



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การลดเวลาสูญเสียเปล่าจากการตรวจสอบชิ้นงานของเครื่องมือวัดรอนด์คอม
โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัท เอ็นเอ็มบี-มินิแบ ไทย จำกัด

REDUCTION OF NON-MEASURING TIME OF RONDCOM INSTRUMENT
BY SIX SIGMA APPROACH:
A CASE STUDY OF NMB-MINEBEA THAI LTD.

นางสาวชิตชนก ทองประไพ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การลดเวลาสูญเสียเปล่าจากการตรวจสอบชิ้นงานของเครื่องมือวัดรอนด์คอมโดยใช้
แนวทางซิกซ์ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัทเอ็นเอ็มบี-มินิแบ ไทย จำกัด

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวชิตชนก ทองประไพ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางสาวดวงพร ทองรัก

ชื่อสถานประกอบการ บริษัทเอ็นเอ็มบี-มินิแบ ไทย จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการสหกิจศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาสูญเสียเปล่าจากการตรวจสอบชิ้นงานของเครื่องมือวัดรอนด์คอม โดยขจัดเวลาสูญเสียเปล่าในขณะที่พนักงานทำงานโดยที่เครื่องมือวัดไม่เกิดการวัดชิ้นงาน (Non-measuring Time) ดำเนินงานโดยการประยุกต์ใช้หลักการแก้ปัญหาตามแนวทางซิกซ์ซิกม่าจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบสาเหตุของปัญหาคือ (1) เกิดการสูญเสียเวลาจากความผิดพลาดในการคำนวณข้อมูลของการวัด (2) การปรับกำลังขยายของเครื่องมือวัด (3) พนักงานมีลำดับการตรวจสอบชิ้นงานที่ไม่เป็นมาตรฐาน และ (4) การสูญเสียเวลาจากการเคลื่อนไหวร่างกายของพนักงาน ดำเนินการแก้ไขโดย (1) คำนวณผลข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชันตั้งการบันทึกการทำงานของเครื่องมือวัดอัตโนมัติ (2) ศึกษาหาค่ากำลังขยายที่เหมาะสมและจัดทำเป็นมาตรฐาน (3) ศึกษาลำดับการตรวจสอบชิ้นงานที่เหมาะสมและจัดทำเป็นมาตรฐาน และ (4) การปรับเปลี่ยนมุมมองในการทำงานระหว่างเครื่องมือวัดกับพนักงาน ตามลำดับ ผลจากการปรับปรุงสามารถลดเวลาสูญเสียเปล่าจากการตรวจสอบชิ้นงานโดยเฉลี่ยจาก 7812 วินาทีต่อวัน เป็น 5256 วินาทีต่อวัน และการรอคอยของฝ่ายผลิตลดลง จากร้อยละ 38.56 เป็นร้อยละ 35.85

คำสำคัญ : การลดเวลาสูญเสียเปล่าของกระบวนการ, เครื่องมือวัดความกลมและหน้าตัดทรงกระบอก, ซิกซ์ซิกม่า

Cooperative Title: REDUCTION OF NON-MEASURING TIME OF RONDCOM INSTRUMENT BY SIX SIGMA APPROACH: A CASE STUDY OF NMB-MINEBEA THAI LTD.

Student intern name: Ms. Chidchanok Thongraphai

Faculty: Engineering

Department: Industrial Engineering

Advisor name: Assoc.Prof.Dr. Kannachai Kanlayasiri

Mentor name: Ms. Duangporn Thongrak

Company: NMB-Minebea Thai Ltd.

ABSTRACT

The objective of this study was to reduce the non-measuring time of Rondcom instrument by applying Six Sigma approach. The problem was analyzed by cause and effect diagram. The main causes included (1) miscalculation of the data, (2) adjustment of magnification, (3) inspecting without standard sequences and (4) non-measuring time due to the operator motion. Therefore, these problems were solved by the following methods: (1) using auto playback program to calculate the data, (2) providing the optimal magnification, (3) using the optimal inspection sequence and (4) changing the working layout. The proposed procedures reduced the non-measuring time from 7812 seconds per day to 5256 seconds per day and the downtime was decreased from 38.56 percent to 35.85 percent.

Keywords: Reduction of Cycle Time, Rondcom Instrument, Six Sigma

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษาเรื่อง การลดเวลาสูญเสียจากการตรวจสอบชิ้นงานของเครื่องมือวัดรอนด์คอม โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัทเอ็นเอ็มบี-มินิแบไทย สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้ดำเนินงานต้องขอขอบพระคุณ บุคลากรบริษัทบริษัทเอ็นเอ็มบี-มินิแบ ไทย จำกัด รวมถึงอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจศึกษา ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ช่วยเหลือและให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อโครงการฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณประพันธ์ อินทวงษา หัวหน้าแผนก PCMB คุณดวงมณี กลั่นบุญชุ่ม ผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพ ที่ให้โอกาสเข้าไปเรียนรู้การทำงานในหน่วยงาน และให้คำแนะนำทั้งการดำเนินงานและการนำเสนอ คุณดวงพร ทองรัก คุณณัฐดนัย ยุวทองไท ที่ช่วยให้คำปรึกษา ทั้งความรู้ คำแนะนำในการนำเสนอ ตรวจสอบความบกพร่องและให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่องตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน คุณจิตตาภา เชิงกลาง คุณนริศรา ภาคินี และคุณกนกวรรณ กระจ่างแจ้ง ผู้สอนและให้ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวัด ตลอดจนสละเวลาเพื่อการทดลองในการดำเนินงานที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจศึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่องระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจ ทำให้โครงการฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ชิตชนก ทองประไพ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน.....	2
1.6 สถานที่ดำเนินงาน.....	3
1.7 นิยามศัพท์.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการซิกซ์ซิกม่า (Six Sigma)	5
2.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R).....	9
2.3 สหสัมพันธ์ (Correlation).....	11
2.4 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis).....	12
2.5 การกำหนดขนาดตัวอย่าง.....	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	14
3.1 การศึกษาข้อมูล และกำหนดขอบเขตของปัญหา (Define Phase).....	14
3.2 การวัดสภาพปัจจุบัน กำหนดตัวชี้วัดและเป้าหมาย (Measure Phase).....	21
3.3 การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase).....	25
3.4 การแก้ไขปรับปรุง (Improve Phase).....	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การควบคุมให้คงไว้และขยายผล (Control Phase).....	43
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	44
4.1 การวัดผล Non-measuring Time ของการตรวจสอบงานรายกะ.....	44
4.2 การวัดผลเวลารอคอยของฝ่ายผลิต.....	46
4.3 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R) หลังการปรับปรุง.....	47
4.4 การควบคุมให้คงไว้และขยายผล.....	48
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	50
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	50
5.2 ผลที่ได้รับทางตรง	51
5.3 ผลที่ได้รับทางอ้อม	51
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	51
เอกสารอ้างอิง	52

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน ปี พ.ศ.2562.....	3
ตารางที่ 1.2 นิยามศัพท์.....	4
ตารางที่ 2.1 การสรุปกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งาน.....	6
ตารางที่ 2.2 แนวทางการตัดสินใจในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด.....	10
ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัด.....	11
ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	12
ตารางที่ 3.1 ประเภทและลักษณะของชิ้นส่วนประกอบ Shaft.....	15
ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ตรวจสอบโดยเครื่องมือวัด Rondcom.....	17
ตารางที่ 3.3 การตรวจสอบโมเดล Skybolt 3/4D.....	18
ตารางที่ 3.4 ขั้นตอนการตรวจสอบโมเดล Shaft Skybolt 3/4D.....	19
ตารางที่ 3.5 เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานของโมเดล Skybolt 3/4D.....	22
ตารางที่ 3.6 ตัวชี้วัดและเป้าหมายของตัวชี้วัดของปัญหา.....	25
ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละปัจจัยเพื่อนำมาพิจารณาเป็นแนวทางในการปรับปรุง.....	28
ตารางที่ 3.8 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณข้อมูลแบบ Manual Click กับ Auto Playback ด้วยขนาดตัวอย่าง $n=10$	31
ตารางที่ 3.9 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณข้อมูลแบบ Manual Click กับ Auto Playback ด้วยขนาดตัวอย่าง $n=5$	32
ตารางที่ 3.10 Power of the Test ของขนาดตัวอย่าง $n=10$	33
ตารางที่ 3.11 การคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละสเปค.....	34
ตารางที่ 3.12 การทดลองใช้ลำดับกำลังขยายในขั้นตอนการ Make Tilting.....	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.13 ผลการเปรียบเทียบการใช้กำลังขยายตามลำดับ 100 1K 10K และ 200 10K ด้วยขนาดตัวอย่าง $n=10$	36
ตารางที่ 3.14 ผลการเปรียบเทียบการใช้กำลังขยายตามลำดับ 100 1K 10K และ 200 10K ด้วยขนาดตัวอย่าง $n=5$	37
ตารางที่ 3.15 Power of the Test ของขนาดตัวอย่าง $n=10$	38
ตารางที่ 3.16 การคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละสเปค.....	39
ตารางที่ 3.17 การเปรียบเทียบลำดับในการวัดชิ้นงาน.....	40
ตารางที่ 3.18 ลำดับในการวัดที่เลือกใช้ปรับปรุง.....	41
ตารางที่ 3.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง Roundness OD2 3 ตำแหน่ง.....	42
ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนหลังการปรับปรุง และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบโมเดล Skybolt 3/4D.....	44
ตารางที่ 4.2 เวลามาตรฐานในการทำงานของชิ้นส่วนประกอบ Shaft.....	49
ตารางที่ 5.1 สรุปผลดัชนีชี้วัดและเป้าหมาย.....	50

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ร้อยละเงื่อนไขในการหยุดผลิตของฝ่ายผลิต ในเดือนกรกฎาคม 2562.....	1
รูปที่ 2.1 กระบวนการแก้ปัญหา DMAIC ของหลักการซิกซ์ซิกมา.....	5
รูปที่ 2.2 ลักษณะของแผนภูมิควบคุม.....	7
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิพาเรโต.....	8
รูปที่ 2.4 หลักการสร้างแผนผังแสดงเหตุและผล.....	9
รูปที่ 2.5 กราฟวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัด.....	10
รูปที่ 3.1 สปินเดิลมอเตอร์และชิ้นส่วนประกอบ.....	15
รูปที่ 3.2 กระบวนการตรวจสอบชิ้นงานของฝ่ายควบคุมคุณภาพ.....	16
รูปที่ 3.3 เครื่องมือวัด Rondcom.....	17
รูปที่ 3.4 สเปคของโมเดล Skybolt 3/4D.....	18
รูปที่ 3.5 Non-measuring Time ในการตรวจสอบแต่ละโมเดลของเครื่อง Rondcom43-C 007.....	23
รูปที่ 3.6 การประเมินความผันแปรของเครื่องมือวัด Rondcom 43-C 007.....	24
รูปที่ 3.7 แผนภูมิพาเรโตวิเคราะห์สาเหตุของ Non-measuring Time.....	26
รูปที่ 3.8 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram).....	27
รูปที่ 3.9 ส่วนหนึ่งของขั้นตอนการคำนวณข้อมูลด้วยวิธีการคลิกด้วยมือ (Manual Click).....	29
รูปที่ 3.10 ส่วนหนึ่งของขั้นตอนการคำนวณข้อมูลด้วยวิธีการใช้โปรแกรม Auto Playback.....	30
รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการ Make Tilting ด้วยกำลังขยาย 100 1K 10K ตามลำดับ.....	34
รูปที่ 3.12 Roundness OD2 3 ตำแหน่ง.....	41
รูปที่ 3.13 มุมมองในการทำงานแบบ 90° และ 45°	43
รูปที่ 4.1 Non-measuring Time ก่อนและหลังปรับปรุงของพนักงาน A.....	46

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2 Non-measuring Time ก่อนและหลังปรับปรุงของพนักงาน B.....	46
รูปที่ 4.3 การประเมินความผันแปรของเครื่องมือวัด Rondcom 43-C 007 หลังการปรับปรุง.....	47
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ของการ Tilting.....	48



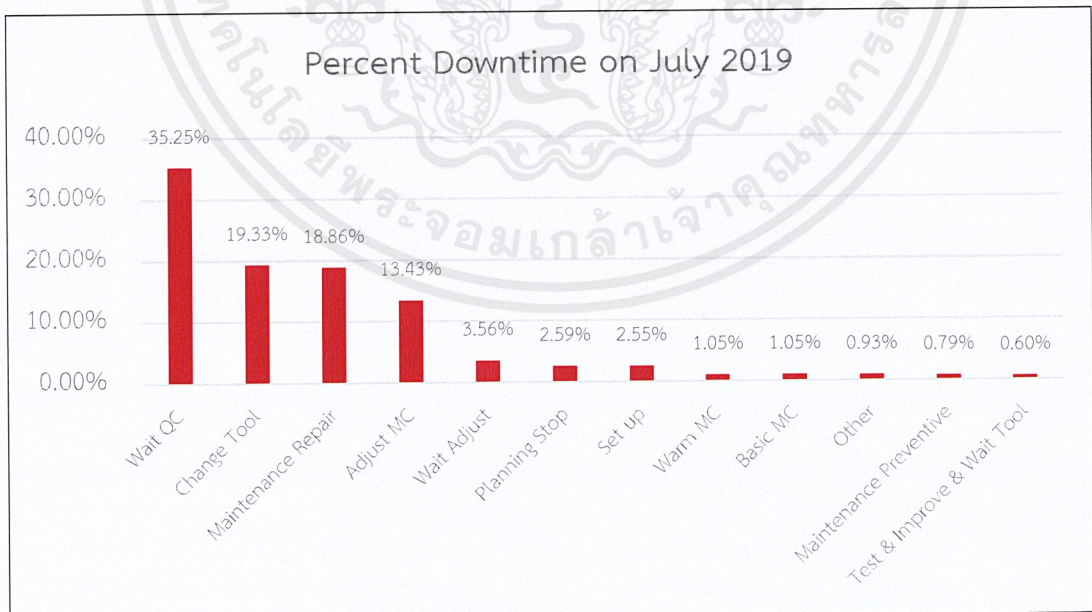
บทที่ 1

บทนำ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive: HDD) และชิ้นส่วนประกอบ เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญที่สุดต่อภาคการส่งออกของไทยมาเป็นเวลายาวนาน โดยในการส่งออกคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบอันเป็นสินค้าส่งออกอันดับหนึ่งของไทยนั้น มากกว่าครึ่งมาจากอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ [1] ผู้ประกอบการจึงต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ เพื่อให้บริษัทได้เปรียบในด้านการค้าและการส่งออก

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัทเอ็นเอ็มบี-มินิแบ ไทย จำกัด เป็นบริษัทชั้นนำในการผลิตมอเตอร์ขนาดเล็ก และอุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความเที่ยงตรง ด้วยเครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูง ภายใต้ระบบการผลิตแบบครบวงจร โดยในแผนกพีซีเอ็มบี (Precision Component Mechanical Bangpa-in: PCMB) เป็นแผนกที่ทำการผลิตชิ้นส่วนของมอเตอร์ที่อยู่ภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประกอบ Shaft, Sleeve, Counter Plate, Bushing และ Cone ปัจจุบัน แผนกพีซีเอ็มบีมีคู่แข่งที่มีส่วนแบ่งทางการตลาดถึง 70% จากความต้องการส่วนแบ่งทางการตลาดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ทางแผนกต้องมุ่งเน้นในการลดต้นทุนการผลิตและการควบคุมคุณภาพ จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาแผนกพีซีเอ็มบีมีกำลังการผลิตมากกว่า 60 ล้านชิ้นต่อเดือน โดยฝ่ายผลิตมีเงื่อนไขในการหยุดผลิต (Downtime) ภายใต้เงื่อนไข Change Model, Change Tool และ Maintenances โดยมีเงื่อนไขในการหยุดผลิตของฝ่ายผลิต ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ร้อยละเงื่อนไขในการหยุดผลิตของฝ่ายผลิต ในเดือนกรกฎาคม 2562

จากรูปที่ 1.1 แสดงร้อยละเงื่อนโซ่ในการหยุดผลิตของฝ่ายผลิต จะเห็นได้ว่าเกิดร้อยละของเงื่อนโซ่ในการหยุดผลิตเนื่องจากการเกิดเวลารอคอยจากฝ่ายควบคุมคุณภาพ (Wait QC) มากที่สุด ที่ร้อยละ 35.25 ด้วยเหตุนี้ทางบริษัทจึงมีนโยบายให้ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเวลาในการทำงานของฝ่ายควบคุมคุณภาพ และลดเวลารอคอยของฝ่ายผลิต ทั้งนี้ ได้เลือกปรับปรุงที่เครื่องมือวัด Rondcom เนื่องจากเป็นเครื่องมือวัดที่มีการใช้เวลาในการตรวจสอบมากที่สุด โดยมุ่งเน้นปรับปรุงเวลาสูญเสียเปล่าที่เกิดจากการวัด (Non-measuring Time) ด้วยวิธีการที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) ลดเวลาสูญเสียเปล่าที่เกิดจากการไม่ทำงาน (Non-measuring Time) ของเครื่องมือวัด Rondcom ในการตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบ Shaft
- 2) ลดเวลารอคอยของฝ่ายผลิต (Downtime) ที่เกิดจากเครื่องมือวัด Rondcom

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพิ่มจำนวนเครื่องจักรในการรับงานมาตรวจสอบได้มากขึ้น
- 2) ลดจำนวนเครื่องมือวัด Rondcom ในการตรวจสอบงานของส่วนประกอบ Shaft
- 3) ปรับปรุงให้เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานน้อยลง
- 4) ลดขั้นตอนที่สูญเสียเปล่าในส่วนของการตรวจสอบ

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

- 1) ศึกษาการตรวจสอบชิ้นงานของฝ่ายควบคุมคุณภาพ ในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยศึกษาที่การตรวจสอบชิ้นงานของเครื่องมือวัด Rondcom
- 2) ศึกษาการตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบ Shaft โดยใช้โมเดล Skybolt 3/4D เพื่อเป็นกรณีศึกษา

1.5 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงาน เริ่มตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม ถึง วันที่ 22 พฤศจิกายน 2562 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ โดยมีแผนการดำเนินงานดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน ปี พ.ศ.2562

รายละเอียด	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
1) ศึกษากระบวนการทำงานของฝ่ายผลิต	■	■														
2) ศึกษากระบวนการทำงานของฝ่ายควบคุมคุณภาพ			■	■												
3) กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ และขอบเขตของการศึกษา				■												
4) ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง					■	■										
5) ศึกษาสภาพปัจจุบัน กำหนดตัวชี้วัดและเป้าหมาย						■	■									
6) วิเคราะห์หาสาเหตุ และแนวทางการแก้ไขปัญหา							■	■	■	■	■	■				
7) ปฏิบัติตามแผนการดำเนินงาน									■	■	■	■				
8) สรุปผลการดำเนินงาน มาตรฐานในการทำงาน และข้อเสนอแนะ													■	■	■	■

1.6 สถานที่ดำเนินงาน

- 1) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
- 2) แผนกพีซีเอ็มบี บริษัทเอ็นเอ็มบี-มินิแบ ไทย จำกัด (บางปะอิน) เลขที่ 1 หมู่ 7 ถนนพหลโยธิน กม.51 ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13180

1.7 นิยามศัพท์

นิยามศัพท์ ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 นิยามศัพท์

ชื่อเต็ม	ชื่อย่อ	ความหมาย
Quality Control	QC	การควบคุมคุณภาพ
QC Equipment	QC EQM	ฝ่ายควบคุมคุณภาพด้วยการตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้เครื่องมือวัดพิเศษ
Gage Repeatability and Reproducibility	GR&R	การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด
Rondcom	R	เครื่องมือวัดความกลมและหน้าตัดรูปทรงกระบอกที่มีความละเอียดสูง
Measuring Time	-	ช่วงเวลาที่เครื่องมือวัดทำการวัดชิ้นงาน
Non-measuring Time	-	ช่วงเวลาที่พนักงานทำงานโดยที่เครื่องมือวัดไม่มีการวัดชิ้นงาน
Change Tool	-	การตรวจสอบชิ้นงาน ภายหลังจากที่ฝ่ายผลิตทำการเปลี่ยนใบมีดที่เครื่องจักร
Patrol Line	-	การตรวจสอบชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต เป็นรายกะ/รายวัน
Shaft	SH	ชิ้นส่วนประกอบเพลลาของมอเตอร์
Skybolt 3/4D	SKB3	ชื่อโมเดลชนิดหนึ่งของมอเตอร์ประเภท STTCA
Outer Diameter	OD	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก
Inner Diameter	ID	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงการสหกิจศึกษา เรื่องการลดเวลาสูญเสียจากการวัดของเครื่องมือวัด Rondcom โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกมามีเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อปรับใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงาน ดังนี้

- 1) หลักการซิกซ์ซิกมา (Six Sigma)
- 2) การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R)
- 3) สหสัมพันธ์ (Correlation)
- 4) การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)

2.1 หลักการซิกซ์ซิกมา (Six Sigma)

Six Sigma คือระบบหรือเครื่องมือวิธีการปรับปรุงคุณภาพหรือประสิทธิภาพขององค์กร โดยมีการนำเครื่องมือทางสถิติมาใช้เพื่อเป้าหมายคือลดความผันแปรของระบบ มีกระบวนการดำเนินงานเป็นขั้นตอนที่เรียกว่า DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve - Control) ซึ่งมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลัก โดยก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการหลักจะต้องทำการนิยามถึงปัญหาที่จะทำการปรับปรุง จากนั้นทำการเลือกลักษณะของตัวแปรตอบสนอง เพื่อมาทำการศึกษาและเป็นตัววัดผลในการปรับปรุง และเข้าสู่กระบวนการในขั้นตอนต่างๆ 5 ขั้นตอน [2,3] ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการแก้ปัญหา DMAIC ของหลักการซิกซ์ซิกมา

2.1.1 ขั้นตอนการค้นหาและระบุปัญหา (Define Phase)

เป็นขั้นตอนที่ต้องทำการกำหนดหัวข้อปัญหาที่องค์กรกำลังประสบอยู่ โดยพยายามจำกัดขอบข่ายของปัญหาให้แคบลงเรื่อยๆ และพยายามคัดเลือกปัญหาที่สร้างความเสียหายมากที่สุดหรือเลือกปัญหาที่แก้ไขแล้วจะทำให้เกิดผลตอบแทนมากที่สุด

2.1.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

เป็นการทำความเข้าใจกับกระบวนการเริ่มต้น วิเคราะห์หาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดปัญหาโดยด้วยการวัดความสามารถของกระบวนการ และวิเคราะห์ระบบการวัดที่ใช้เพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดความผันแปรที่เกิดจากการวัด หากความผันแปรที่เกิดขึ้นมีมากเกินไปที่กำหนด จะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีขึ้นก่อนทำการศึกษาถึงความสามารถของกระบวนการว่าความสามารถของกระบวนการที่แท้จริงเป็นเท่าใด และควรจะต้องเป้าหมายในการปรับปรุงไว้เท่าใด ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้คือปัจจัยต่างที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ คือ

ก) กราฟ (Graph)

เป็นแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งสามารถทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ กราฟมีหลายประเภท เช่น กราฟเส้น กราฟแท่ง เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่พิจารณาว่ามีความผันแปรและจุดประสงค์ของการเลือกใช้ว่าอยู่ในรูปแบบใด ดังแสดงในตารางที่ 2.1 [4]

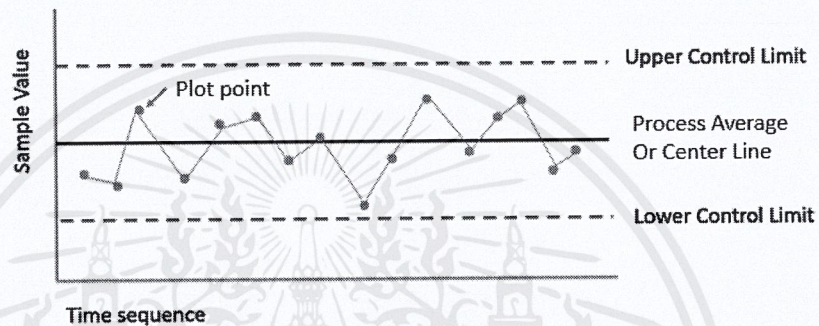
ตารางที่ 2.1 การสรุปกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งาน

ชื่อกราฟ	ลักษณะ	จุดประสงค์
กราฟเส้น	 <p>Line graph</p>	แสดงความผันแปรข้อมูลเชิงตัวเลขสาเหตุสำคัญ เรียกว่ากราฟแนวโน้ม ใช้สำหรับดูแนวโน้ม การพยากรณ์ในอนาคตหรือควบคุมแผนงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
กราฟแท่ง	 <p>Scores by group and gender</p>	แสดงถึงการเปรียบเทียบปริมาณของประเภทข้อมูลตามแกน X ใช้เมื่อมีข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ข้อมูลโดยใช้การเปรียบเทียบพื้นที่ของกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ6องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

เป็นผังกราฟที่มักนำมาใช้เพื่อการควบคุมกระบวนการผลิต แสดงให้เห็นถึงขอบเขตควบคุมด้านบน (Upper Control Limit, UCL) ขอบเขตควบคุมด้านล่าง (Lower Control Limit, LCL) และเส้นค่าเฉลี่ยซึ่งอยู่ตรงกลาง (Process Average หรือ Center Line) โดยนำข้อมูลด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการมาพล็อต (Plot Point) เทียบกับขอบเขตที่ตั้งไว้ เพื่อให้รู้ว่าเวลาใดในกระบวนการผลิต (เมื่ออิงกับ Time Sequence) มีปัญหาด้านคุณภาพ นำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงกระบวนการให้กลับสู่สภาพปกติ รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของแผนควบคุม [5]



รูปที่ 2.2 ลักษณะของแผนภูมิควบคุม

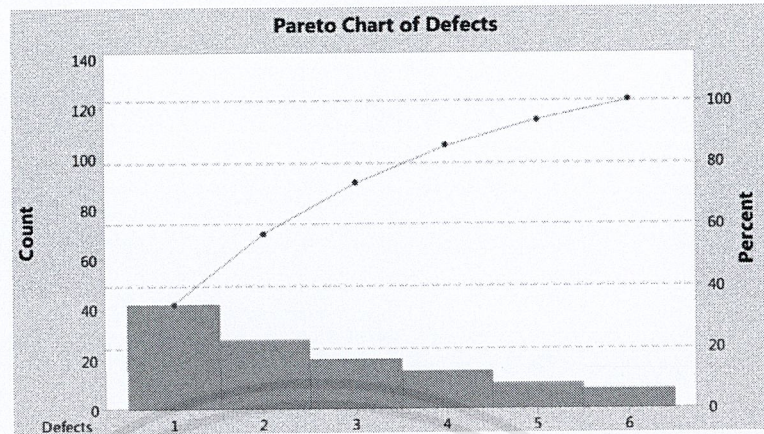
2.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาทำความเข้าใจถึงผลของปัจจัยแต่ละตัวที่ได้คัดเลือกมา เพื่อตัดกรองปัจจัยหรือพิสูจน์หาปัจจัยที่สำคัญที่สุดในกระบวนการที่เป็นสาเหตุของปัญหาที่นิยามไว้ โดยเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการวัดผลซึ่งเป็นข้อมูลที่รวบรวมมา เพื่อเป็นสารสนเทศในการวางแผนทางของการปรับปรุงซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

ก) แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

แผนภูมิพาเรโต คือ แผนภูมิแท่งชนิดหนึ่ง มักใช้กับข้อมูลที่เป็นหน่วยนับ โดยจะแสดงผลเรียงตามประเภทของข้อมูลหรือปัญหาที่พบมากที่สุด ไปยังประเภทของข้อมูลหรือปัญหาที่พบน้อยที่สุด แผนภูมิพาเรโตเพียงแค่บ่งชี้ถึงปัญหาที่พบมากที่สุด สามารถบอกถึงปัญหาที่สำคัญที่สุดได้ จากแผนภูมิพาเรโต จะพบว่าปัญหาที่พบมักเกิดจากสาเหตุเพียงไม่กี่ชนิด ซึ่งเป็นไปตามกฎ 80-20 ของพาเรโต (Pareto's Eighty-Twenty Rule) โดย Dr. Juran ชาวอเมริกันได้นำมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมคุณภาพ กฎ 80-20 ของพาเรโต สามารถสรุปได้ว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของปัญหาที่เกิดขึ้นใหญ่เกิดจาก 20 เปอร์เซ็นต์ของสาเหตุทั้งหมด หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ สาเหตุหรือข้อบกพร่องเพียงไม่กี่ชนิด ก่อให้เกิดความสูญหายมากมาย ในขณะที่สาเหตุหรือข้อบกพร่องจำนวนมากกลับก่อให้เกิดความสูญเสียเพียงเล็กน้อย ดังนั้นวิธีการปรับปรุงกระบวนการวิธีหนึ่งก็คือ การ

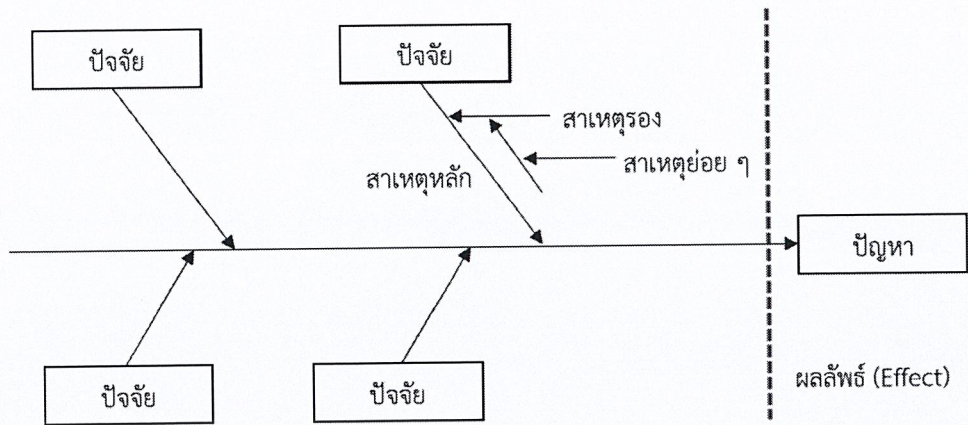
พยายามลดสาเหตุที่ระบุได้ในส่วนของ 20 เปอร์เซ็นต์ที่เป็นสาเหตุของปัญหาส่วนใหญ่ [6]
รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิพาเรโต [7]



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิพาเรโต

ข) แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือ แผนผังอิชิคาวะ (Ishikawa Diagram) ซึ่งแผนผังก้างปลาเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น จึงมีผู้เรียกแผนผังก้างปลานี้ว่า แผนผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ซึ่งมีนิยามคือ เป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างสาเหตุหลายๆ สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบต่อให้เกิดปัญหาหนึ่งปัญหาโดยแผนผังแสดงเหตุและผล เป็นแผนผังที่ใช้ต่อจากแผนภูมิพาเรโต ซึ่งเมื่อเลือกแก้ปัญหาจากแผนภูมิพาเรโตแล้ว จึงนำปัญหานั้นมาแจกแจงสาเหตุปัญหาเป็น 4 ประการ คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วิธีการ (Method) วัสดุดิบ (Material) [8] หลักการสร้างแผนผังแสดงเหตุและผล แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 หลักการสร้างแผนผังแสดงเหตุและผล

2.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

เป็นการออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลลัพธ์ของกระบวนการนั้นๆ กล่าวคือเพื่อหาวิธีในการปรับปรุงกระบวนการที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของกระบวนการที่ดีที่สุด

2.1.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

หลังจากกระบวนการผลิตได้รับการปรับปรุง การจัดทำวิธีการควบคุมวิธีการและปัจจัยต่างๆ เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานตามแนวทางการแก้ไขที่ได้เลือกมาที่ดีที่สุดได้ด้วยตนเอง โดยการควบคุมนี้หมายถึงการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Operation Standard) ซึ่งเป็นเอกสารเพื่อให้มีการปฏิบัติอย่างถูกต้อง โดยระบุวิธีการปฏิบัติงานเป็นลำดับขั้นตอนอย่างละเอียด ซึ่งผลออกมานั้นต้องมีมาตรฐานเดียวกันไม่ว่าจะเป็นการปฏิบัติงานโดยผู้ใดก็ตาม หลังจากการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานเรียบร้อยแล้ว จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานทุกคนให้เข้าใจในมาตรฐานการปฏิบัติงานที่จัดทำขึ้นมาอย่างชัดเจน ทั้งผู้ที่รับผิดชอบงานอยู่แล้ว และผู้ที่มีส่วนร่วมใหม่ในการทำงานนั้นๆ

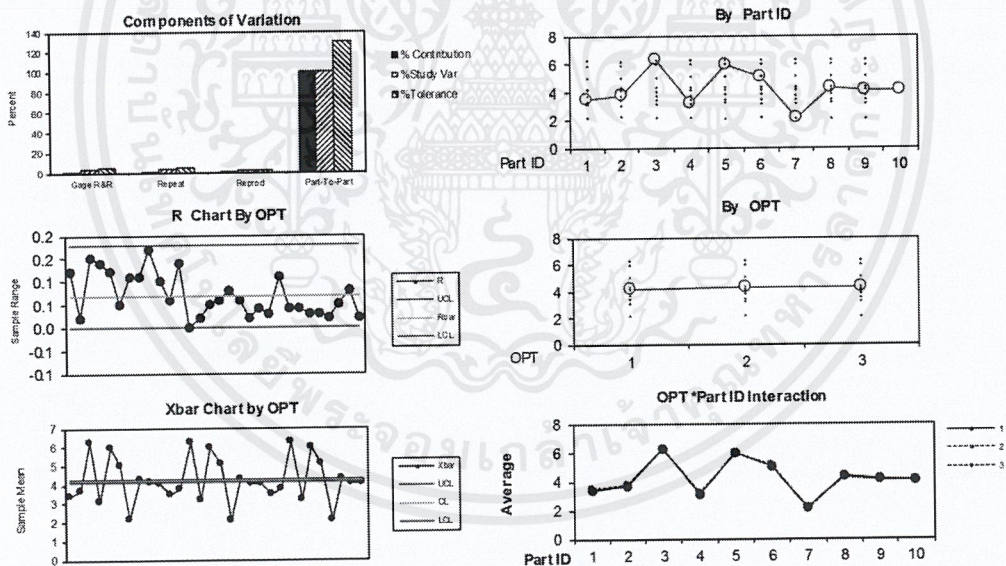
2.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility: GR&R)

ระบบการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจากทักษะ ความชำนาญ ระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด มีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจากการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องมีความมั่นใจในเรื่องเสถียรภาพของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน (Part-To-Part Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) และความผันแปรร่วม [9] โดยในการดำเนินงานนี้ จะทำการวิเคราะห์โดยการเก็บข้อมูลและประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งค่าระบบการวัด (Total GR&R) สามารถวิเคราะห์แนวทางตัดสินใจในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัดได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แนวทางการตัดสินใจในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด

ค่าระบบการวัด (Total GR&R)	การตัดสินใจ
0 - 10%	ยอมรับ
10% - 30%	ยอมรับอย่างมีเงื่อนไข (ขึ้นอยู่กับพิจารณาของผู้ทดลอง)
มากกว่า 30%	ไม่ยอมรับ ต้องค้นหาสาเหตุและแก้ไข



รูปที่ 2.5 กราฟวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัด

จากรูปที่ 2.5 กราฟวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัด ซึ่งได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ มีเงื่อนไขในการพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัด [10]

กราฟ	รูปแบบการวิเคราะห์
R Chart	มีช่วงของค่าเฉลี่ยน้อย และ Plot Point อยู่ภายในเส้นควบคุม
Xbar Chart	มีช่วงเส้นควบคุมที่แคบ และค่าส่วนมากอยู่นอกเหนือเส้นควบคุม ซึ่งเกิดจากความผันแปรที่เกิดจากความแตกต่างกันของชิ้นงาน
By Part	แสดงความแตกต่างสำหรับชิ้นงานแต่ละตัวที่นำมาทำการวัด
By Operator	เส้นกราฟที่ขนานแกน X แสดงความแตกต่างที่น้อยมากสำหรับการวัดของพนักงานแต่ละคน
Operator By Part	เส้นกราฟที่ซ้อนทับกัน แสดงให้เห็นถึงพนักงานที่ทำการวัดกับชิ้นงานที่วัด ไม่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน

2.3 สหสัมพันธ์ (Correlation)

สหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป หรือข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป ตัวอย่างการศึกษาความสัมพันธ์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงกับน้ำหนัก ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษา กับพฤติกรรมการดูแลตนเอง เป็นต้น

ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดนั้นจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: R^2) เป็นค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์ ซึ่งโดยวิธีทางสถิติมีอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวแปรหรือระดับของการวัดในตัวแปร แล้วจึงสรุปว่าตัวแปรคู่ใดมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สำหรับการแปลผลจะมองในแง่ของความเกี่ยวพัน ความสอดคล้อง การแปรผลร่วมกัน หรือไปด้วยกัน แต่ไม่ได้หมายความว่าตัวแปรหนึ่งเป็นเหตุและอีกตัวแปรเป็นผล (หรือไม่สามารถระบุได้ว่าตัวแปรไหนเป็นตัวแปรต้นหรือตัวแปรตาม) เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงกับน้ำหนัก เราไม่สามารถบอกได้ว่าส่วนสูงหรือน้ำหนักตัวใดเป็นเหตุ และตัวใดเป็นผล บอกได้เพียงว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และมีขนาดของความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด

การบอกระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์ จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ที่มาจากการประมวลผลของโปรแกรมทางสถิติ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงแต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อยมาก หรือไม่มีเลยสำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 2.4 [11]

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	ระดับความสัมพันธ์
0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - .90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - .70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - .50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - .30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

2.4 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)

สมมติฐาน (Hypothesis) คือข้อสมมติเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานทางสถิติจะเริ่มต้นโดยการนำสมมติฐานของการดำเนินงานมากำหนดเป็นสมมติฐานทางสถิติ

สมมติฐานของการทดสอบ เป็นสมมติฐานที่ตั้งว่า “ไม่มีความแตกต่าง (No Difference)” หรือ “ไม่มีความสัมพันธ์ (No Association)” ของลักษณะที่สนใจในประชากร เป็นสมมติฐานของความไม่แตกต่าง การทดสอบสมมติฐาน จะตั้งสมมติฐานใน 2 ทางเลือก คือ

H_0 = การเปลี่ยนแปลงปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 = การเปลี่ยนแปลงปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

โดยเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน H_0 คือระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significance Level) นิยมเขียนอยู่ในรูปสัญลักษณ์ α (Alpha) คือ ความน่าจะเป็นสูงสุดของการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง โดยที่ผู้ดำเนินงานยอมให้เกิดขึ้นได้ การกำหนดค่า α ไม่มีเกณฑ์หรือมาตรฐานระบุว่าต้องมีค่าเท่าใด ผู้ดำเนินงานเป็นผู้กำหนดเองว่าต้องการให้มีโอกาสหรือความน่าจะเป็นในการตัดสินใจ โดยทั่ว ๆ ไปนิยมกำหนดไว้ให้เท่ากับ 0.05 หมายความว่า โอกาสที่จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง มีได้ไม่เกิน 5 ครั้ง ใน 100 ครั้ง [12]

2.5 การกำหนดขนาดของตัวอย่าง (Sample Size Selection)

กลุ่มตัวอย่าง (Sample Group) หมายถึงบางส่วนของประชากรที่ถูกเลือกมาเป็นตัวแทนของประชากรที่ทำการศึกษา การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะทำให้มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนมาก และการใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่จะมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนน้อย โดยการกำหนดขนาดของตัวอย่าง มีข้อจำกัดคือ ต้นทุน เวลา และความผิดพลาด จึงต้องกำหนดขนาดของตัวอย่างที่เหมาะสมกับการทดลองขนาดของตัวอย่าง สามารถคำนวณได้จากสูตร [13]

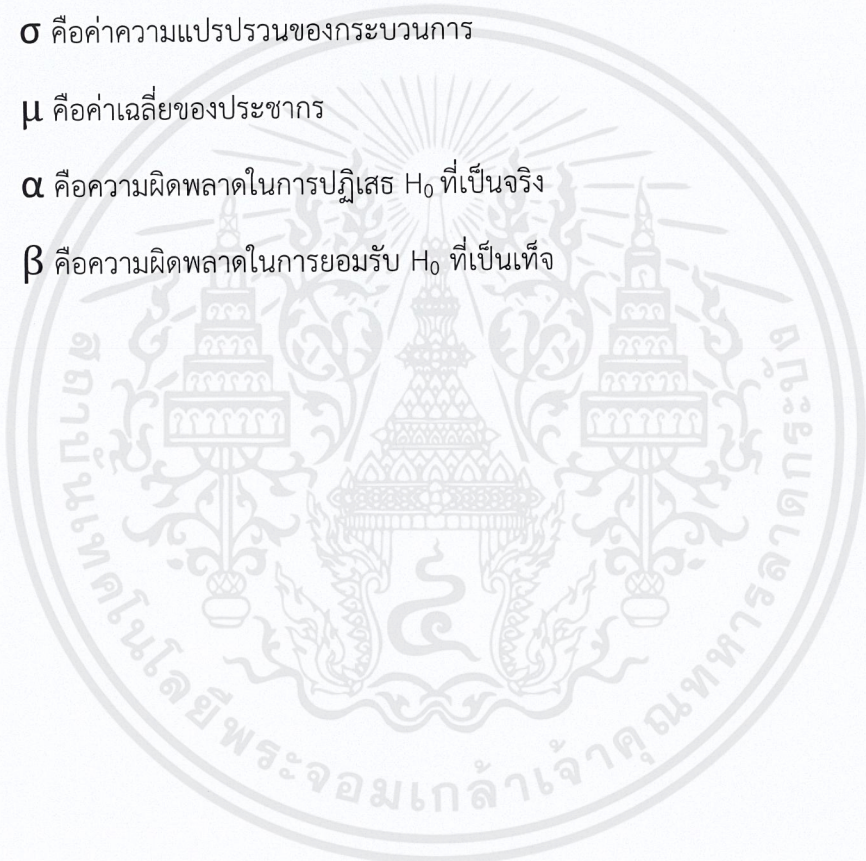
$$n = \frac{\sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2} \times (Z_\alpha - Z_\beta)^2$$

โดย σ คือค่าความแปรปรวนของกระบวนการ

μ คือค่าเฉลี่ยของประชากร

α คือความผิดพลาดในการปฏิเสธ H_0 ที่เป็นจริง

β คือความผิดพลาดในการยอมรับ H_0 ที่เป็นเท็จ



บทที่ 3

วิธีดำเนินงาน

การลดเวลาสูญเสียในการตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบ Shaft ของเครื่องมือวัด Rondcom กรณีศึกษา บริษัทเอ็นเอ็มบี-มินิแบ ไทย จำกัด มีลำดับการดำเนินงานตามแนวทางการแก้ไขปัญหา DMAIC ของซิกซ์ซิกมา (Six Sigma) ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูล และกำหนดขอบเขตของปัญหา (Define Phase)
2. การวัดสภาพปัจจุบันกำหนดตัวชี้วัดและเป้าหมาย (Measure Phase)
3. การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)
4. การแก้ไขปรับปรุง (Improve Phase)
5. การควบคุมให้คงไว้และขยายผล (Control Phase)

3.1 การศึกษาข้อมูล และกำหนดขอบเขตของปัญหา (Define Phase)

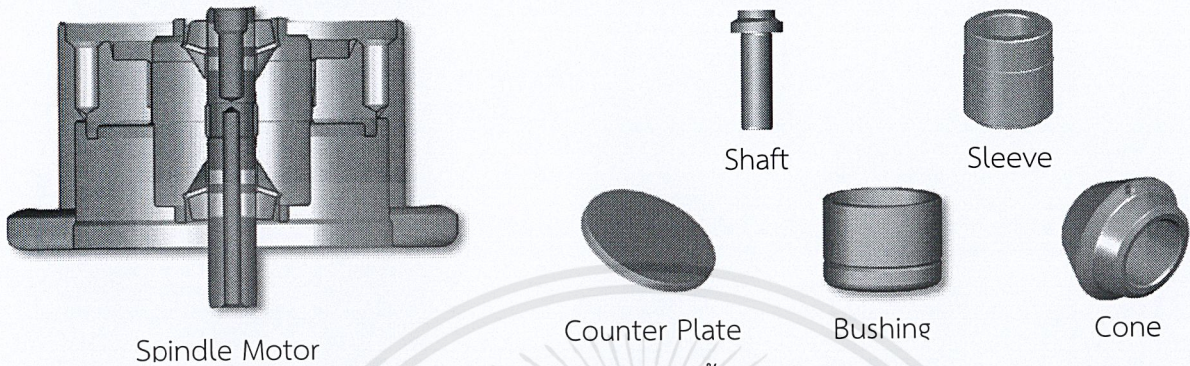
โครงการสหกิจศึกษานี้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพจากกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน (Turning Process) ของบริษัทเอ็นเอ็มบี-มินิแบไทย จำกัด โรงงานบางปะอิน จังหวัดอยุธยา โดยศึกษาเฉพาะเครื่องมือวัด Rondcom

3.1.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัท

บริษัทมินิแบ ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2494 โดยมีทาคามิ ทาคาฮาชิ เป็นผู้ผลิตตลับลูกปืนแห่งแรกในญี่ปุ่น ภายในเวลา 64 ปี บริษัทเจริญเติบโตเป็นบริษัทที่มีเครือข่ายทั่วโลก

กลุ่มบริษัท เอ็นเอ็มบี-มินิแบไทย จำกัด เป็นผู้ผลิตชั้นนำของประเทศไทย ด้านการผลิตตลับลูกปืนขนาดเล็ก มอเตอร์ขนาดเล็ก ชิ้นส่วนเชิงกล และอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความเที่ยงตรงสูง ด้วยเครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูง ภายใต้ระบบการผลิตแบบครบวงจร บริษัทในเครือประเทศไทยมีทั้งหมด 6 โรงงาน ได้แก่ โรงงานบางปะอิน โรงงานอยุธยา โรงงานนวนคร โรงงานบ้านหว้า โรงงานโรจนะ และโรงงานลพบุรี ซึ่งผู้ดำเนินงานได้ทำการศึกษาอยู่ที่โรงงานบางปะอิน

แผนกทำการศึกษา คือ แผนกพีซีเอ็มบี เป็นแผนกที่ทำการผลิตสปินเดิลมอเตอร์ (Spindle Motor) ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่ใช้สำหรับหมุนแผ่นแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อทำการบันทึกหรือแก้ไขข้อมูล โดยสปินเดิลมอเตอร์ ประกอบด้วยชิ้นส่วนประกอบหลักคือ Shaft, Sleeve, Counter Plate, Bushing, Cone ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 สปินเดิลมอเตอร์และชิ้นส่วนประกอบ

3.1.2 ผลิภัณฑ์ที่ทำการศึกษา

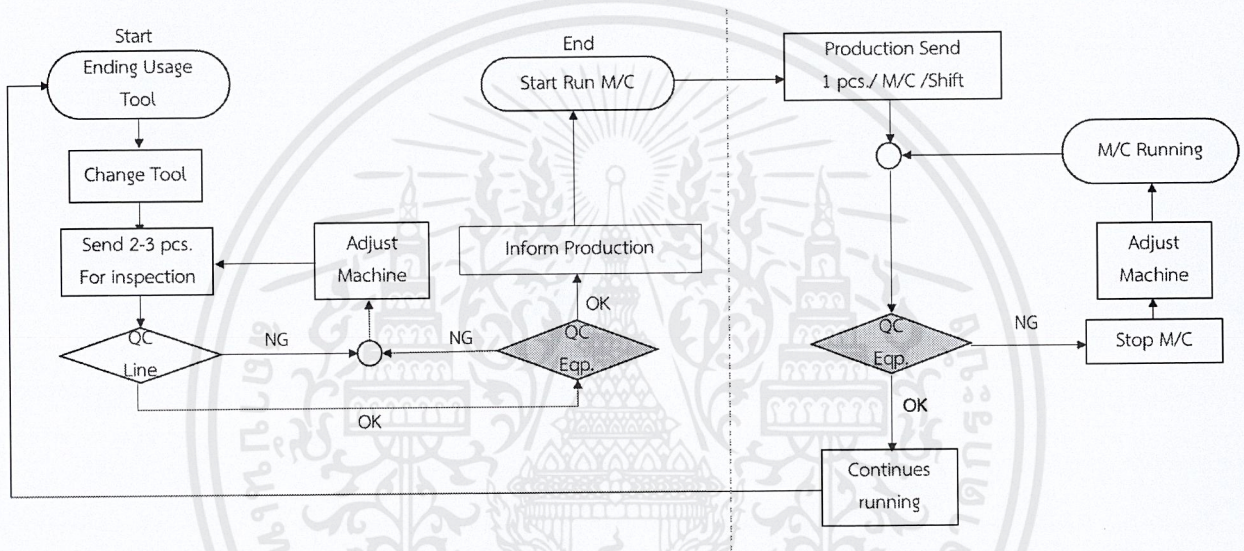
ผู้ดำเนินงานได้ทำการศึกษารวบรวมชิ้นส่วนประกอบ Shaft ซึ่งเป็นส่วนเพลลาของสปินเดิลมอเตอร์ โดยชิ้นส่วนประกอบ Shaft มีทั้งหมด 5 ประเภท มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประเภทและลักษณะของชิ้นส่วนประกอบ Shaft

ลำดับ	ลักษณะ	ประเภท
1		Shaft Single Trust Top Cover Attached (STTCA)
2		Shaft Single Top Trust 9 mm. (STT 9mm.)
3		Shaft Single Top Trust 7 mm. (STT 7mm.)
4		Shaft Single Plate (3.5 inch)
5		Shaft Fluid Compensated Conical (FCC)

3.1.3 ฝ่ายงานที่ศึกษาและกระบวนการทำงาน

ฝ่ายงานที่เข้าทำการศึกษา คือ ฝ่ายควบคุมคุณภาพโดยการตรวจสอบชิ้นงานด้วยเครื่องมือวัดพิเศษ (QC Equipment) ซึ่งทำการตรวจสอบชิ้นงานที่สุ่มมาจากฝ่ายผลิต มีการตรวจสอบชิ้นงานด้วยเครื่องมือวัดพิเศษที่มีความละเอียดสูง และสเปคของชิ้นงานที่เกี่ยวกับค่า Geometry รองรับด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้ดำเนินงานได้ทำการศึกษาเครื่องมือวัด Rondcom การตรวจสอบชิ้นงานจะถูกส่งมาจากฝ่ายผลิต มี 2 ประเภท คือ การตรวจสอบชิ้นงานจากการเปลี่ยนใบมีดใหม่ของเครื่องจักร (Change Tool) และการตรวจสอบชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตเป็นรายกะหรือรายวัน (Patrol Line) กระบวนการทำงานของการตรวจสอบชิ้นงาน แสดงในรูปที่ 3.2



ก) การตรวจสอบชิ้นงานจากการเปลี่ยนใบมีด

ข) การตรวจสอบชิ้นงานรายกะ

รูปที่ 3.2 กระบวนการตรวจสอบชิ้นงานของฝ่ายควบคุมคุณภาพ

จากรูป ก) เมื่อเครื่องจักรทำงานจนใบมีดครบอายุการใช้งานหรือเกิดความผิดปกติในระหว่างการผลิต เช่น ชิ้นงานเสียใบมีดแตก หัก บิ่น ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะสั่งหยุดการทำงานของเครื่องจักรหรือฝ่ายผลิตหยุดเครื่องจักรเมื่อพบความผิดปกติ ฝ่ายผลิตจะทำการเปลี่ยนใบมีดและส่งชิ้นงาน 2-3 ตัว เพื่อให้ฝ่ายควบคุมคุณภาพทำการตรวจสอบ หากตรวจพบชิ้นงานที่มีสเปคหลุดจากที่กำหนด (NG) ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะแจ้งให้ฝ่ายผลิตทำการปรับเครื่องจักร จนกว่าชิ้นงานจะได้สเปคที่อยู่ในค่าที่กำหนด (OK) ฝ่ายควบคุมคุณภาพด้วยเครื่องมือวัดพิเศษจะทำการแจ้งให้ฝ่ายผลิตเริ่มการทำงานของเครื่องจักร โดยในแต่ละวัน ฝ่ายควบคุมคุณภาพด้วยเครื่องมือวัดพิเศษจะมีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบชิ้นงานจากฝ่ายผลิต (Patrol Line) เครื่องจักรละ 1 ตัว/กะ ดังแสดงในรูป ข) ซึ่งในการตรวจสอบแต่ละตัว พนักงานจะทำการบันทึกผลที่ตรวจสอบได้และเก็บไว้เป็นข้อมูลของทางฝ่ายควบคุมคุณภาพ

3.1.4 การศึกษาเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัด Rondcom (รูปที่ 3.3) เป็นเครื่องมือวัดความกลมและหน้าตัดรูปทรงกระบอกที่มีความละเอียดสูง รองรับด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยมีพารามิเตอร์ของสเปคที่ทำการตรวจสอบ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 [14]



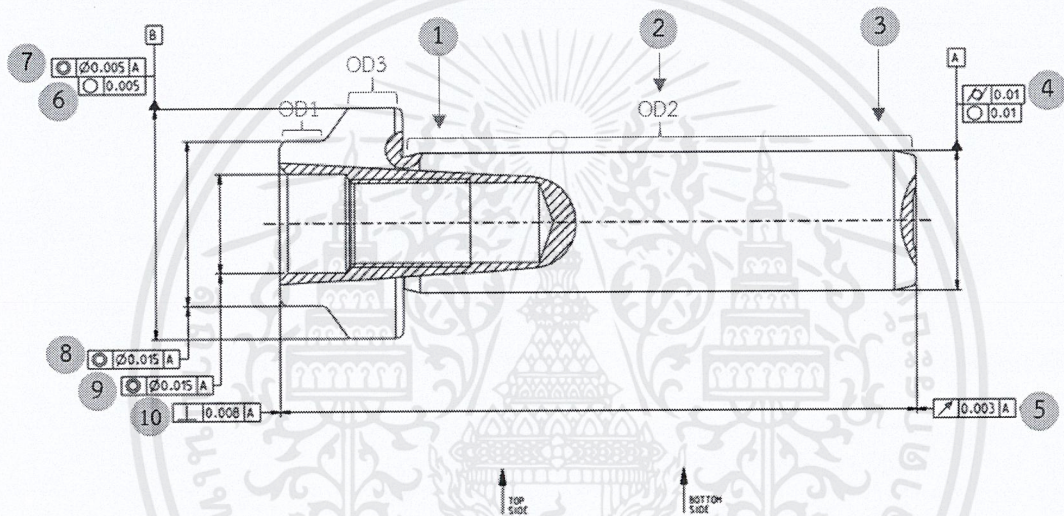
ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ตรวจสอบโดยเครื่องมือวัด Rondcom

ลำดับ	พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ตำแหน่งการวัด	จุดอ้างอิง
1	Roundness			-
2	Cylindrical			A
3	Concentricity			A
4	Runout			A
5	Perpendicular			A

3.1.5 การศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบัน

เครื่องมือวัด Rondcom ของฝ่าย QC Equipment ที่ได้ทำการศึกษาคือเครื่อง Rondcom รุ่น 43C เครื่องที่ 007 มีพนักงานประจำเครื่องทั้งหมด 2 คน ทำการตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบ Shaft โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 กะ คือ กะ M 7.00-19.00 น. (12 ชม.) และ กะ N 19.00-7.00 น. (12 ชม.) รับผิดชอบงานจากเครื่องจักรจำนวน 104 เครื่อง มีผลผลิตจำนวน 159 ตัว/วัน

การศึกษาสภาพปัจจุบัน จะทำการศึกษาโดยใช้โมเดล Skybolt 3/4D หรือ SKB3 เป็นโมเดลต้นแบบในการศึกษา แล้วจึงนำวิธีการที่ดีที่สุดไปประยุกต์ใช้กับโมเดลอื่นๆของชิ้นส่วนประกอบ Shaft โดยโมเดล 3/4D มีสเปคที่ต้องทำการตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 สเปคของโมเดล Skybolt 3/4D

จากรูปที่ 3.4 โมเดล Skybolt 3/4D มีการตรวจสอบทั้งหมด 10 สเปค โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การตรวจสอบโมเดล Skybolt 3/4D

หมายเลข	พารามิเตอร์	สเปค (มม.)
1	Roundness OD2 (Top Point)	∅0.010
2	Roundness OD2 (Center Point)	∅0.010
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	∅0.010
4	Cylindrical OD2	0.010
5	Runout Face Bottom	0.003

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) การตรวจสอบโมเดล Skybolt 3/4D

หมายเลข	พารามิเตอร์	สเปค (มม.)
6	Roundness OD3	0.005
7	Concentric OD3	±0.005
8	Concentric OD1 0.015	±0.015
9	Perpendicular Face Top	0.008
10	Concentric ID	±0.015

จากการศึกษาการตรวจสอบโมเดล Skybolt 3/4D ของพนักงานทั้งสองคน สามารถสรุปขั้นตอนการตรวจสอบจำนวน 1 โมเดล ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ขั้นตอนการตรวจสอบโมเดล Shaft Skybolt 3/4D

ลำดับ	ขั้นตอน	คำอธิบาย
1	Screw Part and Put to Chuck	หยิบชิ้นงาน สวมสกรู และติดตั้งชิ้นงานบนเครื่องมือวัด
2	Make Centering	การปรับชิ้นงานให้อยู่กึ่งกลางของเครื่องมือวัดโดยใช้กำลังขยาย 100 1K 10K ตามลำดับ
3	Make Tilting	การปรับชิ้นงานให้อยู่ในระนาบเดียวกับเครื่องมือวัดโดยใช้กำลังขยาย 100 1K 10K ตามลำดับ
4	Set Condition (0,R)	ตั้งค่าเงื่อนไขในการวัด โดยปรับค่าให้ตำแหน่งเริ่มต้นในการวัดเป็น 0 และใช้รัศมีของชิ้นงานตามค่าที่กำหนดไว้
5	Measure Roundness OD2 (3 point)	การวัดพารามิเตอร์ Roundness ที่ OD2 จำนวน 3 ตำแหน่ง โดยใช้ 2 ตำแหน่งเป็นจุดอ้างอิง
6	Measure Runout	การวัดพารามิเตอร์ Runout
7	Measure Roundness OD 3	การวัดพารามิเตอร์ Roundness ที่ OD3
8	Measure Roundness OD 1	การวัดพารามิเตอร์ Roundness ที่ OD1
9	Change Position	เปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นงานโดยการกลับด้านเพื่อทำการวัดในตำแหน่งอื่น
10	Make Centering	การปรับชิ้นงานให้อยู่กึ่งกลางของเครื่องมือวัดโดยใช้กำลังขยาย 100 1K 10K ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) ขั้นตอนการตรวจสอบโมเดล Shaft Skybolt 3/4D

ลำดับ	ขั้นตอน	คำอธิบาย
11	Make Tilting	การปรับชิ้นงานให้อยู่ในระนาบเดียวกับเครื่องมือวัด โดยใช้กำลังขยาย 100 1K 10K ตามลำดับ
12	Make Datum	การวัดจุดอ้างอิง 2 ตำแหน่ง
13	Measure Perpendicular	การวัดพารามิเตอร์ Perpendicular
14	Change Stylus and Measure Concentric ID	การเปลี่ยนเข็มที่ใช้ในการวัด OD เป็นเข็มที่ใช้วัด ID
15	Analyze and Record Data	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณข้อมูลจากการวัด ให้ได้พารามิเตอร์ที่ต้องการ และบันทึกผล
16	Take out Part to Tray	หยิบชิ้นงานจากเครื่องมือวัดเก็บใส่ในถาดชิ้นงาน

หมายเหตุ : ทำขั้นตอน Make Centering และ Make Tilting 2 ครั้ง เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือวัด กรณีที่ชิ้นงานขยับหรือมีการเปลี่ยนตำแหน่ง จะต้องทำการปรับชิ้นงานใหม่ทุกครั้ง

3.1.6 สรุปการศึกษาข้อมูลและขอบเขตของปัญหา

ในการปฏิบัติงานของพนักงานในการตรวจสอบชิ้นงาน พนักงานจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานมาตรฐาน (Work Instruction) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่บอกวิธีในการทำงานที่เหมาะสม และใช้เวลาการทำงานมาตรฐาน (Standard Working Time) เป็นตัววัดผลในการปฏิบัติงาน โดยฝ่ายควบคุมคุณภาพ แบ่งนิยามของเวลาในการทำงาน (Working Time) เป็น 2 ประเภทคือ

- 1) Measuring Time คือ ช่วงเวลาที่เครื่องมือวัดทำการวัดชิ้นงาน กล่าวคือ ช่วงเวลาที่เข็มของเครื่องมือวัด (Stylus) สัมผัสกับตัวชิ้นงานเพื่อทำการวัด
- 2) Non-measuring Time คือ ช่วงเวลาที่พนักงานทำงานโดยที่เครื่องมือวัดไม่มีการทำงาน เช่น ช่วงเวลาที่พนักงานทำการการหยิบชิ้นงานเข้า-ออก การปรับชิ้นงานกับเครื่องมือวัด การบันทึกผลการวัด เป็นต้น

โดยจากการศึกษาสภาพปัจจุบันในการตรวจสอบชิ้นงานของพนักงานทั้ง 2 คน พบว่าในแต่ละครั้งที่ทำการตรวจสอบ พนักงานมีขั้นตอนในการตรวจสอบที่แตกต่างกัน เช่น ตำแหน่งในการวัด กำลังขยายที่ใช้ในการวัด ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาของการวัดนั้นๆ พนักงานทั้ง 2 คนจึงไม่มีขั้นตอนและเวลาการทำงานที่เป็นมาตรฐานที่แน่นอน มีเวลาสูญเสียในการทำงานและมี Non-measuring Time ที่มาก จึงทำให้แผนกเล็งเห็นถึงความสำคัญที่จะต้องกำจัดงานส่วนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าจากการตรวจสอบชิ้นงาน Non-measuring Time ให้เหลือน้อยที่สุด

3.2 การวัดสภาพปัจจุบันกำหนดตัวชี้วัดและเป้าหมาย (Measure Phase)

3.2.1 การวัดสภาพปัจจุบันของปัญหา

ก) การวัด Non-measuring Time ของการตรวจสอบงานในระหว่างกระบวนการผลิตเป็นรายกะ/รายวัน (Patrol Line)

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติงานปัจจุบันของพนักงานทั้ง 2 คน ผู้ดำเนินงานได้ทำการวัดสภาพปัจจุบันด้วยการจับเวลาการตรวจสอบงานในระหว่างกระบวนการผลิต (Patrol Line) ของชิ้นส่วนประกอบ Shaft ที่เครื่อง Rondcom43-C 007 รับผิดชอบ จำนวน 10 โมเดล จากเครื่องจักรจำนวน 104 เครื่อง แบ่งเวลาเป็น Measuring Time และ Non-measuring Time โดยตัวอย่างรูปแบบการจับเวลาจะใช้โมเดล Skybolt 3/4D (SKB3) เป็นโมเดลต้นแบบในการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 3.5

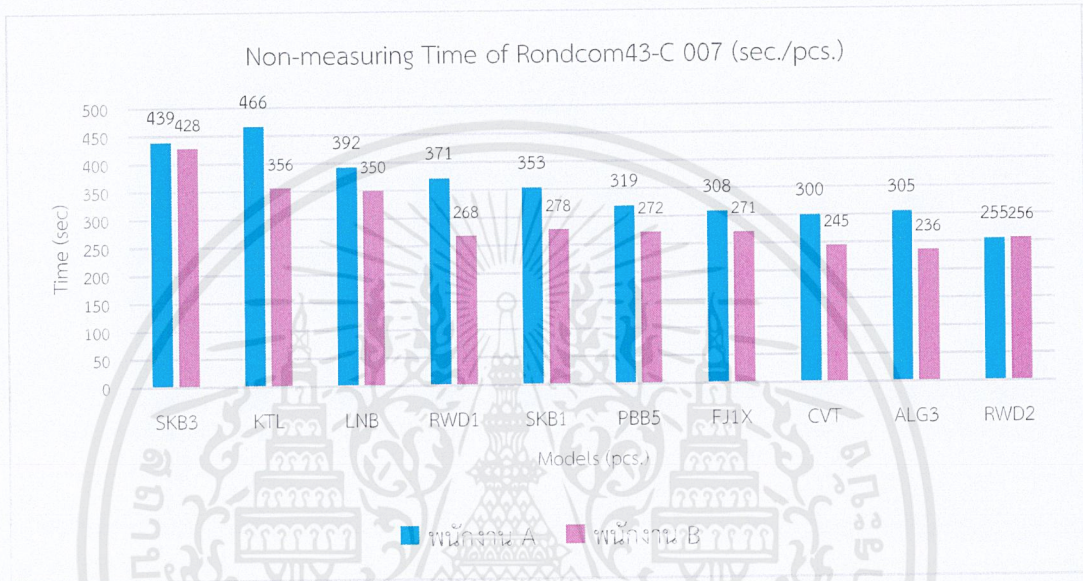
ตารางที่ 3.5 เวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน (Working Time) ของโมเดล Skybolt 3/4D (SKB3) (sec./pcs.)

ลำดับ	ขั้นตอน	พนักงาน A		พนักงาน B	
		Non-measuring Time (sec.)	Measuring Time (sec.)	Non-measuring Time (sec.)	Measuring Time (sec.)
1	Screw Part and Put to Chuck	10		17	
2	Make Centering	24		33	
3	Make Tilting	95		109	
4	Set Condition (0,R)	32		10	
5	Measure Roundness OD 2 (3 point)	19	19	11	19
6	Measure Runout	9	7	4	8
7	Measure Roundness OD 3	9	4	8	6
8	Measure Roundness OD 1	3	7	5	5
9	Change Position	27		12	
10	Make Centering	18		28	
11	Make Tilting	72		45	
12	Make Datum	6	11	10	11
13	Measure Perpendicular	18	6	11	6
14	Change Stylus and Measure Concentric ID	25	7	4	7
15	Analyze and Record Data	66		112	
16	Take out Part to Tray	6		9	
Total		439	61	428	62
Total Working Time		500		490	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.5 พนักงาน A ใช้เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 500 วินาที แบ่งเป็น Non-measuring Time 439 วินาที Measuring Time 61 วินาที พนักงาน B ใช้เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 490 วินาที แบ่งเป็น Non-measuring Time 428 วินาที Measuring Time 62 วินาที

ทั้งนี้ผู้ดำเนินงานได้เก็บข้อมูลของโมเดลทุกชนิดที่เครื่อง Rondcom43-c 007 รับผิดชอบ โดยใช้รูปแบบการจับเวลาเช่นเดียวกับโมเดล Skybolt 3/4D ได้ Non-measuring Time ของพนักงานทั้ง 2 คน ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 Non-measuring Time ในการตรวจสอบแต่ละโมเดลของเครื่อง Rondcom43-C 007

ข) การวัดเวลารอคอยของฝ่ายผลิต (Downtime)

สำหรับการตรวจสอบชิ้นงานจากการเปลี่ยนใบมีด ผู้ดำเนินงานได้ทำการเก็บข้อมูลเวลารอคอยของฝ่ายผลิต (Downtime) ใน 1 สัปดาห์ จากเครื่อง Rondcom41-C 006 โดยโมเดล Skybolt 3/4D มีเวลารอคอยของฝ่ายผลิตคือ 38.56% คิดเป็นการใช้เวลาในการตรวจสอบ 590 วินาที/ครั้ง

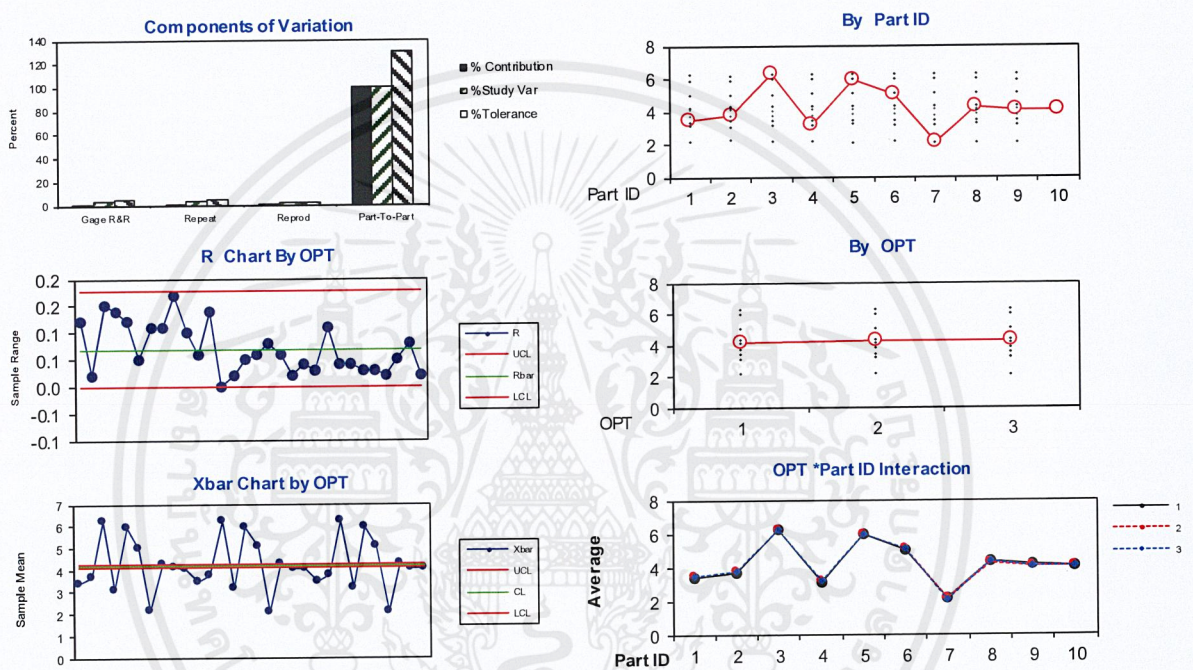
ค) การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R)

สำหรับการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องมือวัด Rondcom43-C 007 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ใช้พนักงานจำนวน 3 คนและคัดเลือกชิ้นงานแบบสุ่มจำนวน 10 ตัวอย่าง

- 2) ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดให้มั่นใจว่าเครื่องมือวัดมีความถูกต้อง โดยอ้างอิงจากการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด
- 3) พนักงานทุกคน แต่ละคนทำการวัดค่าของชิ้นงานจนครบทุกชิ้น และวัดซ้ำอีก 2 ครั้ง ด้วยวิธีการเดียวกัน จากนั้นทำการบันทึกผล
- 4) ป้อนค่าที่บันทึกได้ลงในโปรแกรมประมวลผลทางสถิติ ในที่นี้ใช้โปรแกรม Minitab เพื่อหาค่า GR&R

โดยผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดจากการประมวลผลของโปรแกรม Minitab ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การประเมินความผันแปรของเครื่องมือวัด Rondcom 43-C 007

จากค่าที่วัดได้ มีค่าระบบการวัด (Total GR&R) คือ 3.81% มีค่าอยู่ในช่วง 0-10% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจากกราฟที่แสดงในรูป 3.6 สามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1) จากแผนภูมิควบคุม R พบว่าพนักงานทั้ง 3 มีค่าวัดที่สม่ำเสมอดี แต่พนักงาน A อาจให้ความผันแปรที่สูงกว่า B และ C
- 2) จากแผนควบคุม Xbar พบว่าค่าโดยส่วนมากอยู่นอกเหนือเส้นควบคุม ซึ่งเกิดจากความผันแปรที่เกิดจากความแตกต่างกันของชิ้นงาน
- 3) จากกราฟ Part ID แสดงความแตกต่างมากสำหรับชิ้นงานแต่ละตัวที่ทำการวัด ซึ่งมีค่าเพียงพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์ระบบการวัด
- 4) จากกราฟ By Operator เส้นกราฟขนานแกน X แสดงถึงพนักงานแต่ละคนมีการวัดค่าชิ้นงานออกมาแตกต่างกันน้อยมาก

- 5) จากกราฟ Operator By Part เส้นกราฟที่ซ้อนทับกัน แสดงถึงพนักงานที่ทำการวัดกับชิ้นงานที่วัด ไม่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน

สรุปได้ว่าระบบการวัดมีความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ นั่นคือสามารถยอมรับในความสามารถของระบบการวัดนี้ว่ามีความแม่นยำเพียงพอที่จะใช้สำหรับดำเนินการในขั้นต่อไป

3.2.2 ข้อความแห่งปัญหา ตัวชี้วัด และเป้าหมาย

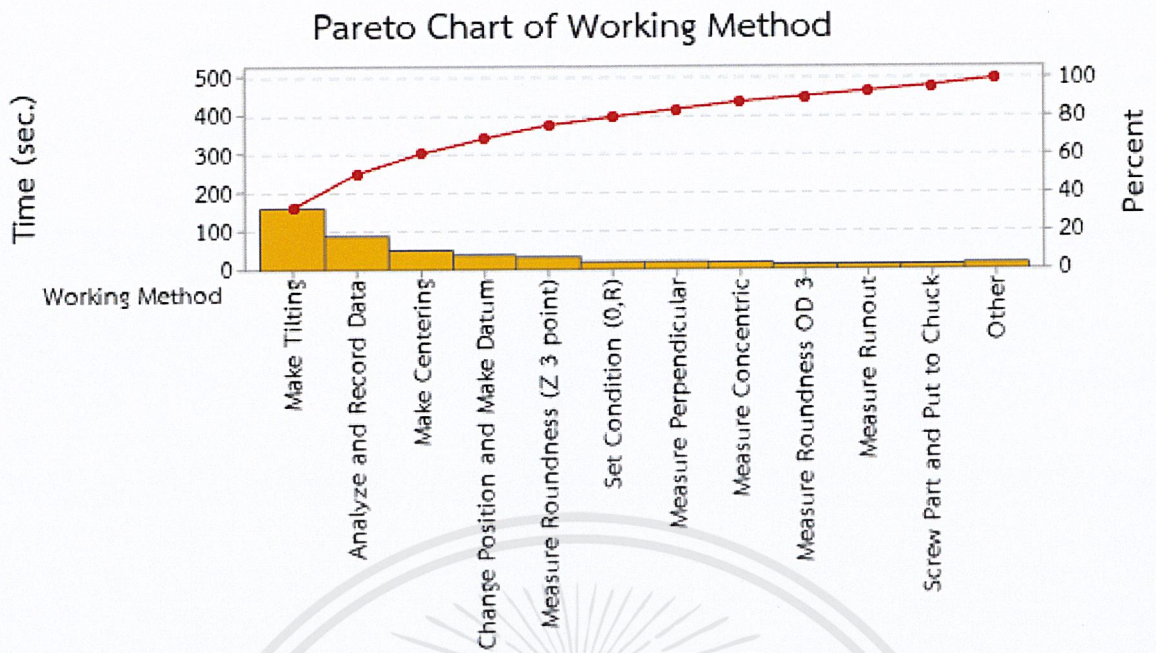
จากการศึกษาปัญหา สามารถสรุปเป็นข้อความแห่งปัญหา คือ “เวลาสูญเปล่าในการทำงาน (Non-measuring Time) ที่มากเกินไป” และกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพการปรับปรุงงานหลัก (Key Performance Indicator: KPI) และตัวชี้วัดประสิทธิภาพรอง (Performance Indicator: PI) ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตัวชี้วัดและเป้าหมายของตัวชี้วัดของปัญหา

ดัชนีชี้วัด		ค่าปัจจุบัน	ค่าเป้าหมาย	หน่วย
KPI: Non-measuring Time ของ โมเดล Skybolt 3/4D	พนักงาน A	439	307	วินาที/ตัว
	พนักงาน B	428	300	วินาที/ตัว
PI1:เปอร์เซ็นต์ Downtime ของโมเดล Skybolt 3/4D		38.56	33.56	%
PI2: ค่าระบบการวัด (Tatal GR&R)		3.81	0-30	%

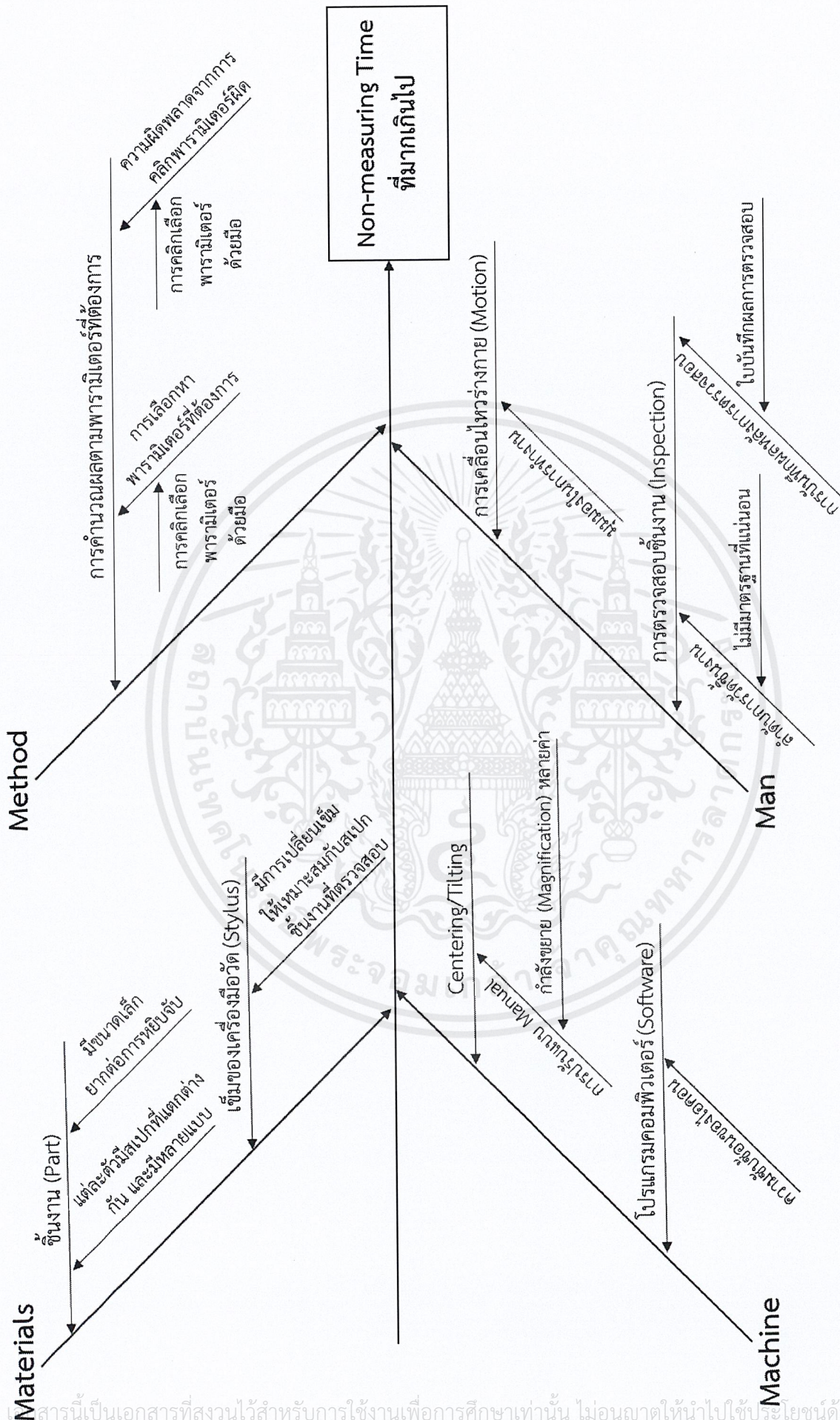
3.3 การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

จากการศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน ผู้ดำเนินงานได้นำเวลาจากขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงาน (Working Time) ของพนักงาน A มาวิเคราะห์สาเหตุที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุดที่ทำให้เกิด Non-measuring Time ที่มาก โดยการสร้างแผนภูมิพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนภูมิพาร์โตวิเคราะห์สาเหตุของ Non-measuring Time

จากแผนภูมิพาร์โตรูปที่ 3.7 แสดงสาเหตุและเวลาที่สูญเสียจนเกิดเป็น Non-measuring Time จากขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสูญเสียเวลาไปกับการ Make Tilting, Analyze and Record Data, Make Centering และ Change Position มากที่สุด ตามลำดับ ในการวิเคราะห์ ผู้ดำเนินงานได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยการระดมความคิดร่วมกับผู้ปฏิบัติงานและพนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา ปัจจัย และสาเหตุที่เป็นไปได้ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิด Non-measuring Time ที่มากเกินไป ซึ่งยึดปัจจัยตามหลัก 4M ประกอบด้วย วัสดุ (Materials) วิธีการ (Method) เครื่องจักร (Machine) และคน (Man) เพื่อให้ทราบสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่เป็นไปได้ทั้งหมด เพื่อนำไปสู่แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข แผนผังแสดงเหตุและผล ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังแสดงเหตุและผลในรูปที่ 3.8 ผู้ดำเนินงานได้ระดมความคิดในการวิเคราะห์สาเหตุของแต่ละปัจจัย เพื่อนำมาพิจารณาแนวทางในการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละปัจจัยเพื่อนำมาพิจารณาเป็นแนวทางในการปรับปรุง

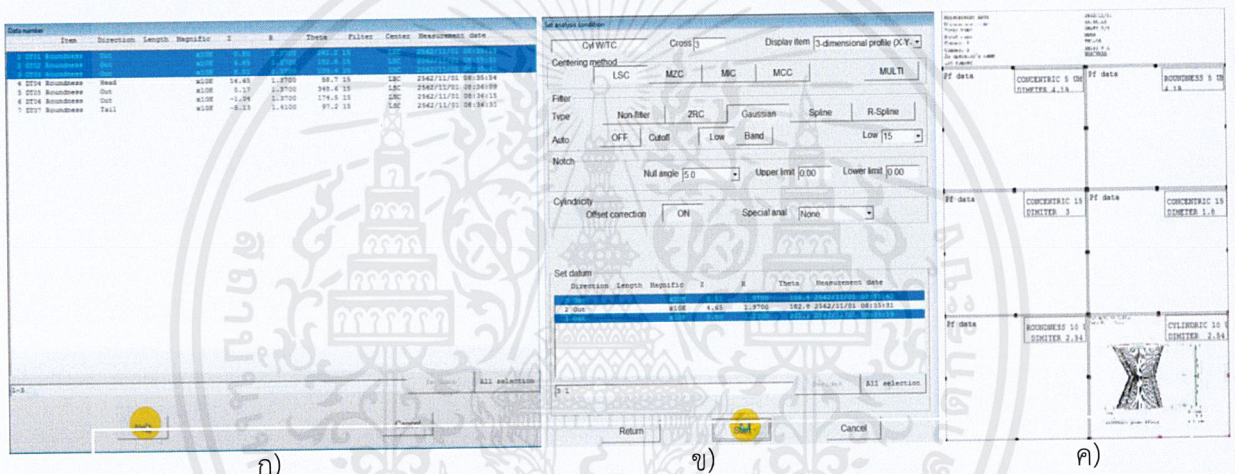
ปัจจัย	สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
Materials	ชิ้นงานมีขนาดเล็ก ยากต่อการหยิบจับ	ขนาดและสเปคของชิ้นงาน ไม่สามารถทำการปรับปรุงได้ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่เกิดจากความต้องการของลูกค้า
	ชิ้นงานที่ตรวจสอบมีหลายแบบ และมีสเปคที่แตกต่างกัน	
	การสูญเสียเวลาจากการเปลี่ยนเข็มของเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับงานที่วัด	ไม่สามารถปรับปรุงได้ เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของเครื่องมือวัดในการต้องใช้เข็มที่เหมาะสมกับชิ้นงาน
Method	การสูญเสียเวลาจากการเลือกหาพารามิเตอร์ที่ต้องการโดยการคลิกที่ละพารามิเตอร์ด้วยมือ	หาวิธีการป้องกันการคลิกพารามิเตอร์ที่ผิดพลาดโดยการศึกษาฟังก์ชันจากโปรแกรมของเครื่องมือวัด และเลือกวิธีการคำนวณผลพารามิเตอร์ที่ต้องการที่เหมาะสมที่สุด
	การสูญเสียเวลาจากความผิดพลาดในการคลิกเลือกพารามิเตอร์ที่ไม่ต้องการด้วยการคลิกมือ	
Machine	ในการ Centering และ Tilting มีการปรับแบบ Manual โดยมีกำลังขยายที่ใช้หลายค่า	พิจารณาลำดับการใช้กำลังขยายในการวัดที่เหมาะสมกับการวัดชิ้นงานด้วยเวลาที่เหมาะสม
	จำนวนไอคอนที่มาก และความซับซ้อนของโปรแกรมที่ใช้ในการวัด	เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการวัดเป็นโปรแกรมของเครื่องมือวัด จึงไม่สามารถทำการปรับปรุงได้
Man	ลำดับในการตรวจสอบชิ้นงานของพนักงานแต่ละคนไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน ทำให้แต่ละคนมีการสูญเสียเวลา (ช้า-เร็ว) ที่ไม่ใกล้เคียงกัน	พิจารณาลำดับการตรวจสอบชิ้นงานของพนักงานแต่ละคน เลือกวิธีการที่เหมาะสมและจัดเป็นมาตรฐาน
	การสูญเสียเวลาของพนักงานจากการบันทึกผลหลังการตรวจสอบลงบนใบบันทึกผลการตรวจสอบ	พิจารณาเกี่ยวกับความจำเป็นของแต่ละสเปคในใบบันทึกผล
	พนักงานแต่ละคนสูญเสียเวลาจากการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อตรวจสอบชิ้นงาน	ปรับปรุงความเหมาะสมของมุมมองในการทำงานของพนักงาน

3.4 การแก้ไขปรับปรุง (Improve Phase)

ในขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุง ผู้ดำเนินงานจะทำการระดมความคิดกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อ ออกแบบและทำการทดลองหาวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาจากการวิเคราะห์ตาราง 3.6 โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาในระยะเวลาและข้อจำกัดหลายประการ ผู้ดำเนินงานได้ ออกแบบวิธีการปรับปรุง โดยนำเสนอเป็น 4 หัวข้อหลัก ดังนี้

3.4.1 การคำนวณข้อมูลจากการวัด (Data Analysis)

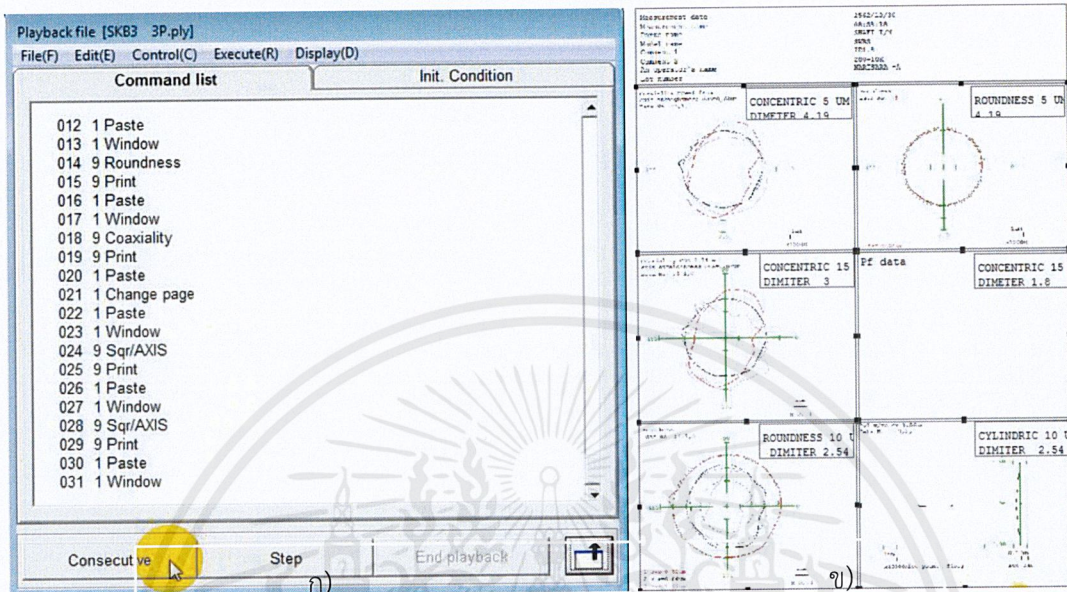
หลังจากที่พนักงานทำการวัดชิ้นงาน ข้อมูลที่ได้จากการวัดจะถูกนำไปคำนวณด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของเครื่องมือวัด ได้เป็นค่าสเปคของแต่ละพารามิเตอร์ โดยส่วนมากใน ขั้นตอนนี้พนักงานจะเลือกใช้วิธีการคลิกข้อมูลที่ใช้คำนวณพารามิเตอร์ด้วยมือ (Manual Click) ที่ ละสเปคจนครบทุกสเปค ตัวอย่างวิธีการคำนวณแบบ Manual Click ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ส่วนหนึ่งของขั้นตอนการคำนวณข้อมูลด้วยวิธีการคลิกด้วยมือ (Manual Click)

ตัวอย่างการคำนวณข้อมูลของพารามิเตอร์ 1 สเปค เริ่มจากการคลิกเลือกข้อมูลที่ได้จากการวัด (รูป ก) จากนั้นคลิกเลือกจุดอ้างอิงของการวัด (รูป ข) โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณพารามิเตอร์ที่ต้องการ โดยพารามิเตอร์จะแสดงผลเมื่อคลิกวางค่าจากการคำนวณในช่อง เลขเอาท์ที่ต้องการ (รูป ค) ซึ่งโมเดล Skybolt 3/4D มีพารามิเตอร์ที่ต้องทำการคำนวณทั้งหมด 10 สเปค พนักงานมีการสูญเสียเวลาไปกับการหาข้อมูลที่ต้องการคำนวณ เลือกจุดอ้างอิง และในบางครั้งมีการคลิกเลือกข้อมูลผิดไปจากที่ต้องการ ทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการคลิกเลือกข้อมูลมาทำการคำนวณใหม่

จากการศึกษาโปรแกรมของเครื่องมือ อีกหนึ่งวิธีที่สามารถใช้ในขั้นตอนการคำนวณพารามิเตอร์ คือการใช้โปรแกรม Auto Playback ซึ่งเป็นฟังก์ชันการบันทึกการทำงานของเครื่องมือวัด Rondcom ในกรณีที่มีการวิเคราะห์ชิ้นงานประเภทเดียวกัน หรือใช้ข้อมูลจากการวัดตำแหน่งเดียวกับโปรแกรมที่บันทึกไว้



รูปที่ 3.10 ส่วนหนึ่งของขั้นตอนการคำนวณข้อมูลด้วยวิธีการใช้โปรแกรม Auto Playback

รูปที่ 3.10 แสดงส่วนหนึ่งของการใช้โปรแกรม Auto Playback โดยเริ่มจากการเลือกโปรแกรมไฟล์ที่ถูกเขียนไว้ใช้กับโมเดลที่ทำการวัด จากนั้นคลิก Consecutive (รูป ก) โปรแกรมจะประมวลผลเป็นพารามิเตอร์และวางลงบนช่องเลย์เอาต์ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้จากการเขียนโปรแกรมจนครบทุกพารามิเตอร์โดยอัตโนมัติ (รูป ข) วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ พนักงานต้องใช้ตำแหน่งในการวัดตรงกันกับโปรแกรมที่ถูกเขียนไว้ ซึ่งบางโมเดลมีตำแหน่งการวัดที่แตกต่างกันของพนักงานแต่ละคน และไม่ตรงกับโปรแกรมที่ถูกเขียนไว้ ทำให้วิธีนี้ถูกนำมาใช้อย่างไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับความเข้าใจในโปรแกรมที่ถูกเขียนไว้ของพนักงานแต่ละคน

ผู้ดำเนินงานได้ทำการเขียนโปรแกรม Auto Playback ของโมเดล Skybolt 3/4D ตามตำแหน่งการวัดที่เหมาะสมของพนักงาน A และทำการเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณข้อมูลด้วยการคลิกด้วยมือ (Manual Click) ด้วยเครื่องมือทางสถิติ โดยการใช้สหสัมพันธ์ (Correlation) และการตั้งสมมติฐานทางสถิติ โดยใช้ T-Test ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (μ) ใช้ F-Test ในการทดสอบความแตกต่างของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เพื่อดูว่าวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันทั้งสองแบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ส่งผลกับค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้และยอมรับได้ในเชิงสถิติ โดยสังเกตจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และ P-Value จากการทดสอบตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่ามากกว่า 0.70 (ตามเกณฑ์ของโรงงาน)
- การตั้งสมมติฐาน T-Test :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล 30ของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$H_0 =$ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันเชิงสถิติ ($\mu_{\text{Difference}}=0$)

$H_1 =$ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันเชิงสถิติ ($\mu_{\text{Difference}}\neq 0$)

ตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ P-Value > 0.05

- การตั้งสมมติฐาน F-Test :

$H_0 =$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มีความแตกต่างกันเชิงสถิติ ($\sigma_{\text{Difference}}=0$)

$H_1 =$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีความแตกต่างกันเชิงสถิติ ($\sigma_{\text{Difference}}\neq 0$)

ตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ P-Value > 0.05

โดยข้อมูลของการทดสอบทางสถิติคือค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดและคำนวณข้อมูลด้วยวิธี Manual Click เปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรม Auto Playback ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณข้อมูลแบบ Manual Click กับ Auto Playback ด้วยขนาดตัวอย่าง $n=10$

ลำดับ	พารามิเตอร์	R ²	P-Value (T-Test)	P-Value (F-Test)
1	Roundness OD2 (Top Point)	0.82	0.214	0.952
2	Roundness OD2 (Center Point)	0.85	0.052	0.379
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	0.79	0.079	0.729
4	Cylindrical OD2	0.86	0.115	0.646
5	Runout Face Bottom	0.73	0.137	0.811
6	Roundness OD3	0.79	0.118	0.949
7	Concentric OD3	0.80	0.077	0.754
8	Concentric OD1	0.77	0.235	0.743
9	Perpendicular Face Top	0.80	0.062	0.457
สรุปผลการตัดสินใจ		ยอมรับ	ยอมรับ H_0	ยอมรับ H_0

การเปรียบเทียบข้อมูลทั้งสองวิธีด้วยขนาดตัวอย่าง $n=10$ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นที่ยอมรับ P-Value จากการทดสอบผลได้ว่ายอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) สรุปได้ว่าวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันทั้งสองแบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ส่งผลกับค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้ แสดงถึงการใช้วิธีการแก้ไขปัญหา สามารถเลือกใช้ได้ทั้งสองวิธี ทั้งนี้ P-Value ของ T-Test ที่ พารามิเตอร์ Roundness OD2 (Center Point), Roundness OD2 (Bottom Point), Concentric OD3 และ Perpendicular Face Top มีค่าอยู่ในเกณฑ์ตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก แต่มีแนวโน้มที่อาจทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาด ผู้ดำเนินงานจึงเปรียบเทียบการคำนวณข้อมูลทั้งสองแบบ ด้วยขนาดตัวอย่าง $n=5$ มีผลแสดงดังตารางที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณข้อมูลแบบ Manual Click กับ Auto Playback ด้วยขนาดตัวอย่าง n=5

ลำดับ	พารามิเตอร์	R ²	P-Value (T-Test)	P-Value (F-Test)
1	Roundness OD2 (Top Point)	0.92	0.651	0.637
2	Roundness OD2 (Center Point)	0.81	0.642	0.926
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	0.81	0.675	0.753
4	Cylindrical OD2	0.92	0.620	0.764
5	Runout Face Bottom	0.85	0.879	0.675
6	Roundness OD3	0.83	0.794	0.680
7	Concentric OD3	0.93	0.326	0.631
8	Concentric OD1	0.97	0.630	0.122
9	Perpendicular Face Top	0.81	0.292	0.377
สรุปผลการตัดสินใจ		ยอมรับ	ยอมรับ H ₀	ยอมรับ H ₀

จากการเปรียบเทียบขนาดตัวอย่าง ระหว่าง n=5 และ n=10 พบว่าการใช้ n=5 ให้ค่า P-Value ของ T-Test ที่ดีกว่าเดิม แสดงว่าค่า P-Value ของ T-Test ขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น การใช้ขนาดตัวอย่าง n=10 อาจไม่เพียงพอต่อการตั้งสมมติฐานทางสถิติ เนื่องจากมีโอกาสที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดประเภท Type II Error ดังนั้น ผู้ดำเนินงานจึงใช้ขนาดตัวอย่าง n=10 เพื่อหาค่า Power of the Test ของข้อมูล มีผลดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 Power of the Test ของขนาดตัวอย่าง n=10

ลำดับ	พารามิเตอร์	Power of the Test
1	Roundness OD2 (Top Point)	0.07
2	Roundness OD2 (Center Point)	0.10
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	0.10
4	Cylindrical OD2	0.08
5	Runout Face Bottom	0.47
6	Roundness OD3	0.09
7	Concentric OD3	0.10
8	Concentric OD1	0.07
9	Perpendicular Face Top	0.12

จากตารางที่ 3.10 พบว่าค่า Power of the Test จากการใช้ขนาดตัวอย่าง n=10 มีค่าน้อยมาก ซึ่งหมายถึงมีความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาดประเภท Type II Error กล่าวคือ มีโอกาสเกิดการตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ที่เป็นเท็จที่มาก อาจส่งผลต่อการยอมรับสเปคที่เกินจากที่กำหนดของฝ่ายควบคุมคุณภาพ ซึ่งโดยทั่วไป ค่า Power of the Test ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 0.8-0.95 ดังนั้น ผู้ดำเนินงานจึงคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการตั้งสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยกำหนดค่า Power of the Test เป็น 0.8 และ 0.95 คำนวณจากสูตร

$$n = \frac{\sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2} \times (Z_\alpha - Z_\beta)^2$$

โดย $\alpha = 0.05$, $Z_{0.025} = 1.96$

$\beta_1 = 0.2$ (จากการกำหนด Power of the Test = 0.8), $Z_{0.2} = 0.84$

$\beta_2 = 0.05$ (จากการกำหนด Power of the Test = 0.95), $Z_{0.05} = 1.64$

ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละสเปค คำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 การคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละสเปค

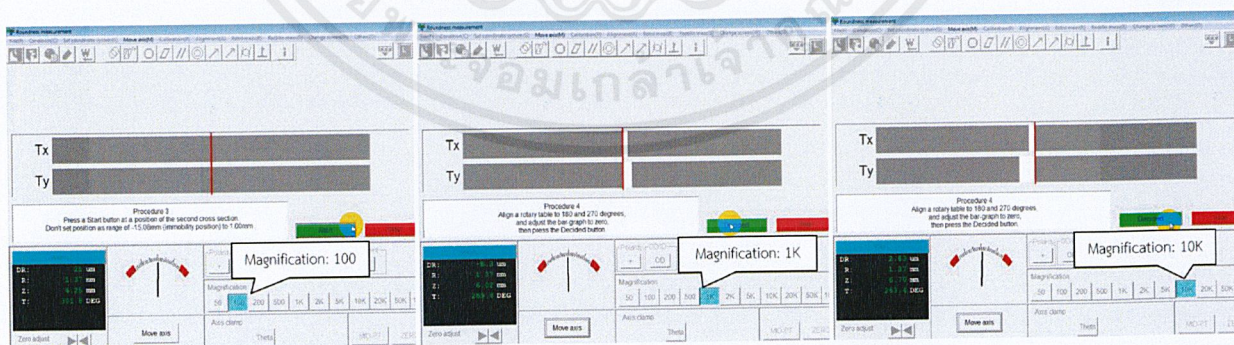
ลำดับ	พารามิเตอร์	σ	$\mu_1 - \mu_2$	$n(\beta_{0.2})$	$n(\beta_{0.05})$
1	Roundness OD2 (Top Point)	0.1467	0.062	44	73
2	Roundness OD2 (Center Point)	0.1667	0.118	16	26
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	0.2205	0.138	20	33
4	Cylindrical OD2	0.6930	0.382	26	43
5	Runout Face Bottom	0.4290	0.221	30	49
6	Roundness OD3	0.1334	0.073	26	43
7	Concentric OD3	0.3045	0.192	20	33
8	Concentric OD1	1.0340	0.416	48	80
9	Perpendicular Face Top	0.6620	0.446	17	29

ทั้งนี้ ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละสเปคในตารางที่ 3.11 เป็นข้อเสนอแนะจากผู้ดำเนินงาน เพื่อความเที่ยงตรงของผลลัพธ์จากการทดลองในโอกาสต่อไป

สำหรับการเปรียบเทียบการคำนวณข้อมูลทั้งสองวิธีด้วยการทดลองจับเวลาพนักงาน A พบว่าการใช้โปรแกรม Auto Playback มี Non-measuring Time ในการคำนวณผลข้อมูลน้อยกว่าการคำนวณด้วยการคลิกด้วยมือ 4.33% จึงเลือกใช้วิธีการคำนวณผลข้อมูลด้วยการใช้โปรแกรม Auto Playback ในการปรับปรุง

3.4.2 การเลือกใช้กำลังขยายในการตั้งค่าชิ้นงาน (Using Magnification)

จากการที่พนักงานมีการสูญเสียเวลามากที่สุดในขั้นตอนการปรับตั้งค่าชิ้นงานให้อยู่ระนาบเดียวกับเครื่องมือวัดทั้งแนวตั้งและแนวนอน (Make Tilting) ด้วยการปรับกำลังขยายจาก 100 1K 10K ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการ Make Tilting ด้วยกำลังขยาย 100 1K 10K ตามลำดับ

ผู้ดำเนินงานได้ทดลองให้พนักงาน A ทำขั้นตอน Make Tilting ด้วยการใช้กำลังขยาย 4 แบบ เพื่อเลือกใช้กำลังขยายที่มีลำดับน้อย และเหมาะสมที่สุดในการปรับปรุง มีผลแสดงดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 การทดลองใช้ลำดับกำลังขยายในขั้นตอนการ Make Tilting

ลำดับ	ลำดับการใช้กำลังขยาย	ผลการทดลอง
1	100 1K 10K	ใช้ในการวัดปัจจุบัน
2	100 10K	Make Tilting ไม่สำเร็จ
3	200 10k	Make Tilting สำเร็จ สามารถใช้วัดชิ้นงานได้
4	500 10K	Make Tilting ไม่สำเร็จ

จากการทดลอง ได้กำลังขยายที่เหมาะสมคือ 200 10K ตามลำดับ ได้ทดลองให้พนักงาน A วัดชิ้นงานและนำค่าพารามิเตอร์มาเปรียบเทียบเป็นข้อมูลทางสถิติ เพื่อยืนยันว่าการ Tilting ด้วย กำลังขยาย 200 10K ทำให้ได้ผลลัพธ์คือพารามิเตอร์จากการวัดที่ไม่แตกต่างกับการใช้กำลังขยายแบบเดิมคือ 100 1K 10K โดยสังเกตจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และ P-Value จากการทดสอบตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่ามากกว่า 0.70 (ตามเกณฑ์ของโรงงาน)

- การตั้งสมมติฐาน T-Test :

H_0 = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันเชิงสถิติ ($\mu_{\text{Difference}}=0$)

H_1 = ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันเชิงสถิติ ($\mu_{\text{Difference}}\neq 0$)

ตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ P-Value > 0.05

- การตั้งสมมติฐาน F-Test :

H_0 = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มีความแตกต่างกันเชิงสถิติ ($\sigma_{\text{Difference}}=0$)

H_1 = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีความแตกต่างกันเชิงสถิติ ($\sigma_{\text{Difference}}\neq 0$)

ตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ P-Value > 0.05

ตารางที่ 3.13 ผลการเปรียบเทียบการใช้กำลังขยายตามลำดับ 100 1K 10K และ 200 10K ด้วยขนาดตัวอย่าง n=10

ลำดับ	พารามิเตอร์	R ²	P-Value (T-Test)	P-Value (F-Test)
1	Roundness OD2 (Top Point)	0.70	0.164	0.945
2	Roundness OD2 (Center Point)	0.77	0.542	0.579
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	0.70	0.122	0.789
4	Cylindrical OD2	0.95	0.051	0.959
5	Runout Face Bottom	0.76	0.203	0.055
6	Roundness OD3	0.95	0.054	0.955
7	Concentric OD3	0.74	0.069	0.476
8	Concentric OD1	0.84	0.087	0.611
9	Perpendicular Face Top	0.80	0.142	0.826
10	Concentric ID	0.76	0.335	0.924
สรุปผลการตัดสินใจ		ยอมรับ	ยอมรับ H ₀	ยอมรับ H ₀

จากตารางที่ 3.13 การเปรียบเทียบการใช้กำลังขยายทั้งสองแบบ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นที่ยอมรับ P-Value จากการทดสอบผลได้ว่ายอมรับสมมติฐานหลัก (H₀) สรุปได้ว่าการใช้กำลังขยายทั้งสองแบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ส่งผลกับค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้ แสดงถึงการใช้วิธีการแก้ไขปัญหา สามารถเลือกใช้วิธีการใช้กำลังขยาย 200 10K ได้ ทั้งนี้ P-Value ของ T-Test ที่พารามิเตอร์ Cylindrical OD2, Roundness OD3, Concentric OD3 และ Concentric OD1 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก แต่มีแนวโน้มที่อาจทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาด ผู้ดำเนินงานจึงเปรียบเทียบการคำนวณข้อมูลทั้งสองแบบ ด้วยขนาดตัวอย่าง n=5 มีผลแสดงดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 ผลการเปรียบเทียบการใช้กำลังขยายตามลำดับ 100 1K 10K และ 200 10K ด้วยขนาดตัวอย่าง n=5

ลำดับ	พารามิเตอร์	R ²	P-Value (T-Test)	P-Value (F-Test)
1	Roundness OD2 (Top Point)	0.72	0.166	0.536
2	Roundness OD2 (Center Point)	0.87	0.280	0.880
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	0.90	0.751	0.842
4	Cylindrical OD2	0.88	0.163	0.741
5	Runout Face Bottom	0.79	0.187	0.493
6	Roundness OD3	0.92	0.120	0.946
7	Concentric OD3	0.83	0.310	0.916
8	Concentric OD1	0.92	0.844	0.656
9	Perpendicular Face Top	0.93	0.496	0.777
10	Concentric ID	0.98	0.315	0.562
สรุปผลการตัดสินใจ		ยอมรับ	ยอมรับ H ₀	ยอมรับ H ₀

จากการเปรียบเทียบขนาดตัวอย่าง ระหว่าง n=5 และ n=10 พบว่าการใช้ n=5 ให้ค่า P-Value ของ T-Test ที่ดีกว่าเดิม แสดงว่าค่า P-Value ของ T-Test ขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น การใช้ขนาดตัวอย่าง n=10 อาจไม่เพียงพอต่อการตั้งสมมติฐานทางสถิติ เนื่องจากมีโอกาสที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดประเภท Type II Error ดังนั้น ผู้ดำเนินงานจึงใช้ขนาดตัวอย่าง n=10 เพื่อหาค่า Power of the Test ของข้อมูล มีผลดังแสดงในตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 Power of the Test ของขนาดตัวอย่าง n=10

ลำดับ	พารามิเตอร์	Power of the Test
1	Roundness OD2 (Top Point)	0.14
2	Roundness OD2 (Center Point)	0.12
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	0.12
4	Cylindrical OD2	0.08
5	Runout Face Bottom	0.10
6	Roundness OD3	0.12
7	Concentric OD3	0.10
8	Concentric OD1	0.10
9	Perpendicular Face Top	0.08
10	Concentric ID	0.06

จากตารางที่ 3.15 พบว่าค่า Power of the Test จากการใช้ขนาดตัวอย่าง n=10 มีค่าน้อยมาก ซึ่งหมายถึงมีความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาดประเภท Type II Error กล่าวคือ มีโอกาสเกิดการตัดสินใจยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ที่เป็นเท็จที่มาก อาจส่งผลกระทบต่อการยอมรับสเปคที่เกินจากที่กำหนดของฝ่ายควบคุมคุณภาพ ซึ่งโดยทั่วไป ค่า Power of the Test ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 0.8-0.95 ดังนั้น ผู้ดำเนินงานจึงคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการตั้งสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยกำหนดค่า Power of Test เป็น 0.8 และ 0.95 คำนวณจากสูตร

$$n = \frac{\sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2} \times (Z_\alpha - Z_\beta)^2$$

โดย $\alpha = 0.05, Z_{0.025} = 1.96$

$\beta_1 = 0.2$ (จากการกำหนด Power of the Test = 0.8), $Z_{0.2} = 0.84$

$\beta_2 = 0.05$ (จากการกำหนด Power of the Test = 0.95), $Z_{0.05} = 1.64$

ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละสเปค คำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 การคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละสเปค

ลำดับ	พารามิเตอร์	σ	$\mu_1 - \mu_2$	$n (\beta_{0.2})$	$n (\beta_{0.05})$
1	Roundness OD2 (Top Point)	0.2651	0.127	34	56
2	Roundness OD2 (Center Point)	0.1998	0.142	16	26
3	Roundness OD2 (Bottom Point)	0.2553	0.138	27	44
4	Cylindrical OD2	0.4480	0.319	15	26
5	Runout Face Bottom	0.1775	0.066	57	94
6	Roundness OD3	0.0541	0.038	16	26
7	Concentric OD3	0.5410	0.353	18	30
8	Concentric OD1	0.8000	0.486	21	35
9	Perpendicular Face Top	0.6370	0.324	30	50
10	Concentric ID	1.3330	0.429	76	125

ทั้งนี้ ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของแต่ละสเปคในตารางที่ 3.16 เป็นข้อเสนอแนะจากผู้ดำเนินงาน เพื่อความเที่ยงตรงของผลลัพธ์จากการทดลองในอนาคตต่อไป

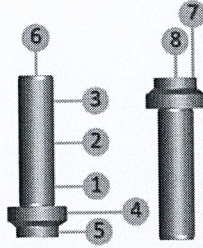
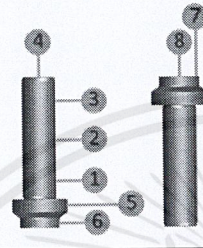
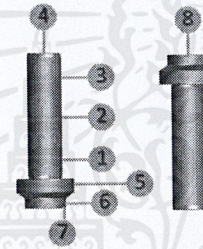
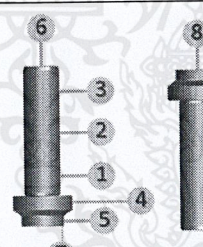
สำหรับการเปรียบเทียบด้วยการจับเวลาพนักงาน A ระหว่างการใช้กำลังขยายแบบเดิมคือ 100 1K 10K กับการใช้กำลังขยาย 200 10K พบว่าการใช้กำลังขยายแบบ 200 10K มี Non-measuring Time ในการ Make Tilting ลดลงจากเดิม 10.02% จึงเลือกใช้กำลังขยาย 200 10K ในการปรับปรุง

3.4.3 ลำดับในการวัดและการบันทึกใบตรวจสอบ (Measurement Sequence and Inspection Record)

1) การเลือกใช้ลำดับในการวัด (Measurement Sequence)

โมเดล Skybolt 3/4D มีพารามิเตอร์ที่ต้องทำการตรวจสอบทั้งหมด 10 สเปค ใช้การวัด 8 ตำแหน่ง โดยผู้ดำเนินงานได้ทำการทดลองกับพนักงาน A ด้วยการหาลำดับในการวัดชิ้นงานที่เร็วและเหมาะสมที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.17 การเปรียบเทียบลำดับในการวัดชิ้นงาน

ลำดับ	รูปแบบ	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1		136
2		136
3		133
4		155

จากการเปรียบเทียบรูปแบบของลำดับการวัดชิ้นงานที่แตกต่างกันในตารางที่ 3.17 พบว่ารูปแบบที่ 3 ใช้เวลาในการวัดน้อยที่สุด คือ 133 วินาที จึงเลือกลำดับการวัดรูปแบบที่ 3 ในการปรับปรุง โดยมีลำดับในการวัดดังแสดงในตารางที่ 3.18

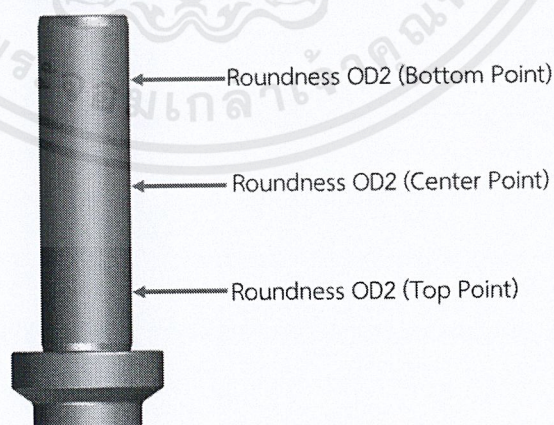
ตารางที่ 3.18 ลำดับในการวัดที่เลือกใช้ปรับปรุง

ลำดับการวัด	พารามิเตอร์
1	Roundness OD2 (Top Point)
2	Roundness OD2 (Center Point)
3	Roundness OD2 (Bottom Point)
4	Runout Face Bottom
5	Roundness OD3
6	Roundness OD1
7	Perpendicular Face Top
เปลี่ยนตำแหน่งชิ้นงาน	
8	Concentric ID

ทั้งนี้ ในการปรับปรุงได้กำหนดการตรวจสอบชิ้นงานด้านหลายตัว จากเดิมการตรวจสอบชิ้นงาน 1 ตัว วัดจนครบทั้ง 8 ตำแหน่ง เปลี่ยนเป็นการตรวจสอบแบบวัดชิ้นงานทีละ 7 ตำแหน่งจนครบทุกตัว จึงเปลี่ยนตำแหน่งชิ้นงานเพื่อวัดอีก 1 ตำแหน่งที่เหลือ

2) การปรับปรุงการบันทึกใบตรวจสอบ (Inspection Record)

ในการตรวจสอบชิ้นงานแต่ละครั้ง พนักงานต้องทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ของแต่ละสเปค เพื่อเก็บเป็นข้อมูลไว้ภายในฝ่ายควบคุมคุณภาพ จากการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทุกตัวของโมเดล Skybolt 3/4D พบว่าที่ตำแหน่ง OD2 ต้องทำการบันทึกค่า Roundness ถึง 3 ตำแหน่ง ผู้ดำเนินงานจึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า Roundness ทั้ง 3 ตำแหน่ง (รูปที่ 3.12) เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาปรับปรุง



รูปที่ 3.12 Roundness OD2 3 ตำแหน่ง

ตารางที่ 3.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง Roundness OD2 3 ตำแหน่ง

ลำดับ	ตัวแปร	R ²	ความสัมพันธ์
1	Bottom Point และ Center Point	0.41	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
2	Bottom Point และ Top Point	0.97	สัมพันธ์กัน
3	Center Point และ Top Point	0.41	ไม่มีความสัมพันธ์กัน

จากตารางที่ 3.19 พบว่าที่ OD2 ตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์กันคือ Bottom Point กับ Top Point ส่วนตำแหน่ง Center Point ไม่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งใด ๆ แสดงถึง Roundness ของตำแหน่ง Center Point ที่น้อยกว่าตำแหน่งอื่น ทั้งนี้อาจเกิดจากกระบวนการขึ้นรูปด้วยการจับยึดชิ้นงานที่ด้าน Top และด้าน Bottom ทำให้ส่วนตรงกลางเกิดการแกว่งเมื่อหมุนด้วยความเร็วรอบสูง ส่งผลให้ชิ้นงานแต่ละตำแหน่งมีความกลมที่ไม่เท่ากัน

ผู้ดำเนินงานทำการพิจารณาด้วยการยกเลิกการบันทึกค่าพารามิเตอร์ Roundness OD2 ตำแหน่ง Center Point ลงบนใบบันทึกการตรวจสอบ แต่ยังคงไว้ให้มีการตรวจสอบเพื่อเป็นการกำหนดจุดอ้างอิง (Datum) โดยจากการทดลองจับเวลาพนักงาน A วิธีการนี้สามารถลด Non-measuring Time ลง 1.59% ในส่วนของความสัมพันธ์ค่าความกลมแต่ละตำแหน่งที่ OD2 เป็นข้อเสนอแนะเพื่อให้ทางฝ่ายผลิตพิจารณาในส่วนของการขึ้นรูปของชิ้นงานต่อไป

3.4.4 การปรับปรุงพื้นที่ในการทำงาน (Working Layout)

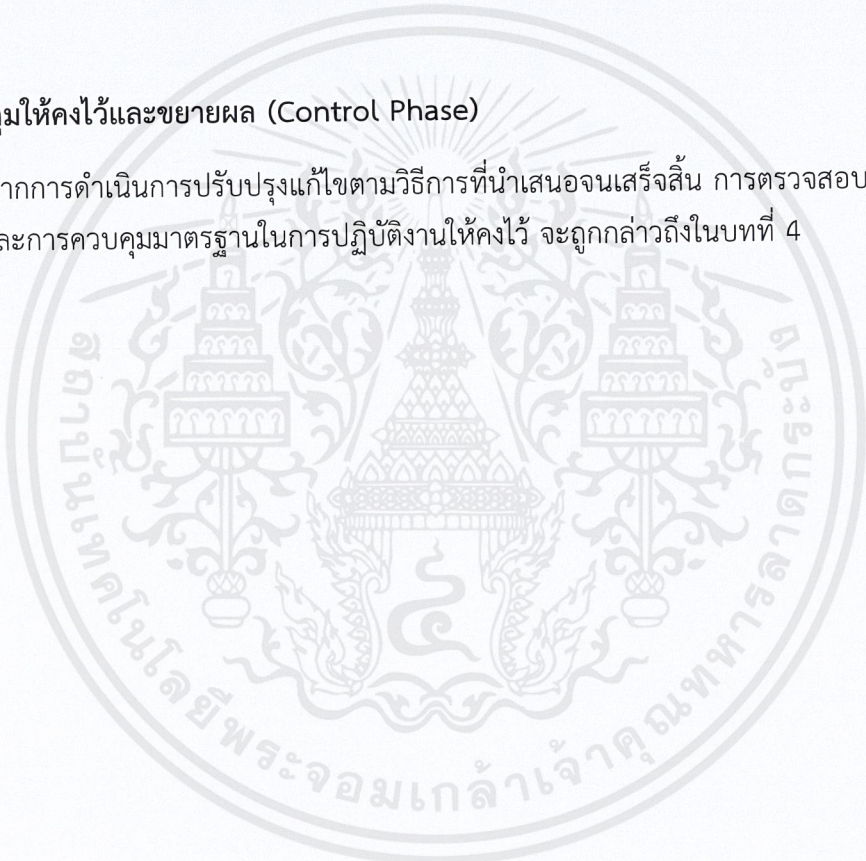
จากการสังเกตการทำงาน พบว่าปัจจุบันพนักงานแต่ละคนมีมุมมองในการทำงานของพนักงานกับเครื่องมือวัดและจอแสดงผลคือ 90° กล่าวคือระยะห่างระหว่างหน้าจอกอมพิวเตอร์กับเครื่องมือวัด Rondcom โดยพนักงานมีการสูญเสียเวลาจากการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อทำการปรับตั้งค่าและตรวจสอบชิ้นงานในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งอาจส่งผลต่อการยศาสตร์ของพนักงานด้วย จึงทำการปรับปรุงด้วยการเปลี่ยนมุมมองในการทำงาน ระหว่างหน้าจอกอมพิวเตอร์กับเครื่องมือวัด Rondcom จาก 90° เหลือ 45° ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 มุมมองในการทำงานแบบ 90° และ 45°

3.5 การควบคุมให้คงไว้และขยายผล (Control Phase)

หลังจากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามวิธีการที่นำเสนอจนเสร็จสิ้น การตรวจสอบเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ และการควบคุมมาตรฐานในการปฏิบัติงานให้คงไว้ จะถูกกล่าวถึงในบทที่ 4



บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

รายละเอียดสำหรับบทนี้ จะกล่าวถึงผลการดำเนินงาน หลังจากการดำเนินการปรับปรุงตามหัวข้อที่ 3.4 ปรับปรุงกับพนักงานของเครื่อง Rondcom43-C 007 จำนวน 2 คน ด้วยวิธีการ 4 ข้อ รายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบด้วยวิธีการทาง Software ในโปรแกรม Auto Playback
- 2) การเปลี่ยนกำลังขยายในขั้นตอนการปรับ Tilting ของเครื่องมือวัด คือ 200 10K ตามลำดับ
- 3) การปรับปรุงลำดับในการตรวจสอบและการบันทึกผลการตรวจสอบในใบตรวจสอบของพนักงาน
- 4) การปรับเปลี่ยนมุมมองในการทำงานระหว่างเครื่องมือวัดกับพนักงาน

4.1 การวัดผล Non-measuring time ของการตรวจสอบงานรายกะ (Patrol Line)

สำหรับการตรวจสอบโมเดลรายกะ (Patrol Line) มีการวัดผลหลังการปรับปรุงโดยการจับเวลาการทำงานของพนักงาน A และพนักงาน B ขั้นตอนหลังปรับปรุงและเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนหลังการปรับปรุง และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบโมเดล Skybolt 3/4D (sec./pcs.)

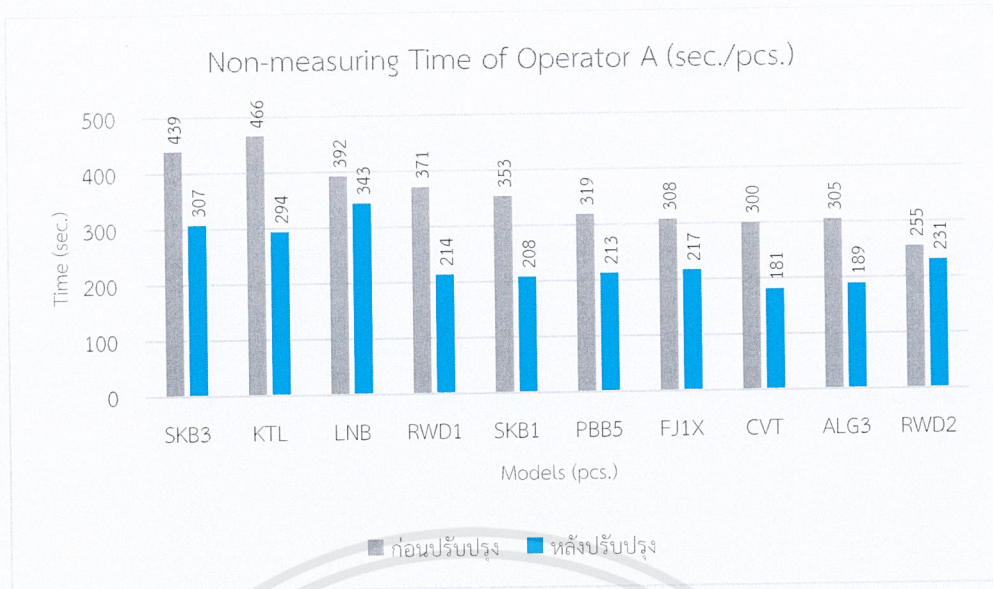
ลำดับ	ขั้นตอน	พนักงาน A		พนักงาน B	
		Non-measuring Time (sec.)	Measuring Time (sec.)	Non-measuring Time (sec.)	Measuring Time (sec.)
1	Screw Part and Put to Chuck	14		17	
2	Make Centering	1		4	
3	Make Tilting	61		34	
4	Set Condition (0,R)	7		9	
5	Measure 7 Position	63	42	71	42
6	Using Program Auto Playback	14		11	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

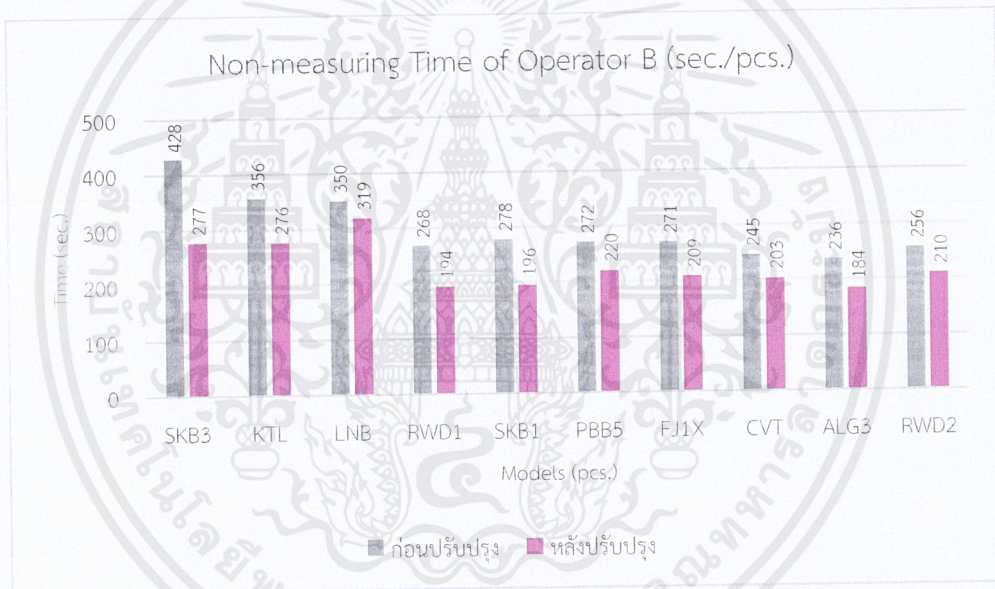
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ขั้นตอนหลังการปรับปรุง และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบโมเดล Skybolt 3/4D (sec./pcs.)

ลำดับ	ขั้นตอน	พนักงาน A		พนักงาน B	
		Non-measuring Time (sec.)	Measuring Time (sec.)	Non-measuring Time (sec.)	Measuring Time (sec.)
7	Record Data	33		28	
8	Change Position of Part	23		16	
9	Make Centering	3		5	
10	Make Tilting	51		51	
11	Make Datum	0	18	0	16
12	Measure Concentric ID	21	7	17	7
13	Record Data	10		6	
14	Take out Part to Tray	5		7	
Total		307	67	277	64
Total Working Time		374		341	

จากตารางที่ 4.1 หลังการปรับปรุง การตรวจสอบโมเดล Skybolt 3/4D ของพนักงาน A ใช้เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 374 วินาที แบ่งเป็น Measuring Time 67 วินาที Non-measuring Time 307 วินาที ลดลงจากเดิม 30.04% พนักงาน B ใช้เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 341วินาที แบ่งเป็น Measuring Time 64 วินาที Non-measuring Time 277 วินาที ลดลงจากเดิม 35.28% ทั้งนี้ ผู้ดำเนินงานได้วัดผลของโมเดลทุกชนิดที่เครื่อง Rondcom43-c 007 รับผิดชอบ Non-measuring Time หลังการปรับปรุงของพนักงานทั้ง 2 คนดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 Non-measuring Time ก่อนและหลังปรับปรุงของพนักงาน A



รูปที่ 4.2 Non-measuring Time ก่อนและหลังปรับปรุงของพนักงาน B

หลังการปรับปรุง พนักงาน A มี Non-measuring Time ลดลงเฉลี่ย 30.74% พนักงาน B มี Non-measuring Time ลดลงเฉลี่ย 22.31%

4.2 การวัดผลเวลารอคอยของฝ่ายผลิต (Downtime)

เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือวัด Rondcom สำหรับเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบงานจากการเปลี่ยนใบมีด (Change Tool) แนวทางการปรับปรุงสามารถนำมาใช้ได้มี 2 ข้อ ดังนี้

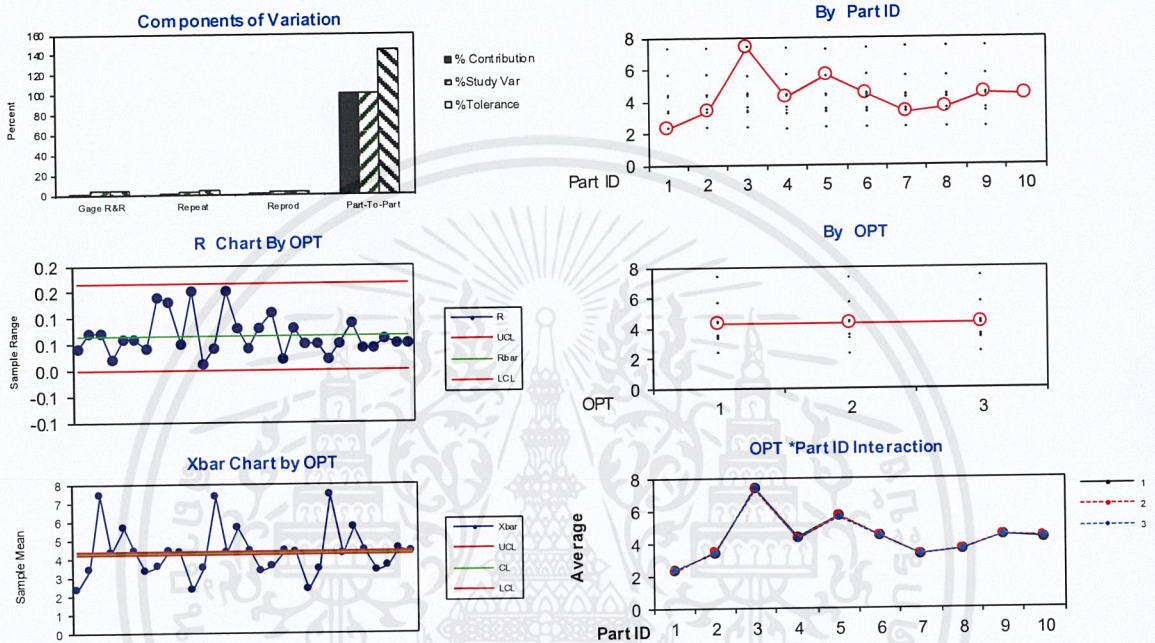
- 1) การใช้กำลังขยาย 200 10K ตามลำดับ ในขั้นตอนการ Tilting
- 2) การปรับปรุงลำดับในการวัดและการบันทึกใบตรวจสอบของพนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล 46 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเวลาจากการรอคอยของฝ่ายผลิต (Downtime) หลังการปรับปรุงคือ 35.85% ลดลงจากเดิม 2.71% คิดเป็นการใช้เวลาในการตรวจสอบ 574 วินาที/ครั้ง

4.3 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R) หลังการปรับปรุง

หลังจากการปรับปรุง ผู้ดำเนินงานได้ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R) เพื่อดูว่าวิธีการที่เปลี่ยนแปลงจากการปรับปรุงไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการวัด การประเมินความผันแปรของเครื่อง Rondcom43-C 007 ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การประเมินความผันแปรของเครื่องมือวัด Rondcom 43-C 007 หลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง เครื่องมือวัดมีค่าระบบการวัด (Total GR&R) คือ 4.64% มีค่าอยู่ในช่วง 0-10% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจากกราฟที่แสดงในรูป 4.3 สามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1) จากแผนภูมิควบคุม R พบว่าพนักงานทั้ง 3 มีค่าวัดที่สม่ำเสมอดี แต่พนักงาน B อาจให้ความผันแปรที่สูงกว่า A และ C
- 2) จากแผนควบคุม Xbar พบว่าค่าโดยส่วนมากอยู่นอกเหนือเส้นควบคุม ซึ่งเกิดจากความผันแปรที่เกิดจากความแตกต่างกันของชิ้นงาน
- 3) จากกราฟ Part ID แสดงความแตกต่างมากสำหรับชิ้นงานแต่ละตัวที่ทำการวัด ซึ่งมีค่าเพียงพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์ระบบการวัด
- 4) จากกราฟ By Operator เส้นกราฟขนานกัน แสดงถึงพนักงานแต่ละคนมีการวัดค่าชิ้นงานออกมาแตกต่างกันน้อยมาก
- 5) จากกราฟ Operator By Part เส้นกราฟที่ซ้อนทับกัน แสดงถึงพนักงานที่ทำการวัดกับชิ้นงานที่วัด ไม่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน




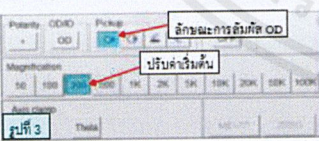
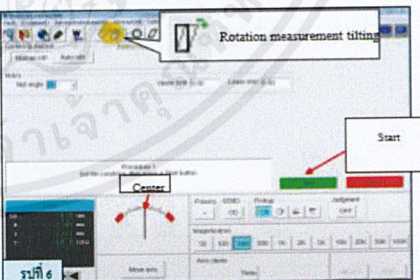
สรุปได้ว่าระบบการวัดมีความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ นั่นคือสามารถยอมรับในความสามารถของระบบการวัดหลังการปรับปรุง ว่ามีความแม่นยำเพียงพอที่จะใช้สำหรับการตรวจสอบชิ้นงานต่อไป

4.4 การควบคุมให้คงไว้และขยายผล (Control Phase)

หลังจากการปรับปรุงวิธีการในการตรวจสอบชิ้นงาน ผู้ดำเนินงานได้ทำการควบคุมกระบวนการโดยการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานและเวลามาตรฐานในการปฏิบัติงานเป็นเอกสารเพื่อให้มีการปฏิบัติอย่างถูกต้อง ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

4.4.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction)

ผู้ดำเนินงานได้กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ของการ Tilting ชิ้นส่วนประกอบ Shaft ด้วยการกำหนดกำลังขยาย 200 10K ตามที่ได้ทำการศึกษาเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจมาตรฐานการปฏิบัติงานอย่างชัดเจนและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ทั้งในส่วนของพนักงานประจำพนักงานใหม่ในการรับผิดชอบตรวจสอบชิ้นงาน รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานของ Tilting

WORK INSTRUCTION		PCMB DIVISION	
SUBJECT : 015 Tilting Shaft STICA OD2 by Rendcom PART NAME / MODEL : All Model		DOCUMENT NUMBER : REASON OF CHANGE :	
SEQUENCE OF OPERATION 015 Tilting คือการทึง 2 ระบบ ปรับเกณฑ์บนหัววัดและบนคอน ใช้ Detector Special IIR: Stylus NO. S477 ขั้นตอนการจับงานและการกำหนด Z ในการ TILTING 1 นำงานใส่ตอก จากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ Chuck ดังรูปที่ 1		4 เอียง Stylus ลงสัมผัสจุด Lg.1 ของ OD2 ดังรูปที่ 4 โดยที่ Scale บนหน้าจอ Roundness measurement อยู่ที่ 1000 Scale ดังรูปที่ 5	
  2 ปรับ Detector Stylus ให้อยู่ในลักษณะเอียงซ้าย โดย Stylus สัมผัสที่กึ่งกลาง OD2 ดังรูปที่ 2 3 ปรับ condition M/C 015Tilting ที่ค่า Magnification 200 ดังรูปที่ 3		 5 ที่หน้า Roundness measurement คลิกที่ Rotation measurement tilting ดังรูปที่ 6 6 กดปุ่มคลิกที่ Start ดังรูปที่ 6	
 รูปที่ 3		 รูปที่ 6	
PREPARED BY I. DUANGPORN	APPROVED BY I. DUANGPORN	AUTHORIZED BY K. DOUNGMANEE	EFF. DATE

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ของการ Tilting

4.4.2 การกำหนดเวลาการทำงานมาตรฐาน (Standard Working Time)

ซึ่งหลังจากการวัดผลจากการจับเวลาการทำงานของพนักงาน ผู้ดำเนินงานได้กำหนดเวลามาตรฐานในการทำงาน (Standard Working Time) ของชิ้นส่วนประกอบ Shaft เพื่อควบคุมเวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานประจำ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เวลามาตรฐานในการทำงาน (Standard Working Time) ของชิ้นส่วนประกอบ Shaft

Type	Model	Non-measuring Time (sec)	Measuring Time (sec)	Working Time (sec)
STT	CVT	273	41	314
	PBB5	217	42	259
	FJ1X	213	41	254
	RWD1	204	45	249
	RWD2	220	44	264
	SKB1	202	43	245
	LNB	331	71	402
STTCA	SKB3	292	54	346
	ALG3	186	42	228
	KTL	285	71	356

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานในการลดเวลาสูญเสียเปล่าของการตรวจสอบชิ้นงานด้วยเครื่องมือวัด Rondcom โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกม่าสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาย่อยได้ 4 ปัจจัยดังนี้

- 1) ปัญหาจากชิ้นงานมาตรฐาน ไม่ได้อยู่ในขอบเขตวิจัย จึงไม่ได้มีการปรับปรุงแก้ไข
- 2) ปัญหาจากวิธีการ
- 3) ปัญหาจากเครื่องมือวัด
- 4) ปัญหาจากพนักงาน

โดยแนวทางการแก้ไขปัญหาที่สามารถทำได้ เพื่อการแก้ไขปัญหาย่อย มีดังนี้

- 1) การใช้วิธีการคำนวณพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม Auto Playback
- 2) การเลือกใช้กำลังขยายของเครื่องมือวัด Rondcom ด้วยขนาด 200 10K ตามลำดับ ในการ Tilting ชิ้นงาน
- 3) การเปลี่ยนลำดับในการวัด และการปรับปรุงใบบันทึกการตรวจสอบ
- 4) การปรับปรุงพื้นที่ในการทำงาน

ตารางที่ 5.1 สรุปผลดัชนีชี้วัดและเป้าหมาย

ดัชนีชี้วัด		ก่อนปรับปรุง	เป้าหมาย	หลังปรับปรุง	หน่วย
KPI: Non-measuring Time ของโมเดล Skybolt 3/4D	พนักงาน A	439	307	307	วินาที/ตัว
	พนักงาน B	428	300	277	วินาที/ตัว
PI1:เปอร์เซ็นต์ Downtime ของโมเดล Skybolt 3/4D		38.56	33.56	35.85	%
PI2: ค่าระบบการวัด (Total GR&R)		3.81	0-30	4.64	%

จากตารางที่ 5.1 หลังการปรับปรุง ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการปรับปรุงงานหลัก (KPI) ของพนักงาน ทั้ง 2 คนมี Non-measuring Time ตามเป้าหมาย ตัวชี้วัดประสิทธิภาพรอง (PI) Downtime สามารถลดลง แต่ยังไม่ถึงค่าเป้าหมาย เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือวัด และค่าระบบการวัด (Total GR&R) หลังทำการปรับปรุง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เครื่องมือวัดมีความแม่นยำเพียงพอสำหรับการตรวจสอบชิ้นงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลที่ได้รับทางตรง

- 1) ลดเวลาสูญเสียเปล่า (Non-measuring Time) ของเครื่องมือวัด Rondcom โดยเฉลี่ย จาก 7812 วินาที/วัน เป็น 5256 วินาที/วัน ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนเครื่องจักรในการรับงานมาตรวจสอบ จาก 104 เครื่องจักร/วัน เป็น 119 เครื่องจักร/วัน
- 2) ลดเวลารอคอยจากฝ่ายผลิต (Downtime) ของโมเดล Skybolt 3/4D ลงได้ 2.71%

5.3 ผลที่ได้รับทางอ้อม

- 1) ลดการใช้เครื่องมือวัด Rondcom ในการตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบ Shaft จาก 1.25 เครื่องมือ เหลือ 1 เครื่องมือ
- 2) ลดกำลังคนในการตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบ Shaft จาก 2.5 คนเหลือ 2 คน คิดเป็นการลดค่าใช้จ่ายของฝ่ายควบคุมคุณภาพ 155,400 บาท/ปี
- 3) สามารถนำแนวทางในการปรับปรุงไปพัฒนาและประยุกต์ใช้กับชิ้นส่วนประกอบอื่น ๆ ได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

- 1) การยกเลิกการตรวจสอบพารามิเตอร์ที่มีการเปลี่ยนทิศทางในการวัดจำนวน 1 พารามิเตอร์ ของชิ้นส่วนประกอบ Shaft ในมอเตอร์ประเภท STTCA และ FCC สามารถลดเวลาในการทำงานของพนักงานได้มาก
- 2) การเลือกใช้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการตั้งสมมติฐานทางสถิติ
- 3) พิจารณาปัจจัยจากกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ของค่าความกลมในแต่ละตำแหน่ง
- 4) สามารถนำแนวทางการปรับปรุงไปใช้กับเครื่องมือวัดอื่นๆ ในฝ่ายควบคุมคุณภาพต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Positioning admin. (2547). อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของไทย มุ่งสู่การเป็นฐานการผลิตอันดับหนึ่งของโลก. <https://positioningmag.com/18929>
- [2] อภิชาติ สถิตย์ธรรม. (2555). การปรับปรุงคุณภาพในการผลิตตามแนวความคิดของซิกซ์ซิกม่า: กรณีศึกษา บริษัทชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์โดยหลักการ DMAIC. การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจ. สาขาวิชาเอกการจัดการทั่วไป มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [3] ตรีนทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง, อัมพวรรณ จิระอากาวงศ์ และทศพล เกียรติเจริญผล. (2551). การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 19. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). หลักการควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- [5] ผศ.ดร.พนม เพชรจตุพร. (2562). ผังควบคุม (Control Chart). <http://msit.mut.ac.th/index.php/blog/control-chart-1>
- [6] ผศ.ดร.ฤดี มาสุจันท์. (2551). การควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มินิ เซอร์วิส ซีฟพลาย
- [7] ธีรลักษณ์ โคตะมี, พรณทิภา อติชาติ และวรรณพร จันทโภาส. (2560). การใช้แผนภูมิพาเรโตสำหรับการควบคุมคุณภาพในโรงงานอุตสาหกรรม
- [8] เมธิตา จุ่งลก. (2555). การศึกษาปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพในผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรแปรรูปของห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน เดลี่ฟู้ดส์. การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์. สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- [9] ปรีชา สุดาทิพย์. (2546). การลดของเสียที่เกิดจากการไม่ผ่านการทวนสอบของเครื่องปรับความสมดุลในสายการประกอบแผ่นบันทึกข้อมูลโดยวิธีซิกซ์ซิกม่า. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [10] Minitab Inc. (2010). Gage Studies for Continuous Data. <http://www.minitab.com/uploadedFiles/Documents/sample-materials/TrainingSampleMeasurementSystemsMTB16EN.pdf>
- [11] สมเกียรติ ทองรักษ์. (2555). การหาค่าสหสัมพันธ์ใน Excel. <http://share.psu.ac.th/blog/sk002/24891>

- [12] ดร.สุทิน ชนะบุญ. (2560). สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านสุขภาพเบื้องต้น. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น
- [13] ฉลอง สีแก้วสีว. (2555). การกำหนดขนาดสิ่งตัวอย่างในการทดสอบสมมติฐาน (Sample size selection). <https://sites.google.com/site/mystatistics01/chapter4/sample-size-selection>
- [14] Accretech Tokyo Seimitsu. (2019). Rondcom43C/43C-S/41C/31C. https://www.accretech.jp/english/product/measuring/rondcom/files/r-434131_e.pdf

