

AN IMPROVEMENT OF THE ASSEMBLY PROCESS OF MOTORCYCLE CAP TANK WITH LEAN-SIX SIGMA CONCEPT

Chonnatee DUANGCHAI¹, Adisak NOWNEOW¹ and Banhan LILA^{1*}

1 Faculty of Engineering, Burapha University, Thailand; blila@eng.buu.ac.th (B. L.) (Corresponding Author)

ARTICLE HISTORY

Received: 6 October 2023

Revised: 25 October 2023

Published: 6 November 2023

ABSTRACT

This paper presents the application of Lean Six Sigma principles in improving the cap tank assembly process of the ZR650 motorcycle model with the objectives of increasing production rates and reducing associated waste using the DMAIC methodology. Two main issues were identified from the D phrase: 1) Production rates were lower than the target of 600 pieces per day, and 2) The proportion of defective products exceeded the acceptable threshold of 10,000 ppm. The M phrase indicated that the assembly cycle time was 45.54 seconds/unit, exceeding the 42.00 seconds/unit target. This resulted in a production rate of only 550 units/day, and the proportion of defective was determined to be 28,440 ppm. The A and I phrases revealed the causes of the problems and subsequently led to the rearrangement of the production line using the ECRS approach, and the revision of sampling plans for components that were purchased from suppliers. In addition, the appropriate material mix between the new and used ingots for the casting process was determined for in-house components. The results showed a reduction in assembly cycle time to 34.31 seconds/unit resulting in a production rate of 804 units/day (33.67% improvement), and decrement in defective rate to 1,997 ppm. The work instruction was established for assembly operations and the p chart was used to monitor the proportion of defectives in the C phrase. In conclusion, the application of the DMAIC methodology for the Lean Six Sigma principles led to significant improvements in productivity and quality, achieving the desired goals which can also serve as guidelines for improving others' processes.

Keywords: Lean Six Sigma, Assembly Process, Productivity and Quality Improvement

CITATION INFORMATION: Duangchai, C., Nowneow, A., & Lila, B. (2023). An Improvement of the Assembly Process of Motorcycle Cap Tank with Lean-Six Sigma Concept. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(11), 4.

การปรับปรุงกระบวนการประกอบฝาถังน้ำมันสำหรับมอเตอร์ไซด์ ด้วยหลักการ ลีน-ซิกซ์ ซิกม่า

ชนะที ดวงชัย¹, อติศักดิ์ นาวเหนียว¹ และ บรรหาญ ลิลา^{1*}

1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา; blila@eng.buu.ac.th (บรรหาญ) (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์หลักการของลีน-ซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงกระบวนการประกอบฝาถังน้ำมันของมอเตอร์ไซด์รุ่น ZR650 เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตและลดความสูญเสียที่เกี่ยวข้อง ด้วยขั้นตอนของ DMAIC โดยขั้นตอนแรกสามารถแบ่งปัญหาแยกเป็น 2 ประเด็นได้แก่ 1) อัตราการผลิตต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ 600 ชิ้นต่อวัน และ 2) สัดส่วนชิ้นงานเสียสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ซึ่งกำหนดไว้ 10,000 ppm ผลจากการวัดบ่งชี้ว่ารอบเวลาการประกอบเท่ากับ 45.54 วินาทีต่อชิ้น สูงเป้าหมายที่กำหนดเท่ากับ 42.00 วินาทีต่อชิ้น ทำให้มีอัตราการประกอบเพียง 550 ชิ้นต่อวัน และมีสัดส่วนชิ้นงานเสีย 28,440 ppm การดำเนินการในขั้นตอนการวิเคราะห์ สามารถบ่งชี้สาเหตุของปัญหาซึ่งนำไปสู่การกำหนดแนวทางการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS และการปรับแผนการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนก่อนนำเข้าสู่กระบวนการ และการกำหนดอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างวัตถุดิบใหม่กับวัตถุดิบใช้ซ้ำในการหล่อขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ผลิตเอง จากการติดตามผลพบว่าสามารถลดเวลาการประกอบลงเหลือ 34.31 วินาทีต่อชิ้น อัตราการประกอบเพิ่มเป็น 804 ชิ้นต่อวัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 33.67 สัดส่วนชิ้นงานเสียลดลงเหลือ 1,997 ppm ทีมงานจัดทำเอกสารวิธีการทำงานของสายการประกอบและใช้แผนภูมิควบคุม p เพื่อตรวจติดตามสัดส่วนชิ้นงานเสียเพื่อควบคุมกระบวนการ และสรุปได้ว่าการประยุกต์ขั้นตอน DMAIC กับแนวทาง ลีน-ซิกซ์ ซิกม่าสามารถนำไปสู่การปรับปรุงที่สัมฤทธิ์ผลตามเป้าหมายที่กำหนดและใช้เป็นแนวทางการสำหรับการปรับปรุงกระบวนการอื่นได้ต่อไป

คำสำคัญ: ลีน-ซิกซ์ ซิกม่า, กระบวนการประกอบฝาถังน้ำมันมอเตอร์ไซด์, อัตราการผลิตและการปรับปรุงคุณภาพ

ข้อมูลอ้างอิง: ชนะที ดวงชัย, อติศักดิ์ นาวเหนียว และ บรรหาญ ลิลา. (2566). การปรับปรุงกระบวนการประกอบฝาถังน้ำมันสำหรับมอเตอร์ไซด์ด้วยหลักการ ลีน-ซิกซ์ ซิกม่า. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(11), 4.

บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งด้านความสามารถในการผลิตและด้านคุณภาพของชิ้นงานในโรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ผลิตฝาถังน้ำมัน (Cap Tank) ของมอเตอร์ไซด์ขนาดใหญ่ รุ่น ZR650 ของ Big Bike ยี่ห้อหนึ่ง โดยพบว่าในกระบวนการประกอบฝาถังน้ำมันรุ่นนี้มีความสามารถในการผลิตเพียง 550 ชิ้นต่อวัน และมีประสิทธิภาพสายการประกอบเท่ากับร้อยละ 79.76 ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้เท่ากับ 600 ชิ้นต่อวัน และมีประสิทธิภาพสายการประกอบกำหนดไว้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่ามีสาเหตุมาจากรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ของกระบวนการประกอบสูงกว่ารอบเวลาการผลิตเป้าหมาย (Takt Time) และปัญหาคุณภาพของ Tank Cap ที่ประกอบสำเร็จมีอัตราการรั่ว (Leakage) ร้อยละ 61.2 ของจำนวนที่ประกอบทั้งหมด ส่งผลให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการ เพื่อแก้ปัญหาทั้งด้านอัตราการผลิต และด้านความผันแปรของคุณลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญ ผู้วิจัยประยุกต์แนวทางของลีน-ซิกซ์ ซิกมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตและลดความสูญเสียในกระบวนการซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานดังอธิบายในหัวข้อต่อไป

การทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้ต้องการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิตโดยแนวทางลีน-ซิกซ์ ซิกมา (Lean Six Sigma) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบเอกสาร บทความ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเบื้องต้น โดย Thomas et al. (2009) ระบุว่าลีน ซิกซ์ ซิกมา สามารถประยุกต์ตามลำดับ 5 ขั้นตอนประกอบด้วย 1) การนิยามปัญหา (Define,D) 2) การวัดผล (Measurement,M) 3) การวิเคราะห์สาเหตุ (Analysis,A) 4) การปรับปรุง (Improve,I) และ 5) การควบคุม (Control,C) ซึ่งเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของซิกซ์ ซิกมา ซึ่งมุ่งเน้นการค้นหาและกำจัดความผันแปรในกระบวนการ ในขณะที่ Arnheiter, Maletiff (2005) ระบุว่ากลยุทธ์สำคัญของการปรับปรุงคือมุ่งเน้นที่ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า สร้างความสามารถในการแข่งขันด้วยคุณภาพและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า และต้องผลิตได้ในราคาที่ต่ำกว่าคู่แข่ง ซึ่งอาจต้องมุ่งเน้นที่การลดความสูญเสียซึ่งอาจมาจากการจัดการด้านการไหลและด้านความผันแปรในกระบวนการผลิตที่ไม่ดีเพียงพอ การปรับปรุงจึงควรบูรณาการทั้งลีน และ ซิกซ์ ซิกมา สอดคล้องกับ H. P. Sung (2005) ที่กล่าวว่า ลีนและซิกซ์ ซิกมาเป็นเครื่องมือสำคัญเพื่อกำจัดความผันแปรในกระบวนการผลิต วิธีการของซิกซ์ ซิกมา เป็นการใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบและกระบวนการผลิต รวมทั้งวิธีการลดความผันแปรในกระบวนการผลิตที่ดำเนินการให้เป็นมาตรฐานตามแนวทางของลีน ปารเมศ ชูติมา และภาณุ ชุตีเจื้อจัน (2550) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการประยุกต์ซิกซ์ซิกมา เพื่อลดของเสียจากการปนสีรองในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกาการค้าแพ่งงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดของซิกซ์ซิกมา เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการปนสีรองพื้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญมากในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกาการค้าแพ่ง ที่มีความต้องการด้านคุณภาพของสินค้าสูงมากจากข้อมูลที่ผ่านมาพบว่า กระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงมีปริมาณของเสียเท่ากับ 19,615 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นของผลผลิต (Defect Parts Per Million: DPPM) ทำให้บริษัทต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนนับล้านบาทต่อปี การปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ซิกมา จะใช้หลักการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญหลังจากการปรับปรุงกระบวนการด้วยซิกซ์ซิกมา พบว่า จำนวนของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการปนสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกาการค้าแพ่งเหลือเพียง 3,240 DPPM ซึ่งเทียบเท่ากับระดับมาตรฐาน 2.99 σ

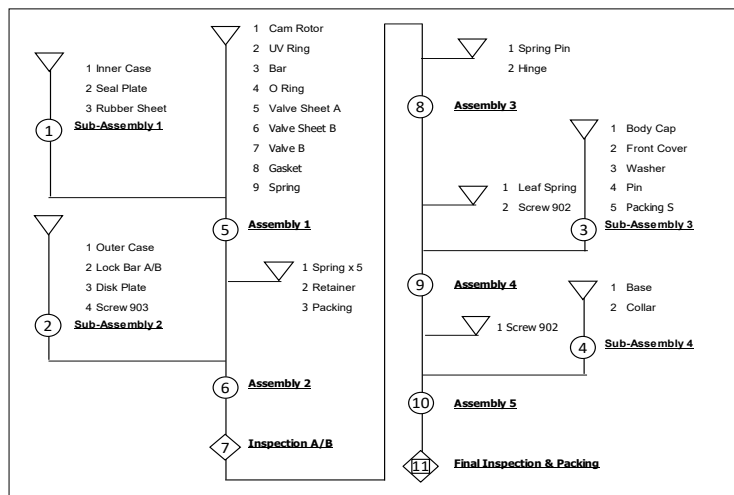
ข้อมูลของกระบวนการประกอบ

ฝาถังน้ำมันมอเตอร์ไซด์รุ่น ZR650 มีลักษณะดังภาพที่ 1 ขั้นตอนหลักของการผลิตจะเป็นการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนที่ใช้มีทั้งที่สั่งซื้อจากผู้ผลิตภายนอกและที่ผลิตโดยสถานประกอบการกรณีศึกษาเอง กระบวนการผลิตมีดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งแบ่งเป็น 11 สถานี รายละเอียดโดยสังเขปของแต่ละสถานีพร้อมทั้งรอบเวลา

การผลิตที่ได้จากการศึกษาเวลาของการดำเนินการก่อนการปรับปรุงมีดังแสดงในตารางที่ 1 จากภาพที่ 2 สถานที่ 1-4 เป็นสถานีประกอบย่อย (Sub Assembly) ก่อนนำเข้าประกอบกับชิ้นส่วนอื่นในการประกอบหลักที่สถานี 5, 6, 8, 9 และ 10 เรียกว่า Assembly 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนสถานที่ที่ 7 เป็นการตรวจสอบการรั่วของฝาลังน้ำมัน สถานี 11 เป็นการตรวจสอบครั้งสุดท้ายและการบรรจุเพื่อนำส่งต่อไป



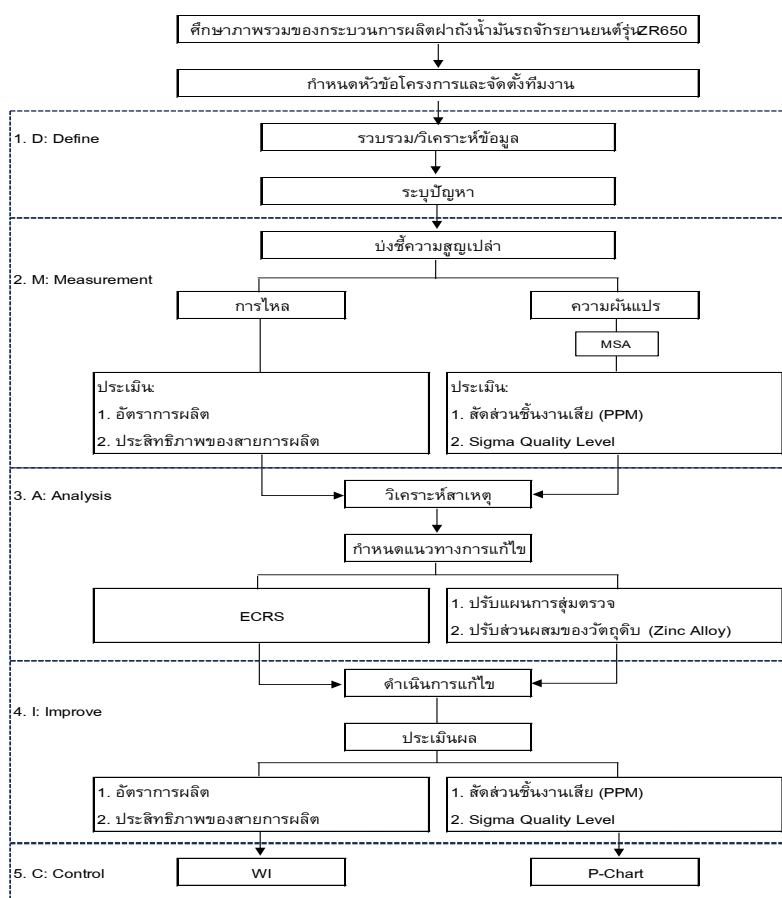
ภาพที่ 1 ตัวอย่างฝาลังน้ำมันรุ่น ZR650



ภาพที่ 2 Flow Process ของกระบวนการผลิตฝาลังน้ำมันรุ่น ZR650

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

กำหนดแนวทางการดำเนินการโดยใช้แนวทางของ DMAIC โดยมีโครงสร้างดังภาพที่ 3



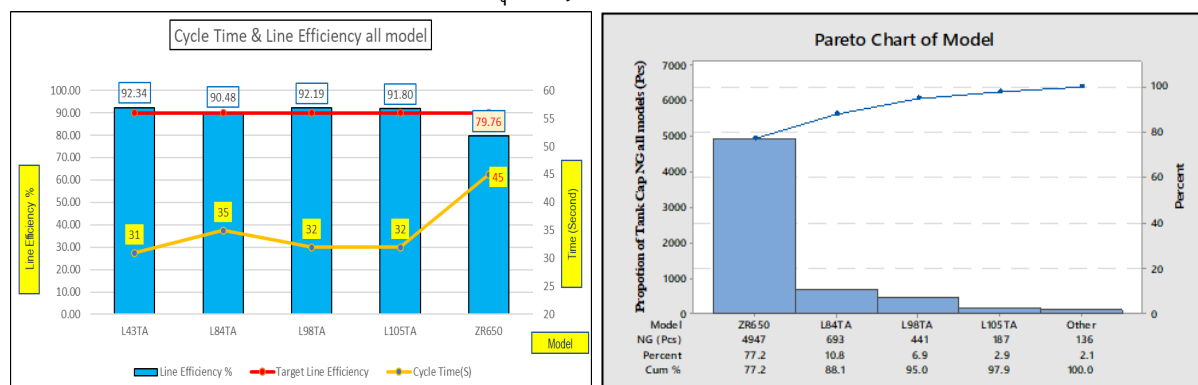
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1 รายละเอียดแต่ละสถานีของการผลิตฝาดึงน้ำมันรุ่น ZR650 (ก่อนปรับปรุง)

สถานี	กระบวนการ	ลักษณะงาน	เวลามาตรฐาน (วินาทีต่อชิ้น)
1	Inner Case S/A	ประกอบชิ้นงานย่อย Inner Case Comp.	38.38
2	Case S/A	ประกอบชิ้นงานย่อย Case Comp.	34.99
3	Body Front S/A	ประกอบชิ้นงานย่อย Body, Front Cover Comp.	39.04
4	Base S/A	ประกอบชิ้นงานย่อย Base Comp.	33.48
5	Assembly 1	ประกอบชิ้นงานย่อย Inner Case Comp. + Inner parts	45.54
6	Assembly 2	ประกอบ Semi F/G. + Case Comp. + ชิ้นส่วนย่อย	38.55
7	Inspection	ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของฝาดึงน้ำมัน (การรื้อ)	26.70
8	Assembly 3	ประกอบ Semi F/G + Hinge	32.40
9	Assembly 4	ประกอบ Semi F/G + Body, Front Cover Comp.	32.40
10	Assembly 5	ประกอบ Semi F/G + Base Comp.	30.52
11	Final Inspection & Packing	ตรวจสอบชิ้นงาน F/G และบรรจุลงกล่อง	42.81
เวลารวมทั้งหมด			394.81

1) การระบุปัญหา (Define Phase)

จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตฝาดึงน้ำมันมอเตอร์ไซด์ที่สถานประกอบการผลิตทั้ง 5 รุ่น พบว่าการผลิตของฝาดึงน้ำมันรุ่น ZR650 มีประสิทธิภาพเพียง 79.76% ซึ่งต่ำที่สุด และต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้เท่ากับ 90% เมื่อเทียบกับฝาดึงน้ำมันรุ่นอื่นๆ



ภาพที่ 4, 5 Cycle time & Line Efficiency ของฝาดึงน้ำมัน และสัดส่วนงานเสียของฝาดึงน้ำมัน

จากภาพที่ 5 พบว่าฝาดึงน้ำมันรุ่น ZR650 มีความสูญเสียจากปัญหาจากคุณภาพชิ้นงานเสียสูงถึง 77.2% เมื่อเทียบกับของเสียจากฝาดึงน้ำมันทุกรุ่น งานวิจัยนี้จึงเลือกทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาดึงน้ำมันรุ่น ZR650

2) การวัดกระบวนการ (Measurement Phase)

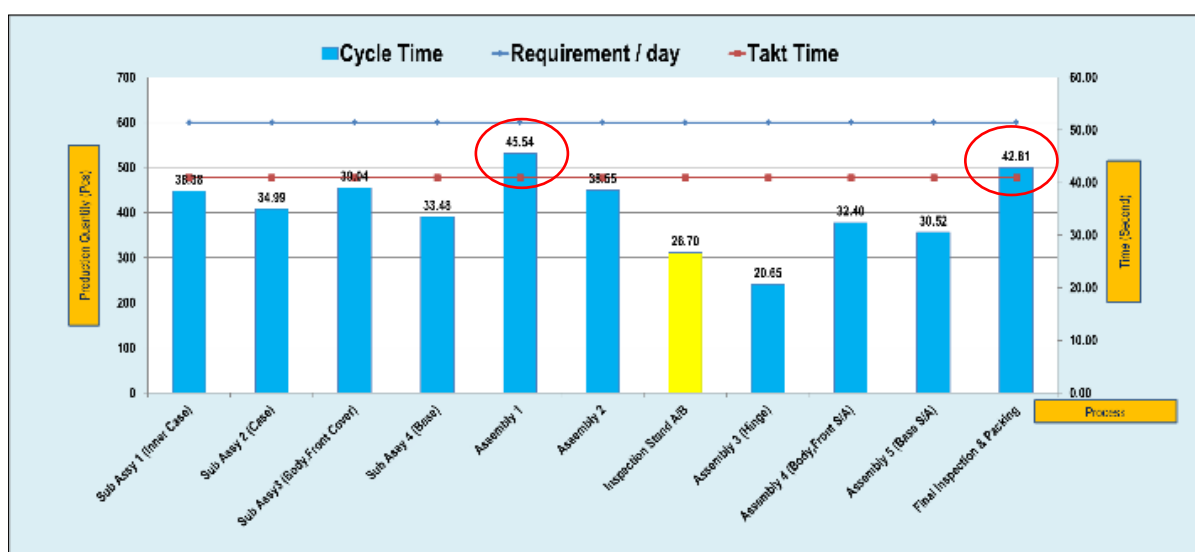
จากการศึกษาเวลาของกระบวนการปัจจุบัน (ก่อนการปรับปรุง) ตามหลักการของการศึกษาเวลาโดยเริ่มจากการจับเวลาเบื้องต้น การคำนวณจำนวนครั้งในการจับเวลา การกำหนดค่าเผื่อและประเมินเวลามาตรฐานของแต่ละสถานี ได้เวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงานดังแสดงในตารางที่ 1 ด้วยพนักงาน 1 คนต่อสถานีรวม 11 คน เมื่อนำข้อมูลนี้สร้างเป็นแผนภูมิแท่งได้ดังภาพที่ 6 เป้าหมายการผลิตฝาดึงน้ำมันรุ่น ZR650 จำนวน 600 ชิ้นต่อวัน (เวลาการผลิต 25,200 วินาที/วัน) ดังนั้นจึงประเมิน Takt Time ได้เท่ากับ 42.00 วินาที/ชิ้น แต่จากรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานจะเห็นได้ว่าสถานี Assembly 1 (สถานีที่ 5) และ สถานี Final Inspection & Packing (สถานีที่ 11) มีรอบ

เวลาของสถานีสูงกว่า Takt Time ซึ่งทำให้ผลิตได้เพียง 550 ชิ้นต่อวัน และประสิทธิภาพสายการผลิตคำนวณด้วยสมการที่ (1) ได้เท่ากับ 79.76% ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้เท่ากับ 90%

$$\text{ประสิทธิภาพของสายการผลิต} = \left(\frac{\text{เวลาการผลิต}}{\text{เป้าหมายการผลิต}} \right) \times 100 \quad (1)$$

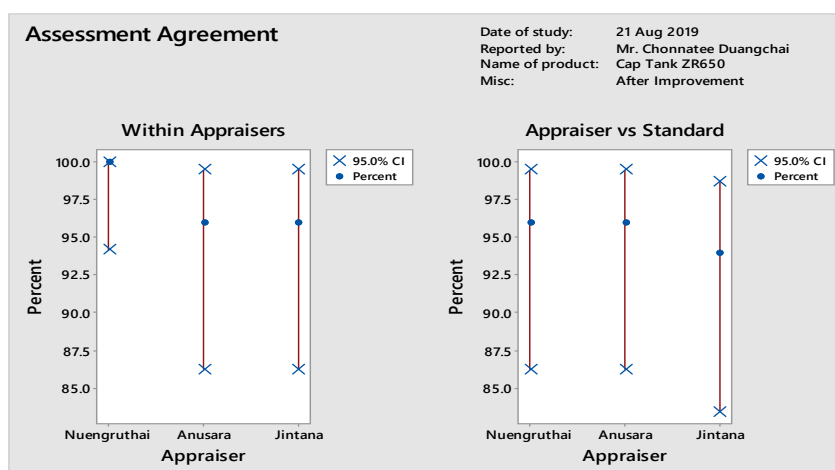
ตารางที่ 2 สัดส่วนงานเสีย (ก่อนปรับปรุง)

Part Name	Type of Defects	Total	ppm	Grand Total (ppm)	Sigma Quality Level
Cap Tank	Performance test NG	3,054	17,403	28,190	2.2 Sigma
(ZR650)	Appearance NG	1,893	10,787		



ภาพที่ 6 เวลามาตรฐานของสถานีการประกอบ (ก่อนปรับปรุง)

ก่อนการประเมินความสูญเสียเปล่าด้านคุณภาพที่งานได้ตรวจสอบและประเมินระบบการวัด (Measurement System Analysis, MSA) ซึ่งเป็นการวัดด้านคุณลักษณะโดยพนักงานจำนวน 3 คน ตามมาตรฐานอ้างอิงในงานวิจัยของ สมพร วงษ์เพ็ง (2554) มีผลการประเมินดังภาพที่ 7 ซึ่งยืนยันได้ว่าระบบการวัดมีความน่าเชื่อถือโดยใช้มาตรฐานการประเมินระบบการวัดของการวัดโดยใช้ตัวอย่างทั้งหมด 50 ตัวอย่าง (งานดี 25 งานเสีย 25)

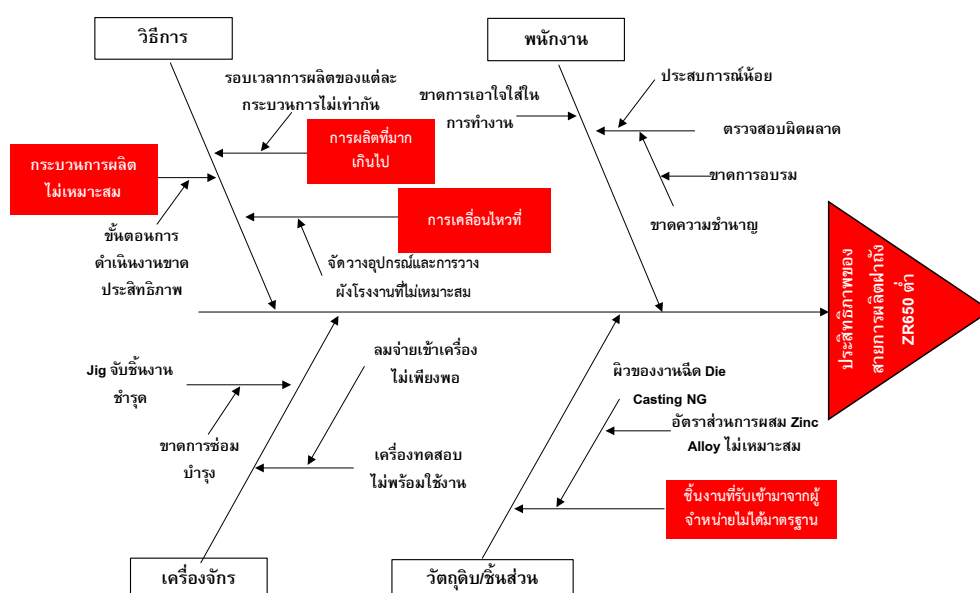


ภาพที่ 7 ผลความเชื่อมั่นที่ 95% ของการวิเคราะห์ MSA

นอกจากนี้ยังพบปัญหาความสูญเสียเนื่องจากคุณภาพชิ้นงาน ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงสัดส่วนความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องของปัญหาคุณภาพของชิ้นงานเสียของสายการประกอบฝาดังน้ำมัน ZR650 เท่ากับ 4,947 ชิ้น คิดเป็นค่าเฉลี่ยงานเสียเท่ากับ 28,190 ppm และเทียบเท่ากับระดับมาตรฐานที่ 2.2 sigma ดังนั้นจึงบ่งชี้สาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดการความสูญเสียทั้ง 2 ด้าน เพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขในลำดับถัดไป

3) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ในขั้นตอนการบ่งชี้ปัญหาสามารถระบุความสูญเสียได้ดังต่อไปนี้คือ 1) ความสูญเสียที่เกิดจากประสิทธิภาพของสายการผลิตและ 2) ความสูญเสียที่เกิดจากปัญหาของคุณภาพชิ้นงานแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ปัญหาลักษณะภายนอก (Appearance) ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและปัญหาชิ้นงานตรวจไม่ผ่านเครื่องตรวจสอบการรั่ว (Leakage) การวิเคราะห์สาเหตุด้วยแผนผังก้างปลา ดังภาพที่ 8 ทำให้สรุปสาเหตุได้ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงเหตุและผลความสูญเสียของสายการผลิตฝาดังน้ำมัน ZR650 จุฬารักษ์ ยศไกร (2555)

ตารางที่ 3 สรุปสาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา

ความสูญเสีย	ปัญหาย่อย	สาเหตุ	แนวทางการแก้ปัญหา
ประสิทธิภาพ สายการผลิต	- รอบเวลาการผลิต ของ ฝาดังน้ำมัน มอเตอร์ไซค์รุ่น ZR650 สูง	- การทำงานไม่เป็นไปตามมาตรฐาน - การเคลื่อนไหวของพนักงานประกอบไม่เหมาะสม - รอบเวลาของการผลิตของแต่ละกระบวนการไม่เท่ากัน - ใต้ปฏิบัติงานของสถานี Assembly 1 ไม่เหมาะสมกับ สรีระของพนักงาน	- ปรับปรุงมาตรฐานการทำงานของสถานีประกอบ โดยการการออกแบบสถานีงานโดยใช้หลักการ ECRS - ใช้หลักการ Ergonomic มาประยุกต์ใช้ในการ ปรับปรุงใต้ปฏิบัติงาน
คุณภาพชิ้นงาน	- ชิ้นงานไม่ผ่านการ ตรวจสอบลักษณะ ภายนอก - ชิ้นงานไม่ผ่านการ ทดสอบการรั่ว (Leakage)	- ชิ้นส่วนประกอบ Inner Case มีรอยตำหนิ เช่น รอย ขีดข่วน เสียรูป สีเพี้ยน ครีบ (Appearance) - ผิวชิ้นงานของ Inner Case ไม่เรียบ เกิดขึ้นจาก กระบวนการฉีดสังกะสีภายใน	- ส่งทีมงานร่วมแก้ปัญหาและกำหนดให้ผู้ผลิต ควบคุมคุณภาพชิ้นส่วนก่อนนำส่งมาที่สถาน ประกอบการ - ควบคุม Condition ในการฉีด และกำหนดสัดส่วน การใช้ New Ingot ต่อ Recycle Ingot เพื่อควบคุม สัดส่วน Zinc Alloy ในวัตถุดิบ

4) การปรับปรุง (Improve Phase)

หลังจากทำการจำแนกประเภทของความสูญเสียไปแล้ว ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการประกอบถังน้ำมันรุ่น ZR650 ได้ดังนี้

4.1) การปรับปรุงความสูญเสียจากความสูญเปล่าจากประสิทธิภาพของสายการผลิต

ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พบว่ากระบวนการผลิตในไลน์ Assembly 1 ใช้เวลาในการประกอบมากที่สุด ดังนั้นจึงปรับปรุงมาตรฐานการทำงานของสถานี Assembly 1 ใหม่ด้วยหลักการ ECRS กุลบัณฑิต แสงดี (2552) และ ภาส ศาสตร์ เพื่อลดเวลาการทำงานด้วยหลักการ C-Combine โดยรวมกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานเข้ากับสถานี Assembly 3 ส่งผลให้ลดพนักงานได้ 1 คน ด้วยหลักการ R- Rearrange โดยทำการจัดเรียงกล่องใส่ชิ้นส่วนใหม่และออกแบบการจัดวางเพื่อให้การเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวาของพนักงานสมดุลกันมากขึ้น ภาพที่ 9, 10, 11 และพนักงานที่ลดได้ย้ายมาช่วยในขั้นตอน Packing และเพิ่มชิ้นส่วนเข้าไลน์ผลการดำเนินการมีดังแสดงในตารางที่ 4



ภาพที่ 9, 10, 11 การจัดวางกล่อง(ก่อนการปรับปรุง), พื้นที่วางกล่อง (หลังการปรับปรุง), ศึกษาการใช้มือซ้ายและขวา

ตารางที่ 4 ข้อมูลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงในสถานีงานการประกอบชิ้นงานภายในสถานี Assembly 1

สภาวะ	เวลามาตรฐาน (วินาที/ชิ้น)	เวลารวม (ชิ้น/วัน)	ผลผลิต (ชิ้น/วัน)	กำลังคน	สถานีงาน	Line Efficiency
ก่อนการปรับปรุง	45.54	394.81	606	11	11	79.76%
หลังการปรับปรุง	34.31	339.45	804	10	10	98.96%
ผลต่าง	11.23	55.36	198	1	1	19.20
%ของผลต่าง	45.54	14.02	33.67	9.09	9.09	19.20

4.2) การปรับปรุงความสูญเสียจากความสูญเปล่าจากปัญหาคุณภาพของชิ้นงาน

4.2.1) ปัญหาคุณภาพจากชิ้นงานรั่ว

จากการวิเคราะห์สาเหตุและการแก้ไขปัญหาชิ้นงานรั่ว พบว่าเกิดจากปัญหาผิวชิ้นงานของ Inner Case จากกระบวนการ Die Casting ไม่เรียบ มีรูพรุน และ/หรือ ฉีดไม่เต็ม ซึ่งมีสาเหตุจากการควบคุมอัตราส่วนผสมของ Zinc Alloy ด้วยการควบคุมส่วนผสมระหว่าง New Ingot และ Recycle Ingot ไม่เหมาะสม และได้มีการทำการทดลองส่วนผสมของ Ingot ทั้ง 2 ประเภท 4 เงื่อนไข ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งพบว่าอัตราส่วนผสมที่ส่งผลให้สัดส่วนชิ้นงานรั่วหลังการประกอบต่ำสุดคือ เงื่อนไขที่ 1 ทีมงานจึงกำหนดอัตราส่วนผสม New Ingot ร้อยละ 80: Recycle Ingot ร้อยละ 20 ในการผลิตจริง การติดตามข้อมูลเดือน 6 เดือนหลังการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียจากปัญหาชิ้นงานรั่วของฝาถังน้ำมัน ZR650 ลงจาก 17,403 ppm เหลือ 1,186 ppm ลดลง 16,216 PPM หรือคิดเป็นลดลง 93.18% มีสัดส่วนของเสีย

ตารางที่ 5 ผลการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ Zinc Alloy

Condition	Mixing Ratio		Test Sample (pcs)	Test Results (Pcs)		OK Ratio
	New Ingot	Recycle Ingot		Passed	Failed	
1	80	20	100	98	2	98%
2	70	30	100	88	12	88%
3	60	40	100	80	20	80%
4	50	50	100	72	28	72%

ตารางที่ 6 ผลการทดลองยืนยันหลังจากกำหนดอัตราส่วนผสมของ Zinc Alloy ในช่วง 6 เดือนก่อนหลังการปรับปรุง

สภาวะ	Model	จำนวนการประกอบ	ปัญหาชิ้นงานรั่ว		P Chart Control		
			จำนวน	ppm	UCL	CL	LCL
ก่อนการปรับปรุง	ZR650	175,492	3,054	17,403	0.02054	0.01713	0.01713
หลังการปรับปรุง		138,234	164	1,186	0.00355	0.00229	0.00104
ผลการเปรียบเทียบ		37,258	2,890	16,216	0.01699	0.01484	0.01609

4.1.2) ปัญหาคุณภาพจากชิ้นงานตรวจไม่ผ่านลักษณะทางกายภาพ (Appearance NG)

สาเหตุของปัญหานี้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ กระบวนการรับเข้าจากผู้ส่งมอบ ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐานและมีการสุ่มตรวจสอบตามมาตรฐาน AQL ในระดับผ่องนคลายที่สุดทำให้ไม่สามารถกักจับชิ้นงานที่เป็นรอยตำหนิได้ ดังนั้นในการแก้ไขปัญหามุ่งเน้นดำเนินการโดยการสุ่มตามมาตรฐาน AQL ในระดับ Normal ดังในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตารางแสดงมาตรฐานการเปรียบเทียบการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนก่อนและหลังปรับปรุง

ระดับความเข้มงวด	ชิ้นงาน	Lot Size	จำนวนสุ่ม	จำนวนปฏิเสธ Lot	P	AQL	Pa	NG หลุดเข้ากระบวนการผลิต(ppm)	Sigma Quality Level
โรงงานใช้ (ก่อนปรับปรุง)	Base	10,000	8	1	0.01	0.01	0.997	10,787	2.25 Sigma
	Body Cap	10,000	8	1	0.01	0.01	0.997		
	Front Cover	10,000	8	1	0.01	0.01	0.997		
ปกติ (normal) (หลังปรับปรุง)	Base	10,000	80	1	0.01	0.01	0.997	810	3.15 Sigma
	Body Cap	10,000	80	1	0.01	0.01	0.997		
	Front Cover	10,000	80	1	0.01	0.01	0.997		

ผลหลังจากทำการปรับปรุงวิธีการตรวจรับเข้าชิ้นส่วนในกระบวนการ QC-Incoming พบว่าสัดส่วนชิ้นส่วน NG หลุดเข้าไปในสายการประกอบลดน้อยลง จากเดิม 10,787 ppm เหลือเพียง 810 ppm ลดลง 92%

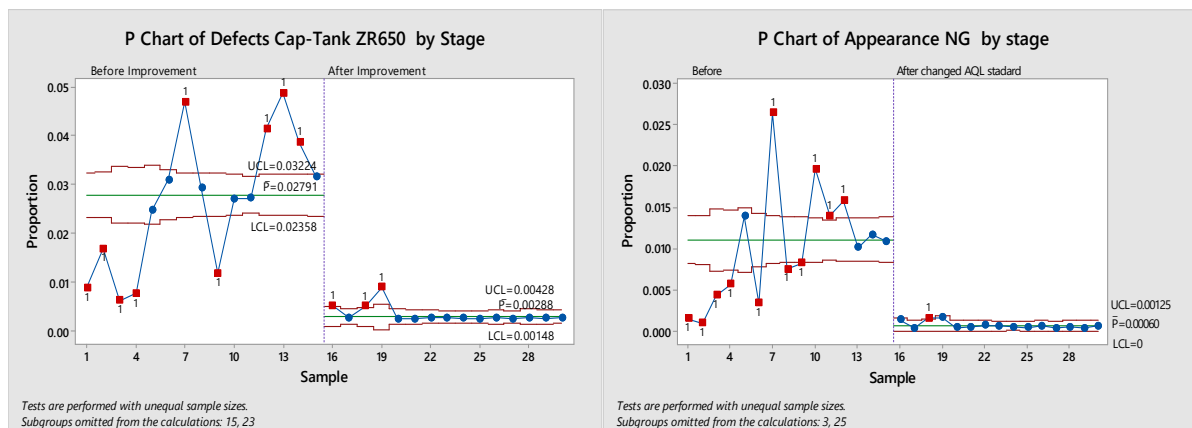
5) ติดตามผลและการควบคุม (Control Phase)

ในขั้นตอนนี้ได้จัดทำมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction, WI) ของกระบวนการประกอบตามที่ได้ปรับปรุง และได้ใช้แผนภูมิ P Chart ในการควบคุมสัดส่วนความสูญเสียจากปัญหาคุณภาพของชิ้นงานรั่วและชิ้นงานไม่ผ่านการตรวจสอบลักษณะภายนอก (Appearance) ดังในรูปตารางที่ 8 และภาพที่ 12

ตารางที่ 8 ผลการทดลองยืนยันหลังจากกำหนดอัตราส่วนผสมของ Zinc Alloy ในช่วงก่อน-หลังทำการปรับปรุง

สภาวะ	จำนวนการประกอบ	ปัญหาชิ้นงานรั่วและรอยตำหนิ		Control Limits: P Chart		
		จำนวน	ppm	UCL	CL	LCL
ก่อนการปรับปรุง	175,492	4,947	28,190	0.03224	0.02791	0.02358
หลังการปรับปรุง	138,234	276	1,997	0.00428	0.00288	0.00148

ผลที่ได้จากการปรับปรุงความสูญเสียที่เกิดจากคุณภาพชิ้นงาน (Leakage and Appearance) พบว่าสามารถลดสัดส่วนงานเสียของฝาถังน้ำมันรุ่น ZR650 จากปัญหาชิ้นงานรั่วและตรวจไม่ผ่านทางกายภาพลดลงจาก 28,190 ppm มาอยู่ที่ 1,997 ppm ซึ่งสามารถลดลงได้ 26,193 ppm หรือคิดเป็น 92.91% เมื่อเทียบกับสัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการ



ภาพที่ 12 ผลการตรวจติดตาม เปรียบเทียบสัดส่วนของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง โดย P Chart

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตฝาถังมอเตอร์ไซค์ ด้วยการประยุกต์ใช้ 5S ชิกซ์ ซิกมา โดยใช้กรอบขั้นตอนของ DMAIC ทำให้สามารถระบุสาเหตุหลักของปัญหาได้เป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) รอบเวลาการผลิตเท่ากับ 45.54 วินาทีต่อชิ้น ซึ่งสูงกว่า Takt Time อันเป็นผลมาจากความสูญเสียของการเคลื่อนไหวของพนักงานที่ปฏิบัติงานในสายการประกอบและการมอบหมายภาระงานที่ไม่สมดุลระหว่างสถานีงาน ส่งผลให้การไหล (Flow) ของชิ้นงานไม่ราบรื่น ประเมินด้วยดัชนีประสิทธิภาพสายการผลิตได้เท่ากับ 79.76% ซึ่งบ่งชี้ว่ามีเวลาการผลิตสูญเสียไปโดยเฉลี่ย 20.24% ของเวลาการผลิตทั้งหมด และ 2) ปัญหาคุณภาพ 2 ประเภทหลัก คือลักษณะภายนอก (Appearance) ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดประเมินได้เท่ากับ 10,787 ppm และอากาศรั่วผ่านฝาถังน้ำมัน (Leakage) ที่ประกอบเสร็จประเมินได้ 17,403 ppm รวมเป็น 28,190 ppm ซึ่งเทียบกับระดับคุณภาพ 2.2 ชิกมา การปรับปรุงตามแนวทางที่กำหนดจากการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งด้านการไหลด้วยแนวทาง ECRS ส่งผลให้รอบเวลาการผลิตลดลงเหลือ 34.31 วินาทีต่อชิ้นซึ่งต่ำกว่า Takt Time ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มเป็น 98.67% และการปรับปรุงด้านคุณภาพด้วยการปรับแผนการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนที่ซื้อจากผู้ผลิตภายนอกและการควบคุมส่วนผสมของ Zinc Alloy ด้วยการมีส่วนผสมระหว่าง Ingot ใหม่และ Ingot ใช้ซ้ำเท่ากับ 80:20 ทำให้สัดส่วนงานเสียจาก Appearance ลดลงเหลือ 810 ppm และสัดส่วนชิ้นงานรั่วลดลงเหลือ 1,186 ppm รวมเป็น 1,997 ppm ซึ่งเทียบกับระดับคุณภาพ 3.1 ชิกมา ในภาพรวมอัตราการผลิตเพิ่มจาก 550 เป็น 804 ชิ้น/วัน เพิ่มขึ้น 32.67% ซึ่งเป็นอัตราที่ทำให้ผลิตฝาถังน้ำมันได้ตามแผนการผลิตที่ต้องการ

สรุปและอภิปรายผล

จากปรับปรุงสายการผลิตฝาถังน้ำมันรุ่น ZR650 ด้วยการประยุกต์แนวทางของ 5S ชิกซ์ ซิกมา โดยใช้กรอบการดำเนินการของ DMAIC เพื่อลดความสูญเสียที่แยกเป็นความสูญเสียที่ส่งผลต่อการไหลของงาน และ ความสูญเสีย

จากปัญหาคุณภาพชิ้นงานซึ่งเป็นผลจากความผันแปรของคุณภาพของชิ้นส่วนที่ใช้ในงานประกอบ ส่งผลให้สามารถดำเนินการปรับปรุงกระบวนการได้อย่างสัมฤทธิ์ผลตามที่กำหนดเป้าหมายไว้คือเพิ่มอัตราการผลิตได้ตามแผน อย่างไรก็ตาม กรณีศึกษานี้ยังไม่สามารถกำจัดของเสียให้หมดไปได้ตามเป้าหมายทางอุดมคติของซิกซ์ ซิกมา ซึ่งได้เป็น เช่นเดียวกับการวิจัยของ ปารเมศ ชุตติมา และภาณุ ชุตติเจื้อจิ้น (2550) และ สมพร วงษ์เพ็ง (2554) ดังนั้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องต่อไปจึงจะช่วยพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการได้เพิ่มขึ้นอีก

เอกสารอ้างอิง

- A. Thomas, R. Barton, and C. C. Okafor, "Applying lean Six Sigma in a small engineering company model for Change," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 20, no.1, pp. 113-129, 2009.
- B. Singh, S. K. Garg, and S. K. Sharma, "REFLECTIVE PRACTICE: Lean can be a survival strategy during recessionary times," *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 58, no. 8, pp. 803-808, 2009.
- E. D. Arnheiter and J. Maletiff, "RESEARCH AND CONCEPTS: The integration of lean management and Six Sigma," *The TQM Magazine*, vol. 17, no.1, pp. 5-18, 2005.
- H. P. Sung, "Six Sigma and other management initiatives," In *Six Sigma for Quality and Productivity Promotion*, Tokyo: Asian Productivity Organization, pp.122-135, 2003.
- ปารเมศ ชุตติมา และ ภาณุ ชุตติเจื้อจิ้น. *การประยุกต์ซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียจากการพ่นสีรองในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกากระดาษ*
- [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขา วิชาการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์]. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.
- จุฬารักษ์ ยศไกร. (2555). *ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)*. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2564, จาก <http://chulakorn.blogspot.com/2012/07/fish-bone-diagram.html>
- สมพร วงษ์เพ็ง. (2554). *การประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ซิกมา เพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก* (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- กุลบัณฑิต แสงดี. (2552). *การลดความสูญเสียเปล่าตามหลักการ ECRS*. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2564, จาก <https://www.tcithaijo.org/index.php/vrurdihsjournal/article/viewFile/44845/39611>.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2023 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).