดส่วนของสินค้าที่เสียหรือไม่ได้มาตรฐานว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยเมื่อกำหนดให้ P เป็นสัญลักษณ์แทนสัดส่วนของเสีย ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$P = \frac{x}{n}$$

โดยที่ x หมายถึง จำนวนของเสียจากตัวอย่าง

n หมายถึง ขนาดของตัวอย่าง

และสามารถหาค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของเสีย (P) ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{k} P_i}{k}$$

โดยที่ P หมายถึง สัดส่วนของเสียจากตัวอย่างที่ i

k หมายถึง จำนวนตัวอย่าง

ในกรณีที่แต่ละตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน จะคำนวณค่าเฉลี่ย P ได้ดังนี้

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{k} x_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i}$$

ในกรณีที่แต่ละตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน จะคำนวณค่าเฉลี่ย P ได้ดังนี้

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{k} x_i}{n.k}$$

โดยที่ ni หมายถึง ขนาดตัวอย่างที่ i

สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียได้จากสูตรดังนี้

$$CL_P = \bar{P}$$

$$LCL_P = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

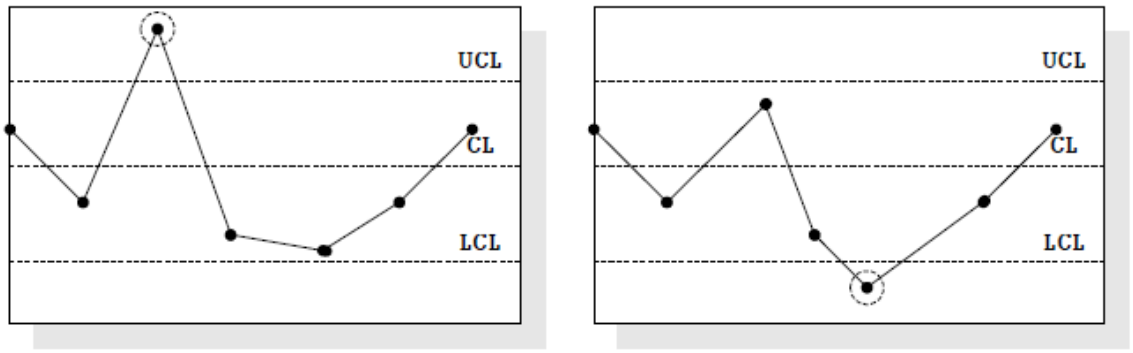
$$UCL_P = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

ในกรณีที่แต่ละตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ค่า n ในสูตรข้างต้นจะต้องเป็นค่าเฉลี่ย

การตีความแผนภูมิควบคุม

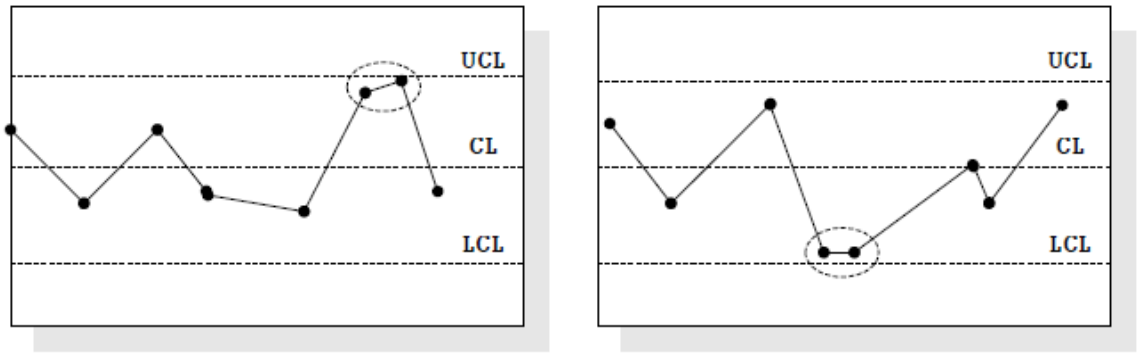
วิธีการสร้างแผนภูมิควบคุม ในที่นี้จะขออธิบายการตีความแผนภูมิควบคุมจากกราฟ เพื่อให้เข้าใจลักษณะกระบวนการผลิตที่ “อยู่เหนือการควบคุม” มากยิ่งขึ้น โดยการพิจารณาว่ากระบวนการผลิตใดไม่ได้อยู่ในการควบคุมนั้น จะพิจารณาจากการกระจายของจุดพิกัดที่มีลักษณะตรงตามกราฟรูปใดรูปหนึ่งต่อไปนี้

1. เมื่อมีจุดพิกัดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมข้างใดข้างหนึ่ง



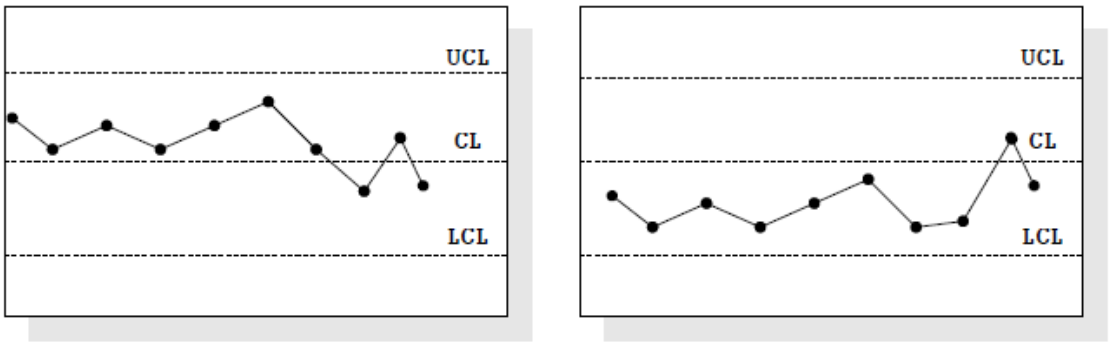
ภาพที่ 2-3 พิกัดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม

2. เมื่อมีจุดพิกัด 2 จุด ติดกันและอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมด้านบนหรือด้านล่าง



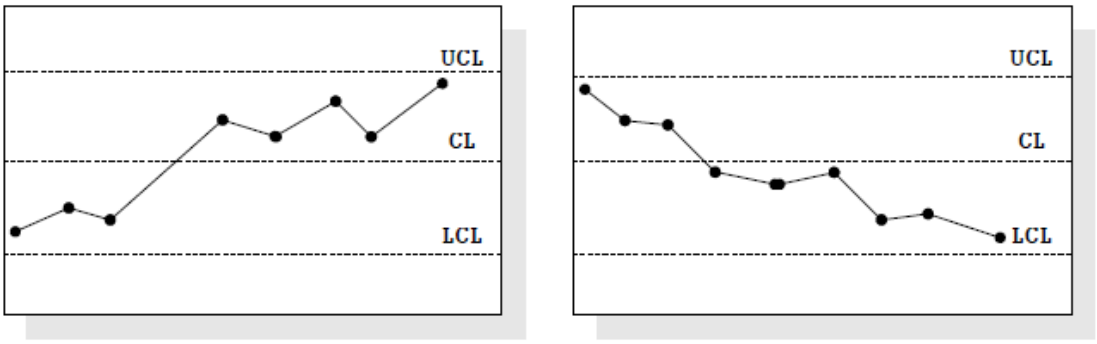
ภาพที่ 2-4 จุดพิกัด 2 จุด ติดกันและอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุม

3. เมื่อมีจุดพิกัดอย่างน้อย 7 จุดติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิ



ภาพที่ 2-5 จุดพิกัดอย่างน้อย 7 จุด ติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่ง

4. เมื่อมีจุดพิกัดแสดงแนวโน้มไปทางด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิ



ภาพที่ 2-6 จุดพิกัดแสดงแนวโน้มไปทางด้านใดด้านหนึ่ง

แผนภูมิควบคุมคุณภาพที่ดีจะมีการกระจายจุดพิกัดบนเส้นค่าเฉลี่ยอย่างสุ่ม กล่าวคือ เป็นการกระจายค่าเฉลี่ยที่สมดุลกันทั้ง 2 ด้าน และมีพิกัดจุดโดยภาพรวมอยู่ใกล้เส้นแกนกลาง (Central line) มากที่สุด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประสงค์ สุขสวัสดิ์ (2554) ได้ทำการศึกษาและวิจัย การลดของเสียของใบพัดอัดอากาศในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของเครื่องบินพาณิชย์ด้วย ดีเอ็มเอไอซี กรณีศึกษา บริษัท เวสตัน (เอส อี เอ) จำกัด ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคม จนถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2553 พบว่ามีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 1.55% และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แจกแจงรายละเอียดของปัญหาและสาเหตุ พบว่าสาเหตุหลัก

มาจากปัญหาของวัตถุดิบด้อยคุณภาพคิดเป็นสัดส่วน 0.56% และปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 0.27% ดังนั้น จึงทำการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการด้วยการทบทวน และปรับแก้ไขเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานและมาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานให้เหมาะสมกับสภาพการปฏิบัติงานหลังจากทำการแก้ไขและปรับปรุง พบว่าเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนธันวาคม ของเสียลดลงจาก 1.55% เหลือ 0.86%

ณัฐนารี แก้วยัง (2546) ได้นำวิธีการซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงค่าซีสกอร์ของความสูงแขนหัวอ่านฮาร์ดดิสที่โมเดล 10K.7 ซึ่งพบปัญหาว่าค่าซีสกอร์ความสูงของแขนมีค่าต่ำกว่า 5.5 โดยมีผลกระทบต่อคุณภาพซึ่งทำให้เกิดงานส่งคืนจากลูกค้าและต้องเสียเวลาในการแก้ไข ได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้ แผนภาพ Process mapping แผนภาพก้างปลา FMEA และทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลต่อเนื่อง (Variables) การวิเคราะห์ทางสถิติโดยทดสอบสมมติฐานและการวิเคราะห์ความแปรปรวน และทำการปรับปรุงโดยการออกแบบการทดลอง ผลที่ได้พบว่าหลังการปรับปรุงค่าซีสกอร์วัดได้ 5.53 ซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากงานวิจัยพบว่าระบบคุณภาพของกระบวนมีประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบริษัทมีระบบการวางแผนและการจัดการที่ดี

จรัสพงษ์ รักการ (2546) ได้ทำการวิจัยโดยนำวิธีการซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเคลือบสีรถยนต์ของบริษัท ออโต้ อัลลายแอนด์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยพบปัญหาสีหยดในกระบวนการเคลือบสี และได้ทำการหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยเครื่องมือ แผนภาพพาเรโต แผนภาพก้างปลา Cause and effect matrix และทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ นำผลที่ได้มาทำการปรับปรุงและดำเนินการควบคุม ผลที่ได้จากการดำเนินงานพบว่าสามารถลดระดับปัญหาสีหยดได้ถึง 0.1 DPU จากงานวิจัยพบว่าสาเหตุของปัญหานั้นมีหลายปัจจัยและการตรวจสอบยังใช้คนในการตรวจสอบซึ่งมีโอกาสผิดพลาดสูงมากควรเปลี่ยนวิธีการตรวจสอบใหม่เป็นการใช้เครื่องมือ

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 Sumsung Electronic Co.,Ltd ได้ใช้เครื่องมือทางคุณภาพและเทคนิคการปรับปรุงกระบวนการและผลิตภัณฑ์ เข้ามาใช้ แต่ 6 ซิกม่า เป็นเทคนิคที่เพิ่มเข้ามาใหม่เพื่อปรับปรุงความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจในตลาดโลก โดย SEC มองไปที่การนำแหล่งทรัพยากรในบริษัทมาพัฒนาด้านการออกแบบการผลิตและการตลาดของผลิตภัณฑ์และการเจริญเติบโตของลูกจ้าง หลังจากนำ 6 ซิกม่า มาใช้เพียง 2 ปี ในการทำ Project โดยเฉลี่ยแล้วสามารถลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ได้ถึง 50% และยังทำให้ SEC มีการเติบโตของบริษัทมากขึ้น โดยตัวอย่างที่ SEC แสดงจะเป็นการนำเอา 6 ซิกม่า มาใช้กระบวนการผลิตและกิจกรรมทางธุรกิจ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินวิจัย เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยจะศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างทั่วไปของเครื่องบิน ในส่วนของกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานในกระบวนการ แมชชีนนิ่ง ไม่รวมถึงกระบวนการพ่นสีชิ้นงาน เนื่องจากผู้ศึกษาไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตโดยการศึกษา ครั้งนี้มุ่งเน้นในเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดของเสียในการผลิต โดยประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC และเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพต่าง ๆ มาใช้เพื่อวิเคราะห์ และปรับปรุงกระบวนการ

สภาพปัจจุบันของโรงงาน

บริษัทที่ทำการศึกษา ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างเครื่องบิน โดยการนำวัตถุดิบมาขึ้นรูป โดยวิธีการแมชชีนนิ่ง (Machining) ตามแบบของลูกค้า กระบวนการขึ้นรูปได้แก่ งานกัด (Milling) งานกลึง (Lathe) เจาะ คว้าน ทำเกลียว เซาะร่อง เป็นต้น และกระบวนการพ่นสี เพื่อป้องกันการเกิดการกัดกร่อน ส่วนวัตถุดิบที่นำมาใช้ส่วนมากจะเป็นกลุ่มโลหะ เช่น เหล็กสแตนเลส อลูมิเนียม อินโครเนล ไทเทเนียม เป็นต้น ในปัจจุบันสินค้าที่ทำการผลิตหลักจะอยู่ในกลุ่มของชิ้นส่วนเครื่องบิน โดยมีรูปแบบการผลิตแบบ Job shop หรือ Batch เครื่องจักรที่ใช้จะเป็นเครื่องจักรที่ใช้เทคโนโลยี CNC เป็นเครื่องจักรหลักในการผลิตสินค้า เครื่องจักรหลักที่ใช้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมิลลิ่ง (Machining center) จะเป็นเครื่องจักรสำหรับงานกัด (Milling operation)

ภาพที่ 3-1 เครื่องมิลลิ่ง (Machining center)

2. เครื่อง Lathe จะเป็นเครื่องจักรสำหรับงานกลึง (Lathe operation)

ภาพที่ 3-2 เครื่องกลึง (Lathe CNC)

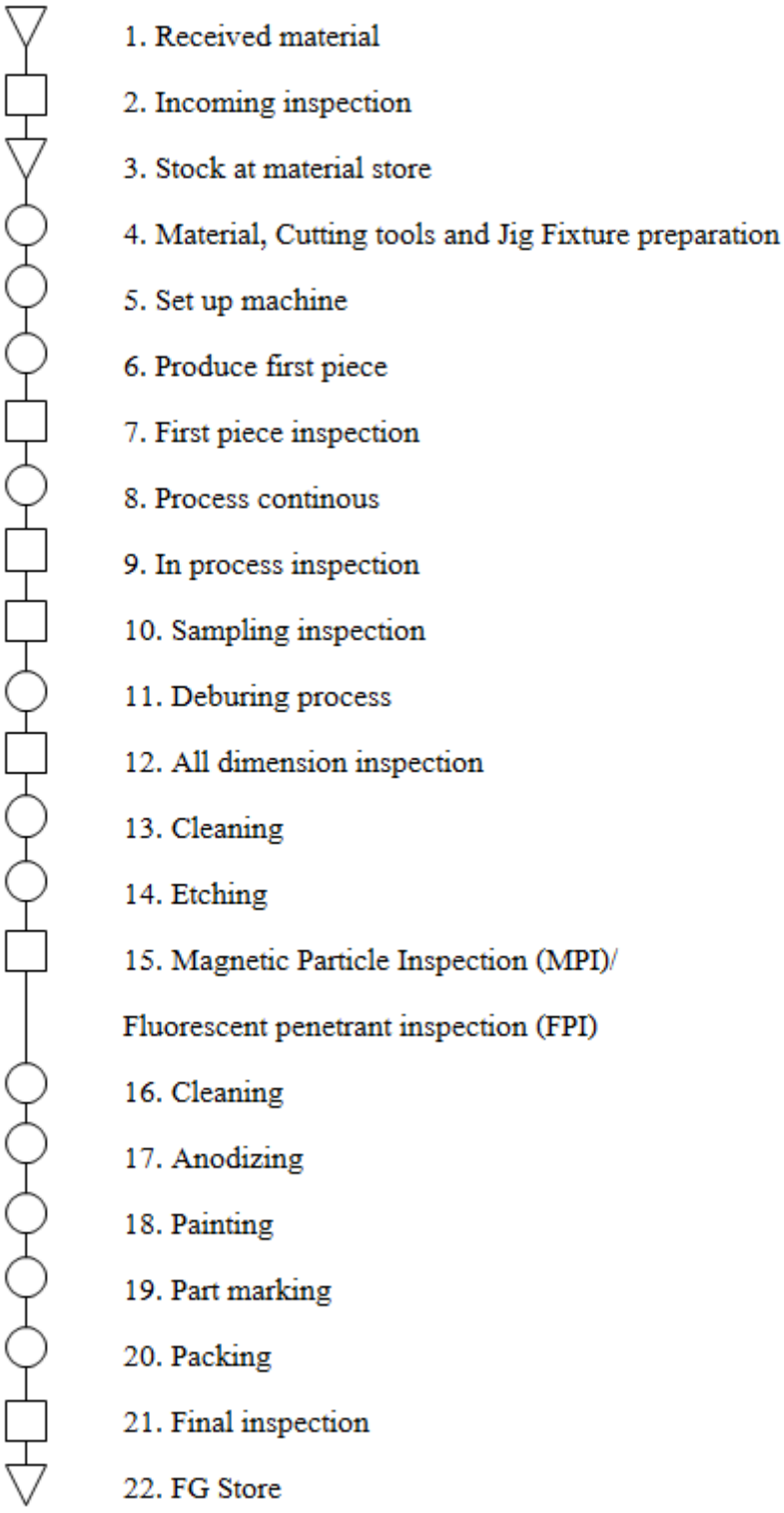
สายการผลิตงานที่มีกระบวนการพ่นสี จะประกอบด้วยการล้างทำความสะอาดชิ้นงาน เตรียมผิวของชิ้นงาน และพ่นสี

ภาพที่ 3-3 สายการล้างชิ้นงาน และเตรียมผิวชิ้นงาน

กระบวนการผลิต

การศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างเครื่องบินในครั้งนี้จะศึกษา เพื่อที่จะนำขั้นตอนการผลิตไปใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตชิ้นส่วน

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน แสดงด้วยแผนผังกระบวนการไหลของวัตถุดิบจนกระทั่งกลายเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างเครื่องบิน แสดงได้ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 ผังการไหลของกระบวนการผลิต

1. ขั้นตอนการผลิต

1.1 การตรวจรับสินค้า (Received material) ผู้ตรวจรับจะทำการตรวจสอบจำนวนวัตถุดิบกับใบสั่งซื้อ แล้วตรวจสอบสภาพภายนอกของบรรจุภัณฑ์ และสินค้า จะต้องอยู่ในสภาพปกติ ไม่มีรอยตำหนิ หรือเสียรูป

1.2 ตรวจสอบวัตถุดิบ (Incoming inspection) ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบชนิดของวัตถุดิบ การตรวจวัดขนาดต่าง ๆ และการทดสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบตามข้อกำหนดของลูกค้า เช่น ส่วนผสมของวัตถุดิบ การทดสอบความแข็ง การทดสอบแรงดึง เป็นต้น ชิ้นงานที่ไม่ผ่านการตรวจสอบจะถูกส่งกลับไปยังผู้ขายเพื่อเปลี่ยนสินค้า

1.3 จัดเก็บวัตถุดิบไว้ในพื้นที่คลังวัตถุดิบ (Keep material at store) แล้วทำการติดแท็กเพื่อบ่งชี้สถานะ และข้อมูลวัตถุดิบ

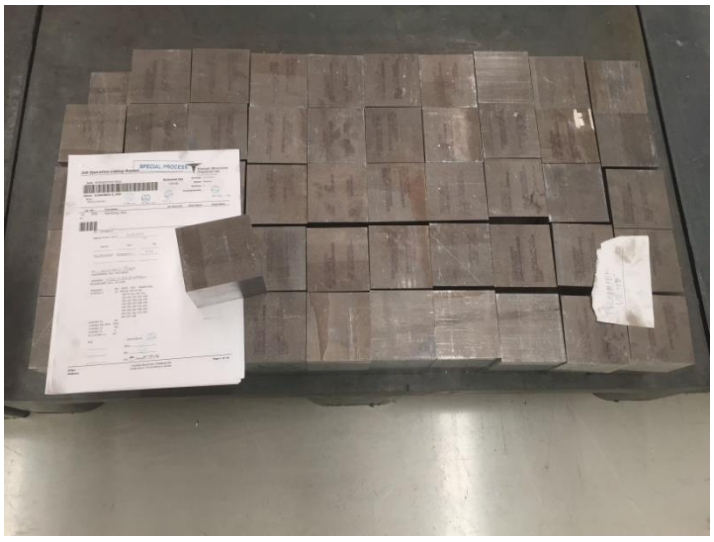
1.4 เตรียมการผลิต (Preparation) ตามใบสั่งงาน ในขั้นตอนนี้จะมีรายการที่ต้องเตรียมดังนี้

1.4.1 เบิกวัตถุดิบจากคลังวัตถุดิบ มารอในพื้นที่เตรียมการผลิต

1.4.2 จัดเตรียมเครื่องมือตัดต่าง ๆ (Cutting tools)

1.4.3 จัดเตรียมอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

1.4.4 จัดเตรียมเอกสาร และแบบฟอร์มบันทึกต่าง ๆ



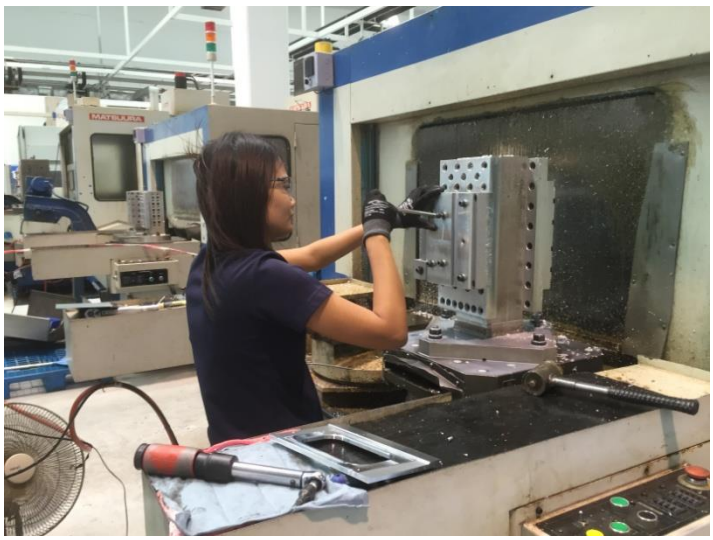
ภาพที่ 3-5 จัดเตรียมวัตถุดิบ

ภาพที่ 3-6 จัดเตรียมเครื่องมือตัด

ภาพที่ 3-7 จัดเตรียมอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

ใบสั่งงานจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลการผลิต เช่น หมายเลขแบบชิ้นงาน จำนวนการผลิต วันที่ผลิต เครื่องจักรที่ใช้งาน และกระบวนการผลิต เป็นต้น

1.5 ปรับตั้งเครื่องจักร (Set up machine) สำหรับขึ้นรูปชิ้นงาน ตามขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้ออกแบบกระบวนการการทำงานของเครื่องจักรที่จัดทำไว้ในเอกสารประกอบการทำงานซึ่งเอกสารจะประกอบด้วย Tools data list, Fixture No., ตำแหน่งจุด Origin ของชิ้นงาน และวิธีการติดตั้ง Fixture



ภาพที่ 3-8 การปรับตั้งเครื่องจักร

1.6 ทำการผลิตงานชิ้นแรก (Produce first piece) ขั้นตอนนี้เป็นการแมชชีน เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน โดยจะทำการขึ้นรูปหยาบ แล้วค่อยทำการเก็บละเอียด ลบคริบ และทำการตรวจสอบตามเอกสาร Dimension check sheet

1.7 ทำการตรวจสอบงานชิ้นแรก (First piece inspection) โดยทำการตรวจสอบขนาด สภาพภายนอก และข้อกำหนดอื่น ๆ ที่ลูกค้ากำหนด

1.8 ทำการผลิตตามจำนวนที่ระบุในใบสั่งการผลิต (Process continuous)

1.9 พนักงานตรวจสอบชิ้นงานระหว่างทำการผลิต (In process inspection) ตามจุดที่กำหนดลงในแบบฟอร์มบันทึกการตรวจสอบ

1.10 เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพทำการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานระหว่างทำการผลิต (Sampling inspection) โดยทำการตรวจสอบ 2 ครั้งต่อ 1 กะการผลิต

1.11 ทำการลบคมชิ้นงาน (De-burring process) ตามข้อกำหนดจากลูกค้า

ภาพที่ 3-9 ลบคมชิ้นงาน

1.12 ทำการตรวจสอบขนาดชิ้นงานทุกจุด (Full dimension inspection) ตามที่กำหนดไว้ในแบบผลิต

1.13 ทำความสะอาดชิ้นงาน (กำจัดคราบน้ำมันที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต) ก่อนเข้ากระบวนการ ล้างชิ้นงานด้วยกระบวนการทางเคมี (Etching)

1.14 ทำการล้างชิ้นงานด้วยกระบวนการทางเคมี (Etching) เพื่อทำความสะอาดที่ฝังลึกเพื่อให้การตรวจสอบรอยแตกร้าวบนชิ้นงานด้วยกระบวนการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาพที่ 3-10 ล้างชิ้นงานด้วยกระบวนการทางเคมี (Etching)

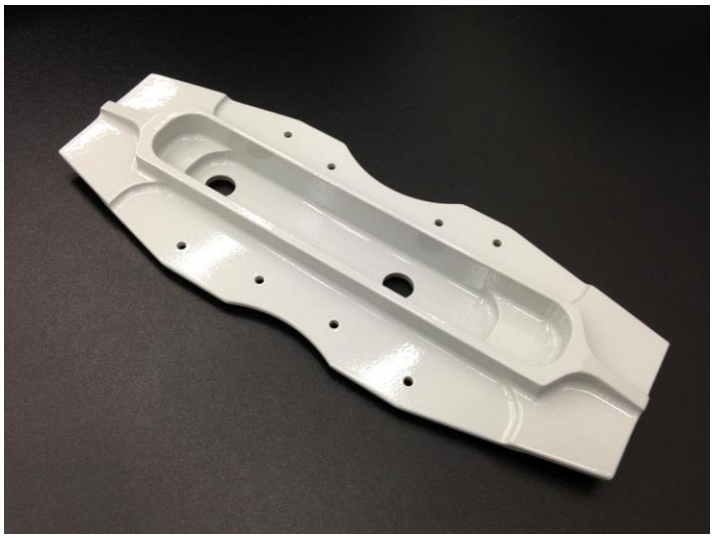
1.15 ทำการตรวจสอบรอยแตกร้าวบนชิ้นงานด้วยวิธีการ Magnetic particle inspection: MPI หรือ Fluorescent penetrant inspection: FPI ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการผลิต

1.16 ทำความสะอาดชิ้นงานก่อนเข้ากระบวนการ Anodize

1.17 ทำการ Anodize ชิ้นงานเพื่อป้องกันการผุกร่อน และทำให้ผิวเป็นรูพรุนก่อนเข้ากระบวนการพ่นสีเพื่อให้สีสามารถเข้าไปจับยึดได้เหนียวแน่นมากยิ่งขึ้น

1.18 ทำการพ่นสีเพื่อเคลือบผิวชิ้นงานตามที่กำหนด

ภาพที่ 3-11 ห้องสำหรับกระบวนการพ่นสี



ภาพที่ 3-12 ชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการพ่นสี

1.19 ทำการระบุรหัสหมายเลขชิ้นงาน (Part marking) เพื่อใช้ในการสอบกลับถึงข้อมูลการผลิตของชิ้นงาน เช่น บริษัทที่ผลิต ล็อตการผลิต หมายเลขชิ้นงาน เป็นต้น

1.20 ทำการตรวจสอบชิ้นงานขั้นตอนสุดท้าย (Final inspection) ตรวจวัดความหนาสี การยึดเกาะของสี การนำไฟฟ้า สภาพภายนอกทั่วไป ตามข้อกำหนดของลูกค้า

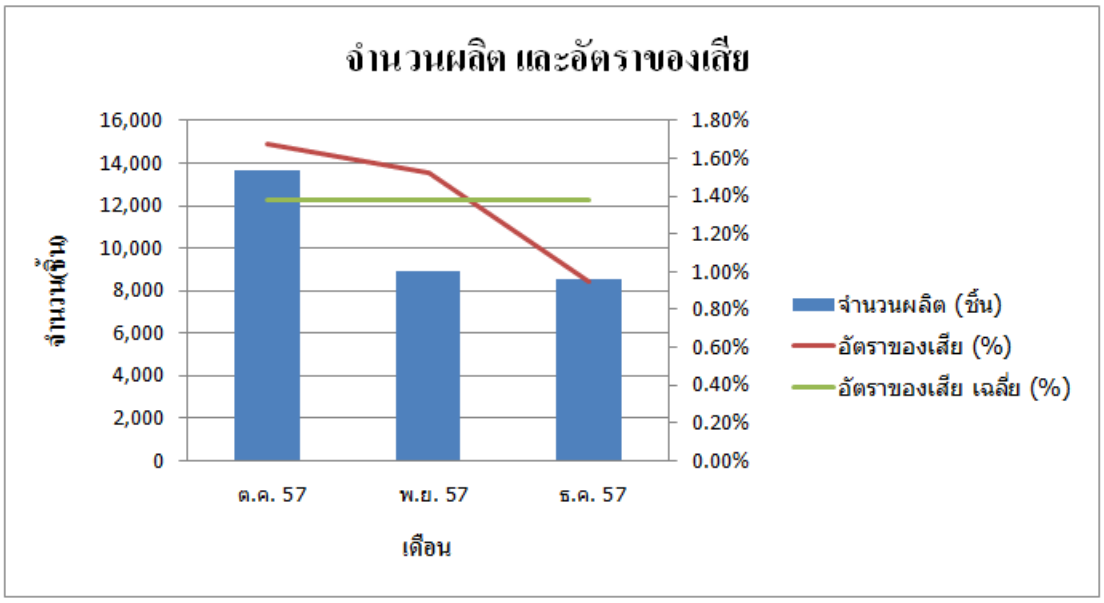
1.21 ทำการจัดเก็บชิ้นงานลงในบรรจุภัณฑ์ และนำส่งเข้าคลังสินค้า (Packing and move FG Store) เพื่อรอการจัดส่ง

ภาพที่ 3-13 แพ็คเตรียมจัดส่ง

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาได้มีนโยบายในการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อลดต้นทุนการผลิตลง ข้อมูลการผลิตที่ได้จากการเก็บข้อมูล ในไตรมาส 4 ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2557-ธันวาคม 2557 มีผลิตภัณฑ์ ทั้งหมด 299 รายการ ยอดการผลิตทั้งสิ้น 31,111 ชิ้น ผลิตได้งานดีจำนวน 30,665 ชิ้น งานเสียจำนวน 446 ชิ้น รายละเอียดการผลิตแจกแจงเป็นรายเดือน แสดงได้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลการผลิตในไตรมาส 4 ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2557-ธันวาคม 2557

เดือน	จำนวน ผลิตภัณฑ์ (รายการ)	จำนวนผลิต (ชิ้น)	ชิ้นงานดี (ชิ้น)	ชิ้นงานเสีย (ชิ้น)	อัตราของเสีย (%)	อัตราของเสีย เฉลี่ย (%)
ตุลาคม 2557	127	13,666	13,437	229	1.68%	1.38%
พฤศจิกายน 2557	104	8,923	8,787	136	1.52%	
ธันวาคม 2557	68	8,522	8,441	81	0.95%	



ภาพที่ 3-14 กราฟแสดงจำนวนผลิต และอัตราของเสียที่พบในกระบวนการผลิต

จากภาพที่ 3-14 พบว่าการผลิตทั้งหมดในไตรมาสที่ 4 มีอัตราของเสียที่พบในกระบวนการผลิตสูงสุด 1.68% ในเดือนตุลาคม 2557 ต่ำสุด 0.95% ในเดือน ธันวาคม 2557 และค่าเฉลี่ยของเสียทั้งไตรมาสอยู่ที่ 1.38% ในขณะที่เป้าหมายอัตราของเสียเฉลี่ยต่อไตรมาสอยู่ที่ 1% ซึ่งไม่ได้ตามเป้าหมายที่ทางผู้บริหารกำหนดไว้

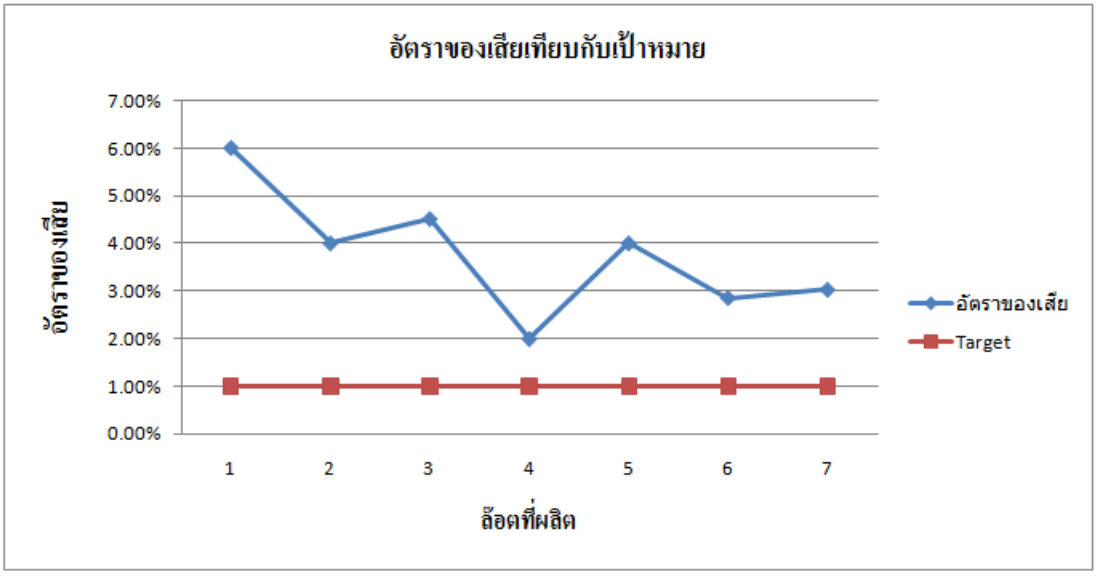
คัดเลือกงาน

1. รวบรวมข้อมูลของเสียที่พบในกระบวนการผลิตในไตรมาสที่ 4 ปี 2557 พบจำนวนของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต 299 ผลิตภัณฑ์ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 31,111 ชิ้น ผลิตได้งานดี จำนวน 30,665 ชิ้น งานเสียจำนวน 446 ชิ้น โดยมีของเสียเกิดจาก 115 ผลิตภัณฑ์

2. ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ จาก 115 ผลิตภัณฑ์ ที่พบของเสีย และมีแผนจะทำการผลิตในช่วงปี 2558 จะได้ผลิตภัณฑ์ ที่จะทำการผลิตทั้งหมด 19 รายการ โดยมีจำนวนที่ผลิตในไตรมาสที่ 4 ปี 2557 ทั้งสิ้น 4,596 ชิ้น งานดี 4,508 ชิ้น งานเสีย 88 ชิ้นแสดงได้ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลการผลิตในไตรมาส 4 ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2557-ธันวาคม 2557

No.	Part No.	Q'ty production (Ea.)	Good	NG	NG rate (%)
1	144A6526-1	535	515	20	3.74
2	310A2036-9	266	251	15	5.64
3	144A6548-2	374	371	3	0.80
4	115W2179-54_AH	13	9	4	30.77
5	144A6525-12	410	406	4	0.98
6	60-2271-3003	80	69	11	13.75
7	144A6621-4-02	626	620	6	0.96
8	113A1523-1-3	70	68	2	2.86
9	147W2981-1	132	130	2	1.52
10	113A1523-1-4	70	69	1	1.43
11	65C31515-8	280	277	3	1.07
12	131W1338-1103	448	440	8	1.79
13	144A6621-3-02	696	695	1	0.14
14	144W6415-601	48	46	2	4.17
15	141W8234-8	76	75	1	1.32
16	745-1146-1	250	249	1	0.40
17	462W3111-3	134	132	2	1.49
18	115W5221-6	60	59	1	1.67
19	115W2179-36	28	27	1	3.57



ภาพที่ 3-15 กราฟพาเรโต้แสดงข้อมูลอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในไตรมาส 4

จากกราฟพาเรโตจะได้ชิ้นส่วนที่มีลำดับอยู่ในช่วง 80% แรก อยู่จำนวน 7 รายการ หมายเลขผลิตภัณฑ์และอัตราการผลิตของเสียแสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราของเสียในช่วง 80%

No.	Part No.	NG rate (%)
1	115W2179-54_AH	30.77
2	60-2271-3003	13.75
3	310A2036-9	5.64
4	144W6415-601	4.17
5	144A6526-1	3.74
6	115W2179-36	3.57
7	113A1523-1-3	2.86

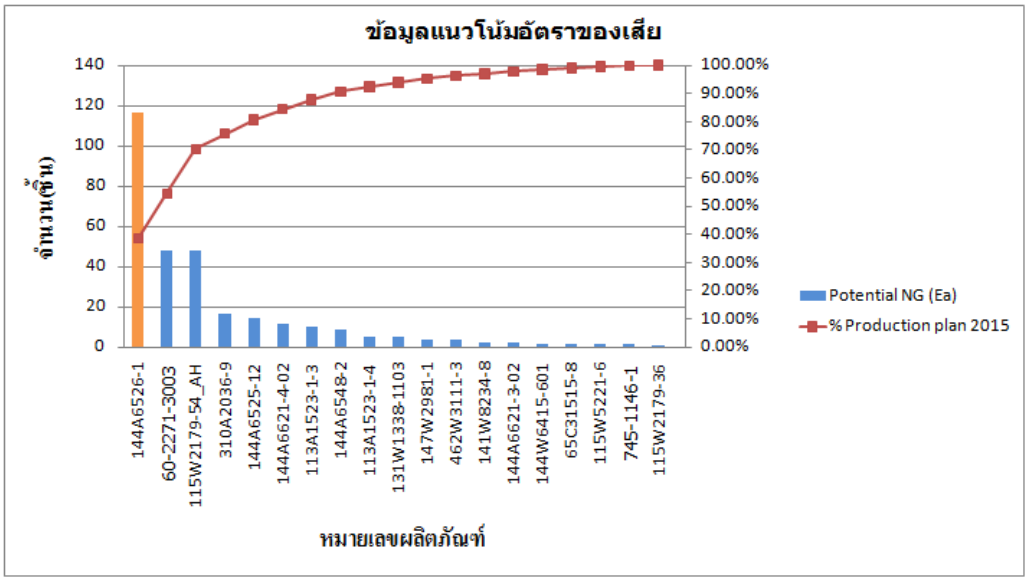
ดำเนินการรวบรวมข้อมูลในส่วนของจำนวนการผลิตจากแผนการผลิต ปี 2558 อัตราของเสียในไตรมาสที่ 4 ปี 2557 และมูลค่าของแต่ละชิ้นส่วน แล้วนำมาคำนวณตัวเลขคาดการณ์ถึง

จำนวนของเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต และมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตของเสีย แสดงข้อมูลดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ข้อมูลแนวโน้มของอัตราการผลิตของเสีย และมูลค่าของเสียที่จะเกิดขึ้น

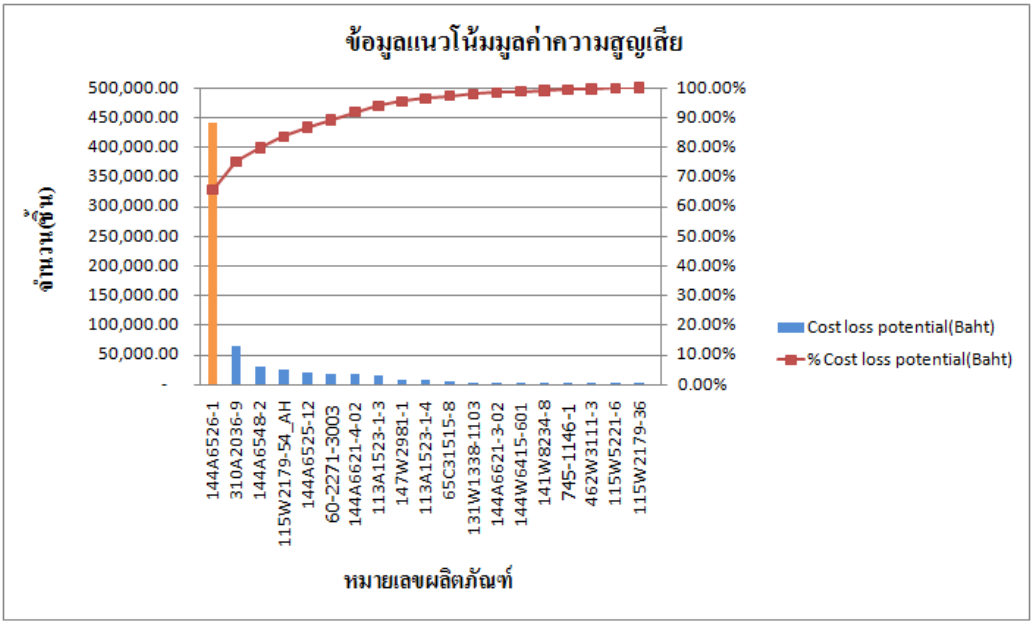
หมายเลขผลิตภัณฑ์	**ราคาต่อชิ้น (บาท)**	**จำนวนชิ้นงานที่จะผลิตในปี 2558**	**แนวโน้มจำนวนของเสีย**	**มูลค่าของเสียที่คาดการณ์**
144A6526-1	3779.52	3120	117	440,826.26
310A2036-9	3770.37	296	17	64,096.29
115W2179-54_AH	537.60	156	48	25,804.80
60-2271-3003	369.28	350	48	17,771.60
113A1523-1-3	1456.96	350	10	14,569.60
144W6415-601	1432.96	40	2	2,388.27
115W2179-36	550.40	14	1	275.20

กราฟพาเรโตแสดงข้อมูลจากการคำนวณเพื่อหาแนวโน้มของอัตราของเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในการผลิตครั้งต่อไป จากการอ้างอิงข้อมูลการผลิตในไตรมาสที่ 4 ของปี 2557 แสดงดังภาพที่ 3-16



ภาพที่ 3-16 กราฟพาเรโต้แสดงข้อมูลแนวโน้มอัตราของเสีย

กราฟพาเรโตแสดงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณเพื่อหาแนวโน้มมูลค่าความเสียหายจากการผลิตของเสียที่อาจจะเกิดจากการผลิตครั้งต่อไปจากการอ้างอิงข้อมูลการผลิตในไตรมาสที่ 4 ของปี 2557 แสดงดังภาพที่ 3-17



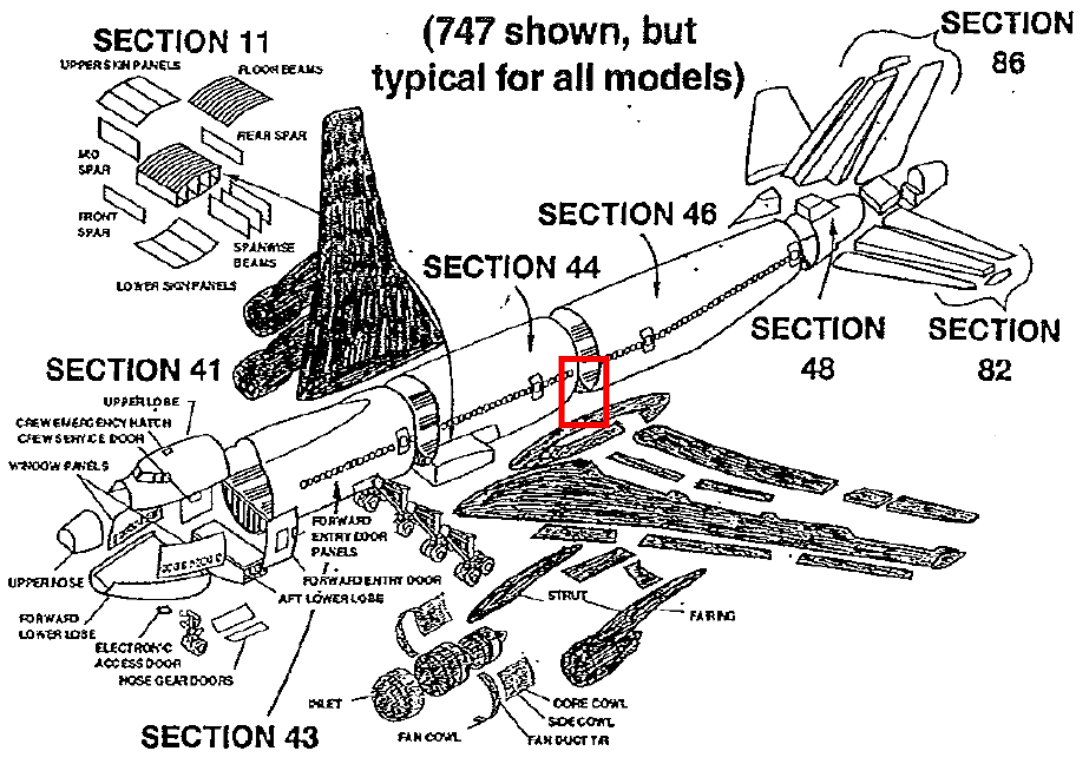
ภาพที่ 3-17 กราฟพาเรโต้แสดงข้อมูลแนวโน้มมูลค่าความสูญเสีย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะพบว่าชิ้นส่วนที่มีอัตราของเสียสูงที่สุดไม่ได้ก่อให้เกิดมูลค่าความเสียหายมากอย่างที่คาดการณ์เนื่องจากจำนวนการผลิตครั้งต่อไปมีจำนวนน้อยมาก และมีมูลค่าไม่สูง ผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มการเกิดของเสีย และมูลค่าความเสียหายมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์หมายเลข 144A6526-1 หรือ Door lower stop ซึ่งมีอัตราของเสียอยู่ที่ 3.74% เกินกว่าเป้าหมายของบริษัทกรณีศึกษาที่กำหนดไว้ที่ 1% และมีแนวโน้มที่จะเกิดของเสียจำนวน 117 ชิ้น โดยการคำนวณจากอัตราของเสียที่ผ่านมากับจำนวนการสั่งซื้อของลูกค้าในปี 2558

ผู้ศึกษามีความเห็นว่าการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียโดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC นั้นควรจะทำการศึกษาผลิตภัณฑ์หมายเลข 144A6526-1 เนื่องจากมีแนวโน้มที่จะเกิดของเสีย และมีมูลค่าสูงถึง 440,826.26 บาท

ภาพที่ 3-18 ชิ้นงานผลิตภัณฑ์หมายเลข 144A6526-1

Door lower stop หรือ ชิ้นส่วนหมายเลข 144A6526-1 เป็นชิ้นส่วนที่อยู่ใน Section 44 ตำแหน่งของชิ้นส่วนจะอยู่บริเวณลำตัวส่วนกลางเครื่องบิน โดยชิ้นส่วนนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างประตู (ช่วงปีกเครื่องบิน) ตามภาพที่ 3-19

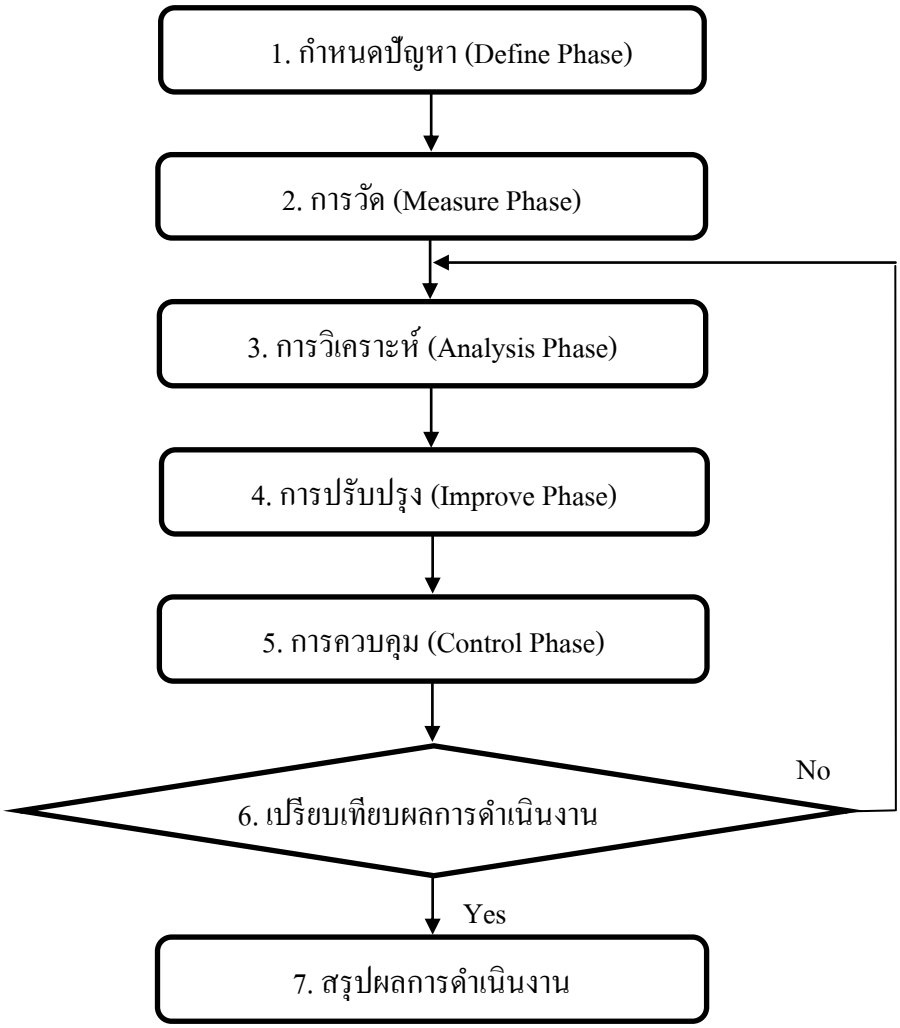


ภาพที่ 3-19 หมายเลขของชิ้นส่วนโครงสร้างเครื่องบิน

ขั้นตอนการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานสำหรับโครงงานวิจัยนี้จะเป็นการอธิบายถึงขั้นตอนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนโดยประยุกต์หลักการ และวิธีการของ DMAIC รวมทั้งเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดวิเคราะห์ปัญหา เพื่อจะนำมาปรับปรุงลดปัญหาของเสีย (Defect) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ Machining และขั้นตอนการดำเนินงานตามขั้นตอนของ DMAIC ซึ่งประกอบด้วย

1. กำหนดปัญหา (Define phase)
2. การวัด (Measure phase)
3. การวิเคราะห์ (Analysis phase)
4. การปรับปรุง (Improve phase)
5. การควบคุม (Control phase)
6. เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน
7. สรุปผลการดำเนินงาน



ภาพที่ 3-20 แผนผังการไหลของขั้นตอนการดำเนินงาน

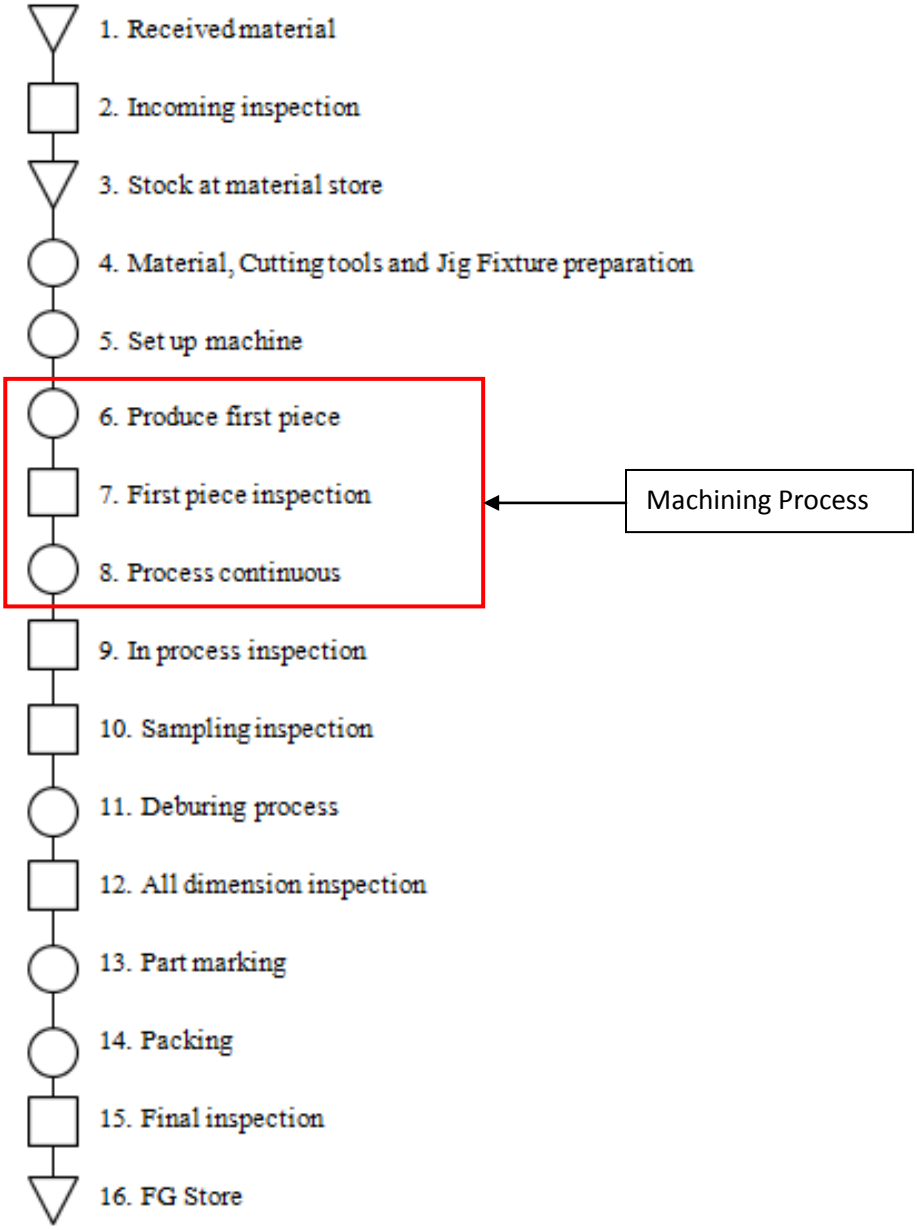
กำหนดปัญหา (Define phase)

การกำหนดปัญหา (Define phase) ผู้จัดทำโครงงานวิจัยได้ทำการคัดเลือกปัญหาของเสีย (Defect) จากกระบวนการผลิตชิ้นงาน Door lower stop ที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างประตูเครื่องบิน แผนผังกระบวนการผลิตตามแบบการผลิตของลูกค้าแสดงดังภาพที่ 3-21 ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดของเสียในการผลิตที่จะส่งผลต่อเป้าหมายของบริษัทอีกทั้งยังมีมูลค่าความเสียหายสูง

1. ขอบเขตของการศึกษา

การกำหนดขอบเขตของการศึกษาผู้จัดทำโครงงานวิจัยจะศึกษาในส่วนของกระบวนการผลิตชิ้นงาน Door lower stop ในกระบวนการ Machining ซึ่งผู้จัดทำโครงงานมีส่วนเกี่ยวข้อง

ในกระบวนการ และมีส่วนร่วมในการปรับปรุง อีกทั้งปัญหาของเสียที่พบนั้นเกิดขึ้นในกระบวนการ Machining



ภาพที่ 3-21 แผนผังการผลิตชิ้นส่วนประตูเครื่องบิน หมายเลข 144A6526-1

รายละเอียดของวิธีการดำเนินวิจัยในขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase) ของกระบวนการผลิตชิ้นงาน Door lower stop ที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างประตูเครื่องบิน ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษากระบวนการ Machining ของการผลิต Door lower stop เพื่อศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิตจากกระบวนการผลิตจริงของโรงงานอย่างละเอียด (รายละเอียดกระบวนการอื่น แสดงในหัวข้อกระบวนการผลิต)

2. เก็บรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย

3. วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดประเด็นปัญหาโดยการตรวจสอบลักษณะของเสียแต่ละลักษณะ และกระบวนการที่เกิดของเสีย

4. กำหนดปัญหาเพื่อหาสาเหตุของปัญหา และทำการปรับปรุง โดยนำข้อมูลจำนวนของเสียในอดีตและจัดลำดับข้อมูลด้วยกราฟพาเรโต

2. ศึกษากระบวนการ Machining

กระบวนการผลิตของหน่วยงาน Machining นั้นได้กล่าวถึงกระบวนการผลิตมาแล้วในหัวข้อกระบวนการผลิต ในขั้นตอนการตรวจรับสินค้า (Received material) ตรวจสอบวัตถุดิบ (Incoming inspection) จัดเก็บวัตถุดิบไว้ในพื้นที่คลังวัตถุดิบ (Keep material at store) เตรียมการผลิต (Preparation) และปรับตั้งเครื่องจักร (Set up machine) ดังนั้นในหัวข้อนี้ผู้จัดทำโครงงานวิจัยจะกล่าวถึงเฉพาะขั้นตอน และรายละเอียดของกระบวนการ Machining สำหรับการผลิตชิ้นงาน Door lower stop ใช้เครื่อง Machining center ในการผลิตชิ้นงานจะประกอบด้วย 3 Operation หลักดังนี้

Operation 1 มี 1 กระบวนการย่อย คือ กัดขึ้นรูปหยาบ เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานซึ่งจะมีการเผื่อขนาดงานเอาไว้แล้วจึงทำให้สามารถกัดงานด้วยความเร็ว และอัตราการกินลึกที่มากกว่าการกัดละเอียดเพื่อลดเวลาในการทำงาน

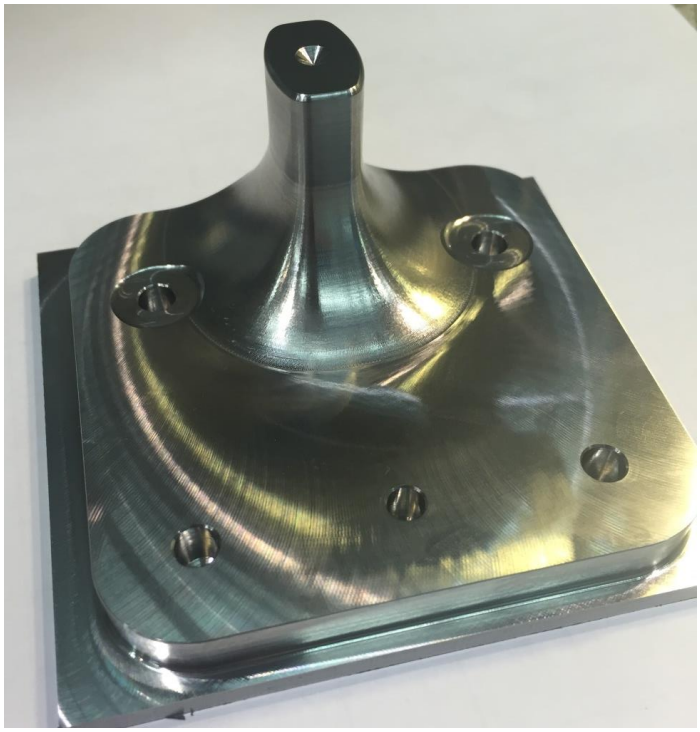
ภาพที่ 3-22 ชิ้นงานหลังผ่าน Operation 1

Operation 2 มี 3 กระบวนการย่อย ดังนี้

1. กัดขึ้นรูปละเอียด เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานให้ได้ขนาดตามแบบของลูกค้า การกัดขึ้นรูปละเอียดนี้จะใช้ความเร็วในการตัดเฉือนที่เหมาะสมทั้งคุณภาพที่ได้และเวลาที่ใช้ในการผลิต สำหรับการกัดชิ้นงาน และอัตราการกินลึกต่ำกว่าการกัดขึ้นรูปหยาบ

2. เจาะนำศูนย์ และทำการเผยปากรู (Chamfer) เพื่อช่วยให้การเจาะด้วยดอกสว่านเป็นแนวเส้นตรง

3. เจาะรู เพื่อทำรูตามขนาดที่แบบกำหนด



ภาพที่ 3-23 ชิ้นงานหลังผ่าน Operation 2

Operation 3 มี 2 กระบวนการย่อย ดังนี้

1. การกัดชิ้นงาน ในสถานีงานนี้จะกัดหยาบ และตามด้วยกัดละเอียด ให้ได้ขนาดความหนาชิ้นงานตามแบบกำหนด

2. ทำ Chamfer ขอบรูเพื่อลบคมบริเวณปากรู

ภาพที่ 3-24 ชิ้นงานหลังผ่าน Operation 3

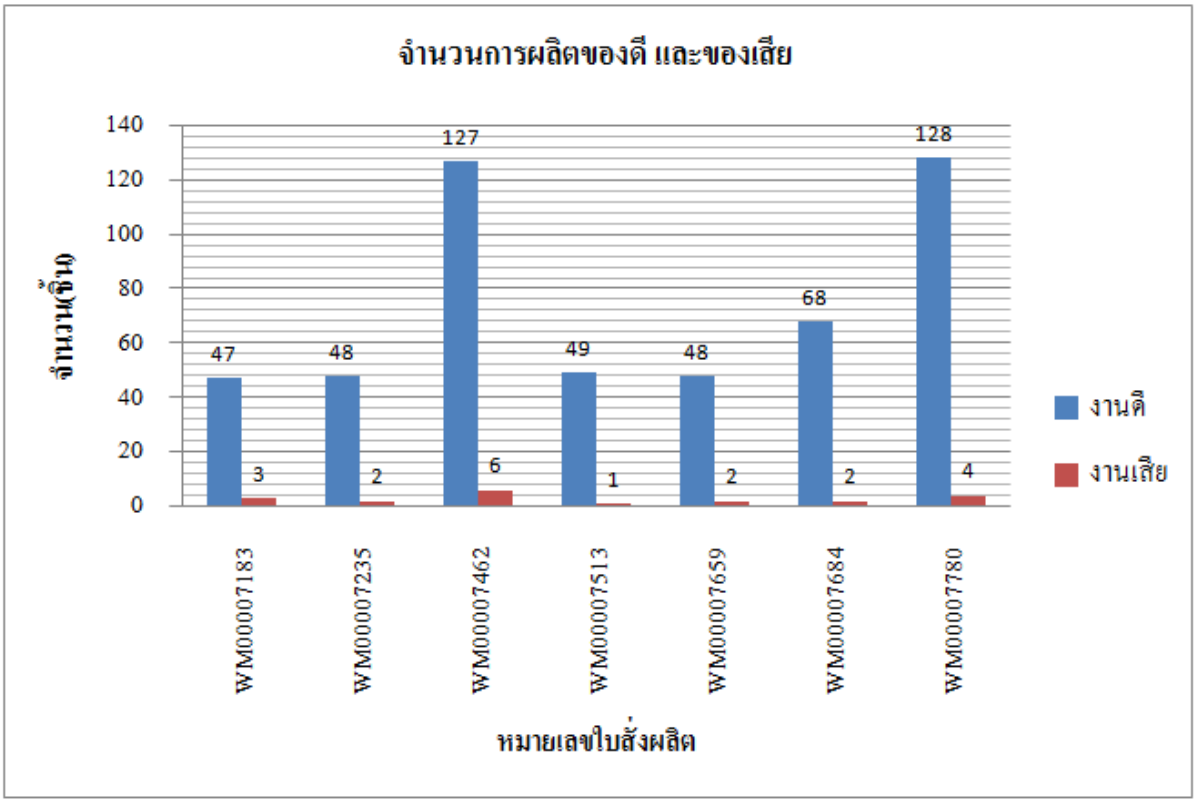
กระบวนการ Machining แล้วเสร็จจะนำไปทำการลบคมและครีบที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน ระบุรหัสหมายเลขชิ้นงาน (Part marking) ตรวจสอบชิ้นงานขั้นตอนสุดท้าย (Final inspection) และบรรจุภัณฑ์ และนำส่งเข้าคลังสินค้า (Packing and move FG store) เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตชิ้นงาน Door lower stop ที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างประตูเครื่องบิน

3. เก็บรวบรวมข้อมูล

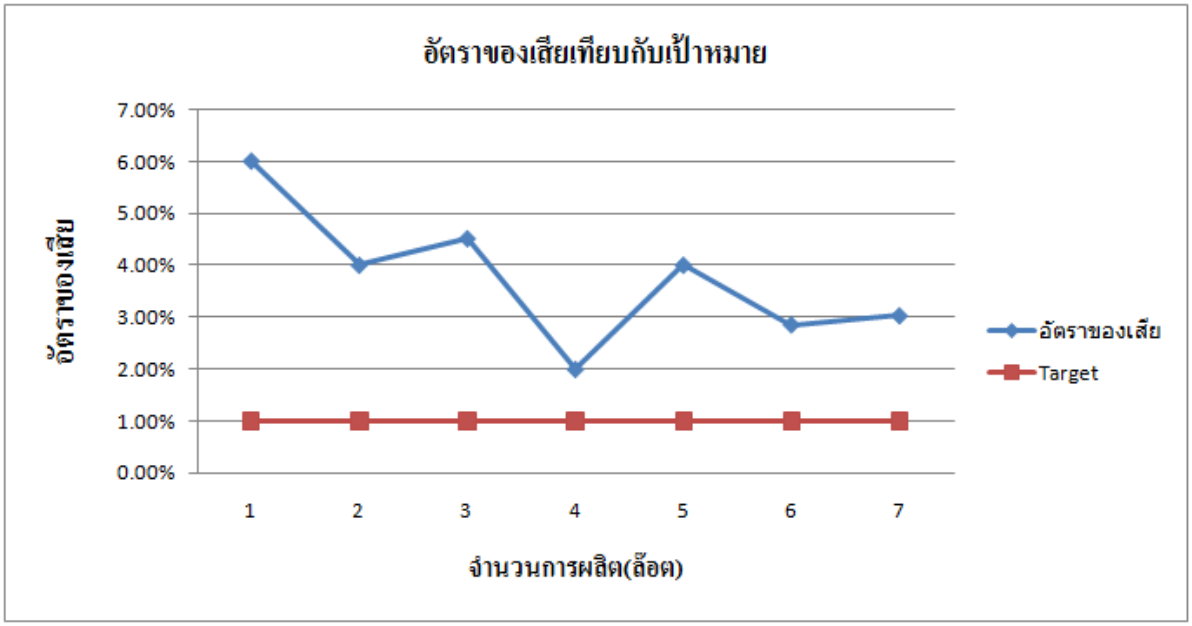
จากการศึกษากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนแล้วนั้น ผู้จัดทำโครงงานวิจัย จึงเริ่มดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการบันทึก และรายงานต่าง ๆ ของสภาพปัญหาที่เป็นอยู่ปัจจุบันของบริษัท ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมนั้นเป็นข้อมูลช่วง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 ที่บริษัทได้มีการบันทึกไว้ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลของเสียที่ผ่านมาแสดงดังตารางที่ 3-5 และกราฟแสดงจำนวนการผลิต ของเสียที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 3-25 และกราฟแสดงอัตราของเสียเทียบกับเป้าหมายดังภาพที่ 3-26

ตารางที่ 3-5 รายละเอียดข้อมูลของเสีย Door lower stop ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2557-ธันวาคม 2557

ล็อตการผลิต	จำนวนผลิต	งานดี	งานเสีย	อัตราของเสีย
WM00007183	50	47	3	6.00%
WM00007235	50	48	2	4.00%
WM00007462	133	127	6	4.51%
WM00007513	50	49	1	2.00%
WM00007659	50	48	2	4.00%
WM00007684	70	68	2	2.86%
WM00007780	132	128	4	3.03%
Total	535	515	20	3.74%



ภาพที่ 3-25 กราฟแสดงจำนวนการผลิตของดี และของเสีย



ภาพที่ 3-26 กราฟแสดงอัตราของเสียเทียบกับเป้าหมาย

อัตราของเสียเฉลี่ยในไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2557 ของชิ้นส่วน Door lower stop อยู่ที่ 3.74% เมื่อเทียบกับเป้าหมายของบริษัทที่ศึกษากำหนดไว้ที่ 1% ต่อไตรมาส จะเห็นได้ว่า ชิ้นส่วนนี้มีอัตราของเสียเกินกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้

4. **วิเคราะห์ข้อมูล**

ลักษณะของเสียที่พบในการผลิต Door lower stop มีอยู่ 5 ลักษณะ ข้อมูลของเสียโดยแบ่งตามลักษณะที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือน ตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2557 แสดงได้ดังตารางที่ 3-6 และจัดลำดับความสำคัญของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นโดยกราฟพาเรโตดังภาพที่ 3-27

ตารางที่ 3-6 ลักษณะการเสีย

ลักษณะการเสีย	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
Dimension out of spec.	9
Tool mark	4
Mismatch	3
Diameter out of spec	2
Profile dimension out of spec	2

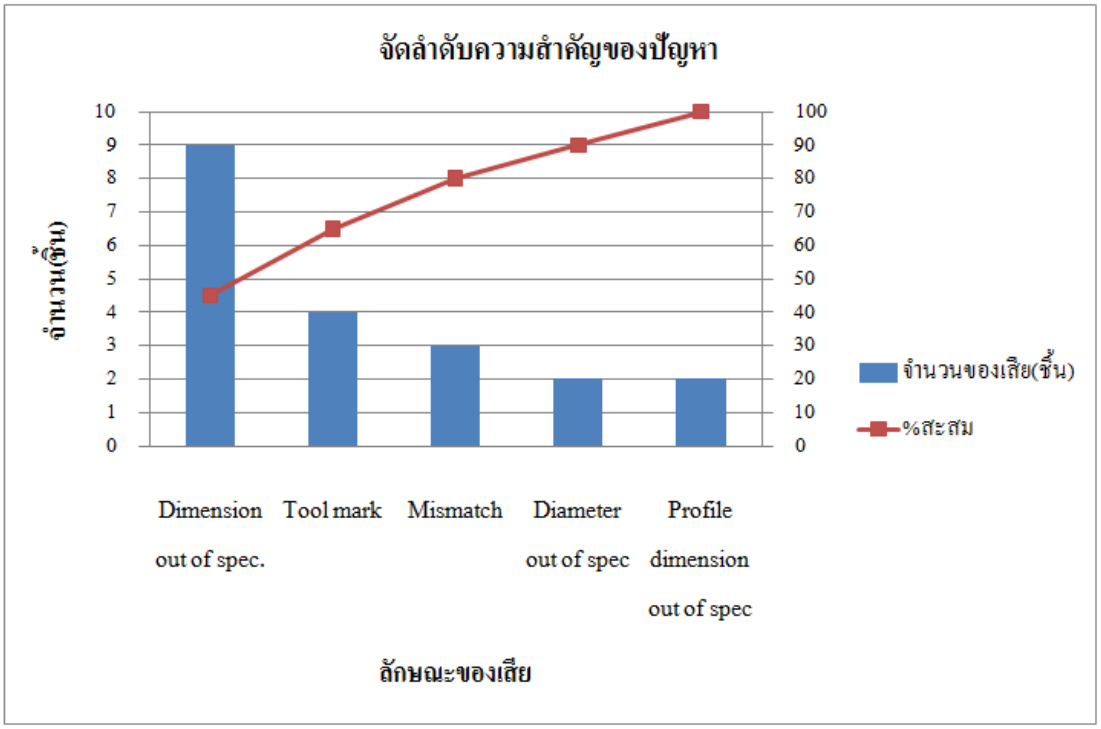
4.1 Dimension out of spec. คือ ขนาดของชิ้นงานไม่ตรงตามแบบผลิต เช่น ความหนา ระยะรูเจาะถึงตำแหน่งอ้างอิง เป็นต้น

4.2 Tool mark คือ ขณะที่ Cutting tool กำลังตัดเฉือนชิ้นงานเกิดการแตกหัก หรือเสียหาย จนทำให้เกิดรอย หรือ ทำให้ชิ้นงานเสียรูป

4.3 Mismatch คือ ผิวชิ้นงานมีรอยต่อของผิวที่เกิดจากการตัดเฉือนชิ้นงานด้วย Cutting tool คนละตัว

4.4 Diameter out of spec. คือ ขนาดของรูเจาะไม่ได้ตามแบบผลิต

4.5 Profile dimension out of spec. คือ การขึ้นรูปลักษณะที่เป็นส่วนโค้งไม่ได้ตามแบบผลิต



ภาพที่ 3-27 กราฟพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

จากภาพที่ 3-27 จะเห็นได้ว่าปัญหาที่จัดอยู่ในกลุ่มของ 80% ของปัญหาส่วนใหญ่ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ปัญหาด้วยกัน คือ Dimension out of spec., Tool mark และ Mismatch

กำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไข และตั้งเป้าหมาย

การวิเคราะห์ในหัวข้อที่ผ่านมาปัญหาที่ได้จากการเก็บรวบรวมในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2557 คือ ปัญหา Dimension out of spec., Tool mark และ Mismatch ตามลำดับ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากจำนวนที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลของเสียทั้งหมด คือ 45%, 20% และ 15% ตามลำดับ รวมแล้วเป็น 80% ดังนั้นผู้ทำการศึกษาขอเลือกปัญหาที่พบทั้ง 3 ปัญหามาดำเนินการตามขั้นตอนตามหลักการ DMAIC เพื่อปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดจำนวนของเสีย โดยมีเป้าหมายอัตราของเสียไม่เกิน 1% ตามเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดไว้

วิเคราะห์ระบบการวัด และวิเคราะห์ปัญหา (Measure phase and Analysis phase)

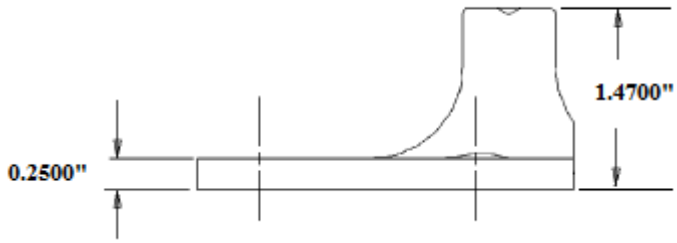
1. ปัญหา Dimension out of spec.

ข้อมูลของเสียที่มีลักษณะ Dimension under spec. ทั้งหมด 2 จุด ดังนี้

จุดที่ 1 ความหนางานขนาด 0.2500 นิ้ว

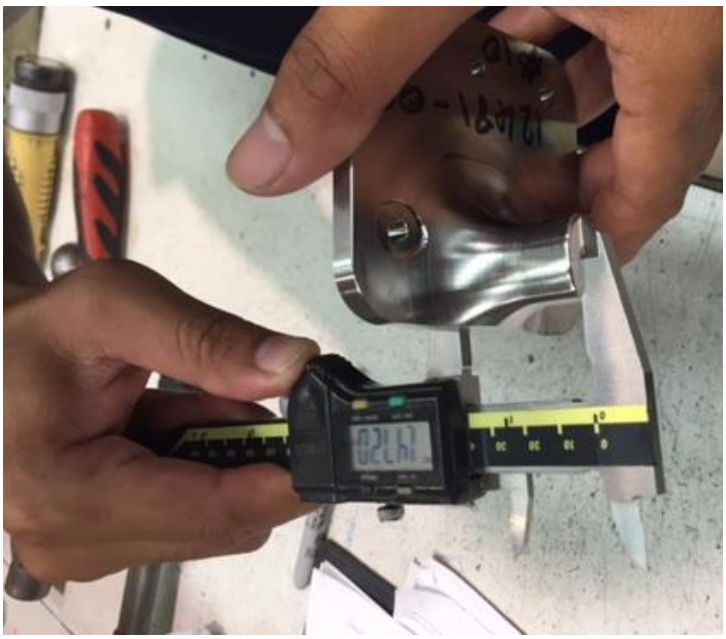
จุดที่ 2 ความหนางานขนาด 1.4700 นิ้ว

ทั้ง 2 จุด แสดงจุดที่ชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามแบบดังภาพที่ 3-28



ภาพที่ 3-28 จุดที่ชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามแบบ

จุดที่มีขนาดไม่ได้ตามแบบทั้ง 2 จุด คือ จุดที่มีระยะ 0.2500 นิ้ว และ 1.4700 นิ้วนั้นใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier caliper) เป็นเครื่องมือตรวจวัดขนาดของชิ้นงาน แสดงภาพวิธีการวัดขนาดชิ้นงานดังภาพที่ 3-29



ภาพที่ 3-29 ตำแหน่งการวัด และวิธีวัดขนาดชิ้นงาน

รายละเอียดและจำนวนของปัญหาชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามแบบที่พบแสดงดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 รายละเอียดปัญหา Dimension out of spec.

ลักษณะปัญหา	รายละเอียดปัญหา	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
Dimension out of spec	Dimension 0.2500 +/- .0100 ต่ำกว่า spec. (วัดค่าได้ 0.2370-0.2380)	7
	Dimension 1.4700 +/- .0050 ต่ำกว่า spec. (วัดค่าได้ 1.4600)	2

ผู้ศึกษาได้พบว่าระบบการวัดของบริษัทศึกษานั้นได้มีการตรวจสอบเครื่องมือสำหรับวัดชิ้นงานอย่างสม่ำเสมอตามความถี่ทุก ๆ 6 เดือน และมีการอบรมพนักงานเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดให้กับพนักงานทุกคน อย่างไรก็ตามในการวัดชิ้นงานยังคงมีความแปรผันที่เกิดจากพนักงาน เนื่องจากระยะเวลาของการทำงาน เช่น การทำงานในช่วงโอที การทำงานในกะกลางคืน ซึ่งส่งผลให้ร่างกายเกิดความเมื่อยล้า หรืออ่อนเพลีย ดังนั้นผู้ศึกษาเห็นว่าควรจะทำการวิเคราะห์ระบบการวัด

เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดมีความถูกต้องและมีความแม่นยำ ไม่มีผลต่อความผันแปรของข้อบกพร่องที่เกิดในกระบวนการผลิต

1.1 วิเคราะห์ระบบการวัด GR&R

ผู้ศึกษาจะทำการวิเคราะห์ระบบการวัดที่ใช้อยู่เพื่อให้แน่ใจว่า กระบวนการวัดได้มาตรฐาน ถูกต้อง แม่นยำ ไม่มีผลต่อความผันแปรของข้อบกพร่องที่เกิดในกระบวนการ ดังนั้นจึงได้ทำการทวนสอบความเป็นมาตรฐาน ความถูกต้อง และความแม่นยำตามลำดับดังนี้

1.1.1 การทบทวนความเป็นมาตรฐาน (Standardization) ของระบบการวัด

ในการดำเนินงานได้มีการทบทวนระบบการวัดที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน และได้มีการกำหนดมาตรฐานใหม่บางประเด็น เพื่อลดโอกาสของการเกิดความคลาดเคลื่อนของค่าวัด ดังนี้

1.1.1.1 เครื่องมือวัด: เครื่องมือวัด Caliper ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถวัด Dimension เช่น ความกว้าง ความยาว และความหนา และเครื่องมือวัดได้ผ่านการสอบเทียบ (Calibration) ตามมาตรฐานการสอบเทียบเครื่องมือวัด

1.1.1.2 วิธีการวัด: พบว่าพนักงานที่ทำการวัดมีจุดในการวัดที่แตกต่างกัน เช่น บางคนวัดด้านหน้า 1 จุด บางคนวัดด้านข้างทั้ง 2 ข้าง จึงได้กำหนดตำแหน่งในการวัด คือ ด้านหน้า 1 จุด

1.1.1.3 พนักงานวัด: พบว่าพนักงานผ่านการอบรมพื้นฐานการใช้เครื่องมือวัด วิธีการวัดที่ถูกต้อง จากหัวหน้างาน และใช้เครื่องมือตามที่ทางวิศวกรฝ่ายผลิตกำหนดไว้ตามใบบันทึกข้อมูลการวัด จึงมั่นใจได้ว่าพนักงานสามารถวัด และอ่านค่าได้อย่างถูกต้อง

1.1.1.4 สิ่งแวดล้อมในการวัด: พบว่าระบบการวัดที่กำหนดขึ้นดังกล่าวไม่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอกต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง และความชื้น เป็นต้น เพราะว่าการวัดขนาดของชิ้นงานภายในห้อง QC กับวัดในพื้นที่ของการผลิตได้ค่าเท่ากัน โดยให้พนักงาน 1 คนทำการวัดชิ้นงาน 5 ชิ้น ชิ้นละ 2 จุด คือ จุดที่มีระยะ 0.2500 นิ้ว และ 1.4700 นิ้ว วัดชิ้นงานในพื้นที่การผลิต และภายในห้อง QC ให้วางชิ้นงานไว้ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 22-24 องศาเซลเซียส ผลการวัดชิ้นงานในพื้นที่การผลิต เปรียบเทียบกับการวัดภายในห้อง QC แสดงได้ดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ผลการวัดชิ้นงานในพื้นที่การผลิต เปรียบเทียบกับการวัดภายในห้อง QC

ชิ้นงาน	ระยะ 0.2500 นิ้ว		ระยะ 1.4700 นิ้ว	
	พื้นที่การผลิต	ห้อง QC	พื้นที่การผลิต	ห้อง QC
1	0.2515	0.2515	1.4725	1.4725
2	0.2510	0.2510	1.4720	1.4720
3	0.2510	0.2510	1.4725	1.4725
4	0.2515	0.2515	1.4725	1.4725
5	0.2515	0.2515	1.4710	1.4710

1.2 การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy) ของระบบการวัด

การทบทวนมาตรฐานของการวัดในหัวข้อ 1 และการสอบเทียบตามช่วงเวลาที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ มาทำการวัดงานในการศึกษานี้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงถือว่าระบบการวัดมีคุณสมบัติด้านความถูกต้องครบทั้ง 3 ประการ คือ ด้านไบอัส ความเสถียร และคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัด

1.3 การวิเคราะห์ความแม่นยำ (Precision) ของระบบการวัด

การวิเคราะห์ความแม่นยำนี้มุ่งเน้นพิจารณาใน 2 ประเด็นหลัก คือ คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานหรืออุปกรณ์การวัดหรือไม่ และระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการผลิตนี้หรือไม่ โดยในส่วนของคุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) และความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) ซึ่งการประเมินผลความแม่นยำดังกล่าวจะพิจารณาดัชนีที่เรียกว่า GR&R (Gage repeatability and Reproducibility) เนื่องจากเป็นการวัดแบบตัวแปรค่า (Variable)

ในงานวิจัยนี้จึงวางแผนการศึกษาความแม่นยำในแต่ละประเด็นดังนี้

1.3.1 เครื่องมือวัดที่ใช้ กำหนดให้มีการใช้เครื่องมือวัด Caliper ที่ผ่านการสอบเทียบ

1.3.2 จำนวนพนักงานที่ใช้วัด โดยสุ่มพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมในด้านการใช้งานเครื่องมือวัด และทำงานประจำจุดวัดงานมาทำการศึกษาจำนวน 2 คน

1.3.3 จำนวน บล็อกเกจ (Block gage) ที่มีค่าแตกต่างกันโดยจะครอบคลุมในช่วงของระยะของชิ้นงานจำนวน 10 ขนาด

1.3.4 จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับบล็อกเกจแต่ละขนาด กำหนดให้พนักงานวัดแต่ละคนมีการวัดซ้ำคนละ 3 ครั้งต่อชิ้นงาน

1.3.5 การดำเนินการทดลอง ใช้การทดลองแบบบล็อก (Randomized block design) เนื่องจากเป็นการทดลองที่มีความผันแปรของปัจจัย 2 ปัจจัย ที่เกิดจากพนักงานที่ทำการวัดคนที่ 1 และคนที่ 2 จะเห็นได้ว่า ขนาดของบล็อกเกจเป็นบล็อก ในแต่ละบล็อกจะได้รับการวัดค่าจากพนักงานทั้ง 2 คน โดยมีพนักงานวัดเป็นปัจจัยที่ศึกษา และบล็อกเกจ ซึ่งลำดับในการทดลองเป็นไปตามการสุ่ม และได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3-9 และมีขั้นตอนในการทดลองและเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ดังนี้

1.3.5.1 กำหนดขนาดของบล็อกเกจที่นำมาใช้ในการวัด โดยทำการเลือกบล็อกเกจที่อยู่ครอบคลุมช่วงของการวัดของชิ้นงานที่ศึกษาในการทดลองนี้ผู้ศึกษาเลือกขนาดของบล็อกเกจทั้งหมด 10 ขนาดมีขนาดดังนี้ 0.2500, 0.3750, 0.5000, 0.6250, 0.7500, 0.8750, 1.0000, 1.1250, 1.2500, 1.3750 และ 1.5000 นิ้ว

1.3.5.2 สุ่มเลือกพนักงานที่มาทำการวัดบล็อกเกจ 2 คน

1.3.5.3 พนักงานทำการวัดบล็อกเกจแบบสุ่ม ตามแผนการวัดที่กำหนดโดยได้มาจากการรันแผนบนโปรแกรม Minitab ดังภาพที่ 3-30

1.3.5.4 บันทึกข้อมูลการวัด และทำการประมวลผลข้อมูล

1.3.5.5 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab

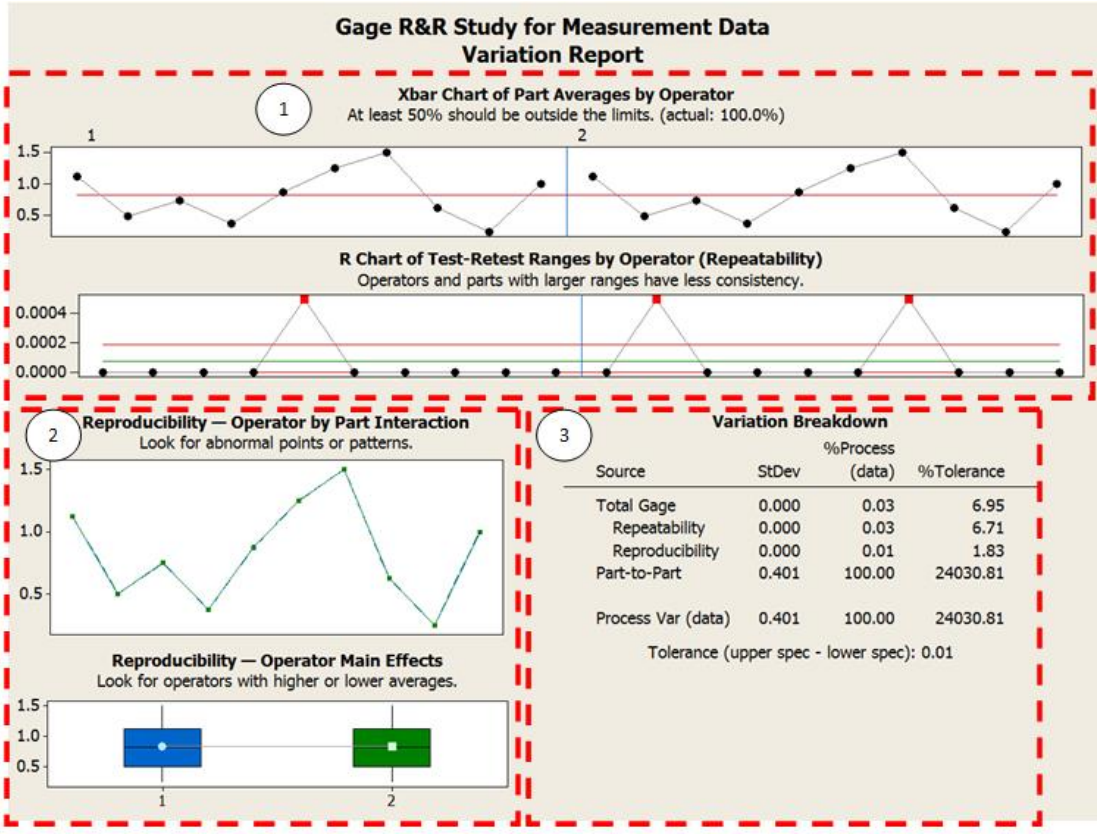
↓	C1	C2-T	C3-T
	RunOrder	Parts	Operators
1	1	4	2
2	2	1	1
3	3	1	1
4	4	1	2
5	5	3	1
6	6	5	1
7	7	9	1
8	8	7	1
9	9	9	1
10	10	2	2
11	11	2	1
12	12	4	2
13	13	10	2
14	14	3	2
15	15	9	2
16	16	6	2
17	17	5	1
18	18	1	1
19	19	5	2
20	20	4	1
21	21	6	2
22	22	10	1
23	23	8	1
24	24	7	2
25	25	7	1
26	26	2	1
27	27	9	1
28	28	4	1
29	29	7	1
30	30	6	1
31	31	9	2
32	32	5	2
33	33	4	2
34	34	9	2
35	35	10	1
36	36	2	2
37	37	3	2
38	38	6	1
39	39	8	2
40	40	8	2
41	41	8	2
42	42	4	1
43	43	8	1
44	44	10	2
45	45	3	1
46	46	8	1
47	47	7	2
48	48	7	2
49	49	3	1
50	50	6	2
51	51	1	2
52	52	6	1
53	53	1	2
54	54	2	2
55	55	10	1
56	56	5	1
57	57	2	1
58	58	10	2
59	59	3	2
60	60	5	2

ภาพที่ 3-30 แผนการวัดงาน

ตารางที่ 3-9 ผลการวัดบล็อกเกจ

ตัวอย่าง	ขนาดบล็อคเกจ	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	1.1250	1.1250	1.1250	1.1250	1.1250	1.1250	1.1250
2	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.4995	0.5000	0.5000
3	0.7500	0.7500	0.7500	0.7500	0.7500	0.7500	0.7500
4	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750
5	0.8750	0.8750	0.8750	0.8755	0.8750	0.8750	0.8750
6	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500
7	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.4995	1.5000
8	0.6250	0.6250	0.6250	0.6250	0.6250	0.6250	0.6250
9	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500
10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการวัดตามตารางที่ 3-8 ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของระบบการวัด แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนในรูปของ X bar-R chart ดังภาพที่ 3-31



ภาพที่ 3-31 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนในรูปของ X bar-R chart

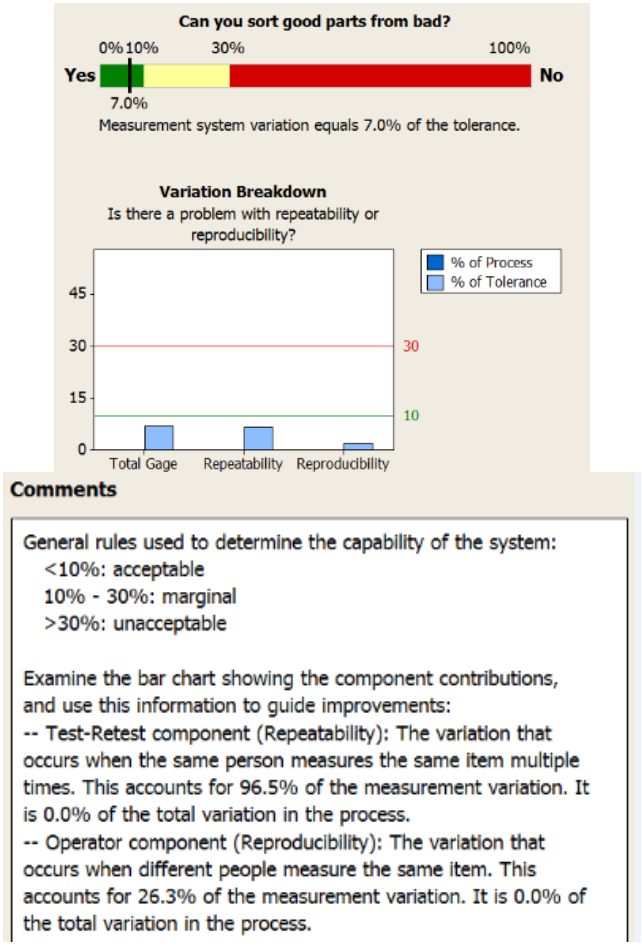
ดังภาพที่ 3-31 ผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ที่ได้ด้วยโปรแกรม Minitab ดังนี้

กรอบที่ 1 แสดง X bar-R chart ของระบบการวัด X bar chart เป็นแผนภูมิค่าเฉลี่ยของขนาดบล็อกเกจที่พนักงานวัดได้ โดยมีการแบ่งเป็นส่วนของพนักงาน 1 และ 2 ด้วยเส้นกึ่งกลางในแผนภูมิ จะเห็นได้ว่า การวัดค่าของพนักงานทั้ง 2 คนจะตกอยู่นอกขอบเขตควบคุม (Control limit) ทั้งหมด หรือตกนอกขอบเขตควบคุม 100% ซึ่งเกณฑ์ คือ จะต้องมีจุดตกอยู่นอกขอบเขตควบคุมอย่างน้อย 50% ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าความผันแปรจากการวัดซ้ำมีค่าน้อยกว่าความผันแปรระหว่างชิ้นงานอยู่มาก

R chart เป็นแผนภูมิค่าพิสัยการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน หรือค่า Repeatability ผลลัพธ์ที่ได้มีจุดที่อยู่เหนือขอบเขต (Limit) หรือมีความคาดเคลื่อนเกิดขึ้นสำหรับพนักงานคนที่ 1 อยู่ที่ 0.033% และ สำหรับพนักงานคนที่ 2 อยู่ที่ 0.066% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพนักงานคนที่ 1 มีความสามารถทำซ้ำได้ดีกว่า

กรอบที่ 2 แสดงค่า Reproducibility ของพนักงานเทียบกับชิ้นงาน ผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดของพนักงานทั้ง 2 คน พบว่าเป็นรูปแบบเดียวกันบ่งบอกได้ว่าค่าที่วัดได้ไม่มีความผิดปกติของข้อมูล และแสดงค่าเฉลี่ยรวมจากการวัดชิ้นงาน

กรอบที่ 3 แสดงค่าจากการวิเคราะห์ของโปรแกรมดังนี้ ค่า Total gage R&R มีค่าเท่ากับ 6.95% ค่า Repeatability มีค่าเท่ากับ 6.71% และค่า Reproducibility มีค่าเท่ากับ 1.83%



ภาพที่ 3-32 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

จากภาพที่ 3-32 จะเห็นได้ว่า ค่าความแปรผันของพนักงานในการวัดซ้ำวัดมีค่า 96.5% และค่าความแปรผันของชิ้นงานเดียวกันมีค่า 26.3% เมื่อพนักงานที่วัดไม่ใช่คนเดียวกัน และความผันแปรของการวัดทั้งระบบ หรือเปอร์เซ็นต์ GR&R (Precision to total variation ratio) มีค่าเท่ากับ 7% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ซึ่งหลักเกณฑ์ในการพิจารณาค่า % GR&R ตามมาตรฐานที่กำหนด คือ

1. % GR&R < 10% แสดงว่าสามารถยอมรับผลจากระบบการวัดได้

2. 10% < % GR&R < 30% แสดงว่ามีความผิดพลาดเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับผลจากระบบการวัดได้

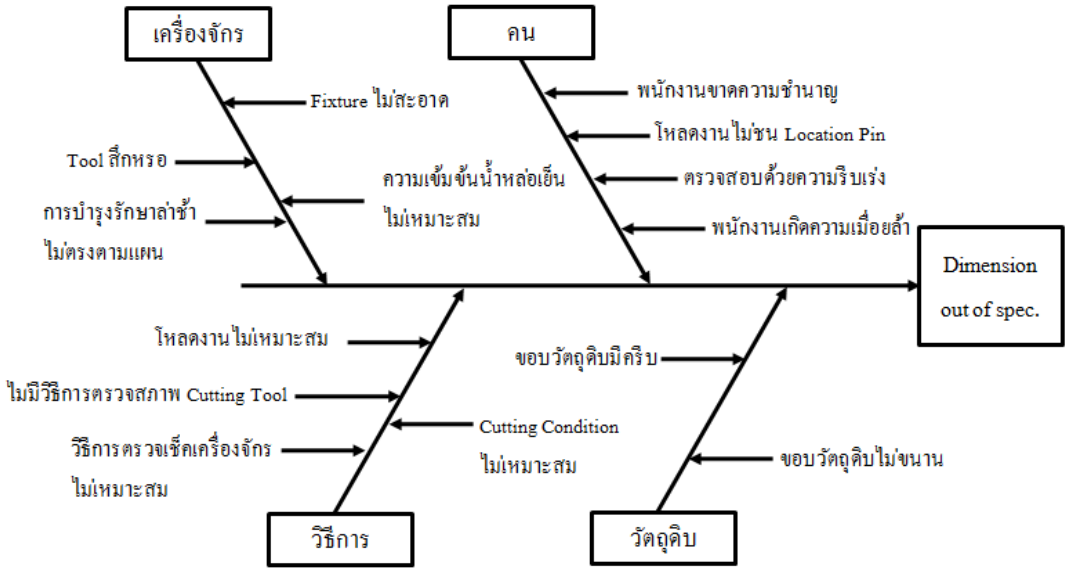
3. >30% แสดงว่าระบบการวัดต้องมีการปรับปรุงไม่สามารถยอมรับได้

หมายเหตุ เกณฑ์ในการยอมรับ อ้างอิงจากเอกสารการสอนหัวข้อการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ของอาจารย์ ดร. จักรวาล คุณะดิลก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบการวัดสรุปได้ว่าระบบการวัดของสายการผลิตมีความน่าเชื่อถือสามารถใช้ระบบการวัดนี้ในการวัดชิ้นงานได้

1.2 การวิเคราะห์ปัญหา (Analysis phase)

การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาของงานที่พบมีข้อบกพร่องหรือไม่ผ่านข้อกำหนดของลูกค้า ผู้ศึกษาและวิจัยได้นำมาใช้เครื่องมือและเทคนิคทางคุณภาพมาดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาแต่ละปัญหาร่วมกับทีมงานของบริษัทศึกษา ซึ่งผู้ศึกษาได้ใช้แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียโดยแยกตามปัจจัยพื้นฐาน 4M คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการ (Method) ซึ่งแผนผังก้างปลาของปัญหา Dimension out of spec. ที่เกิดขึ้นแสดงดังภาพที่ 3-33



ภาพที่ 3-33 การวิเคราะห์ปัญหา Dimension out of spec

สาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ที่ได้จากการระดมสมองและการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลานั้นมีสาเหตุต่าง ๆ ของแต่ละปัญหาเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้ศึกษารวมถึงทีมงานได้นำปัญหาทั้งหมดมาทำการกรองปัญหาที่ได้จากการระดมสมองโดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งเพื่อชี้เป้าให้สาเหตุของแต่ละปัญหาแคบลง แสดงดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 การกรองปัญหาด้าน Dimension out of spec

ปัจจัย	ปัญหา	เกี่ยวข้อง/ ไม่เกี่ยวข้อง	เหตุผล
คน (Man)	พนักงานขาดความชำนาญ	ไม่เกี่ยวข้อง	พนักงานที่ผ่านการอบรมและการประเมินจากหัวหน้างานสำหรับการผลิตงานชิ้นนี้
	โหลดงานไม่ชน Location fixture	เกี่ยวข้อง	ทำงานไม่ถูกต้อง เนื่องจากละเลยการตรวจสอบหลังจากทำการโหลดงาน
	ทำงานด้วยความรีบเร่ง	ไม่เกี่ยวข้อง	ไม่มีการบีบบังคับด้วยเวลา Set up/ Offset เครื่องจักร
	พนักงานเกิดความเมื่อยล้า	ไม่เกี่ยวข้อง	มีช่วงพักเบรก/ งานชิ้นเล็ก/ รอบเวลาผลิตนานทำให้มีช่วงพักสั้น ๆ
เครื่องจักร (Machine)	Cutting tool สึกหรอ	เกี่ยวข้อง	ส่งผลให้ Dimension ของชิ้นงานหลังกัดละเอียดใน Operation #1 เปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นจุดดาตัม (Datum)ที่ไปวางแนบบน Fixture operation #2 จึงส่งผลให้ Dimension 1.470 นิ้ว มีระยะสั้นกว่าแบบของชิ้นงาน
	ปริมาณ/ ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการตรวจสอบทุกวันก่อนเริ่มทำงานตามแผนการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน
	Fixture ไม่สะอาด	เกี่ยวข้อง	ทำให้การโหลดงานแล้วชิ้นงานไม่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง เนื่องจากมีเศษเหล็กแทรกระหว่างชิ้นงานกับ Fixture
	เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการทำ PM รายวัน/ รายเดือน/ รายปี เช่นการ PM และตรวจสอบระบบชุดขับเคลื่อน เปลี่ยนถ่ายระบบของเหลว ที่ส่งผลกับตำแหน่งการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจส่งผลต่อขนาดของชิ้นงาน

ตารางที่ 3-10 (ต่อ)

ปัจจัย	ปัญหา	เกี่ยวข้อง/ ไม่เกี่ยวข้อง	เหตุผล
วัตถุดิบ (Material)	เป็นครีบ	เกี่ยวข้อง	จับงานแล้วตำแหน่งของชิ้นงานคลาดเคลื่อน เนื่องจากครีบไปขวางการจับชิ้นงาน
	ขอบวัตถุดิบไม่ขนาน	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการควบคุมค่าความขนานของงานโดยในขั้นตอนกัดหยาบ OP #1 โดยมีการกัดชิ้นงานด้านที่จะต้องสัมผัสกับปากปากกา และโลเคทติ้งพิน (Locating pin) ของชิ้นงาน
วิธีการ (Method)	วิธีการตรวจเช็คเครื่องจักร	ไม่เกี่ยวข้อง	มีเอกสาร/ ใบตรวจสอบแล้ว เพียงพอที่จะให้เครื่องจักรทำงานได้ตามประสิทธิภาพของเครื่องจักร และเหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ
	วิธีการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool	เกี่ยวข้อง	ไม่มีมาตรฐานสำหรับการตัดสินใจหลังตรวจเช็คว่า Cutting tool ยังมีสภาพพร้อมที่จะใช้งานหรือไม่ และใบบันทึกการตรวจสอบเพื่อเก็บเป็นข้อมูลในการกำหนด Tool life
	วิธีการโหลดงานไม่เหมาะสม เนื่องจากไม่มีวิธีการตรวจสอบการโหลดชิ้นงาน	เกี่ยวข้อง	ไม่มีขั้นตอนการทำงานสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์นี้ (มีแต่ขั้นตอนการทำงานทั่วไป)
	กำหนด Cutting condition ไม่เหมาะสม	ไม่เกี่ยวข้อง	ใช้ Cutting condition ได้แก่ ความเร็วตัดเฉือน อัตราการป้อน และระยะกินลึกตามคู่มือที่ผู้ผลิตแนะนำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองปัญหาต่าง ๆ โดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตได้มาจากการระดมสมองของทีมงาน ผู้ทำการศึกษาจะนำข้อมูลที่ได้จากการกรองปัญหาทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข

ภาพที่ 3-34 จุดควบคุมค่าความขนานของงาน

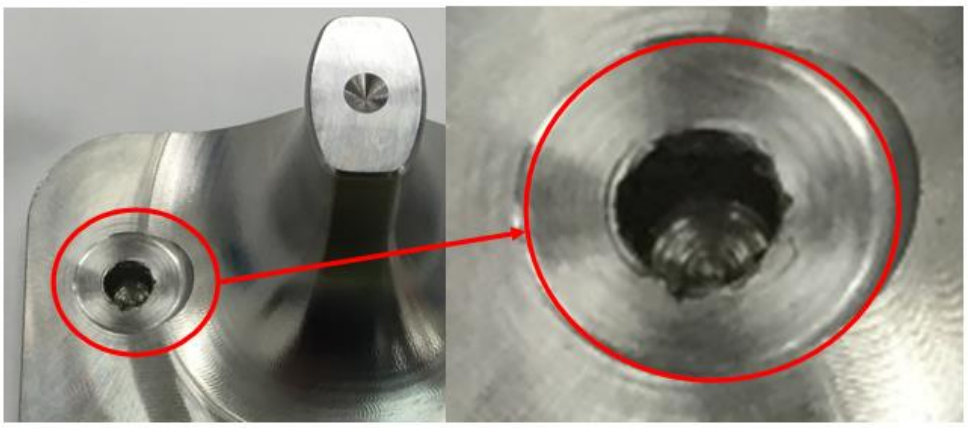
การควบคุมค่าความขนานของด้านที่สัมผัสกับปากกาจะช่วยให้ขณะบีบจับชิ้นงานจะไม่กระดกอีกทั้งยังมีความมั่นคงในขณะทำการแมชชีน เนื่องจากวัตถุดิบเป็นสแตนเลสชุบแข็ง ทำให้มีแรงตัดเฉือนสูง และด้านที่สัมผัสกับโลเคชั่นพินจะช่วยให้ชิ้นงานได้ตำแหน่งเวลาโหลดชิ้นงาน

2. ปัญหา Tool mark

ข้อมูลของเสียที่มีลักษณะ Tool mark จุดที่เกิดปัญหา คือ บริเวณรู ขนาด 0.2180 นิ้ว ซึ่งส่งผลกระทบกับการประกอบชิ้นงานได้ สามารถแจกแจงรายละเอียดของปัญหา และจำนวนของเสียของแต่ละจุดได้ดังตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-11 รายละเอียดของปัญหา และจำนวนของเสีย

ลักษณะปัญหา	รายละเอียดปัญหา	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
Tool mark	ผิวงานเสียที่เกิดจาก Cutting tool บริเวณรูของชิ้นงาน	4



ภาพที่ 3-35 ลักษณะของเสียที่เกิดจาก Tool mark

2.1 วิเคราะห์ระบบการวัดแบบ Attribute

ก่อนจะนำข้อมูลที่ได้จากสาเหตุของปัญหาไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติ จะต้องทำการวิเคราะห์ระบบการวัดให้มีประสิทธิภาพเพียงพอแก่การยอมรับทางสถิติเสียก่อน เพื่อไม่ให้เกิดความผันแปรที่มาจากระบบการวัด หากพบความผันแปรที่เกิดขึ้นจากระบบการวัดจะต้องทำการปรับปรุงกระบวนการวัดให้ดีเสียก่อน เนื่องจากข้อมูลของปัญหาเป็นแบบข้อมูลนับ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ด้านความแม่นยำ (Precision) ของระบบการวัดแบบ Attribute gauge R&R

ความสามารถด้านระบบการวัดของเครื่องมือตรวจสอบประเภท Attribute gauge R&R นั้นจะใช้การตรวจสอบชิ้นงานประเภทที่มีข้อบกพร่องบนชิ้นงานด้วยสายตาของผู้ตรวจสอบและความสามารถด้านการตัดสินใจของพนักงานเฉพาะคน การวิเคราะห์ระบบการวัด จะช่วยลดความแปรปรวน จากการตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงาน และเพื่อบ่งชี้ถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้ทำการตรวจสอบ

การวิเคราะห์ระบบการวัด ผู้ศึกษาจะดำเนินการตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงานที่ผลิตว่าชิ้นงานนั้นเป็นของดีหรือของเสีย โดยจะทำการเปรียบเทียบจากพนักงานตรวจสอบของเสียจำนวน 3 คน และทำการตรวจสอบซ้ำ 2 ครั้ง จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 16 ตัวอย่าง จากนั้นดำเนินการนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบในแต่ละกลุ่มมาทำการวิเคราะห์เพื่อดูความถูกต้องในการเกิดซ้ำของพนักงานแต่ละคน และเปรียบเทียบความแม่นยำ และความถูกต้องในการตรวจสอบของพนักงานแต่ละกลุ่มด้วย การดำเนินการเป็นการลดข้อผิดพลาด หรือความแปรปรวนของกระบวนการผลิต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย โดยการวิเคราะห์ระบบการวัดสามารถที่จะลดความแปรปรวนที่เกิดจากการตรวจสอบข้อบกพร่อง เพราะถ้าพนักงานแต่ละคนไม่สามารถแยกแยะระหว่างชิ้นงานดีกับงานเสียได้ ก็จะทำให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมนั้นเป็นข้อมูลที่ไม่ถูกต้องได้

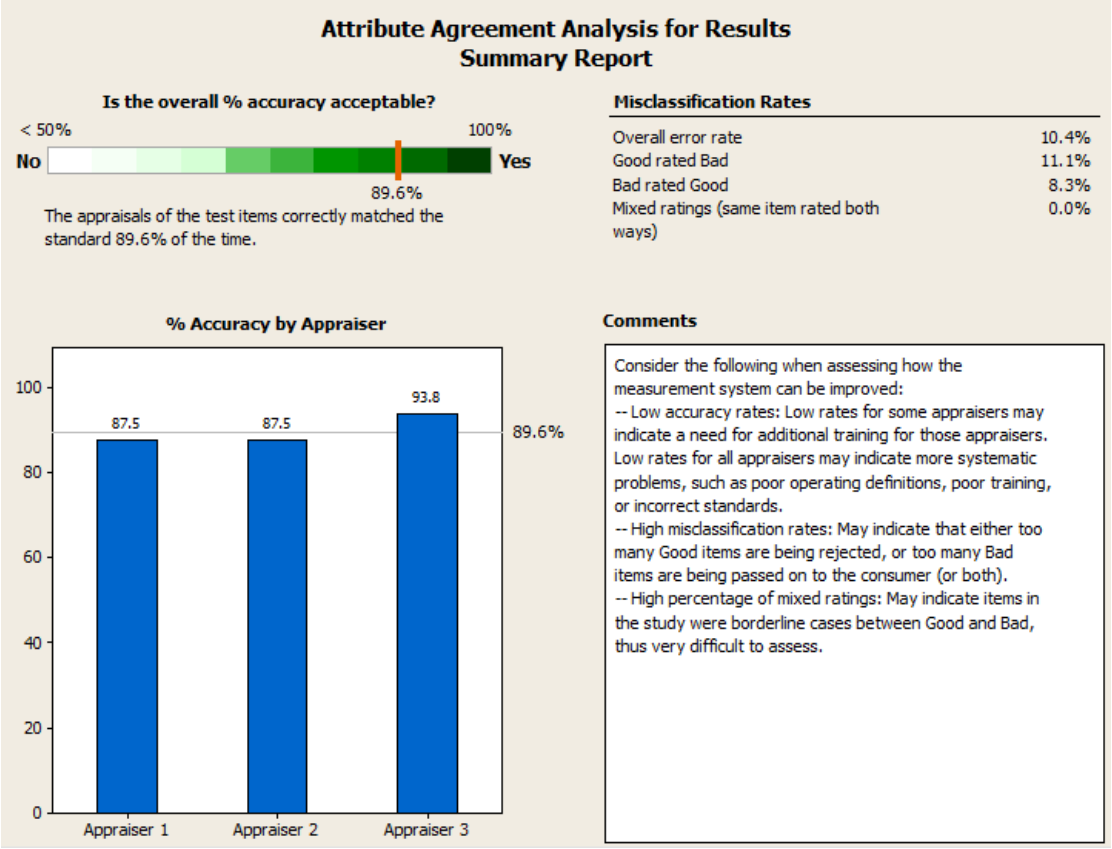
การทดสอบพนักงานจะทำหลังจากการฝึกอบรมเพื่อให้มั่นใจได้ว่าผู้ตรวจสอบมีความเข้าใจถึงวิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงาน รวมถึงเข้าใจวิธีการของการตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล ซึ่งผลการทดสอบการตรวจสอบด้วยสายตาแสดงได้ดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 ผลการทดสอบการตรวจสอบด้วยสายตา

หมายเลขชิ้นงาน	คุณลักษณะชิ้นงาน	พนักงาน 1		พนักงาน 2		พนักงาน 3	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	งานเสีย (คราบสนิม)	✓	✓	×	×	✓	✓
5	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	งานเสีย (รอยบุบ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	งานดี (รอยขีดข่วนเล็กน้อย)	×	×	✓	✓	×	×
10	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	งานเสีย (รอยบุบ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	งานเสีย (รอยบุบ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	งานดี (รอยขีดข่วนเล็กน้อย)	×	×	×	×	✓	✓

หมายเหตุ: ✓ คือ พนักงานทำการตรวจสอบถูกต้อง และ × คือ พนักงานทำการตรวจสอบไม่ถูกต้อง

นำผลการทดสอบที่ได้ดังตารางที่ 3-12 ไปทำการวิเคราะห์ผลการวัดด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลดังภาพที่ 3-36



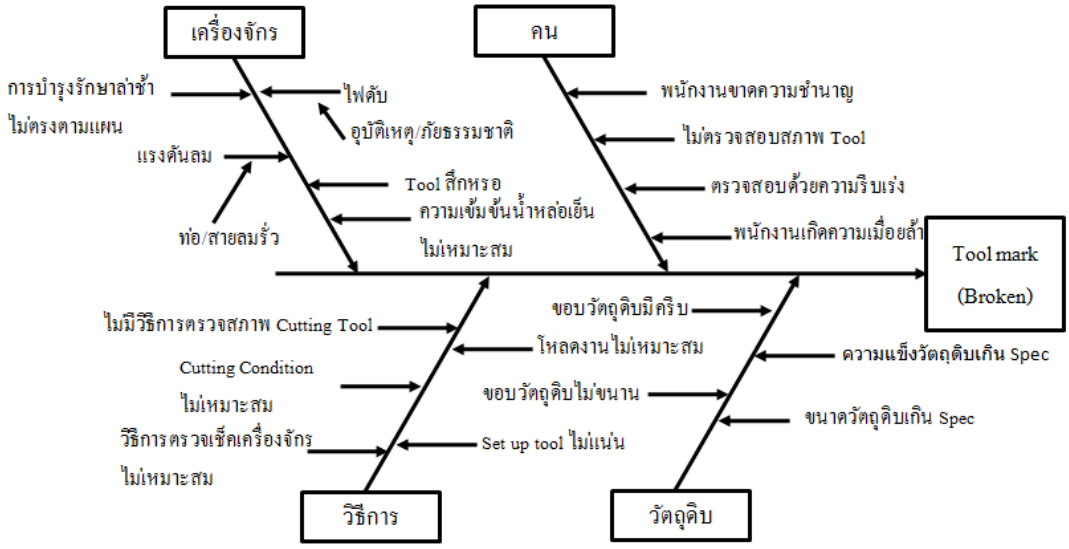
ภาพที่ 3-36 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบคุณภาพนั้นพบว่าพนักงานทั้ง 3 คนไม่สามารถแยกแยะชิ้นงาน ดี หรือเสีย ได้ถูกต้อง 100% โดยพนักงานคนที่ 1 มีผลความสามารถในการทำซ้ำ 100% ความถูกต้อง 87.50% พนักงานคนที่ 2 มีผลความสามารถในการทำซ้ำ 100% ความถูกต้อง 87.50% พนักงานคนที่ 3 มีผลความสามารถในการทำซ้ำ 100% ความถูกต้อง 93.8% และ เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ 89.6% หรือ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยรวมอยู่ที่ 10.4% จึงจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัด เนื่องจากประสิทธิภาพระบบการวัดโดยรวมยังไม่เพียงพอในการยอมรับเรื่องการตรวจสอบชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องซึ่งเป็นการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา โดยใช้เกณฑ์ความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

การตรวจสอบชิ้นงานกับพนักงานทั้ง 3 คน โดยการจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ อบรม และวัดผลหลังจากการอบรมเพื่อช่วยให้พนักงานทำการตัดสินใจว่าชิ้นงานที่ตรวจสอบเป็นงานดี หรืองานเสีย

2.2 การวิเคราะห์ปัญหา (Analysis phase)

การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาของงานที่พบมีข้อบกพร่องหรือไม่ผ่านข้อกำหนดของลูกค้า ผู้ศึกษาและวิจัยได้นำมาใช้เครื่องมือและเทคนิคทางคุณภาพมาดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาแต่ละปัญหาร่วมกับทีมงานของบริษัทศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียโดยแยกตามปัจจัยพื้นฐาน 4M คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการ (Method) ซึ่งแผนผังก้างปลาของปัญหา Tool mark ที่เกิดขึ้นแสดงดังภาพที่ 3-37



ภาพที่ 3-37 การวิเคราะห์ปัญหา Tool mark (Broken)

สาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ที่ได้จากการระดมสมองและการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลานั้นมีสาเหตุของแต่ละปัญหาเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้ศึกษาและวิจัยรวมถึงทีมงานได้นำปัญหาทั้งหมดมาทำการกรองปัญหาที่ได้จากการระดมสมองโดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งเพื่อชี้เป้าให้สาเหตุของแต่ละปัญหาแคบลง แสดงดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 การกรองปัญหาด้าน Tool mark

ปัจจัย	ปัญหา	เกี่ยวข้อง/ ไม่เกี่ยวข้อง	เหตุผล
คน (Man)	พนักงานขาดความชำนาญ	ไม่เกี่ยวข้อง	พนักงานที่ผ่านการอบรมและการประเมินจากหัวหน้างานสำหรับการผลิตงานชิ้นนี้
	ไม่มีการตรวจสอบสภาพ Cutting tool	เกี่ยวข้อง	ทำให้งานเสียเนื่องจากไม่ทราบว่า Cutting tool ได้เกิดสึกหรอ จนไม่สามารถใช้งานได้
	ทำงานด้วยความรีบเร่ง	ไม่เกี่ยวข้อง	ไม่มีการบีบบังคับด้วยเวลา Set up/ Offset เครื่องจักร
	พนักงานเกิดความเมื่อยล้า	ไม่เกี่ยวข้อง	มีช่วงพักเบรก/ งานชิ้นเล็ก/ รอบเวลาผลิตนาน ทำให้มีช่วงพักสั้น ๆ
เครื่องจักร (Machine)	Cutting tool สึกหรอ	เกี่ยวข้อง	ส่งผลให้แรงตัดเฉือนงานเพิ่มขึ้น
	ปริมาณ/ ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการตรวจสอบทุกวันทำงานก่อนเริ่มทำงานในแต่ละกะ
	ระบบไฟฟ้าขัดข้อง	เกี่ยวข้อง	ทำให้เครื่องจักรหยุดทำงานกะทันหัน
	ระบบลมขัดข้อง	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการทำ PM ระบบลม รายวัน/ รายเดือน/ รายปี
	เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษาระบบขับเคลื่อน	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการทำ PM รายวัน/ รายเดือน/ รายปี เช่น การ PM และตรวจสอบระบบชุดขับเคลื่อน เปลี่ยนถ่ายระบบของเหลว ที่ส่งผลกับตำแหน่งการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจส่งผลต่อขนาดของชิ้นงาน
วัตถุดิบ (Material)	เป็นครีบ	ไม่เกี่ยวข้อง	ไม่ส่งผลต่อ Cutting tool
	ขอบวัตถุดิบไม่ขนาน	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการควบคุมค่าความขนานทำให้การจับยึดชิ้นงานแน่นไม่มีการสั่นคลอนได้
	ความแข็งวัตถุดิบเกิน Spec	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการตรวจสอบใบรับรองจากผู้ผลิต และมีสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต
	ขนาดวัตถุดิบเกิน Spec	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต

ตารางที่ 3-13 (ต่อ)

ปัจจัย	ปัญหา	เกี่ยวข้อง/ ไม่เกี่ยวข้อง	เหตุผล
วิธีการ (Method)	วิธีการตรวจสอบเครื่องจักร	ไม่เกี่ยวข้อง	มีเอกสาร/ ใบตรวจสอบ แล้ว เพียงพอที่จะให้เครื่องจักรทำงานได้ตามประสิทธิภาพของเครื่องจักร และเหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ
	วิธีการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool	เกี่ยวข้อง	ไม่มีมาตรฐานสำหรับการตัดสินใจหลังตรวจเช็คว่า Cutting tool ยังมีสภาพพร้อมที่จะใช้งานหรือไม่ และใบบันทึกการตรวจสอบเพื่อเก็บเป็นข้อมูลในการกำหนด Tool life
	วิธีการโหลดไม่เหมาะสม	ไม่เกี่ยวข้อง	ทำงานไม่ถูกต้อง
	กำหนด Cutting condition ไม่เหมาะสม	ไม่เกี่ยวข้อง	ใช้ Cutting condition ได้แก่ ความเร็วตัดเฉือน อัตราการป้อน และระยะกินลึก ตามคู่มือที่ผู้ผลิตแนะนำ

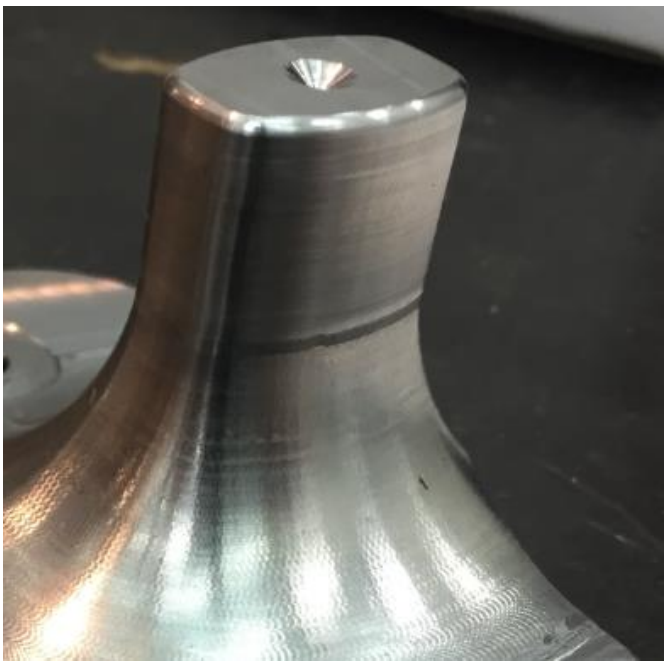
ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองปัญหาต่าง ๆ โดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญกับกระบวนการผลิตที่ได้จากการระดมสมองของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนั้น ผู้ทำการศึกษาและวิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากการกรองปัญหาทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข

3. ปัญหา Mismatch

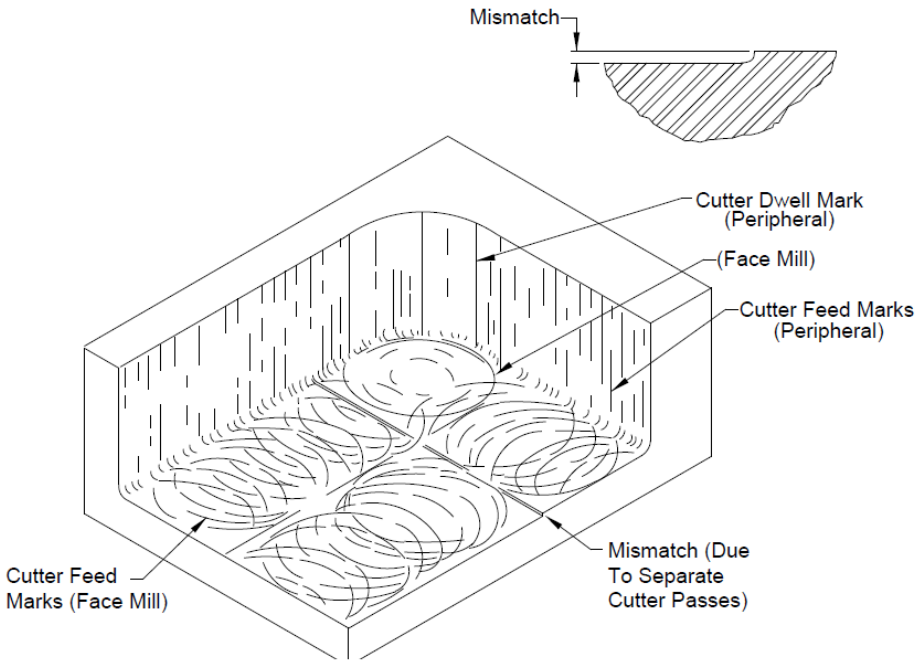
ข้อมูลของเสียที่มีลักษณะ Surface mismatch บริเวณผิวของชิ้นงานมีความต่างระดับเกิดขึ้นสามารถแจกแจงรายละเอียดของปัญหา และจำนวนของเสียของแต่ละจุดได้ดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 รายละเอียดของปัญหา และจำนวนของเสีย

ลักษณะปัญหา	รายละเอียดปัญหา	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
Mismatch	รอยต่อผิวงานมีความต่างระดับเกินกว่า 0.007 นิ้ว ซึ่งสามารถตรวจสอบด้วยสายตาหรือการสัมผัส	3



ภาพที่ 3-38 ลักษณะของเสียที่เกิด Mismatch



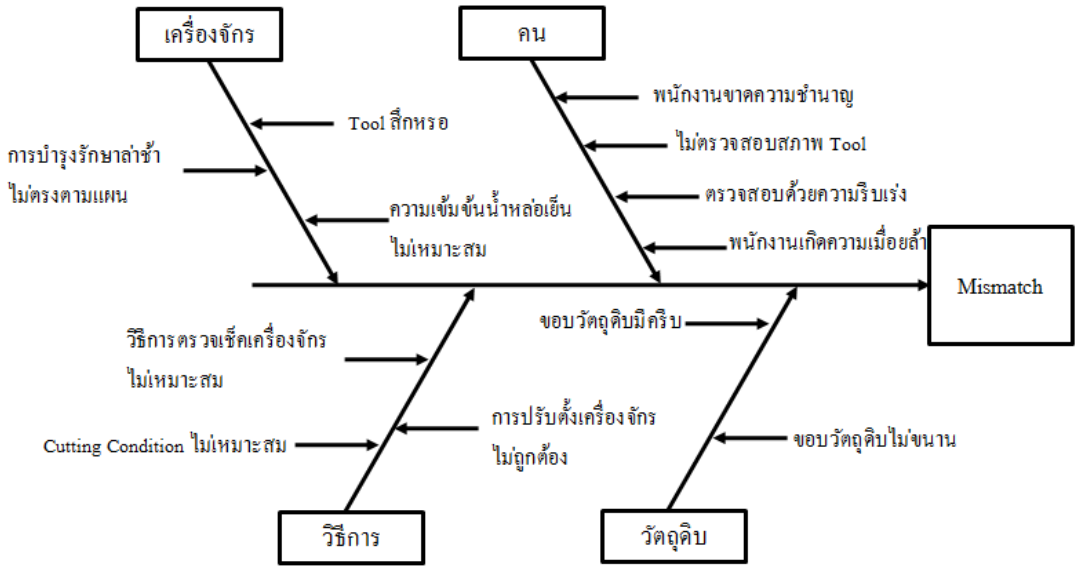
ภาพที่ 3-39 ลักษณะ Surface mismatch

3.1 วิเคราะห์ระบบการวัด Attribute

การตรวจสอบชิ้นงานทำการตรวจด้วยสายตา และการสัมผัสเหมือนกับกรณี Tool mark ผู้ศึกษาได้ใช้ข้อมูลการวิเคราะห์เดียวกัน ข้อมูลการวิเคราะห์ดังหัวข้อวิเคราะห์ระบบการจัดแบบ Attribute

3.2 การวิเคราะห์ (Analysis Phase)

ผู้ศึกษาและวิจัยได้นำมาใช้เครื่องมือและเทคนิคทางคุณภาพมาดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาแต่ละปัญหาร่วมกับทีมงานของบริษัทศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียโดยแยกตามปัจจัยพื้นฐาน 4M คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการ (Method) ซึ่งแผนผังก้างปลาของแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้นแสดงดังภาพที่ 3-40



ภาพที่ 3-40 การวิเคราะห์ปัญหา Mismatch

สาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ที่ได้จากการระดมสมองและการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลานั้นมีสาเหตุของแต่ละปัญหาเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้ศึกษาและวิจัยรวมถึงทีมงานได้นำปัญหาทั้งหมดมาทำการกรองปัญหาที่ได้จากการระดมสมองโดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งเพื่อชี้เป้าให้สาเหตุของแต่ละปัญหาแคบลง แสดงดังตารางที่ 3-15

ตารางที่ 3-15 การกรองปัญหาด้าน Mismatch

ปัจจัย	ปัญหา	เกี่ยวข้อง/ ไม่เกี่ยวข้อง	เหตุผล
คน (Man)	พนักงานขาดความชำนาญ	ไม่เกี่ยวข้อง	พนักงานที่ผ่านการอบรมและการประเมินจากหัวหน้างานสำหรับการผลิตงานชิ้นนี้
	ไม่มีการตรวจสอบสภาพ Cutting tool	เกี่ยวข้อง	ไม่มีมาตรฐานการตรวจสอบทำให้งานเสียเนื่องจากไม่ทราบว่า Cutting tool ได้เกิดการสึกหรอ จนไม่สามารถใช้งานได้
	ทำงานด้วยความรีบเร่ง	ไม่เกี่ยวข้อง	ไม่มีการบีบบังคับด้วยเวลาทำงาน Set up/ Offset เครื่องจักร
	พนักงานเกิดความเมื่อยล้า	ไม่เกี่ยวข้อง	มีช่วงพักเบรก/ งานชิ้นเล็ก/ รอบเวลาผลิตนานทำให้มีช่วงพักสั้น ๆ
เครื่องจักร (Machine)	Cutting tool สึกหรอ	เกี่ยวข้อง	ส่งผลให้ขนาดของชิ้นงานเปลี่ยนไป
	ปริมาณ/ ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการตรวจสอบทุกวันทำงานก่อนเริ่มทำงานในแต่ละกะ
	เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษาชุดหัวสปินเดิล	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการทำ PM รายวัน/ รายเดือน/ รายปี เช่น การ PM และตรวจสอบระบบชุดหัวสปินเดิล ระบบของเหลว ที่ส่งผลกับการหมุน และตรวจสอบค่ารันเอาต์
วัตถุดิบ (Material)	เป็นครีบ	เกี่ยวข้อง	จับงานไม่มั่นคง
	ขอบวัตถุดิบไม่ขนาน	ไม่เกี่ยวข้อง	มีการควบคุมค่าความขนานทำให้การจับยึดชิ้นงานแน่นไม่มีการสั่นคลอนได้

ตารางที่ 3-15 (ต่อ)

ปัจจัย	ปัญหา	เกี่ยวข้อง/ ไม่เกี่ยวข้อง	เหตุผล
วิธีการ (Method)	วิธีการตรวจสอบเครื่องจักรส่วนการตรวจสอบค่ารันเอาต์	ไม่เกี่ยวข้อง	มีเอกสาร/ ใบตรวจสอบแล้วเพียงพอที่จะให้เครื่องจักรทำงานได้ตามประสิทธิภาพของเครื่องจักร และเหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ
	วิธีการปรับตั้งเครื่องจักรในการตรวจเช็คค่ารันเอาต์	ไม่เกี่ยวข้อง	มีขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร
	กำหนด Cutting condition ไม่เหมาะสม	ไม่เกี่ยวข้อง	ใช้ Cutting condition ได้แก่ ความเร็วตัดเฉือน อัตราการป้อน และระยะกินลึก ตามคู่มือที่ผู้ผลิตแนะนำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองปัญหาต่าง ๆ โดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญกับกระบวนการผลิตที่ได้จากการระดมสมองของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องนั้น ผู้ทำการศึกษาและวิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากการกรองปัญหาทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไขโดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

การนำเทคนิค FMEA มาประยุกต์ใช้

เมื่อทราบลักษณะของเสีย และผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองปัญหาต่าง ๆ ที่ได้จากการระดมสมองของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้า แล้วนำเทคนิค FMEA (Failure mode and effects analysis) มาประยุกต์ใช้ เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่มีความเสี่ยงชี้นำ (RPN)สูง ในการนำไปสู่การกำหนดทิศทางในการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาต่อไป สำหรับเกณฑ์การประเมินดัชนีค่าของ RPN นั้นผู้ทำการศึกษาและวิจัยจะใช้เกณฑ์การประเมินค่า RPN ซึ่งได้จากการคำนวณค่าความรุนแรงของผลกระทบ (S-Severity) คูณกับค่าโอกาสการเกิดของสาเหตุ (O-Occurrence) โดยให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในระเบียบการปฏิบัติงานเรื่อง FMEA ซึ่งเกณฑ์การประเมินค่า S, O และD แสดงได้ดังตารางที่ 3-15 ถึงตารางที่ 3-17 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ FMEA แสดงได้ดังตารางที่ 3-18

หมายเหตุ: เกณฑ์การประเมินอ้างอิง WI ของบริษัทกรณีศึกษาหมายเลข 30956T-C

ตารางที่ 3-16 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ (S-Severity)

คะแนน	ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	คำอธิบายความรุนแรงของผลกระทบ	
		ต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ต่อกระบวนการภายใน
10	เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงานหรือเครื่องจักรโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า
9	เกิดอันตรายโดยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงานหรือเครื่องจักรโดยมีการเตือนล่วงหน้า
8	ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจจะต้องถูกทำลายหรือไม่ทำการจัดส่ง
7	ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	อาจมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือกและผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจถูกทำลายหรือส่งซ่อมแซม
6	ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ขาดความสะดวกสบายจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องได้รับการซ่อมแซมนอกสายการผลิตก่อนจะทำการยอมรับ
5	ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบายแต่ระดับสมรรถนะลดลง	อาจมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือกและผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจต้องส่งซ่อมแซมนอกสายการผลิต

ตารางที่ 3-16 (ต่อ)

คะแนน	ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	คำอธิบายความรุนแรงของผลกระทบ	
4	ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนักลูกค้าส่วนใหญ่มากกว่า 75% สังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบคัดเลือกโดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลายแต่บางส่วนอาจต้องซ่อมแซมในสายการผลิตแต่นอกจุดปฏิบัติงาน
3	ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก ลูกค้าประมาณ 50% สังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจได้รับการซ่อมแซมในสายการผลิตแต่นอกจุดปฏิบัติงานโดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย
2	แทบจะไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก ลูกค้าส่วนน้อยสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้แต่น้อยกว่า 25%	ผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจได้รับการซ่อมแซมในสายการผลิตที่จุดปฏิบัติงานโดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย
1	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตได้	อาจมีความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยต่อการปฏิบัติงานหรือตัวพนักงานหรือไม่มีผลกระทบใด ๆ

ตารางที่ 3-17 เกณฑ์การประเมินโอกาสการเกิดสาเหตุ (O-Occurrence)

คะแนน	โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้
10	สูงมาก: เกิดข้อบกพร่องประจำ	≥ 100/1000 หรือ≥ 10%
9	สูง: เกิดข้อบกพร่องบ่อย	≥ 50/1000 หรือ≥ 5%
8		≥ 20/1000 หรือ≥ 2%
7		≥ 10/1000 หรือ≥ 1%
6	ปานกลาง: เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	≥ 2/1000 หรือ≥ 0.2%
5		≥ 0.5/1000 หรือ≥ 0.05%
4		≥ 0.1/1000 หรือ≥ 0.01%
3	ต่ำ: เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	≥0.01/1000 หรือ≥ 0.001%
2		≥0.001/1000 หรือ≥ 0.0001%
1	ห่างไกล: แทบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	ไม่พบข้อบกพร่อง

ตารางที่ 3-18 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจจับ (D-Detection)

คะแนน	กฎเกณฑ์	ขอบเขตวิธีการตรวจสอบ
10	ไม่มีระบบการตรวจจับใด ๆ	ไม่สามารถตรวจสอบหรือตรวจจับได้
9	มีระบบควบคุมแต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	การควบคุมทำได้ทางอ้อมหรือสุ่มตรวจสอบเท่านั้น
8	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	การควบคุมทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าเท่านั้น
7		การควบคุมทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าสองครั้งเท่านั้น
6	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	การควบคุมทำได้ด้วยแผนภูมิ SPC
5		มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัดหรือ Go/ No Go gauge โดยวัดชิ้นงานหลังจากออกนอกจุดปฏิบัติงาน

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

คะแนน	กฎเกณฑ์	ขอบเขตวิธีการตรวจสอบ
4	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	มีการตรวจจับในกระบวนการถัดไปหรือใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานแรกตอนการปรับตั้ง
3		มีการตรวจจับข้อผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานหรือกระบวนการถัดไป
2	มีระบบควบคุมและมั่นใจได้ว่าจะสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	มีการตรวจจับข้อผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานด้วยเครื่องอัตโนมัติ
1	มีระบบควบคุมและมั่นใจได้ว่าจะสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	ไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องกับผลิตภัณฑ์ได้ เพราะมีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนการออกแบบและกระบวนการ

การประเมินตัวเลขแสดงความเสี่ยง

การพิจารณาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) จากการประยุกต์เทคนิค FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ จากค่าระดับความรุนแรง (Severity) ค่าความถี่ในการเกิดของเสีย (Occurrence) ค่าการตรวจจับของเสีย (Detection) และนำข้อมูลลักษณะของเสียตามที่คัดเลือกมาทำการปรับปรุงและแก้ไข โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ที่มีค่าเกิน 100 ของการผลิต เนื่องจากเป็นค่าที่ผู้วิจัย และทีมงานผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาแล้วว่าเป็นค่าที่สูงในระดับที่ทางโรงงานเมื่อทำการจัดลำดับความสำคัญของความรุนแรงของปัญหาโดยพิจารณาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) แสดงดังตารางที่ 3-19

ตารางที่ 3-19 วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

กระบวนการ/ ปัญหาหลัก Process step/ Function	แนวโน้มของข้อบกพร่อง Potential failure mode	แนวโน้มผลของข้อบกพร่อง Potential effect (s) of failure	S	แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง Potential cause (s) of faillure	O	การควบคุมในปัจจุบัน Control process		D	RPN	วิธีการแก้ไข Recommended action	ผลการแก้ไข Action result				
						การควบคุม Control prevention	การตรวจจับ Control detection				การแก้ไข Action	S	O	D	RPN
กระบวนการแมชชีนนิ่งขึ้นรูปชิ้นงาน- ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามแบบของลูกค้า	โหลดงานไม่ชน Location fixture	ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาด	7	ขาดการตรวจสอบหลังโหลดชิ้นงาน	5	ไม่มี	วัดชิ้นงานแรกตอนการปรับตั้งและมีการตรวจจับในกระบวนการถัดไป	4	140	เพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบการโหลดชิ้นงาน และตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	จัดทำ WI โดยใช้ Filler guage ในการตรวจสอบ การโหลดงาน และ ใบตรวจสอบชิ้นงาน (Dimension check sheet)	7	3	3	63
	Cutting tool สึกหรอ	ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาด	5	Cutting tool หมดอายุการใช้งาน	5	ไม่มี	วัดชิ้นงานแรกตอนการปรับตั้งและมีการตรวจจับในกระบวนการถัดไป	4	100	เพิ่มมาตรฐานการตรวจสอบกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool อ้างอิงตามการทดลองเก็บข้อมูล และมาตรฐานจากผู้ผลิต ตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool และกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool ลงใน WI และจัดทำใบตรวจสอบชิ้นงาน (Dimension check sheet)	5	2	3	30
	Fixture ไม่สะอาด	ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาด	7	Fixture มีชิ้นส่วนหลายชิ้นทำให้ขี้เหล็กเข้าไปติดตามซอกของ Fixture	6	ไม่มี	วัดชิ้นงานแรกตอนการปรับตั้งและมีการตรวจจับในกระบวนการถัดไป	4	168	ลดจำนวนส่วนประกอบของ Fixture, ตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	ทำ Fixture ใหม่ ลดจำนวนส่วนประกอบจาก 3 ส่วน เหลือ 1 ส่วน และจัดทำใบตรวจสอบชิ้นงาน (Dimension check sheet)	7	3	3	63
			7	พนักงานทำความสะอาด Fixture และขาดการตรวจสอบหลังการทำความสะอาด	3	ไม่มี	วัดชิ้นงานแรกตอนการปรับตั้งและมีการตรวจจับในกระบวนการถัดไป	4	84	-	-	-	-	-	-
	ชิ้นงานเป็นคริบ	ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาด	7	จับยึดงานไม่มั่นคง	2	ไม่มี	วัดชิ้นงานแรกตอนการปรับตั้งและมีการตรวจจับในกระบวนการถัดไป	4	56	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3-19 (ต่อ)

กระบวนการ/ ปัญหาหลัก Process step/ Function	แนวโน้มของข้อบกพร่อง Potential failure mode	แนวโน้มผลของข้อบกพร่อง Potential effect (s) of failure	S	แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง Potential cause (s) of faillure	O	การควบคุมในปัจจุบัน Control process		D	RPN	วิธีการแก้ไข Recommended action	ผลการแก้ไข Action result				
						การควบคุม Control Prevention	การตรวจจับ Control detection				การแก้ไข Action	S	O	D	RPN
กระบวนการเจาะรูชิ้นงาน-ผิวงานเสียรูป หรือแตกบิ่นบริเวณรูของชิ้นงาน	Cutting tool แตกหัก	ผิวงานเสียรูป หรือแตกบิ่นบริเวณรูของชิ้นงาน	5	Cutting tool หมดอายุการใช้งาน	5	ไม่มี	ตรวจสอบด้วยสายตา	8	200	เพิ่มมาตรฐานการตรวจสอบกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool อ้างอิงตามการทดลองเก็บข้อมูล และมาตารฐานจากผู้ผลิต ตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool และกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool ลงใน WI และจัดทำใบตรวจสอบชิ้นงาน (Dimension check sheet)	5	2	8	80
			5	ระบบไฟฟ้าดับ (เครื่องหยุดกะทันหัน)	2	ไม่มี	ตรวจสอบด้วยสายตา	8	80	-	-	-	-	-	-
กระบวนการแมชชีนนิ่งขึ้นรูปชิ้นงาน-รอยต่อผิวงานมีความต่างระดับ	Cutting tool สึกหรอ	ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาด	5	Cutting tool หมดอายุการใช้งาน	5	ไม่มี	วัดชิ้นงานแรกตอนการปรับตั้งและมีการตรวจจับในกระบวนการถัดไป	4	100	เพิ่มมาตรฐานการตรวจสอบกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting Tool อ้างอิงตามการทดลองเก็บข้อมูล และมาตารฐานจากผู้ผลิต ตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool และกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool ลงใน WI และจัดทำใบตรวจสอบชิ้นงาน (Dimension check sheet)	5	2	3	30
	ชิ้นงานเป็นครีบ	ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาด	7	จับยึดงานไม่มั่นคง	2	ไม่มี	วัดชิ้นงานแรกตอนการปรับตั้งและมีการตรวจจับในกระบวนการถัดไป	4	56	-	-	-	-	-	-

สรุปสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางการปรับปรุง

ปัญหาต่าง ๆ ที่ได้รวบรวมแล้ววิเคราะห์ของแต่ละปัญหาร่วมกับทีมงานภายในบริษัท ซึ่งผู้ศึกษาได้ใช้ผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียโดยแยกตามปัจจัยพื้นฐาน 4 M คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการ (Method) แล้วทำการกรองข้อมูล และวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (FMEA) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ตามลักษณะอาการของแต่ละปัญหา ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยเลือกปัญหาที่มีแนวโน้มที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องจากค่าดัชนี RPN ที่มีค่ามากกว่า 100 นั้นมาทำการปรับปรุง ผู้ศึกษาจึงนำเสนอแนวทางการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาหลักทั้ง 3 ปัญหาเพื่อลดอัตราของเสียรวมถึงการปรับปรุงเพื่อลดความผันแปรของกระบวนการผลิต สามารถสรุปได้ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-20

ตารางที่ 3-20 วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

กระบวนการ/ ปัญหาหลัก Process step/ Function	**แนวโน้มของข้อบกพร่อง Potential failure mode**	**แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง Potential cause (s) of failure**	**วิธีการแก้ไข Recommended action**	**การแก้ไข Action**
กระบวนการแมชชีนนิ่งขึ้นรูปชิ้นงาน-ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามแบบของลูกค้า	โหลดงานไม่ชน Location fixture	ขาดการตรวจสอบการโหลดหลังโหลดชิ้นงาน	เพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบการโหลดชิ้นงาน และอบรมวิธีการปฏิบัติงาน	จัดทำ WI สำหรับการโหลดชิ้นงาน การตรวจสอบหลังการโหลดชิ้นงาน และอบรมวิธีการปฏิบัติงาน และเอกสารในการตรวจสอบ
	Cutting tool สึกหรอ	Cutting tool หมดอายุการใช้งาน	เพิ่มมาตรฐานการตรวจสอบกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool อ้างอิงตามการทดลองเก็บข้อมูล และมาตรฐานจากผู้ผลิต ตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool และกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool ที่ได้จากการเก็บข้อมูลการใช้งานลงใน WI
กระบวนการแมชชีนนิ่งขึ้นรูปชิ้นงาน-ขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามแบบของลูกค้า	Fixture ไม่สะอาด	Fixture มีชิ้นส่วนหลายชิ้นทำให้ขี้เหล็กเข้าไปติดตามซอกของ Fixture ทำให้ตำแหน่งผิดพลาด	ลดจำนวนส่วนประกอบของ Fixture ตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	จัดทำ Fixture ใหม่ โดยลดจำนวนส่วนประกอบจาก 3 ส่วนเหลือ 1 ส่วน

ตารางที่ 3-20 (ต่อ)

กระบวนการ/ ปัญหาหลัก Process step/ Function	แนวโน้มของข้อบกพร่อง Potential failure mode	แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง Potential cause (s) of failure	วิธีการแก้ไข Recommended action	การแก้ไข Action
กระบวนการเจาะรูชิ้นงาน - ผิวงานเสียรูป หรือแตกบิ่น บริเวณรูของชิ้นงาน	Cutting tool แตกหัก	Cutting tool หมดอายุการใช้งาน	เพิ่มมาตรฐานการตรวจสอบ กำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool อ้างอิงตามการทดลองเก็บข้อมูล และมาตรฐานจากผู้ผลิต ตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool และกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool ลงใน WI
กระบวนการแมชชีนนิ่ง ขึ้นรูปชิ้นงาน-รอยต่อผิวงานมีความต่างระดับ	Cutting tool สึกหรอ	Cutting tool หมดอายุการใช้งาน	เพิ่มมาตรฐานการตรวจสอบ กำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tool อ้างอิงตามการทดลองเก็บข้อมูล และมาตรฐานจากผู้ผลิต ตรวจสอบชิ้นงานที่จุดปฏิบัติงาน	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool และกำหนดอายุการใช้งานของ Cutting too l ลงใน WI

ผู้ทำการศึกษาจะนำแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ได้นี้ไปดำเนินการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหาและลดของเสียในกระบวนการผลิตดังนี้

1. จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบด้วยสายตา และอบรมพนักงานเกี่ยวกับมาตรฐานที่จัดทำ
2. ปรับปรุงฟิกเจอร์ (Fixture) สำหรับจับยึดชิ้นงาน
3. จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool
4. ทำใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool (Tool check sheet)
5. จัดทำ WI เพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงาน
6. กำหนดอายุการใช้งานของ Cutting tools

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การปรับปรุง (Improvement phase)

ผู้ศึกษาได้ทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต และได้ทำการระดมสมองของบุคลากรภายในบริษัทเพื่อศึกษาหาสาเหตุและผลที่ทำให้เกิดของเสียของแต่ละกระบวนการ โดยอาศัยการพิจารณาปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านคน (Man) ปัจจัยด้านเครื่องจักร (Machine) ปัจจัยด้านวัตถุดิบ (Material) และปัจจัยด้านวิธีการ (Method) ซึ่งผลสรุปจากการวิเคราะห์สาเหตุที่มีโอกาสเป็นไปได้สูงของแต่ละปัจจัยรวมถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาของแต่ละสาเหตุดังกล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 และผู้ศึกษาและวิจัยได้ดำเนินการตามที่เสนอแนวทางการแก้ไขของแต่ละปัญหาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ปรับปรุงระบบการตรวจสอบด้วยสายตา

จากผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบคุณภาพที่ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดที่เป็นแบบ Attribute gauge R&R พบว่าพนักงานทั้ง 3 คนไม่สามารถแยกแยะชิ้นงานดี หรือเสีย ได้ถูกต้อง 100% โดยพนักงานคนที่ 1 มีผลความสามารถในการทำซ้ำ 100% ความถูกต้อง 87.50% พนักงานคนที่ 2 มีผลความสามารถในการทำซ้ำ 100% ความถูกต้อง 87.50% และพนักงานคนที่ 3 มีผลความสามารถในการทำซ้ำ 100% ความถูกต้อง 93.75% ผู้ศึกษาและวิจัยได้เห็นว่าจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัด

การปรับปรุงระบบการวัดที่ตรวจสอบด้วยสายตาผู้ศึกษาได้จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบสำหรับตรวจสอบชิ้นงาน และได้ทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องและผู้ที่ทำการทดสอบก่อนปรับปรุงเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบ

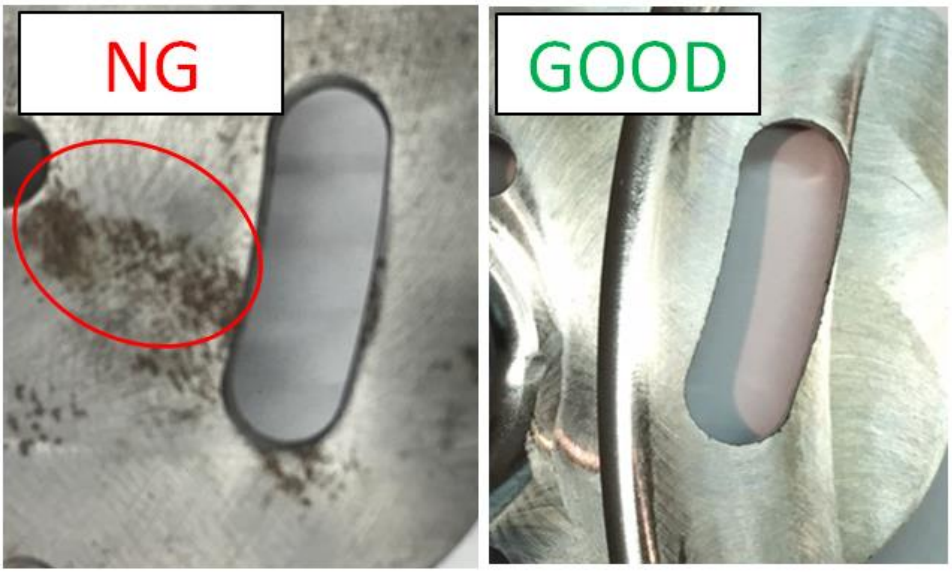
มาตรฐานการตรวจสอบด้วยสายตา

ผู้ตรวจสอบจะใช้มาตรฐานการทำงาน WSM2015-003 การตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาในการตรวจสอบและผู้ตรวจสอบต้องผ่านการอบรม และทดสอบการตรวจสอบด้วยสายตา

1. การตรวจสอบรอยบุบ (Dent) ชิ้นงานจะต้องไม่มีรอยจิก หรือรอยบุบ บนผิวชิ้นทำการตรวจสอบด้วยสายตา และการสัมผัสชิ้นงาน งานที่ดีขณะสัมผัสจะไม่รู้สึกสะดุดแสดงดังภาพที่ 4-1

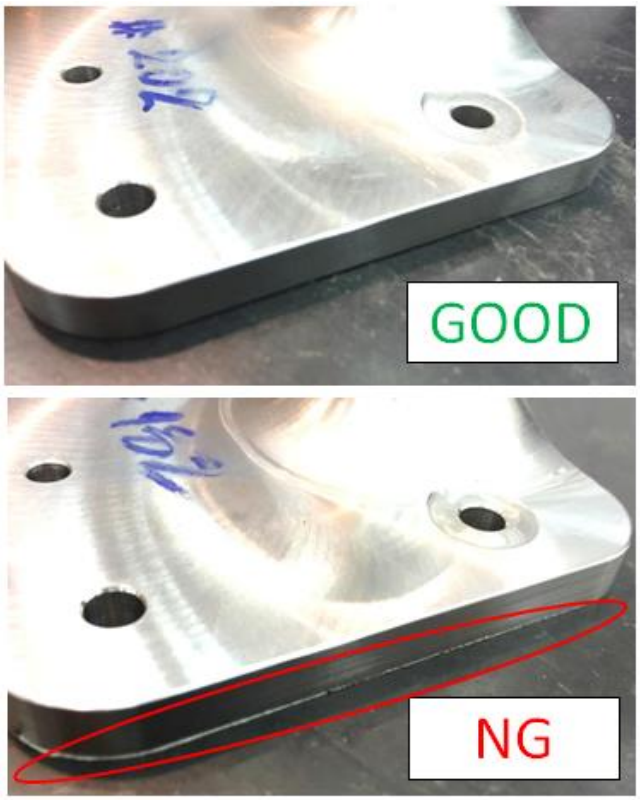
ภาพที่ 4-1 การตรวจสอบรอยบุบ (Dent)

2. การตรวจสอบคราบสนิม (Rust) ชิ้นงานจะต้องไม่มีคราบสนิมเกิดขึ้นบนผิวงาน ทำการตรวจสอบด้วยสายตาแสดงดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 การตรวจสอบคราบสนิม (Rust)

3. การตรวจสอบครีบ หรือคมที่เกิดจากการ Machine (Burr) ขอบของชิ้นงาน และขอบรู จะต้องไม่มีครีบคมที่เกิดจากการกัดชิ้นงาน (Machine) แสดงดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 การตรวจสอบครีบหรือคม

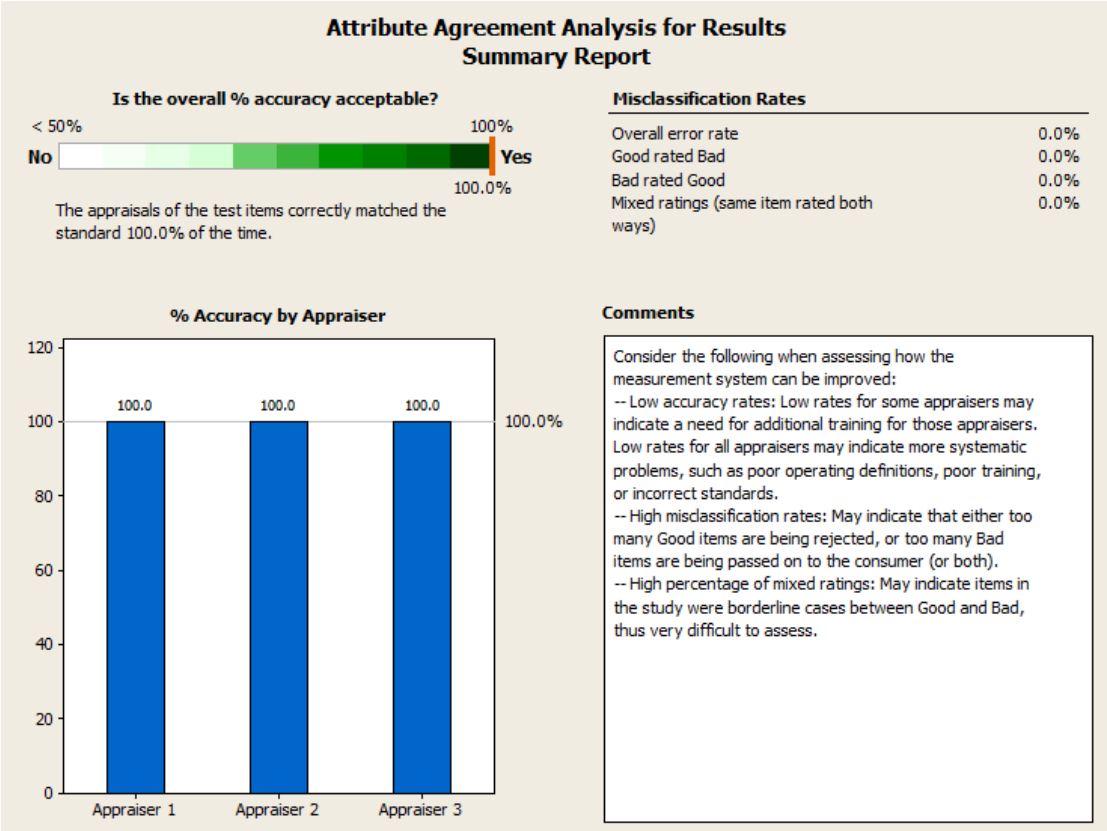
ผู้ศึกษาได้ทำการทดสอบพนักงานอีกครั้งเพื่อดูผลของการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาหลังจากการปรับปรุงกระบวนการวัดโดยการจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบด้วยสายตา และทำการอบรมมาตรฐานการตรวจสอบด้วยสายตา ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดในปัจจุบันหลังดำเนินการปรับปรุง

หมายเลขชิ้นงาน	คุณลักษณะชิ้นงาน	พนักงาน 1		พนักงาน 2		พนักงาน 3	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	งานเสีย (คราบสนิม)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	งานเสีย (รอยบุบ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	งานดี (รอยขีดข่วนเล็กน้อย)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	งานเสีย (รอยบุบ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	งานเสีย (รอยบุบ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	งานดี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	งานดี (รอยขีดข่วนเล็กน้อย)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	การวัดซ้ำ (Repeatability)	100%		100%		100%	
	ความแม่นยำ (Reproducibility)	100%		100%		100%	

หมายเหตุ: ✓คือ พนักงานทำการตรวจสอบถูกต้อง และ ✗คือ พนักงานทำการตรวจสอบไม่ถูกต้อง

นำผลการทดสอบที่ได้ดังตารางที่ 4-1 ไปทำการวิเคราะห์ผลการวัดด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลดังภาพที่ 4-4



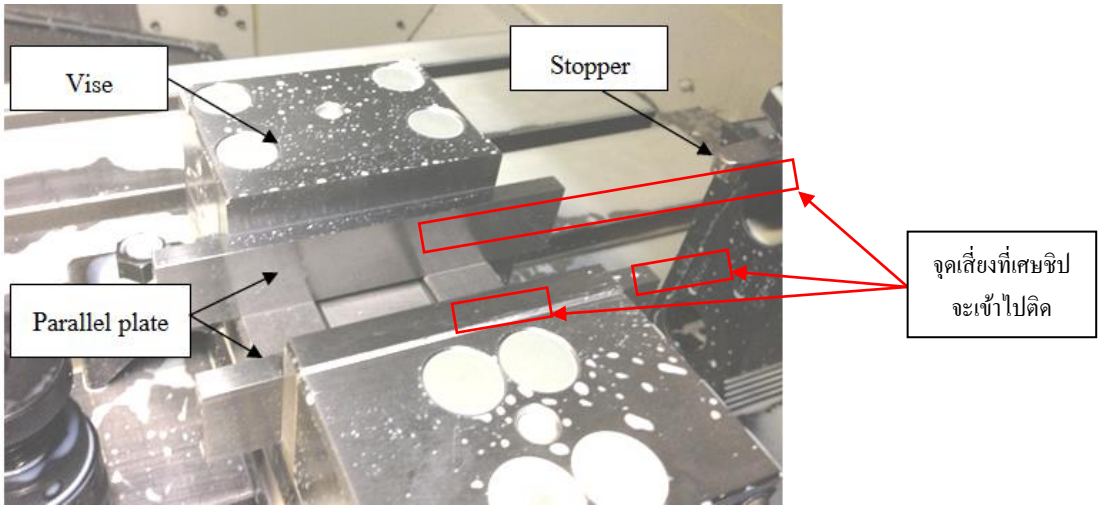
ภาพที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

ผลการทดสอบพนักงานที่ทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาที่ผ่านการอบรม พนักงานทุกคนสามารถแยกแยะชิ้นงานที่ดี และชิ้นงานไม่ดีออกจากกันได้ อีกทั้งความสามารถในการตรวจซ้ำของทุกคนยังมีความแม่นยำ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสรุปว่าผลการปรับปรุงระบบการวัดด้วยสายตาบรรลุผลตามที่ผู้ศึกษาได้คาดหวังไว้ มาตรฐานการตรวจสอบด้วยสายตา แสดงไว้ในภาคผนวก

2. ปรับปรุงฟิกเจอร์ (Fixture) สำหรับจับยึดชิ้นงาน

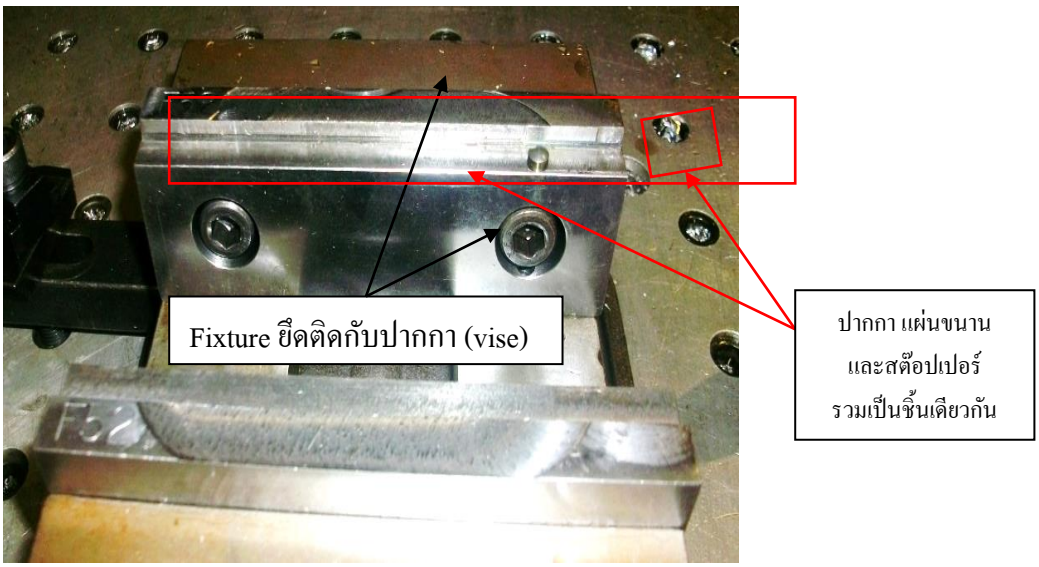
การปรับปรุงฟิกเจอร์สำหรับจับยึดชิ้นงาน เนื่องจากฟิกเจอร์ ที่ใช้ในปัจจุบันประกอบด้วยชิ้นส่วนหลาย ๆ ชิ้น ทำให้เกิดปัญหาในส่วนของการเซตอัพ (Set up) ชิ้นงานที่มีเศษขี้เหล็กตกค้างจากการทำความสะอาดไม่ทั่วถึง ผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะทำการปรับปรุงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันเศษขี้เหล็กเข้าไปตามซอกต่าง ๆ ของฟิกเจอร์ ทำให้ส่งผลกระทบกับการใส่ชิ้นงานไม่ได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง อีกทั้งเพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น

ฟิกเจอร์แบบเดิมจะมีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ ปากกาจับชิ้นงาน (Vise) แผ่นขนาน (Parallel plate) และ Stopper ซึ่งเศษขี้เหล็กที่เกิดจากการกัดชิ้นงาน (Machine) จะไปตกค้างระหว่างปากกาจับชิ้นงาน และแผ่นขนานได้เนื่องจากชิ้นส่วนทั้ง 2 ไม่ได้ยึดติดกัน หรือการทำความสะอาดไม่ทั่วถึง และยังใช้เวลาในการทำความสะอาดนาน ฟิกเจอร์แบบเดิม ประกอบด้วยปากกาจับชิ้นงาน (Vise) สำหรับจับชิ้นงาน แผ่นขนาน (Parallel plate) สำหรับวางชิ้นงาน และสต๊อปเปอร์ (Stopper) สำหรับตั้งตำแหน่งของชิ้นงาน ส่วนประกอบแสดงดังภาพที่ 4-5



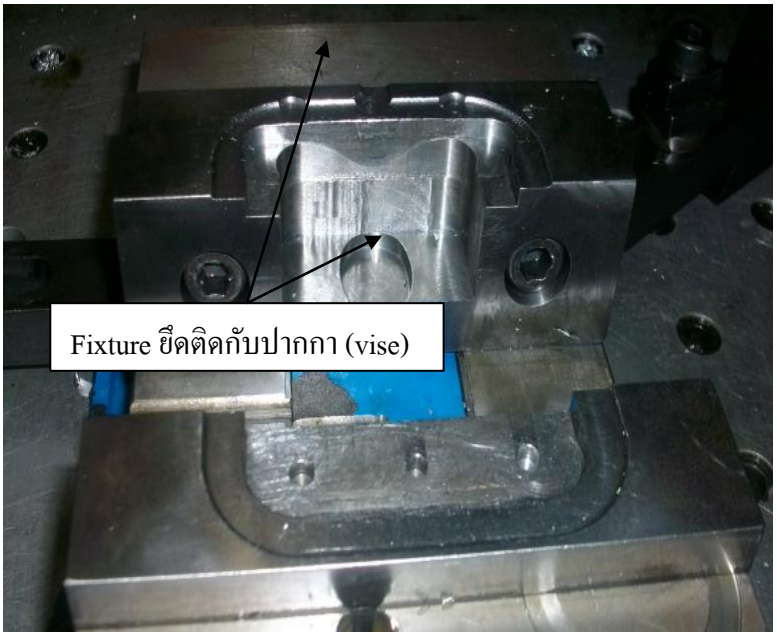
ภาพที่ 4-5 ฟิกเจอร์ก่อนปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุงฟิกเจอร์โดยทำการการลดจำนวนของชิ้นส่วนลง เพื่อที่จะกำจัดช่องว่างที่อาจจะทำให้เศษขี้เหล็กเข้าไปแทรก หรือตกค้างจนทำให้ตำแหน่งของการวางชิ้นงานคลาดเคลื่อน จุดที่ผู้วิจัยและศึกษาปรับปรุง คือ การรวมชุดจับชิ้นงาน (Vise) จุดกำหนดตำแหน่ง (Stopper) และแผ่นขนาน (Parallel plate) เป็นชิ้นเดียวกันโดยการกัดขึ้นรูปตามรูปทรงของงาน และเจาะรูเพื่อยึดกับปากจับของปากกา ฟิกเจอร์หลังปรับปรุง Operation 1 แสดงดังภาพที่ 4-6 และฟิกเจอร์หลังปรับปรุง Operation 2 แสดงดังภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-6 ฟิกเจอร์หลังปรับปรุง Operation 1

ฟิกเจอร์หลังปรับปรุง Operation 1 ได้ รวมชุดจับชิ้นงาน (Vise) จุดกำหนดตำแหน่ง (Stopper) และแผ่นขนาน (Parallel plate) เป็นชิ้นเดียวกันโดยการกัดขึ้นรูปตามรูปทรงของงาน และเจาะรูเพื่อยึดกับปากจับของปากกา ดังนั้นเศษเหล็กจะไม่สามารถเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างฟิกเจอร์ได้



ภาพที่ 4-7 ฟิกเจอร์หลังปรับปรุง Operation 2

หลังจากการปรับปรุงจะเห็นได้ว่าปากจับชิ้นงานจะยึดติดกับตัวปากกาทำให้เศษขี้เหล็กไม่มีช่องที่ขี้เหล็กสามารถเข้าไปได้ จะมีเพียงอยู่บริเวณผิวของฟิกเจอร์เท่านั้น ซึ่งพนักงานสามารถทำความสะอาด และมองเห็นได้ง่าย ทำให้การใส่ชิ้นงานมีโอกาสที่ตำแหน่งของงานคลาดเคลื่อนเป็นไปได้น้อยลง อีกทั้งยังช่วยให้การจับชิ้นงานมั่นคงขึ้น

3. มาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool

ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตระหว่างการผลิต คือ การสึกหรอของ Cutting tool ซึ่งส่งผลให้เกิดของเสีย เมื่อตรวจสอบกระบวนการผลิตผู้ศึกษาพบว่าในระหว่างการทำงานนั้นมีการสุ่มตรวจสอบสภาพ Cutting tool แต่ไม่มีการกำหนดความถี่ของการตรวจสอบให้เป็นมาตรฐาน อีกทั้งยังไม่มีเอกสารในการตรวจสอบเพื่อช่วยในการตัดสินใจ พนักงานจะยึดอายุการใช้งาน Cutting tool ตามที่กำหนดไว้ใน Tool list เท่านั้น ดังนั้นผู้ศึกษาเห็นว่าควรจะมีการกำหนดให้ทำการตรวจสอบเป็นระยะในระหว่างการผลิตเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิด และจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool

มาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับสภาพของ Cutting tool ว่าควรจะใช้ผลิตงานต่อไป หรือว่าควรจะเปลี่ยน Tool ถึงแม้ว่าจำนวนการใช้งานยังไม่ถึง Tool life ที่กำหนดไว้ใน Tool list แสดงดังภาพที่ 4-14 มาตรฐานการตรวจสอบ Tool แสดงได้ดังต่อไปนี้

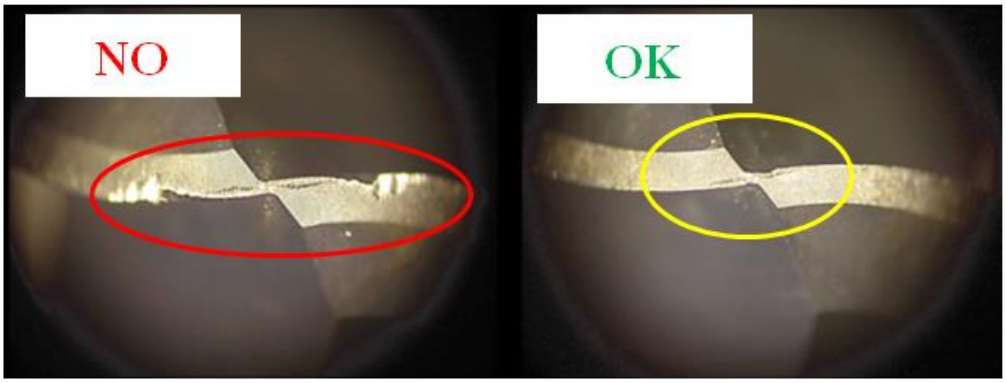
สภาพ Tool ที่พร้อมใช้งานจะต้องมีลักษณะพื้นฐานอยู่ 5 ลักษณะดังนี้

1. คมกัดมีความคม/ ไม่มีการสึกหรอ (Wear)
2. ไม่มีการเสียรูป (Deformation)
3. ไม่มีการบิ่น (Chipping)
4. ไม่มีการแตกหัก (Cracking)
5. ผิว Cutting tool ไม่มีการพอกของวัตถุดิบ (Galling)

ภาพที่ 4-8 สภาพ Cutting tool ที่พร้อมใช้งาน

การตรวจสอบ Cutting tool ควรตรวจสอบก่อนเริ่มทำงาน (ทุกกะทำงาน) และระหว่างทำงาน สภาพ Cutting tool ที่นำมาใช้จะต้องตรวจสอบสภาพตามมาตรฐานดังนี้

1. Cutting tool หมดสภาพความคม/ เกิดการสึกหรอ สามารถตรวจสอบด้วยสายตา โดยสีของสารเคลือบทูลจะหายไปจนเห็นเนื้อของวัตถุดิบของทูล แสดงหรือการสัมผัส แสดงดังภาพที่ 4-9

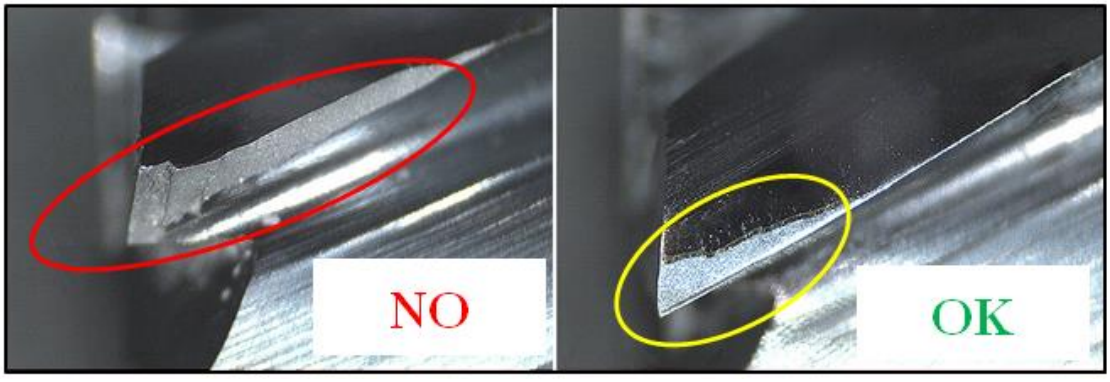


ภาพที่ 4-9 คมกัดมีการสึกหรอ/ ไม่มีการสึกหรอ

2. Cutting tool เกิดการเปลี่ยนรูปของทูล สามารถตรวจสอบด้วยสายตา เปรียบเทียบกับทูลก่อนใช้งาน ดังภาพที่ 4-10

ภาพที่ 4-10 คมกัดเกิดการเปลี่ยนรูป

3. Cutting tool เกิดการบิ่น สามารถตรวจสอบด้วยสายตาได้อย่างชัดเจน แสดงดังภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 คมกัดบิ่น

4. Cutting tool เกิดการแตกหัก สามารถตรวจสอบด้วยสายตา แสดงดังภาพที่ 4-12

ภาพที่ 4-12 คมกัดเกิดการเปลี่ยนรูป

5. Cutting tool เกิดการพอกตัวของวัตถุดิบจะทำให้ขนาดของ Tool โตขึ้น สามารถตรวจสอบด้วยสายตา วัตถุดิบที่เกิดการพอกตัว ได้แก่ อลูมิเนียมโดยจะเห็นสีของวัตถุดิบติดหรือเคลือบอยู่ที่ทูล หรือเวอร์เนียวัดขนาดของ Cutting tool แนวทางการแก้ไข คือ ทำความสะอาด Cutting tool

หมายเหตุ Cutting tool ที่ใช้อ้างอิง ได้แก่ ดอกนำศูนย์ (Center drill) ดอกสว่าน (Drill) และดอกมิลลิ่ง (Milling) เนื่องจากสภาพ Tool เมื่อเกิดการสึกหรอจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

4. ใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool

ใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool สำหรับการบันทึกผลที่ได้จากการตรวจสอบทูล และยังเป็นการกำหนด Tool life ที่จะต้องทำการเปลี่ยน Tool และช่วงเวลาที่ต้องทำการตรวจสอบ พนักงานทราบถึงรายละเอียดจากใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool ซึ่งผู้ศึกษาและวิจัยคาดหวังว่าจะช่วยป้องกันไม่ให้ชิ้นงานเสียหาย เนื่องจาก Cutting tool มีสภาพใช้งานไม่ได้ ใบตรวจสอบสภาพ Tool มีรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4-13 และ Tool list สำหรับใช้ผลิตชิ้นงาน แสดงดังภาพที่ 4-14

CUTTING TOOL RECORD SHEET									
Tool code :	Tool Type :	Diameter :	Tool life :	Process Name :					Part NO.:
Date	Operator Name	MO. NO.	Actual (Ea)	The condition of cutting tool (Write the circle around condition)					Note
				ปกติ Normal	สึก Wear	บิน Chip	เศษติด Build up	มีดแตก Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	
				Normal	Wear	Chip	Build up	Crack	

ภาพที่ 4-13 ใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool

รายละเอียดของใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool มีดังนี้

1. Tool code คือ รหัสของ Tool ที่นำมาใช้งาน
2. Tool type จะบอกถึงประเภทของ Tool เพื่อบอกลักษณะการใช้งาน รูปร่าง และเกรดวัสดุของ Tool
3. Dia. คือ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของ Tool
4. Tool life คือ อายุของ Cutting tool เมื่อใช้งานครบตามจำนวนที่กำหนดไว้จะต้องเปลี่ยน Tool ใหม่แทนตัวเดิมที่หมดอายุ
5. Process name คือ ชื่อของกระบวนการของการขึ้นรูปชิ้นงาน
6. Part No. คือ หมายเลขชิ้นงานที่ผลิต
7. Date คือ วันทำงาน
8. Operator name คือ ชื่อของผู้ปฏิบัติงาน
9. Mo. No. คือ หมายเลขใบสั่งผลิต
10. Actual คือ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริง
11. Condition of cutting tool คือ สภาพที่ตรวจสอบมีอยู่ด้วยกัน 5 ประการ ได้แก่ ปกติ สึกหรอ บิ่น เศษติด และแตกหัก
12. Note ใช้สำหรับลงรายละเอียดอื่นเพิ่มเติม

CUTTING TOOL LIST

Resp. By	Rev.	Date
Kas in S.	A	August 25, 2014

PART No.: 144A6526-1
(หมายเลขชิ้นงาน)
NC File Name: 144A6526-1_B_1-2-3_MVD5
(ชื่อ NC ไฟล์)

Tool #	TOOL DESCRIPTION	Dia.	Rad.	No. of Flutes	LOC	LFH	Function	Tool life
1	SANDVIK FACE MILL INSERT	2.5000	0.03	5	STD	STD	ROUGH+FINISH FACE	100
2	SANDVIK INSERT ENDMILL	2.0000	0.09	3	STD	STD	ROUGH TOP SURFACE	200
3	CORNER ROUNDING	0.6030	0.02	2	STD	1.50	FINISH FILLET R0.02	-
4	CARBIDE ENDMILL (FINISH PROFILE)	0.7500	0.03	5	1.30	1.40	FINISH PROFILE	100
5	INSERT ENDMILL	1.0000	0.25	3	1.50	1.75	ROUGH BOSS /DRIVE+.01/CHECK+.03	40
6	CARBIDE BALL NOTE (ROUGH BOSS)	0.5000	-	5	1.00	1.30	ROUGH BOSS BOTTOM SIDE	100
7	CARBIDE COUNTER SINK	0.3750	-	4	0.50	1.00	COUNTERSINK	-
8	CARBIDE SPOT DRILL	0.5000	-	2	1.00	1.50	SPOT DRILL	-
9	CARBIDE DRILL	0.1790	-	2	1.00	1.20	DRILL HOLE 0.179	-
10	PLUNGE ENDMILL	0.1850	-	5	0.75	1.50	PLUNGE HOLE 0.185	100
11	CARBIDE REAMER 0.1900/0.1920	0.1910	-	5	0.50	1.50	REAMER HOLE 0.190	100
12	CARBIDE DRILL 0.213/0.223	0.2180	-	2	0.75	1.50	DRILL HOLE 0.215	-
13	CARBIDE ENDMILL (SPOT FACE)	0.5000	-	5	0.50	1.30	SPOT FACE FINISH	-
14	CARBIDE BALL NOTE (FINISH BOSS)	0.5000	-	5	1.00	1.50	FINISH BOSS BOTTOM SIDE	100
15	CORNER ROUNDING	0.3520	0.05	2	0.75	1.50	FINISH FILLET R0.05	-
17	FACEMILL /R0.245/R6.0 MM. (ROUGH)	3.0000	.0245	5	STD	STD	ROUGH PROFILE/WALL+.03	50

ภาพที่ 4-14 รายการ Cutting tool สำหรับผลิตงาน

ใบรายการ Cutting tool (Tool list) จะมีรายละเอียดเกี่ยวกับ Tool ที่ใช้ในการทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

1. Tool No. คือ หมายเลขของ Tool โดยอ้างอิงกับโปรแกรมการกัดชิ้นงาน
2. Tool description จะบอกรายละเอียดของ Tool เพื่อบอกถึงประเภท ลักษณะ รูปร่าง และเกรดวัสดุของ Tool
3. Dia. คือ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของ Tool
4. Rad. คือ รัศมีของปลายมุมมีด (Cutting tool)
5. No. of flutes คือ จำนวนคมตัดของ Tool
6. LOC (Length of cut) คือ ความยาวของคมตัด
7. LFH (Length form Holder) คือ ระยะตั้งแต่ปลาย Tool จนถึง Holder
8. Function จะบอกลักษณะงานของ Tool นั้น ๆ
9. Tool life คือ อายุของ Cutting tool เมื่อใช้งานครบตามจำนวนที่กำหนดไว้จะต้องเปลี่ยน Tool ใหม่แทนตัวเดิมที่หมดอายุ

5. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction; WI)

ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่มีอยู่เดิมนั้นเป็นขั้นตอนสำหรับการทำงานทั่ว ๆ ไปจึงไม่มีการเน้นในจุดสำคัญซึ่งแต่ละงานนั้นไม่เหมือนกัน ดังนั้นผู้ศึกษาและวิจัยเห็นว่าการมีคู่มือในการปฏิบัติงานเฉพาะงานนั้นจะสามารถช่วยให้การปฏิบัติงานมีขั้นตอน และวิธีการที่ถูกต้อง

ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ผู้ศึกษาและวิจัยได้จัดทำ เพื่อให้พนักงานทราบถึงขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยมีขอบเขตครอบคลุมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ การผลิต P/N144A6526-1 Door stop และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในส่วนงาน Machine department ขั้นตอการปฏิบัติงานมีดังนี้

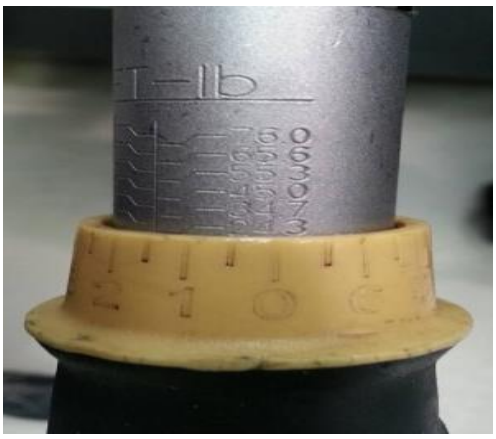
5.1 Operation 1:

5.1.1 ทำความสะอาดฟิกเจอร์บนเครื่องให้สะอาด โดยการเป่าลมไล่เศษขี้เหล็กออกให้หมด แล้วตรวจสอบฟิกเจอร์ด้วยสายตาอีกครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีเศษขี้เหล็กตกค้าง

5.1.2 นำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการกัดหยาบแล้วใส่เข้ากับฟิกเจอร์ โดยให้ขอบของชิ้นงานชนกับสต๊อปเปอร์ (Stopper) ฝั่งขวามือ และชิ้นงานหันหน้ามาตามรูป (ให้เรียงลำดับการเข้าเครื่องจักรตามหมายเลขที่ระบุจากกระบวนการกัดหยาบ) แสดงดังภาพที่ 4-15

ภาพที่ 4-15 ลักษณะการวางชิ้นงาน Operation 1

5.1.3 ทำการล็อคชิ้นงานด้วยประแจทอร์ค โดยกำหนดแรงของประแจที่ 24.3 ฟุต-ปอนด์ (FT–lb) แสดงดังภาพที่ 4-16



ภาพที่ 4-16 ภาพหลังการวางชิ้นงาน

5.1.4 ปิดประตูเครื่องจักร แล้วกดปุ่มเริ่มทำงาน (Start button) เครื่องจักรจะเริ่มการทำงานตามโปรแกรม สัญญาณไฟของเครื่องจักรจะแสดงเป็นสีเขียว เมื่อเครื่องจักรทำงานเสร็จแล้วสัญญาณไฟของเครื่องจักรจะดับลง

5.1.5 ทำการปลดล็อคชิ้นงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่อง แล้วเป่าลมทำความสะอาดชิ้นงาน

5.1.6 ระบุตัวเลขลงบนชิ้นงานด้วยปากกาเคมี

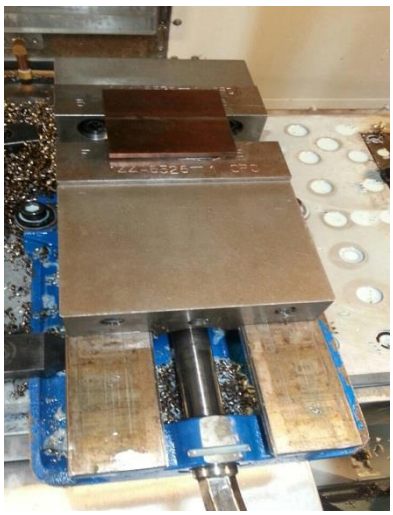
5.1.7 ทำการตรวจสอบชิ้นงานตามจุดที่ Dimension check sheet กำหนดไว้

5.1.8 ส่งต่อชิ้นงานไปยัง Operation 2

5.2 Operation 2:

5.2.1 ทำความสะอาดฟิกเจอร์บนเครื่องให้สะอาด โดยการเป่าลมไล่เศษขี้เหล็กออกให้หมด แล้วตรวจสอบฟิกเจอร์ด้วยสายตาอีกครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีเศษขี้เหล็กตกค้าง

5.2.2 นำชิ้นงานที่ผ่าน Operation 1 เสร็จแล้วมาใส่เข้ากับฟิกเจอร์ โดยให้ขอบของชิ้นงาน สวมเข้าตามรูปร่างของฟิกเจอร์ ตามภาพที่ 4-17



ภาพที่ 4-17 ลักษณะการวางชิ้นงาน Operation 2

5.2.3 ทำการล็อคชิ้นงานด้วยประแจทอร์ค โดยกำหนดแรงของประแจที่ 24.3 ฟุต-ปอนด์ (FT–lb)

5.2.4 ตรวจสอบความแนบสนิทของงาน OP2 ด้วยการใช้พินเกจขนาด 0.120+ (Inch) สอดเข้าไปตรงช่องว่างระหว่างชิ้นงานกับผิวด้านบนสุดของฟิกเจอร์ ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง และพินเกจจะต้องไม่สอดเข้าไปได้ แสดงดังภาพที่ 4-18

ภาพที่ 4-18 การตรวจสอบด้วยพินเกจ

5.2.5 ปิดประตูเครื่องจักร แล้วกดปุ่มเริ่มทำงาน (Start button) เครื่องจักรจะเริ่มการทำงานตามโปรแกรมสัญญาณไฟของเครื่องจักรจะแสดงเป็นสีเขียว เมื่อเครื่องจักรทำงานเสร็จแล้วสัญญาณไฟของเครื่องจักรจะดับลง

5.2.6 ทำการปลดล็อคชิ้นงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่อง แล้วเป่าลมทำความสะอาดชิ้นงาน

5.2.7 ทำการตรวจสอบชิ้นงานตามจุดที่ Dimension check sheet กำหนดไว้

5.2.8 ส่งต่อชิ้นงานไปยังกระบวนการลบคม

ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่จัดทำขึ้นได้ถูกถ่ายทอดไปยังพนักงานผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้กับการผลิตงาน

การกำหนดอายุการใช้งาน Cutting tool

ในการใช้งาน Cutting tool นั้นจำเป็นต้องมีข้อมูลของสภาวะการตัด (Cutting condition) โดยผู้ศึกษาจะอ้างอิงจากผู้ผลิตมาใช้ในการผลิตงาน ดังนั้นการทราบข้อมูลของกลไกของการสึกหรอและอายุการใช้งานของ Cutting tool จะช่วยให้ลดโอกาสการเกิดของเสียในกระบวนการแมชชีนนิ่งที่มีสาเหตุมาจาก Cutting tool ลงได้ โดยขอบเขตของการศึกษาผู้ศึกษาจะศึกษาอายุการใช้งานในสภาวะการตัดตามเงื่อนไขปัจจุบันทั้งนี้เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิต

การทดสอบอายุการใช้งานดอกสว่าน

1. กำหนดพารามิเตอร์การตัดเฉือน

เพื่อศึกษาอายุการใช้งาน โดยการทดลองกำหนดใช้พารามิเตอร์การตัดเฉือนจากบริษัทที่ผลิตดอกสว่าน

Type	Rc Hardness	RECOMMENDED SFM BY SERIES			
		1100, 1120	1200, 1205, 1520, 1600, 1400	1500, 1510, 1300	1800H
STAINLESS STEELS					
(Precipitation) 13/8, 15/5, 17-4, pH Types	< 35	-	125 - 175	150 - 200	-
	> 35	-	80 - 125	100 - 150	-
(Austentic) Inox, 200 Series, 300 Series	< 35	-	100 - 175	150 - 200	-
	> 35	-	100 - 125	125 - 150	-
(Austentic) 304L, 316L, Nitronic 50, Inox	< 35	-	80 - 100	90 - 125	-
	> 35	-	60 - 90	80 - 100	-
(Martensitic) 400 Series	< 35	-	100 - 150	125 - 175	-
	> 35	-	80 - 125	100 - 140	-

Type	Rc Hardness	CHIPLOAD PER FLUTE (Fz)				
		1/16" - 1/8"	1/8" - 1/4"	1/4" - 3/8"	3/8" - 1/2"	1/2" - 5/8"
STAINLESS STEELS						
(Precipitation) 13/8, 15/5, 17-4, pH Types	< 35	.0005" - .0015"	.0010" - .0020"	.0015" - .0035"	.0020" - .0040"	.0025" - .0050"
	> 35	.0004" - .0010"	.0008" - .0015"	.0010" - .0015"	.0015" - .0030"	.0020" - .0040"
(Austentic) Inox, 200 Series, 300 Series	< 35	.0005" - .0015"	.0010" - .0020"	.0015" - .0035"	.0020" - .0040"	.0025" - .0050"
	> 35	.0004" - .0010"	.0008" - .0015"	.0010" - .0015"	.0015" - .0030"	.0020" - .0040"
(Austentic) 304L, 316L, Nitronic 50, Inox	< 35	.0004" - .0010"	.0008" - .0015"	.0010" - .0015"	.0015" - .0030"	.0020" - .0040"
	> 35	.0003" - .0008"	.0005" - .0010"	.0010" - .0015"	.0010" - .0020"	.0015" - .0030"
(Martensitic) 400 Series	< 35	.0005" - .0015"	.0010" - .0020"	.0015" - .0035"	.0020" - .0040"	.0025" - .0050"
	> 35	.0004" - .0010"	.0008" - .0015"	.0010" - .0015"	.0015" - .0030"	.0020" - .0040"

Refer from GARR TOOL Catalog Product Code No.89496

ภาพที่ 4-19 พารามิเตอร์การตัดเฉือนจากบริษัทผลิตดอกสว่าน

การดำเนินการทดลองการเจาะ เพื่อศึกษาอายุการใช้งานซึ่งกำหนดปัจจัย 2 ปัจจัย คือ อัตราป้อน (Table feeds) และความเร็วตัด (Cutting speed) เพื่อดูผลของอายุการใช้งานของดอกสว่าน

ตารางที่ 4-2 พารามิเตอร์การตัดเฉือนที่กำหนด

อัตราการป้อน (Fz) **Feed**	**ความเร็วตัด (SFM)** **Cutting speed**	**ระยะการป้อนลึก** **Depth of cut**	**ลักษณะการเจาะ**
0.0012"	100	0.01"	Pecking

2. วัสดุทดสอบ

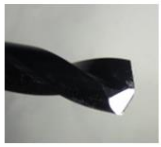
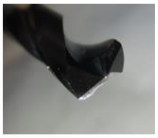
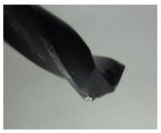
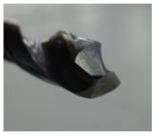
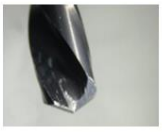
วัสดุทดสอบเป็นสแตนเลสสตีลเกรด 15-5PH ชุบแข็งที่ความแข็งในช่วง 40.0-43.0 HRC

3. ทดสอบอายุการใช้งานดอกสว่าน

ทำการทดลองการเจาะรูชิ้นงาน โดยใช้ดอกสว่านใหม่กับการผลิตงานจริง เพื่อหาค่าอายุการใช้งานของดอกสว่าน ชิ้นงาน 1 ชิ้น มีการเจาะรู 4 รู ผู้ศึกษาจะกำหนดค่าอายุของดอกสว่านเป็นชิ้น เนื่องจากเป็นการผลิตงานแบบอัตโนมัติจึงจำเป็นต้องเจาะชิ้นงานให้ครบทั้ง 4 รู การตรวจสอบจะตรวจสอบสภาพของดอกสว่านโดยการตรวดสอบด้วยสายตา แล้วเก็บข้อมูลของอายุการใช้งาน โดยทำการทดสอบกับดอกสว่านจำนวน 3 อัน

4. ผลการทดสอบ

ผลของการทดสอบอายุการใช้งานของดอกสว่านกับการใช้งานจริง ตามพารามิเตอร์การตัดเฉือน และลักษณะการเจาะตามที่กำหนด

ดอกสว่านอันที่	อายุการใช้งาน		ลักษณะของการสึกหรอ		
	จำนวนชิ้นงานที่ได้	จำนวนรูเจาะที่ได้	ชิ้นที่ 15 (เริ่มเห็นการสึกหรอ)	ชิ้นที่ 30 (เกิดการสึกหรอชัดเจน บริเวณคมกัดและร่องคายเศษ)	ชิ้นสุดท้าย(สึกหรอมากจนคมกัดไม่มีความคม)
1	96	384			
2	117	468			
3	103	412			

ภาพที่ 4-20 ลักษณะการสึกหรอของคมตัด

5. สรุปผลการทดสอบ

อายุการใช้งานเฉลี่ยของดอกสว่านทั้ง 3 อัน อยู่ที่ 105 ชิ้น แต่ว่าเนื่องจากข้อมูลการทดลองมีจำนวนน้อย ดังนั้นเพื่อป้องกันของเสียที่เกิดจากดอกสว่านหัก ทางผู้ศึกษาจะกำหนดอายุการใช้งานของดอกสว่านโดยใช้อายุการใช้งานที่น้อยที่สุด และสภาพของ Cutting tool ไม่ควรใช้งานแล้ว คือ กำหนดอายุที่ 96 ชิ้น

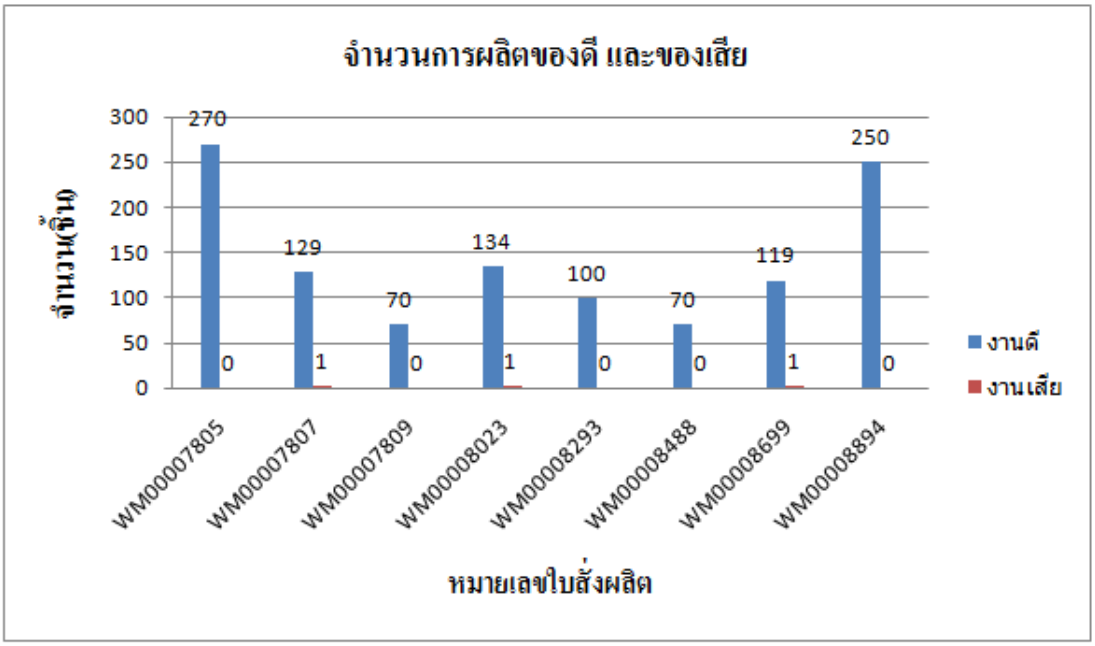
หมายเหตุ: เนื่องจากช่วงเวลาที่ผู้ศึกษาทำการเก็บข้อมูล มีการผลิตอยู่ที่ 360 ชิ้น ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเก็บข้อมูลอายุการใช้งานได้เพียง 3 อัน

ผลการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

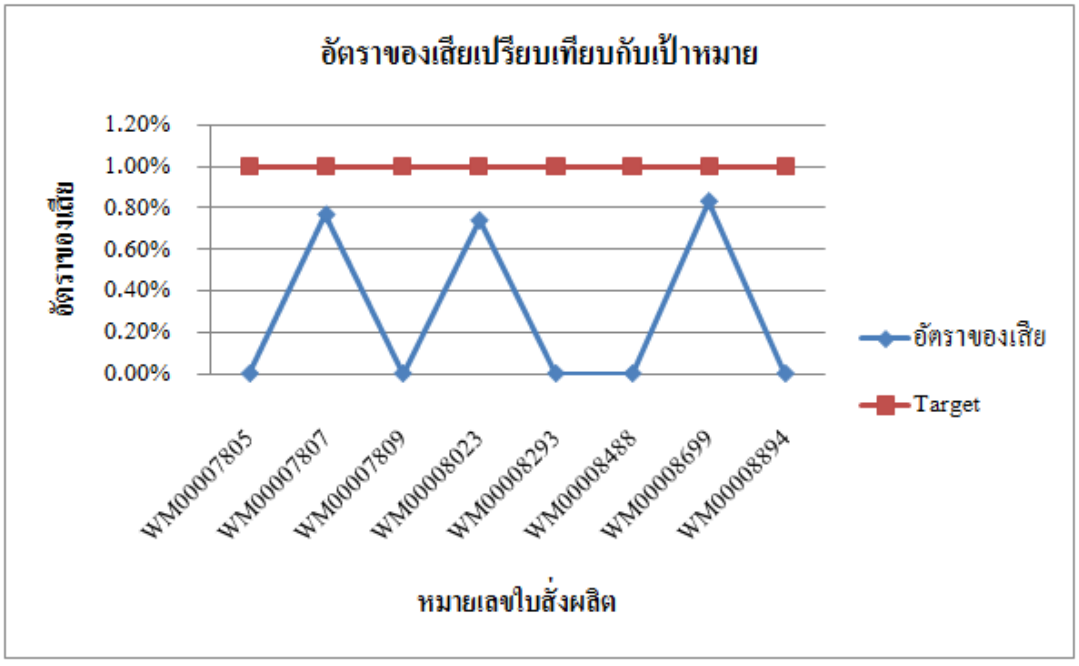
หลังจากที่ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจนพบสาเหตุของปัญหาที่แท้จริงแล้วจึงดำเนินการปรับแก้ไข ข้อมูลของเสียแสดงดังตารางที่ 4-2 และกราฟแสดงจำนวนการผลิต ของเสียที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 4-21 และกราฟแสดงอัตราของเสียเทียบกับเป้าหมายดังภาพที่ 4-22 ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมนั้นเป็นข้อมูลไตรมาส 2 ปี 2558 ช่วง เดือนเมษายน พ.ศ.2558 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2558

ตารางที่ 4-3 รายละเอียดข้อมูลของเสียในไตรมาส 2 ปี 2558

ล็อตการผลิต	จำนวนผลิต	งานดี	งานเสีย	อัตราของเสีย
WM00007805	270	270	0	0.00%
WM00007807	130	129	1	0.77%
WM00007809	70	70	0	0.00%
WM00008023	135	134	1	0.74%
WM00008293	100	100	0	0.00%
WM00008488	70	70	0	0.00%
WM00008699	120	119	1	0.83%
WM00008894	250	250	0	0.00%
Total	1145	1142	3	0.26%



ภาพที่ 4-21 กราฟแสดงจำนวนการผลิตของดี และของเสีย

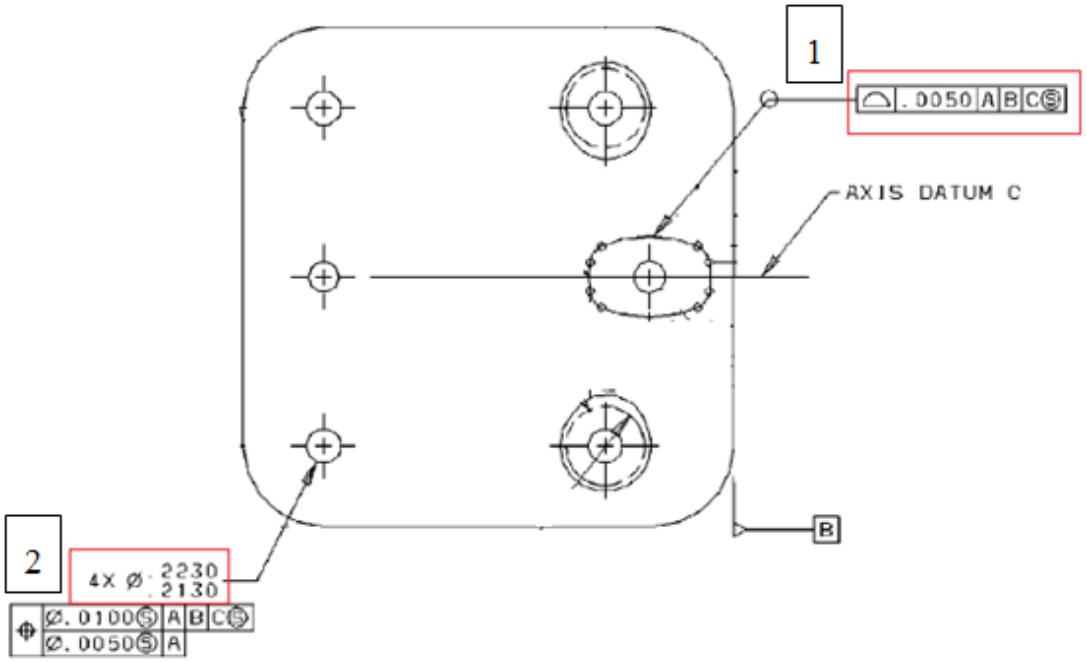


ภาพที่ 4-22 กราฟแสดงอัตราของเสียเปรียบเทียบกับเป้าหมาย

ลักษณะการเสียที่พบในการผลิต Door lower stop หลังการปรับปรุง มีอยู่ 2 ลักษณะ ข้อมูลของเสียโดยแบ่งตามลักษณะที่เกิดขึ้น แสดงได้ดังตารางที่ 4-4 และจุดที่ชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ

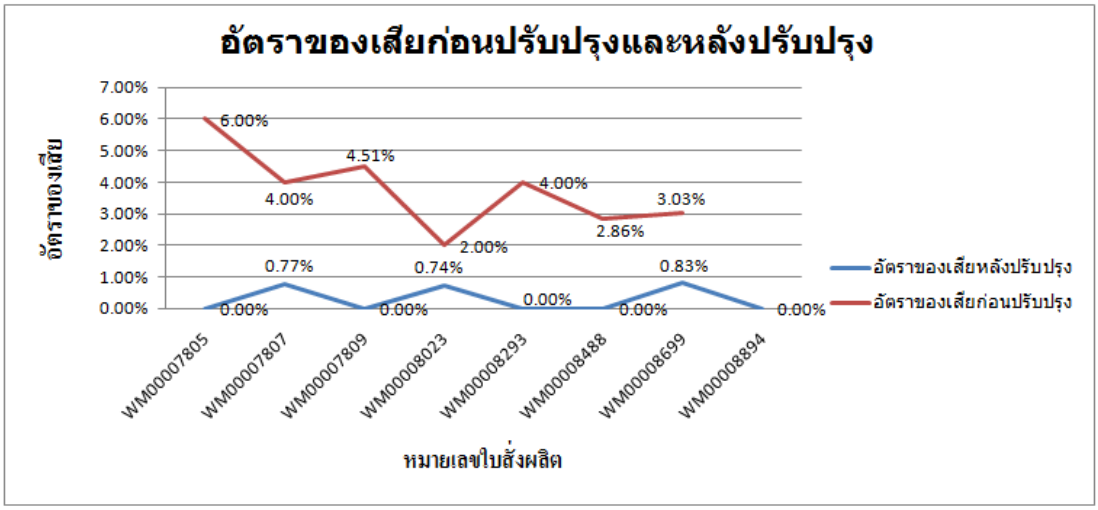
ตารางที่ 4-4 ลักษณะการเสียที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง

จุดที่	ลักษณะการเสีย	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
1	Profile dimension out of spec	2
2	Diameter out of spec	1



ภาพที่ 4-23 จุดที่ชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ

อัตราของเสียเฉลี่ยหลังทำการปรับปรุง ในไตรมาสที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 ของชิ้นส่วน Door lower stop อยู่ที่ 0.26% เมื่อเทียบกับเป้าหมายของบริษัทที่ศึกษากำหนดไว้ที่ 1% ต่อไตรมาส จะเห็นได้ว่า อัตราของเสียต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราของเสียในไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2557 อัตราการเกิดของเสียลดลง 3.48% กราฟเปรียบเทียบอัตราของเสียก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงแสดงได้ดังภาพที่ 4-24



ภาพที่ 4-24 กราฟเปรียบเทียบอัตราของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

การควบคุม (Control phase)

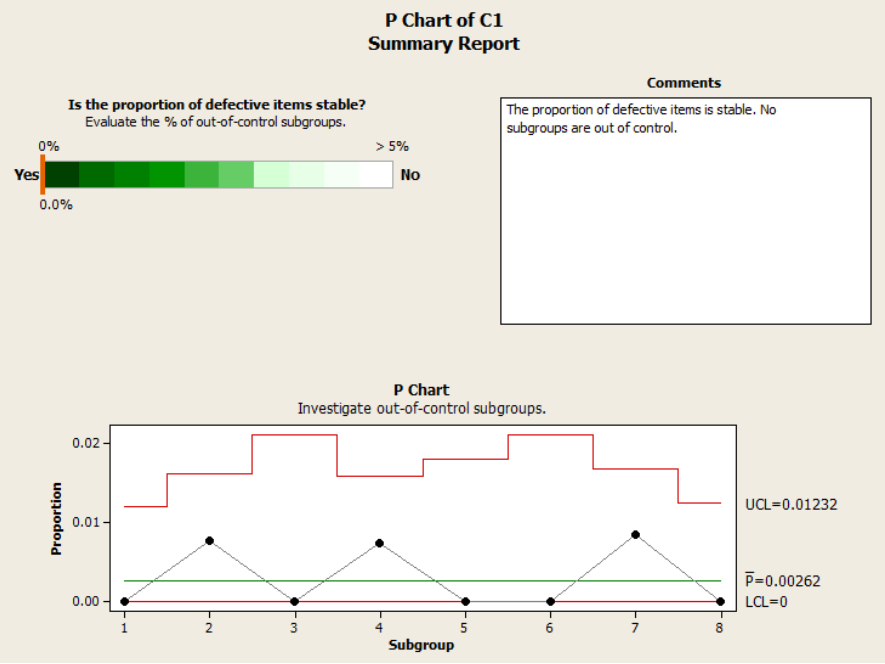
การควบคุมปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตนั้นได้ดำเนินการบังคับใช้เอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานและการตรวจสอบต่าง ๆ ที่ได้จัดทำขึ้นพร้อมทั้งประกาศใช้ และทำการอบรมพนักงานผู้มีส่วนเกี่ยวข้องภายในบริษัทไปแล้วนั้นผู้ศึกษาก็ได้ทำการเฝ้าติดตาม และควบคุมของเสีย

การควบคุมกระบวนการผู้ศึกษาจะนำหลักการของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical process control: SPC) มาประยุกต์ใช้ในการติดตามกระบวนการผลิต โดยผู้ศึกษาจะใช้ใบตรวจสอบ (Check sheet) ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลอย่างง่ายในรูปแบบตาราง มาเป็นตัวเก็บข้อมูลของเสียในแต่ละล็อตการผลิต ข้อมูลที่ได้มาจากการตรวจสอบในไตรมาสที่ 2 (เดือนเมษายน 2558-มิถุนายน 2558) และเลือกใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart) เป็น Control chart ที่ใช้ในการตรวจติดตาม และควบคุมกระบวนการที่มีการวัดแบบ Defective unit ซึ่งจะให้ผลการตรวจสอบเป็นงานดี หรืองานเสีย (Accept/ Reject) ชิ้นงานดังกล่าว แสดงได้ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ข้อมูลของเสียไตรมาสที่ 2 เดือนเมษายน 2558-มิถุนายน 2558

ล็อตการผลิต	จำนวนผลิต	งานเสีย
WM00007805	270	0
WM00007807	130	1
WM00007809	70	0
WM00008023	135	1
WM00008293	100	0
WM00008488	70	0
WM00008699	120	1
WM00008894	250	0
Total	1145	3

นำข้อมูลปริมาณของเสียที่ได้เก็บข้อมูลในแต่ละล็อตการผลิตมาทำการคำนวณสัดส่วนของเสียด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งข้อมูลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4-25



ภาพที่ 4-25 P-Chart ไตรมาสที่ 2 จำนวน 8 ล็อตการผลิต

จากรูปแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย P-Chart พบว่าพิกัดบนเส้นสัดส่วนของเสียจะกระจายตัวอยู่รอบแกนกลาง (CL) และไม่มีพิกัดใดตกอยู่นอกกรอบควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตนี้ยังอยู่ภายใต้การควบคุม (In Control) หรือเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ขอบเขตความผันแปรอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ แม้จะพบว่ามีพิกัด 2 จุด ติดกันและอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมขอบล่าง เนื่องจากการคำนวณครั้งนี้ได้ค่าขอบล่างติดลบจึงทำให้ค่าขอบเขตล่างเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงสามารถนำเอาแผนภูมิควบคุมไปใช้ควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อใช้ในการเฝ้าระวังในการตรวจติดตามความผิดปกติของกระบวนการ และใช้ในการควบคุมของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อป้องกันความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นต่อไปได้

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

สรุปกระบวนการวิจัย

จากรายละเอียดของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของโครงงานค้นคว้าอิสระทั้งหมด ในการประยุกต์หลักการของซิกซ์ ซิกม่าในการลดของเสียจากกระบวนการ Machining ในการผลิตชิ้นงาน Door lower atop ของประตูเครื่องบินพาณิชย์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (Phase) ได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase) ขั้นตอนการวัด (Measure phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase) ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase) และขั้นตอนการควบคุม (Control phase) โดยผู้ศึกษา และวิจัยได้ดำเนินงานตามขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase) ผู้ศึกษาได้พิจารณาถึงปัญหาด้านคุณภาพ จึงได้ดำเนินการคัดเลือกชิ้นงานที่มีอัตราของเสียสูงกว่าเป้าหมายของบริษัทตัวอย่าง และมีแนวโน้มที่จะมีมูลค่าความเสียหายมากที่สุดโดยคำนวณจากคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งทางผู้ศึกษา และวิจัยได้เลือก ชิ้นส่วนหมายเลข 144A6526-1 หรือ Door lower stop มีอัตราของเสียอยู่ที่ 3.74% เกินกว่าเป้าหมายของบริษัทศึกษาที่กำหนดไว้ที่ 1% และมีแนวโน้มที่จะเกิดของเสียจำนวน 117 ชิ้น มีมูลค่าสูงถึง 440,826.26 บาท การคัดเลือกปัญหาของเสีย (Defect) จากกระบวนการผลิตได้ใช้เครื่องมือแผนภาพพาเรโต (Pareto chart) ได้พบว่าปัญหาที่จัดอยู่ในกลุ่มของ 80% ของปัญหาส่วนใหญ่ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ปัญหาด้วยกัน คือ Dimension out of spec., Tool mark และ Mismatch ดังนั้น ผู้ทำการศึกษาขอเลือกปัญหาที่พบทั้ง 3 ปัญหามาดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางปรับปรุงแก้ไข

2. ขั้นตอนการวัด (Measure phase) ผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของกระบวนการผลิตเนื่องจากข้อมูลของปัญหาเป็นแบบข้อมูลนับ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ด้านความแม่นยำ (Precision) ของระบบการวัดแบบ Attribute GR&R ซึ่งผลการวิเคราะห์นั้นพบว่าพนักงานไม่สามารถแยกแยะชิ้นงาน ดี หรือเสีย ได้ถูกต้อง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขการตรวจสอบชิ้นงาน และหลังจากการปรับปรุงด้วยการจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบและอบรมพนักงานผลการวิเคราะห์นั้นพบว่าพนักงานสามารถแยกแยะชิ้นงาน ดี หรือเสียได้ นอกจากนั้นยังได้ทำการวิเคราะห์ด้านความแม่นยำ (Precision) ของระบบการวัด GR&R (Gage repeatability and reproducibility) ของการวัดด้วยเครื่องมือคาลิปเปอร์ซึ่งถือเป็น

เครื่องมือหลักในการตรวจสอบ Dimension ของชิ้นงาน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) และความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) ด้วยโปรแกรม Minitab ความผันแปรจากการวัดซ้ำมีค่าน้อยกว่าความผันแปรระหว่างชิ้นงาน และความผันแปรของการวัดทั้งระบบ หรือเปอร์เซ็นต์ GR&R (Precision to total variation ratio) มีค่าเท่ากับ 7% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบการวัดสรุปได้ว่าระบบการวัดของสายการผลิตมีความน่าเชื่อถือสามารถใช้ระบบการวัดนี้ในการวัดชิ้นงานได้

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase) ผู้ศึกษาและวิจัยได้นำมาใช้เครื่องมือและเทคนิคทางคุณภาพมาดำเนินการวิเคราะห์ ได้แก่ แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียโดยแยกตามปัจจัยพื้นฐาน 4M จนได้สาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ของแต่ละปัญหาเป็นจำนวนมาก ผู้ศึกษาและวิจัยรวมถึงทีมงานได้นำปัญหาทั้งหมดมาทำการระดมสมองโดยทีมงานผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งเพื่อชี้เป้าให้สาเหตุของแต่ละปัญหาแคบลงโดยวิธีการกรองปัญหา แล้วนำไปทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องพบว่ามีอยู่ 7 ปัญหา และได้นำเสนอแนวทางแก้ไข 5 แนวทางแก้ไข

4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

การปรับปรุงระบบการวัดที่ตรวจสอบด้วยสายตาผู้ศึกษาได้จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบสำหรับตรวจสอบชิ้นงาน และได้ทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องและผู้ที่ทำการทดสอบก่อนปรับปรุงเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบ ผลการทดสอบพนักงานที่ทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาที่ผ่านการอบรม พนักงานทุกคนสามารถแยกแยะชิ้นงานที่ดี และชิ้นงานไม่ดีออกจากกันได้ อีกทั้งความสามารถในการตรวจซ้ำของทุกคนยังมีความแม่นยำ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสรุปว่าผลการปรับปรุงระบบการวัดด้วยสายตานั้นช่วยให้พนักงานตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง

การปรับปรุงกระบวนการผลิต ตามแนวทางการแก้ไขที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์มีดังนี้

1. จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบด้วยสายตา และอบรมพนักงานเกี่ยวกับมาตรฐานที่จัดทำ
2. ปรับปรุงฟิกเจอร์ (Fixture) สำหรับจับยึดชิ้นงาน
3. จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool
4. ทำใบบันทึกการตรวจเช็คสภาพ Cutting tool (Tool check sheet)
5. จัดทำ WI เพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงาน

ผู้ศึกษา และวิจัยได้ดำเนินการตามแนวทางแก้ไขได้อย่างครบถ้วน และพร้อมสำหรับการปรับปรุงได้ทันที ผลที่ได้สามารถลดอัตราของเสียลงได้จนอยู่ในเกณฑ์เป้าหมายของบริษัท

5. ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

การควบคุมกระบวนการผลิต และทำการตรวจติดตามของเสียที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยใช้แผนภูมิควบคุม P-Chart

สรุปผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการดำเนินโครงงานในการนำขั้นตอน DMAIC ที่อยู่ในหลักการของซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินโครงงานเพื่อลดอัตราของเสียในการผลิตชิ้นงาน Door lower stop ผลของการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่า อัตราของเสียต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราของเสียในไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2557 อัตราการเกิดของเสียลดลง จาก 3.74% เหลือ 0.26% หรือลดลงได้ 93.04% ซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษาตั้งไว้ที่อัตราของเสียไม่เกิน 1%

อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการดำเนินงานพบว่าก่อนดำเนินโครงงานลดอัตราของเสียจากกระบวนการ Machining ชิ้นงาน Door lower stop มีของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จากการเก็บข้อมูลในไตรมาสที่ 4 ปี 2557 พบว่าอัตราของเสียอยู่ที่ 3.74% และหลังจากที่ดำเนินโครงงานตามขั้นตอน DMAIC ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase) ขั้นตอนการวัด (Measure phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase) ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase) และขั้นตอนการควบคุม (Control phase) โดยตั้งเป้าหมายของโครงงานในการลดของเสียที่เกิดขึ้นให้อัตราของเสียลดลงต่ำกว่า 1% ซึ่งผลที่ได้หลังดำเนินการปรับปรุงสามารถลดอัตราของเสียลงอยู่ที่ 0.4% หรือลดลงถึง 89.3%

ปัญหา และอุปสรรคที่พบจากการดำเนินงานพบว่าสาเหตุของปัญหาที่พบมีอยู่หลายสาเหตุด้วยกัน โดยผู้ศึกษา และทีมงาน จะต้องช่วยกันระดมสมอง และตัดสินใจเลือกสาเหตุที่ถูกต้องโดยไม่เลือกเจาะจงไปที่สาเหตุใดเพียงสาเหตุเดียว โดยนำเครื่องมือด้านคุณภาพมาช่วยในการวิเคราะห์มาใช้ไม่ถูกต้องทำให้การดำเนินงานเกิดความล่าช้า อีกทั้งขั้นตอนดำเนินงานวิจัยที่ต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องยังทำได้ช้าและไม่ได้รับการตอบสนองอย่างทันที ข้อจำกัดของงานวิจัย รูปแบบการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาจะเป็นการผลิตแบบ Job shop ซึ่งการผลิตแต่ละครั้งมีจำนวนไม่มาก และไม่มีความต่อเนื่องของการผลิต ซึ่งทำให้การเก็บข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงการทดลองจะมีปริมาณข้อมูลน้อย

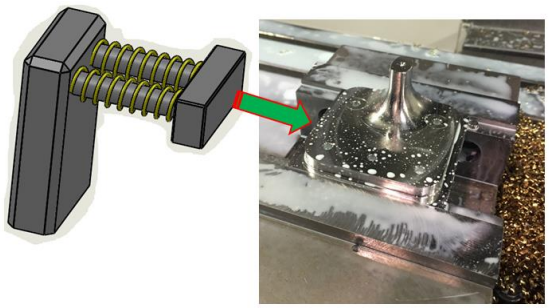
ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการดำเนินงานในการลดของเสียพบว่าหลังปรับปรุงกระบวนการผลิตอัตราของเสียไม่ได้ลดลงจนเป็นศูนย์ เนื่องจากการเลือกปัญหาด้วยกฎ 80 : 20 ปัญหาที่เลือกมาจึงเป็นแก้ไขเป็นเพียง 80% ของปัญหาทั้งหมด ดังนั้นควรจะดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เหลือ และสาเหตุย่อยเพื่อกำจัดปัญหาให้หมดไปซึ่งจะช่วยส่งผลให้อัตราของเสียเป็นศูนย์

2. หลังจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาได้ตามเป้าหมายที่วางไว้และจะต้องทำการควบคุมติดตามผลอย่างต่อเนื่องต่อไป และหาวิธีการป้องกันการเกิดขึ้นซ้ำอีก

3. ทำการปรับปรุงระบบการตรวจสอบชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และจัดทำมาตรฐานและการปฏิบัติงานให้ครอบคลุมทุกส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

4. การจับยึดชิ้นงานจะต้องออกแบบ Fixture ให้สามารถควบคุมตำแหน่งของชิ้นงานได้โดยไม่ต้องพึ่งพาการทำงานของพนักงานเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 5-1 ชุดดันชิ้นงาน

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2548). *การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

จรัสพงษ์ รักการ. (2546). ประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ในการปรับปรุงคุณภาพการเคลือบสีสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จักรวาล คุณะดิลก. (2557). *เอกสารการสอนหัวข้อการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)*. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ณัฐนารี แก้วยัง. (2546). การปรับปรุงค่าซีสกอร์ความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์โมเดล 10K.7. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ประสงค์ สุขสวัสดิ์. (2554). การลดของเสียของใบพัดอัดอากาศในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ของเครื่องบินพาณิชย์ ด้วยดีเอ็มเอไอซี. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศักดิ์ดา มั่นคง. (2551). การประยุกต์หลักการซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงาน Bearing housing. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Bossert, J. L. (1991). *Quality Function Deployment: A Practitioner's ASQC Quality Press.* Milwaukee, Wisconsin.

Yun, J. Y. & Richard, C.H. (2002) Sumsung Uses six sigma to change itts image. Six Sigma Forum Magazine, *2*(1), pp.13-16.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Work instruction PFMEA

Purpose: This work instruction is used as a general procedure for developing PFMEA (Process-Failure Modes & Effects Analysis) within organization (Internal) to identify, prioritize, and mitigate risks associated with customer and/or business requirements.

Scope: This work instruction is guiding approach for identifying all potential failures for all manufacturing and assembly processes by emphasis on procedure of conducting PFMEA.

1. Introduction:

PFMEA is a design tool used to systematically analyze the potential failures and the consequent risks designed into a product or process and take steps to minimize the risk factors and prevent possible damages. The primary reason for performing a PFMEA is taking action to prevent a failure, and improve a process control through inspection. In a PFMEA, risk is the substitute for failure. This risk is treated as if the failure had already occurred and corrective action is required.

Potential failures are prioritized according to how serious their consequences are, how frequently they occur and how easily they can be detected. The purpose of the PFMEA is to take actions to eliminate or reduce potential failures, starting with the highest-priority ones.

Assign a level of risk for each input as in impacts the output by determining the severity, frequency of occurrence, and ability to detect the failure mode for each input. A risk priority number (RPN) is calculated and corrective action emphasis is given to those inputs with highest risk. Any input with a high severity should be given attention regardless of RPN.

The figure below shows the linkage of the subjective screening tools of The Risk Priority Number (RPN) methodology.

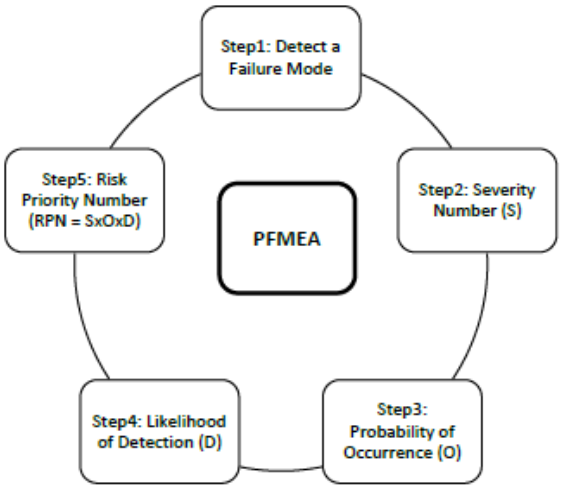


Figure 1: Risk priority number system for PFMEA

ภาพภาคผนวก ก-1 ขั้นตอนการทำงานเรื่อง PFMEA

2. Basic Term

Severity (of Effect)

Importance/impact of effect on customer requirement this rating results when a potential failure mode results in a final customer and/or a manufacturing/assembly plant defect. The end customer should always be considered first.

Rating	Effect	Description	
		Effect on Customer	Effect on Manufacturing/Assembly
10	Hazardous-without warning	Potential failure mode effects safe aircraft operation and/or involves noncompliance with government regulation without warning	May endanger operator (machine or assembly) without warning
9	Hazardous-with warning	Potential failure mode effects safe aircraft operation and/or involves noncompliance with government regulation with warning	May endanger operator (machine or assembly) with warning
8	Very High	Aircraft/item inoperable (Loss of primary function)	100% of product may be scrap. Stop production or stop shipment
7	High	Aircraft/item operable but at reduced level of performance. Customer very dissatisfied.	Portion of a production run may be scrapped. Deviation for primary process, decreased line speed, or additional manpower required.
6	Moderate	Aircraft/item operable but comfort/convenience item(s) inoperable. Customer dissatisfied.	100% of production run may require off-line rework prior to acceptance.
5	Low	Aircraft/item operable but comfort/convenience item(s) inoperable. Customer somewhat dissatisfied.	Portion of a production run may require off-line rework prior to acceptance.
4	Very Low	Appearance item or audible noise by most customers (Greater than 75%)	100% of production run may require rework in-station before it can be processed.
3	Minor	Appearance item or audible noise. Defect noticed by discriminating customers (less than 50%)	Portion (less than 100%) of the product may have to be reworked with no scrap, on-line but out station.
2	Very Minor	Appearance item or audible noise. Defect noticed by discriminating customers (less than 25%)	Slight inconvenience to process, operation, or operator.
1	None	No discernible effect	No discernible effect

**This table is for reference only, severity rating (S) it to be determined based on circumstance of each program*

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

Occurrence

Frequency with which a given cause and creates Failure Mode.

Rating	Likelihood of Failure	Occurrence of Causes
10	Very high	> 100 per 1000 > 1 per 10
9	High	50 per 1000 1 in 20
8		20 per 1000 1 in 50
7		10 per 1000 1 in 100
6	Moderate	2 per 1000 1 in 500
5		0.5 per 1000 1 in 2000
4		0.1 per 1000 1 in 10000
3	Low	0.01 per 1000 1 in 100000
2		< 0.001 per 1000 1 in 1000000
1	Very Low	Failure eliminated by prevention control

Detection

Ability of current control scheme to detect

- The causes before creating failure mode
- The failure mode before causing effect

Rating	Detection Opportunity	Detection by Process Control
10	Absolute certainty of Non-Detection	Cannot detect or is not checked
9	Control will probably not detect	control is achieved within indirect or random check only
8	Control have poor chance of detection	Control is achieved with visual inspection only
7		Control is achieved with double visual inspection only
6	Control may detect	Control is achieved with charting methods, such as SPC
5		Control is based on variable gauging after pars have left the station, or go no go gauging performed 100% of the part after parts have left the station

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

Rating	Detection Opportunity	Detection by Process Control
4	Control have a good chance to detect	Error detection in subsequent operations, or gauging performed on set up and first place check.
3		Error detection in station or error detection in subsequent operations by multiple layers of acceptance
2	Control almost certain to detect	Error detection in station (automatic gauging with automatic stop feature) Cannot pass discrepant part
1	Control certain to detect	Discrepant parts cannot be made because item has been error proofed by progress/product design

RPN (Risk and Priority Numbers)

The RPN is a function of three factors:

$$RPN = Severity\ x\ Occurrence\ x\ Detection$$

** The RPN cut-off point is to be determined based on circumstance of each program.*

3. PFMEA Template

The PFMEA is the ultimate dynamic document meaning it lives as long as the process or product it is associated with does. The FMEA format (40957T-C) is shown in figure 2 below.

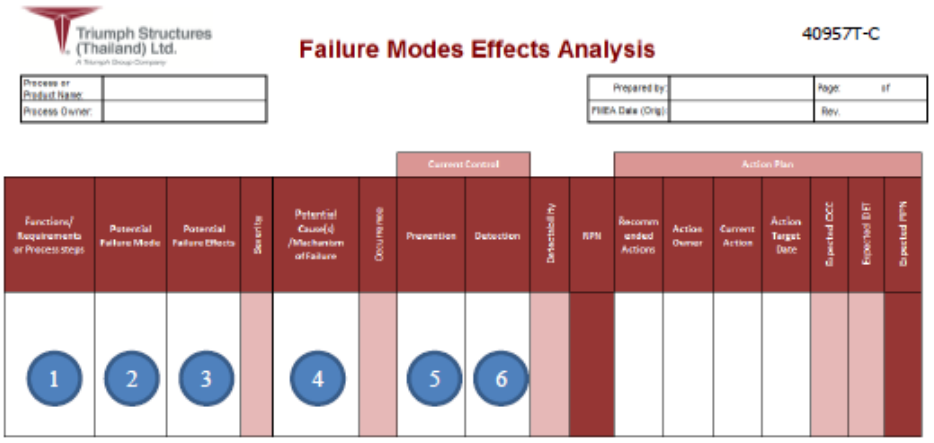


Figure 2: FMEA Template

1 Functions/ Requirements or Process steps

Impact description of process step or function being analyzed e.g. "Layup".

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

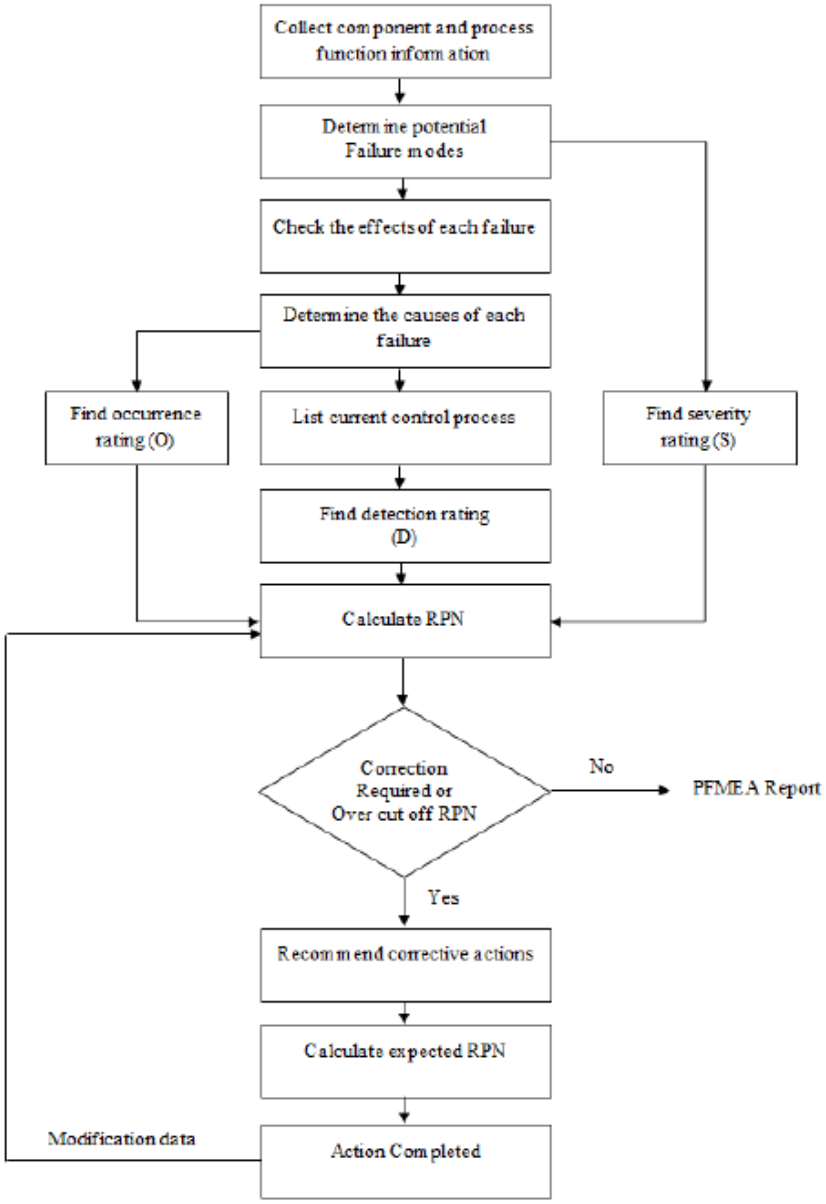


Figure 3: Flow process chart of PFMEA

7. For each failure mode, determine all the potential root causes. Use tools classified as cause analysis tool, as well as the best knowledge and experience of the team. List all possible causes for each failure mode on the PFMEA form.

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

8. For each cause, determine the occurrence rating (O). This rating estimates the probability of failure occurring for that reason during the lifetime of your scope. Occurrence is usually rated on a scale from 1 to 10, where 1 is extremely unlikely and 10 is inevitable. On the PFMEA table, list the occurrence rating for each cause.

9. For each cause, identify current process controls. These are tests, procedures or mechanisms that you now have in place to keep failures from reaching the customer. These controls might prevent the cause from happening, reduce the likelihood that it will happen or detect failure after the cause has already happened but before the customer is affected.

10. For each control, determine the detection rating (D). This rating estimates how well the controls can detect either the cause or its failure mode after they have happened but before the customer is affected. Detection is usually rated on a scale from 1 to 10, where 1 means the control is absolutely certain to detect the problem and 10 means the control is certain not to detect the problem (or no control exists). On the PFMEA table, list the detection rating for each cause.

11. Calculate the risk priority number (RPN) which equals S × O × D.

12. Identify recommended actions. These actions may be design or process changes to lower severity or occurrence. They may be additional controls to improve detection. Also note who is responsible for the actions and target completion dates. For each recommended action (action plan), determine the expected occurrence rating (Expected O), and the expected detection rating (Expected D) then, calculate the expected risk priority number (Expected RPN) by using original the severity rating (S).

13. As actions are completed, note results and the date on the PFMEA form. Also, note new S, O or D ratings and new RPNs.

5. Identify Key Characteristic

A Key Characteristic (KC) is a feature of a material, process, or part whose variation within the specified tolerance has a significant influence on product fit, performance, service life, or manufacturability.

Product Key Characteristic: key Characteristics for a part, subassembly or system are those selected geometrical, material properties, functional and/or cosmetic features, which are measurable, whose variation control is necessary in meeting Customer requirements and enhancing Customer satisfaction.

Product Key Characteristic	
Geometrical	Hole location, Profile dimension, Part thickness, Paint thickness
Material properties	Material life, Shelf life, Resin content, Fibre direction
Function	Weight, Water Resistance, UV protection, Corrosion
Cosmetic feature	Surface finishing

Process Key characteristic: key Characteristics for a Process are those selected Measurable Parameters of a process whose control is essential to manage Variation of part or system Key Characteristics.

Process Key Characteristic	
Key process parameters	Cure Parameter
Key process characteristic	Clean room temperature/Humidity

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

6. Conducting of PFMEA

PFMEA need to be conducted at the beginning phase of new project and transfer of the project in order to review the process component and the intended functions for new coming product. The industrial flow process chart (PFD) which illustrates the required processes need to be used as starting point. The preventive action for each potential risk and failure identified in PFMEA will be used as input for Control Plan to minimize variation and control product/process key characteristic.

7. Review Period of PFMEA

PFMEA is live document, in case of a change in manufacturing process, customer requirement, customer claims, new failure mode occur, new improvement, new component and a change of yield data and failure mode occurrence or the action plan has been achieved, the PFMEA should be updated. However, monthly review is mandatory to enable continuous improvement and ensure that customer requirements are being fulfilled.

Reference Document:

20900T_Manufacturing Process Control

40957T-C_PFMEA (Process-Failure Modes & Effects Analysis)

Revision History:

Rev	Date	Description	Approval
NEW	3-Sep-14	Introducing Process- Failure Modes & Effects Analysis (PFMEA) and procedure to conduct PFMEA	Chakrit C.
A	26-Sep-14	Amended process flow chart of PFMEA	Chakrit C.
B	2-Dec-14	Added "Identify Key characteristic" and "Review period of PFMEA"	Chakrit C.
C	30-Jan-14	Added 6.Conducting of PFMEA and amended detail on review period of PFMEA to cover all aspect that required to update PFMEA	Chakrit C.

ภาพภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

ภาคผนวก ข

Work instruction for part number 144A6526-1 Door stop

วัตถุประสงค์: เพื่อให้พนักงานทราบถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับ P/N144A6526-1 Door Stop

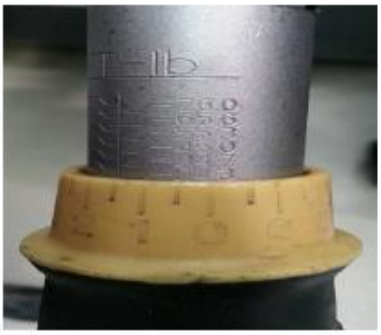
ขอบเขต: ครอบคลุมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ การผลิต P/N144A6526-1 Door Stop และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในส่วนงาน Machine department.

วิธีการปฏิบัติงาน:

Operation 1:

1. ทำความสะอาดฟิกเจอร์บนเครื่องให้สะอาด โดยการเป่าลมไล่เศษขี้เหล็กออกให้หมด แล้วตรวจสอบฟิกเจอร์ด้วยสายตาอีกครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีเศษขี้เหล็กตกค้าง
2. นำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการกัดหยาบแล้วใส่เข้ากับฟิกเจอร์ โดยให้ขอบของชิ้นงานชนกับสต๊อปเปอร์ฝั่งขวามือ และชิ้นงานหันหน้ามาตามรูป(ให้เรียงลำดับการเข้าเครื่องจักรตามหมายเลขที่ระบุจากกระบวนการกัดหยาบ)

3. ทำการล็อคชิ้นงานด้วยประแจทอร์ค โดยกำหนดแรงของประแจที่ 24.3 ฟุต-ปอนด์ (FT–lb)

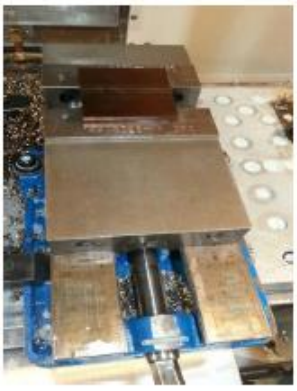


ภาพภาคผนวก ข-1 ขั้นตอนการทำงานสำหรับผลิตภัณฑ์ Door stop

4. ปิดประตูเครื่องจักร แล้วกดปุ่มเริ่มทำงาน (Start Button) เครื่องจักรจะเริ่มการทำงานตามโปรแกรม สัญญาณไฟของเครื่องจักรจะแสดงเป็นสีเขียว เมื่อเครื่องจักรทำงานเสร็จแล้วสัญญาณไฟของเครื่องจักรจะดับลง
5. ทำการปลดล็อคชิ้นงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่อง แล้วเป่าลมทำความชิ้นงาน
6. ระบตัวเลขบนชิ้นงานด้วยปากกาเคมี
7. ทำการตวจสอบชิ้นงานตามจุดที่ Dimension Check Sheet กำหนดไว้
8. ส่งต่อชิ้นงานไปยัง Operation 2

Operation 2:

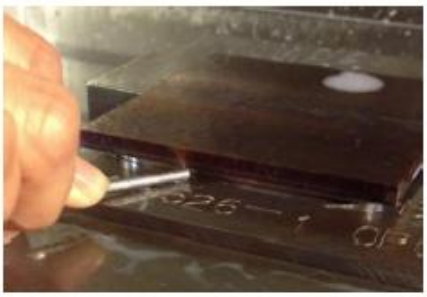
1. ทำความสะอาดฟิกเจอร์บนเครื่องให้สะอาด โดยการเป่าลมไล่เศษขี้เหล็กออกให้หมด แล้วตรวจสอบฟิกเจอร์ด้วยสายตาอีกครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีเศษขี้เหล็กตกค้าง
2. นำชิ้นงานที่ผ่าน Operation 1 เสร็จแล้วมาใส่เข้ากับฟิกเจอร์ โดยให้ขอบของชิ้นงาน สวมเข้าตามรูปร่างของฟิกเจอร์ ตามรูป



3. ทำการล็อคชิ้นงานด้วยประแจทอร์ค โดยกำหนดแรงของประแจที่ 24.3 ฟุต-ปอนด์ (FT–lb)

ภาพภาคผนวก ข-1 (ต่อ)

4. ตรวจสอบความแนบสนิทของงาน OP2 ด้วยการใช้พินขนาด .120+ (Inch) สอดเข้าไปตรงช่องว่างระหว่างชิ้นงานกับผิวด้านบนสุดของฟิกเจอร์ ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง และพินจะต้องไม่สอดเข้าไปได้



5. ปิดประตูเครื่องจักร แล้วกดปุ่มเริ่มทำงาน (Start Button) เครื่องจักรจะเริ่มการทำงานตามโปรแกรม สัญญาณไฟของเครื่องจักรจะแสดงเป็นสีเขียว เมื่อเครื่องจักรทำงานเสร็จแล้วสัญญาณไฟของเครื่องจักรจะดับลง
6. ทำการปลดล็อคชิ้นงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่อง แล้วเป่าลมทำความชิ้นงาน
7. ทำการตรวจสอบชิ้นงานตามจุดที่ Dimension Check Sheet กำหนดไว้
8. ส่งต่อชิ้นงานไปยังกระบวนการลบคม

Revision History (บันทึกการแก้ไข ปรับปรุง):

Rev	Date	Description	Approval
A	20-April-2015	New released	Vudthikorn U.

ภาพภาคผนวก ข-1 (ต่อ)

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบ Cutting tool

WORK STANDARD- MACHINING OPERATION

				No.	WSM2016-008
แผนก	Machining	พื้นที่	Machining	เครื่องจักร	-
จัดทำโดย:	Mr.Manorat	วันที่	29-เม.ย.-15	พิจารณา/อนุมัติโดย:	Mr.Vudthikorn Udol	วันที่	29-เม.ย.-15

ลักษณะของกรณีศึกษา

☑ ความรู้พื้นฐาน ☐ ตัวอย่างการปรับปรุงงาน ☐ ตัวอย่างของปัญหา

การตรวจสอบCutting tool

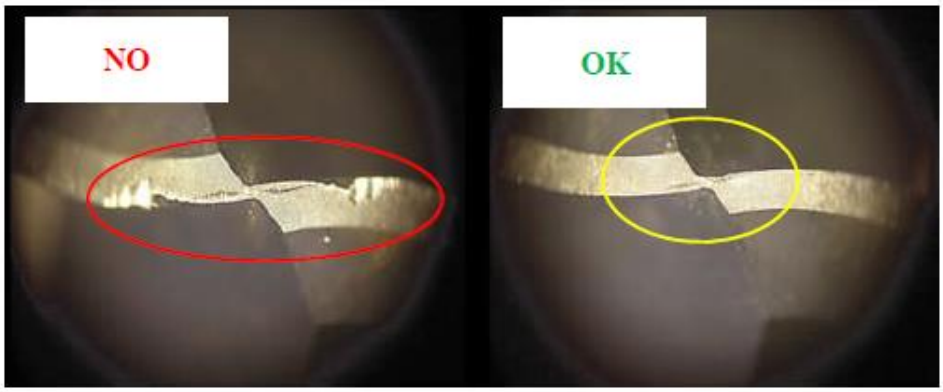
สภาพ Tool พร้อมใช้งาน

1. คมกัดมีความคม/ไม่มีการสึกหรอ(Wear)
2. ไม่มีการเสียรูป(Deformation)
3. ไม่มีการบิ่น(Chipping)
4. ไม่มีการแตกหัก(Cracking)
5. ผิว Cutting tool ไม่มีการพอกของวัตถุดิบ(Gailling)

สภาพ Tool ไม่พร้อมใช้งาน

การตรวจสอบ Cutting tool ควรตรวจสอบก่อนเริ่มทำงาน(ทุกกะทำงาน) และระหว่างทำงาน สภาพ Cutting tool ที่นำมาใช้จะต้องไม่มี ลักษณะดังต่อไปนี้

1. Cutting tool หมดสภาพความคม/เกิดความสึกหรอ สามารถตรวจสอบด้วยสายตา หรือการสัมผัส



ผู้ที่จะได้รับประโยชน์จากกรณีศึกษานี้ Machinist

ภาพภาคผนวก ค-1 มาตรฐานการตรวจสอบ Cutting tool

WORK STANDARD- MACHINING OPERATION

No. WSM2016-006

แผนก Machining พื้นที่ Machining เครื่องจักร -

จัดทำโดย: Mr.Manorat วันที่ 29-เม.ย.-15 พิจารณา/อนุมัติโดย: Mr.Vudthikorn Udol วันที่ 29-เม.ย.-15

ลักษณะของกรณีศึกษา

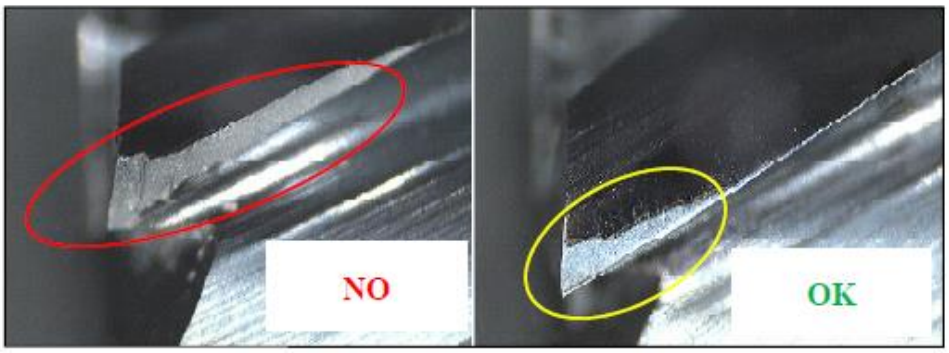
☑ ความรู้พื้นฐาน ☐ ตัวอย่างการปรับปรุงงาน ☐ ตัวอย่างของปัญหา

การตรวจสอบCutting tool

สภาพ Tool ไม่พร้อมใช้งาน(ต่อ)

2. Cutting tool เกิดการเปลี่ยนรูป สามารถตรวจสอบด้วยสายตา

3. Cutting tool เกิดการบิ่น สามารถตรวจสอบด้วยสายตา



ผู้ที่จะได้รับประโยชน์จากกรณีศึกษานี้ Machinist

ภาพภาคผนวก ค-1 (ต่อ)

WORK STANDARD- MACHINING OPERATION

No. WSM2016-008

แผนก Machining พื้นที่ Machining เครื่องจักร -

จัดทำโดย: Mr.Manorat วันที่ 29-เม.ย.-15 พิจารณา/อนุมัติโดย: Mr.Vudthikorn Udol วันที่ 29-เม.ย.-15

ลักษณะของกรณีศึกษา

☑ ความรู้พื้นฐาน ☐ ตัวอย่างการปรับปรุงงาน ☐ ตัวอย่างของปัญหา

การตรวจสอบCutting tool

สภาพ Tool ไม่พร้อมใช้งาน(ต่อ)

4. Cutting tool เกิดการแตกหัก สามารถตรวจสอบด้วยสายตา

5. Cutting tool เกิดการพอกตัวของวัตถุดิบจะทำให้ขนาดของ Toolโตขึ้น สามารถตรวจสอบด้วยสายตา หรือเวอร์เนียวัดขนาดของ Cutting tool

หมายเหตุ Cutting tool ที่ใช้อ้างอิง ได้แก่ ดอกนำศูนย์(Center Drill) ดอกสว่าน(Drill) และ ดอกมิลลิ่ง(Milling) เนื่องจากสภาพ Tool เมื่อเกิดการสึกหรอจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ผู้ที่จะได้รับประโยชน์จากกรณีศึกษานี้ Machinist

ภาพภาคผนวก ค-1 (ต่อ)