การลดของเสียในกระบวนการผลิตปั้มน้ำขนาด 1 แรงม้า โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค ซิกส์-ซิกม่า

The Reduction of Wasted Materials 1 HP Water Pump Production Process by Six-Sigma

ยอดนภา เกษเมือง
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี กรุงเทพมหานคร
Yodnapha Ketmuang
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University, BKK
E-mail: yodnapha.ya@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตปั้มน้ำขนาด 1 HP โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ของเทคนิค ซิกส์-ซิกม่า จากผลการศึกษาพบว่า ในขั้นตอนเลือกปัญหาทำการเลือกปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตที่เกิดของเสียมากที่สุดคือ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนหอยโข่ง (Pump Casing) โดยวิเคราะห์สาเหตุเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ ได้แก่ การเจาะและการต๊าปเกลียวในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนหอยโข่ง (Pump Casing) เกิดของเสียมากที่สุด ขั้นตอนที่สองจะเป็นการวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ผลกระทบและข้อบกพร่อง (FMEA) พบว่ามีขั้นตอนการผลิตย่อย 3 ขั้นตอนที่ต้องแก้ไขปัญหาได้แก่ 1) กระบวนการต๊าปเกลียวขนาด 1 นิ้ว ทางน้ำเข้า 2) กระบวนการต๊าปเกลียวรูระบายน้ำและ 3) กระบวนการเจาะรูและต๊าปเกลียว 4 รูยึดหน้าแปลน จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) ผลการวิเคราะห์พบสาเหตุของปัญหาเกิดจากเกิดจากเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ไม่สามารถจับยึดชิ้นงานได้อย่างมั่นคงและไม่มีการตรวจสอบเครื่องมือก่อนการปฏิบัติงาน ขั้นตอนสุดท้ายคือการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของกระบวนการ (Improve Phase) โดยการออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้มีความแข็งแรงและมั่นคง และการตรวจสอบเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือวัดทุกครั้งก่อนการปฏิบัติงาน และจัดทำมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (WI) ผลจากการดำเนินงานพบว่าค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงจาก 76,685 DPPM เหลือ 12,711 DPPM คิดเป็น 83.42% และลดมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ย 30,597 บาทต่อเดือน เหลือ 3,905 บาทต่อเดือน คิดเป็น 87.23%

คำสำคัญ: เทคนิค DMAIC, การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ, การลดของเสีย

ABSTRACT

The research had objectives to study the causes and solutions to the problems of waste materials in 1 HP water pump production process by Applying DMAIC which was the key principle of six sigma. From the study, it was found that Pump Casing process was the line that caused the most waste materials. From the analysis, there were two reasons. The first reason was drilling method. Secondly, there were tapping method. The second step is to measure the cause of the problem by using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). There were three problem to solve. 1) 1 inch tapping at water inlet, 2) tapping water drain, 3) tapping and threading, 4 holes for flange mounting. Then analyze the cause of the problem (Analyze

Phase). From the analysis, the results found that the factors that affected were tools and instrument cannot be fix and without checks tools before the operation. The final step is improvement process by designing the tool or the fixture to be strong and stable, and inspecting the machine every time. As a result of the operation, the average monthly waste was reduced from 76,685 DPPM to 12,711 DPPM or 83.42% and the average loss of 30,597 Baht per month to 3,905 Baht. This meant that the loss was reduced by 87.23%.

KEYWORDS: DMAIC, Failure Mode and Effect Analysis, Reduce Waste

บทนำ

จากสภาพการณ์ในการแข่งขันทางธุรกิจทั้งในประเทศและต่างประเทศ สินค้าปั๊มน้ำอุตสาหกรรม เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อภาคอุตสาหกรรมการผลิตและภาคเกษตรกรรมยังคงมีความต้องการสูง การขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจยังมีการเติบโต อย่างต่อเนื่อง ภาคอุตสาหกรรมหรือภาคเกษตรกรรมจึงมีการแข่งขันในแง่ของยอดขายและประสิทธิภาพการใช้งานต้องมีคุณภาพที่ดี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ต้องการของตลาด การควบคุมคุณภาพและการเพิ่มผลผลิตจึงเป็นปัจจัยสำคัญขององค์กรที่จะพัฒนาและแข่งขันกับคู่แข่งทั้งในและต่างประเทศอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีการทางสถิติคือ การควบคุมคุณภาพในระดับ Six-Sigma ซึ่งคิดโดยไมเคิล เจ แฮรี่ (Mikel J Harry) ของบริษัท โมโตโรล่าเป็นแนวทางในการบริหารจัดการธุรกิจอย่างชาญฉลาด โดยมุ่งเน้นในการให้ความสำคัญกับลูกค้าเป็นอันดับแรก [1] ซึ่งจะใช้ข้อเท็จจริงและข้อมูลต่างๆ เพื่อการแก้ปัญหาที่ดีกว่า ซึ่งเป้าหมายสำคัญ 3 ส่วนที่เป็นความพยายามของ Six Sigma คือการปรับปรุงการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า การลดรอบเวลา (Cycle Time) และลดข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นในองค์กร [2]

ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาได้ดำเนินธุรกิจผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมายเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ปั้มน้ำ โบลเวอร์ (Blower) ส่งจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ และเป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้านำเข้าประเภทอุปกรณ์ไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรกรรม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จำนวนมากของบริษัทในปัจจุบันยังมีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิต ดังนั้นบริษัทร่วมกับผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการควบคุมปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตปั๊มน้ำ ขนาด 1 แรงม้า ด้วยเทคนิค ซิกซ์-ซิกม่า เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและลดต้นทุนในการผลิตให้กับบริษัทต่อไป

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตปั๊มน้ำ ไม่น้อยกว่า 10%

ขอบเขตงานวิจัย

1 ศึกษาและลดของเสียในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ปั๊มน้ำขนาด 1 แรงม้า

2 ดำเนินงานวิจัยภายใต้แนวทางของ ซิกส์-ซิกม่า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1 สามารถลดของเสียในกระบวนการผลิตปั๊มน้ำ ได้ไม่น้อยกว่า 10%

2 สามารถนำแนวทางการแก้ไขปัญหาไปใช้กับกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1 ซิกส์-ซิกม่า (Six-Sigma) หรือบางครั้งเรียกว่าเทคนิค DMAIC คือระบบที่จะทำให้องค์กรสามารถที่จะนำความรู้และการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการทั้งยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตทำให้องค์กรมีผลกำไรเพิ่มมากขึ้น เทคนิคซิกส์-ซิกม่า มุ่งเน้นการกำจัดข้อบกพร่องในกระบวนการและ

เชื่อมโยงหลักการพื้นฐานของธุรกิจสถิติและวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมาย เพื่อปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างผลกำไร โดยการกำจัดความแปรปรวนเพื่อลดความสูญเสียและเป็นการสร้างความพึงพอใจของลูกค้า ในการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามวิธีการทางซิกซ์-ซิกม่า จะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องในทุกๆ จุดของกระบวนการ ซึ่งจะต้องอาศัยกลยุทธ์ในการประยุกต์ใช้วิธีการต่างๆ ตามหลักสถิติ ซึ่งในที่นี้จะประยุกต์ใช้กลยุทธ์ทั้ง 5 ขั้นตอนที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิต คือ กระบวนการกำหนดและนิยามปัญหา (Define Phase) การวัดผล (Measure Phase) การวิเคราะห์ (Analyze Phase) การปรับปรุง (Improve Phase) และการควบคุม (Control Phase) [2] การคำนวณผลของการดำเนินงานจะอาศัยหน่วยวัดเป็น DPPM ซึ่งเป็นตัวย่อสากลที่ใช้กันในการชี้วัดความน่าจะเป็นที่จะมีของเสียในกลุ่มประชากรหนึ่งล้านชิ้น ซึ่งย่อมาจาก Defective Part Per Million สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$DPPM = d \times 1{,}000{,}000 / N \quad (1)$$

โดยที่ d = defectives คือจำนวนชิ้นงานเสียที่พบในสายการผลิต N คือ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตทั้งหมด

2. เทคนิค FMEA คือเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) มีแนวความคิดหลัก 3 ประการด้วยกันคือ

(1) การดำเนินการโดยคณะทำงานซึ่งอยู่ในลักษณะแบบข้ามสายงานจากบุคลากรที่มีความรู้ และประสบการณ์สำหรับแต่ละด้าน โดยขณะทำงานที่ดีจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการคือ คุณสมบัติเฉพาะบุคคล การบริหารคณะทำงาน และวัฒนธรรมขององค์กร

(2) การดำเนินการผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการ โดยเริ่มจากการบ่งชี้กระบวนการ และจะทำการประเมินผลความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number เป็นตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัวดังสมการที่ 2

$$RPN = O \times S \times D \quad (2)$$

โดยที่ O = Occurrence คือระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น D = Detection คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

(3) การดำเนินการโดยเน้นการปรับปรุงไม่สิ้นสุด ซึ่งได้มาจากความพยายามในการทบทวนเอกสารเกี่ยวกับกระบวนการ FMEA เสมอ ดังนั้น ความเสี่ยงของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องจะได้รับการประเมิน และแก้ไขเพื่อการลดความเสี่ยงลงอย่างไม่สิ้นสุด [3] ขั้นตอนในการจัดทำ FMEA มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การกำหนดกลยุทธ์ในการจัดทำ FMEA

2) การทบทวนกระบวนการ

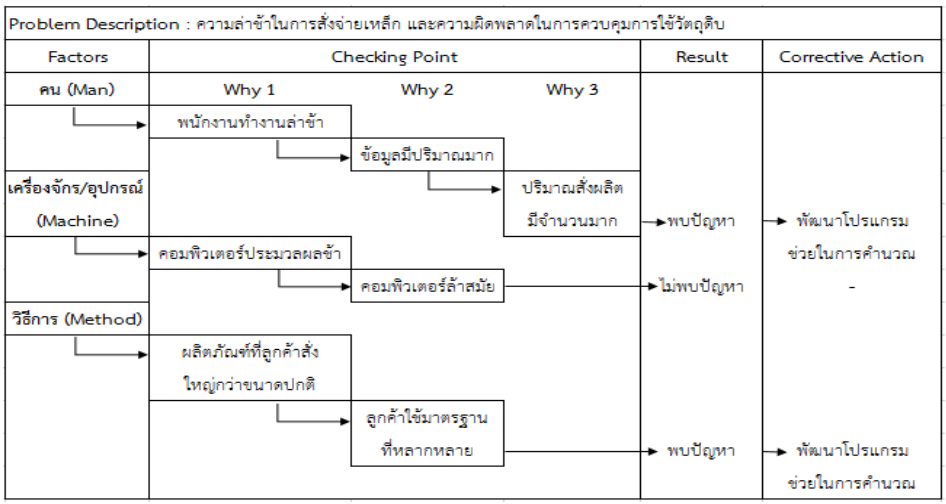
3) การระดมสมองค้นหาแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการ

4) การประเมินผลตัวเลขแสดงความเสี่ยง (RPN)

5) การกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยง [4]

3. ความสูญเสีย 7 ประการ [4] ความสูญเสียสามารถจำแนกออกได้เป็น 7 ประการ (7 Wastes) ดังนี้ ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction) ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory) ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation) ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion) ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing) ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay) ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความสูญเสียเนื่องมาจากด้านต่างๆ ข้างต้นแล้ว กระบวนการผลิตจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขและทำการควบคุมอย่างเหมาะสม เครื่องมือสำหรับการค้นหาสาเหตุรากเหง้า (Root Cause) ที่ทำให้เกิดความสูญเสียมีอยู่ด้วยกันหลายอย่าง[4] เช่น ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือเทคนิคการตั้งคำถามว่า ทำไม ทำไม (Why Why Analysis) โดยตั้งคำถามจากแหล่งปัญหาทั้ง 4 ประการ คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machines) วิธีการ (Method) และวัตถุดิบ (Material) รูปแบบของผังแสดงเหตุและผลแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยหลักการ Why Why Analysis

(ยอดนภา เกษเมือง, 2559)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ค้นคว้าทำการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำแนวทางมาใช้ในการดำเนินงานมีรายละเอียดต่อไปนี้

ศุภชัย สุวรรณกนิษฐ์ ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่อง การนำเสนอรูปแบบการบริหารจัดการแบบซิกส์-ซิกม่าในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 5 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกรอบความคิดในการวิจัย ขั้นตอนที่ 2 สร้างรูปแบบการบริหารจัดการแบบซิกส์-ซิกม่า ในสำนักงานพื้นที่การศึกษา ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการโดยวิธีการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 8 คน ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความเป็นไปได้ของรูปแบบการบริหารจัดการแบบซิกส์-ซิกม่า เพื่อปรับปรุงการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า สามารถลดรอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) และการลดความบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้น [5]

วีรพจน์ เหล่าโพธิ์วิหาร ทำการศึกษาทฤษฎี ปรัชญาและขั้นตอนของซิกส์-ซิกม่า เพื่อแก้ไขและปรับปรุงสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ บริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) โดยทำการปรับปรุงการผลิตในภาพรวม กำหนดข้อจำกัดเพื่อนำไปใช้ประกอบด้านแผนการดำเนินงานกระบวนการ การจัดโครงสร้างองค์กรการอบรม และเส้นทางของระบบซิกส์-ซิกม่า ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต้นทุนที่ประหยัดได้ประมาณ 353,300 ดอลลาร์ ซึ่งถือว่าประหยัดได้เกินกว่าเป้าที่ตั้งไว้ [6]

ปารเมศ ชุติมาและภาณุ ชุดเจือจีน ได้ศึกษาค้นคว้า เรื่องการประยุกต์ซิกส์ - ซิกม่า เพื่อลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพง ที่มีความต้องการด้านคุณภาพของสินค้าสูงมาก จากข้อมูลก่อนการปรับปรุงพบว่ามีปริมาณของเสียคิดเป็น 19,615 DPPM หลังมีการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดปริมาณของเสียเหลือเพียง 3,240 DPPM ซึ่งเทียบเท่ากับระดับมาตรฐาน 2.99σ [7]

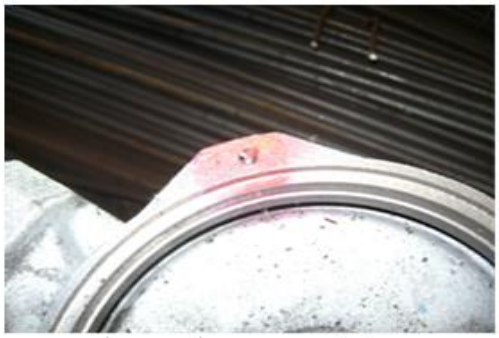
การดำเนินงาน

การนิยามปัญหา (Define Phase) ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการจัดตั้งทีมงานเพื่อศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน ทีมงานจะประกอบไปด้วย ผู้จัดการฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายผลิต ฝ่ายประกันคุณภาพและผู้วิจัย ทางทีมงานได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการผลิตจากแผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) ดังตารางที่ 1 เป็นเวลา 6 เดือน ดังตารางที่ 2 ซึ่งลักษณะชิ้นงานที่เสียจะมีลักษณะดังรูปที่ 2 และ 3

ตารางที่ 1 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการผลิตหอยโข่ง

แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ									
แผนภูมิใบที่ ...1..... ในจำนวน.....6.....			**วันที่ทำการศึกษา**						
กิจกรรม : กระบวนการผลิตตัวหอยโข่ง			**การทำงาน**		**ปัจจุบัน**		**ปรับปรุง**		**ลดลง**
สถานที่ : เครื่องจักรกล 1			Operation ○		8				
			Transport ⇨		1				
			Delay D		1				
			Inspection □		-				
			Storage ▽		0				
ผู้บันทึก :.....วันที่ : ...../...../.....			ระยะทาง(เมตร)		39.5				
ผู้ตรวจ :.....วันที่ : ...../...../.....			เวลา(วินาที)		707				
			ต้นทุน						
ขั้นตอน	**ปริมาณ**	**ระยะทาง (เมตร)**	**เวลา (วินาที)**	**สัญลักษณ์** ○ □ ⇨ D ▽					**หมายเหตุ**
	-	-	-						
จัดงานส่งกระบวนการผลิต	1	12	60						
กลึงปาดหน้าและคว้านรูทางน้ำเข้า	1	2	35						
ต๊าปเลียวขนาด 1 นิ้วทางน้ำเข้า		1.5	55						
กลึงปาดหน้าลดขนาด+กลึงบ่าประกบหน้าแปลน	1	1.5	215						
เจาะรูระบายน้ำทิ้ง	1	1.5	10						
กลึงปาดหน้าและคว้านรูทางน้ำออก+เจาะรูและต๊าปเกลียวรูล่อน้ำ		2	102						
เจาะรูและต๊าปเกลียว 4 รูยึดหน้าแปลน	1	1.5	50						
ต๊าปเกลียวทางน้ำออก		1.5	50						
ต๊าปเกลียวรูระบายน้ำ		2	10						
ตรวจสอบ	1	2	60						
จัดส่งแผนกสโตร์	1	12	60						
รวมทั้งหมด	**7**	**39.5**	**707**						

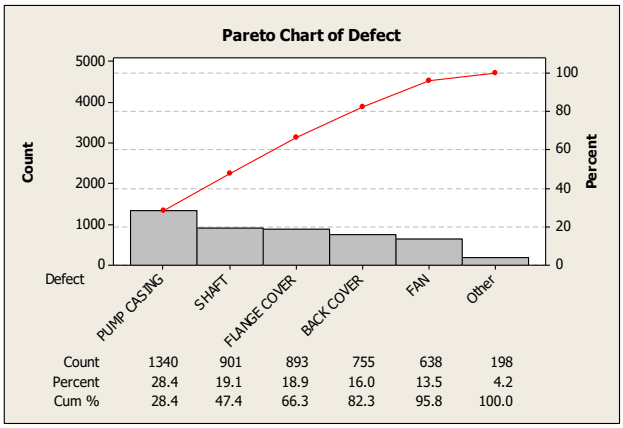
รูปที่ 2 ของเสียที่เกิดจากการหล่อแต้มด้วยสีฟ้า



รูปที่ 3 ของเสียที่เกิดจากการผลิตแต้มด้วยสีแดง

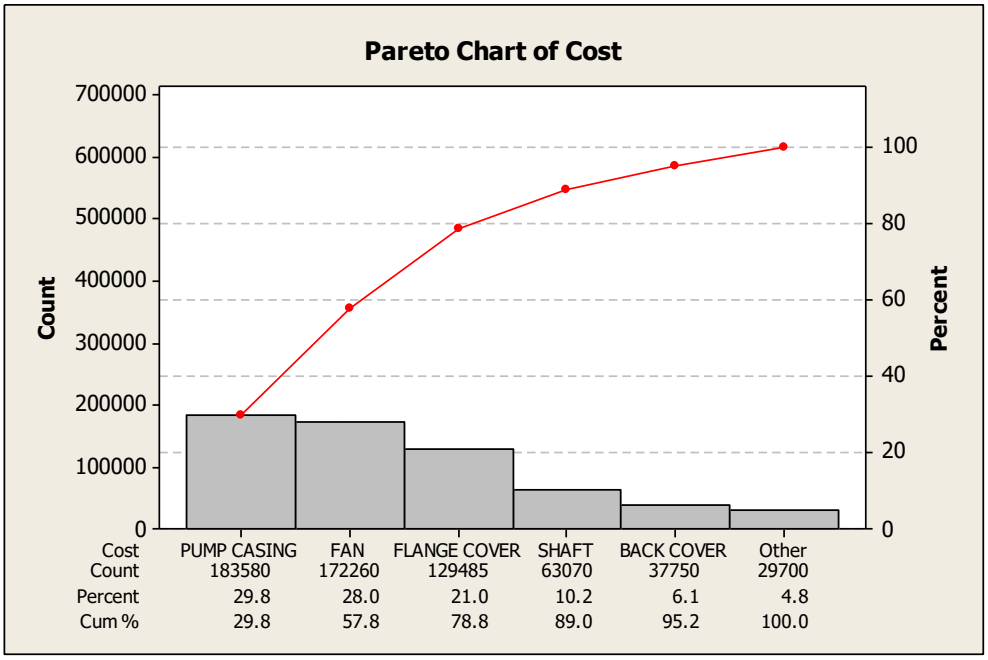
ตารางที่ 2 สรุปยอดของเสียรวมทั้งหมด (6 เดือนก่อนดำเนินการ)

ลำดับ	ผลิตภัณฑ์	จำนวนผลิต (ชิ้น)	จำนวนเสีย (ชิ้น)	ต้นทุน (บาท/หน่วย)	คิดเป็นมูลค่าของเสีย (บาท)
1	หอยโข่ง (Pump Casing)	17,474	1,340	137	183,580
2	ฝาหน้าแปลน (Flange Cover)	15,780	893	145	129,485
3	ตัวปั๊ม (Motor Casing)	15,276	198	150	29,700
4	ฝากันชนหลัง (Back Cover)	16,500	755	50	37,750
5	แกน (Shaft)	17,650	901	70	63,070
6	ใบพัด (Fan)	15,092	638	270	172,260
รวม		97,772	4,856	-	615,845



รูปที่ 4 แผนภาพพาเรโตแสดงปริมาณของเสียในชิ้นส่วนต่างๆ (ยอดนภา เกษเมือง, 2559)

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าหอยโข่ง (Pump Casing) มีสัดส่วนของเสียมากเป็นลำดับแรก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานอื่นๆ อีกทั้งมีมูลค่างานเสียรวมทั้งหมด 183,580 บาท ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 5 ในสายการผลิตหอยโข่ง (Pump Casing) นั้นสามารถแบ่งแยกลักษณะชิ้นงานเสียออกเป็น 4 ลักษณะด้วยกันดังตารางที่ 3 เมื่อคำนวณของเสียในหน่วย DPPM ก่อนการปรับปรุงจะมีค่าเท่ากับ 76,685 DPPM ดังนั้นชิ้นส่วนหอยโข่ง (Pump Casing) จึงควรได้รับการแก้ไขปรับปรุงก่อน



รูปที่ 5 ข้อมูลมูลค่างานเสียของชิ้นส่วนต่างๆ (ยอดนภา เกษเมือง, 2559)

ตารางที่ 3 ความถี่ของปัญหาที่เกิดในปัจจุบัน

Part name	Defects	Total
หอยโข่ง (Pump Casing)	เจาะเยื้องศูนย์	466
	ต๊าปเกลียวเสีย	428
	เจาะเสีย	280
	กลึงไม่ได้ขนาด	166
(1,340/17,474) x 1,000,000 = **76,685** DPPM.		1,340

การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือ FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการของหอยโข่ง (Pump Casing) พร้อมกับพิจารณาผลกระทบ ความรุนแรงของผลกระทบ ความถี่ของผลกระทบที่เกิดขึ้น รวมถึงมาตรการการป้องกันของข้อบกพร่อง หากค่าคะแนน RPN ของกระบวนการใดมีค่าสูงสุด 3 อันดับแรก จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาต่อไป ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

FMEA สำหรับกระบวนการ

Process Name : Pump casing **Product : VM 100**

FMEA Committee : Process **FMEA Number: TN-001**

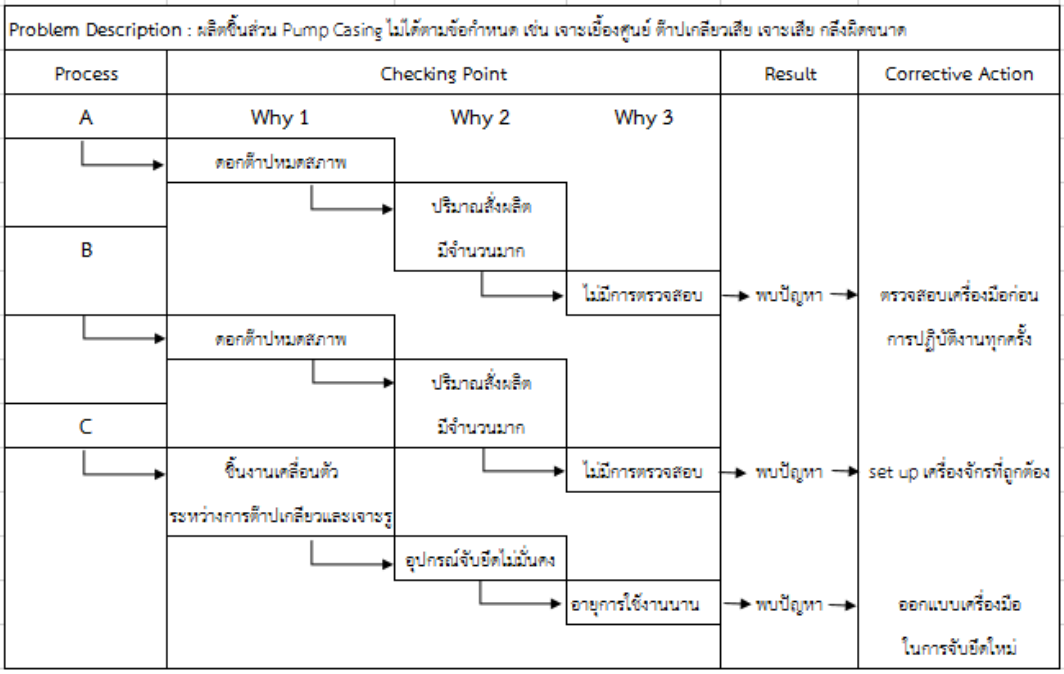
Process	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	SEV	Potential Cause	OCC	Current Control	DET	RPN
จัดงานส่งกระบวนการผลิต	โดนวัสดุอื่นๆ	ชิ้นงานถูกกระแทกเกิดรอยแตกร้าว	3	พนักงานทำงานไม่ระมัดระวัง	2	ตรวจสอบระเบียบการทำงานของพนักงานโดยผู้ตรวจสอบ	2	12
กลึงปาดหน้า+คว้านรูทางน้ำเข้า	ขนาดไม่ตรงตามข้อกำหนด	เมื่อเข้าสู่การประกอบจะทำให้เกิดความผิดพลาดในแง่ของความผันแปร	7	ขาดการตรวจสอบ Tools ก่อนปฏิบัติงาน เครื่องมือวัดไม่ได้สอบเทียบ	6	ตรวจสอบเครื่องมือก่อนการปฏิบัติงานทุกครั้ง	5	210
ต๊าปเกลียวขนาด 1 นิ้ว ทางน้ำเข้า	เกลียวแตก	ผลิตภัณฑ์นำใช้งานได้แต่ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	7	ตอกต๊าปหมดสภาพการใช้งานรอบการใช้งานผิด	8	ตรวจสอบเครื่องมือก่อนการปฏิบัติงานทุกครั้งและการset up เครื่องจักรที่ถูกต้อง	8	448
กลึงปาดหน้าลดขนาด+กลึงปาประกบหน้าแปลน	ขนาดไม่ตรงตามข้อกำหนด	เมื่อเข้าสู่การประกอบจะทำให้เกิดความผิดพลาดในแง่ของความผันแปร	7	ขาดการตรวจสอบ Tools ก่อนปฏิบัติงาน เครื่องมือวัดไม่ได้สอบเทียบ	6	ตรวจสอบเครื่องมือก่อนการปฏิบัติงานทุกครั้ง	6	252
เจาะรูระบายน้ำทิ้ง	ขนาดไม่ตรงตามข้อกำหนดเกิดการเยื้องศูนย์	เมื่อเข้าสู่การประกอบจะทำให้เกิดความผิดพลาดในแง่ของความผันแปร	7	ไม่มีการออกแบบ jig ในการจับยึดชิ้นงาน	6	ออกแบบเครื่องมือในการจับยึดใหม่	5	210
กลึงปาดหน้า+คว้านรูทางน้ำออก+เจาะรูและต๊าปเกลียวรูล่อน้ำ	ขนาดไม่ตรงตามข้อกำหนด	เมื่อเข้าสู่การประกอบจะทำให้เกิดความผิดพลาดในแง่ของความผันแปร	7	ขาดการตรวจสอบ Tools ก่อนปฏิบัติงาน และวิธีการทำงานที่ถูกต้อง	7	ออกแบบวิธีและมาตรฐานการทำงานให้กับพนักงาน และตรวจสอบสภาพเครื่องมือก่อนการปฏิบัติงาน	5	245

จากตารางที่ 4 เป็นผลการคำนวณค่า RPN ของกระบวนการ 6 กระบวนการจากทั้งหมด 11 กระบวนการ จากสมการที่ (1) เช่น กระบวนการ ต๊าปเกลียวขนาด 1 นิ้วทางน้ำเข้า ค่า RPN = 7 x 8 x 8 = 448 ส่วนกระบวนการอื่นๆ จะมีการคำนวณเหมือนกัน ผลการคำนวณมีค่า RPN สูงสุด 3 ลำดับแรกได้แก่ 1) กระบวนการต๊าปเกลียวขนาด 1 นิ้วทางน้ำเข้า 448 คะแนน 2) กระบวนการต๊าปเกลียวรูระบายน้ำ 343 คะแนน และ 3) กระบวนการเจาะรูและต๊าปเกลียว 4 รูยึดหน้าแปลนและกระบวนการต๊าปเกลียวทางน้ำออก มีคะแนนเท่ากันคือ 294 คะแนน ดังนั้นการแก้ไขปัญหาจะดำเนินการทั้งสามกระบวนการนี้

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

หลังจากเลือกกระบวนการที่มีค่า RPN สูงสุด 3 ลำดับแรกจากตารางที่ 4 ได้แล้วขั้นตอนต่อมาคือการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาของชิ้นส่วนหอยโข่ง (Pump Casing) เพิ่มเติมโดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดเพื่อที่จะได้กำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาและการป้องกันไม่เกิดซ้ำต่อไป ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปสาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ไข



หมายเหตุ A: กระบวนการต๊าปเกลียวขนาด 1 นิ้วทางน้ำเข้า, B: กระบวนการต๊าปเกลียวรูระบายน้ำ,
C: กระบวนการเจาะรู + ต๊าปเกลียว 4 รูยึดหน้าแปลน และกระบวนการต๊าปเกลียวทางน้ำเข้า

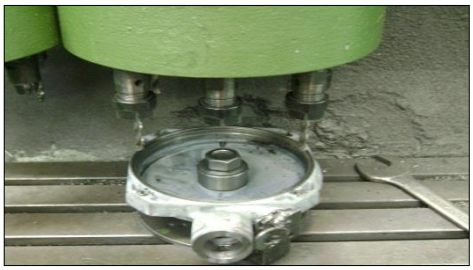
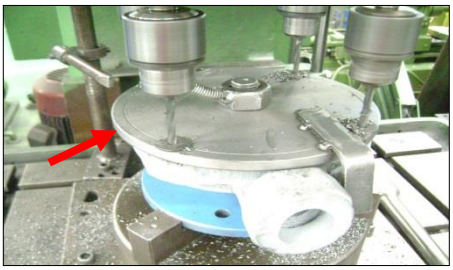
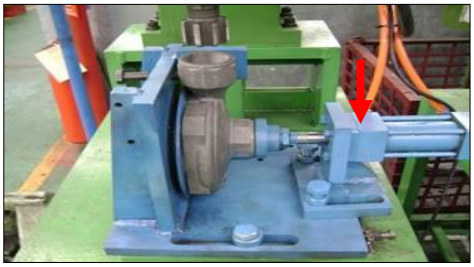
จากตารางที่ 5 สามารถสรุปสาเหตุของปัญหาโดยรวมคือ เกิดจากเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ไม่สามารถจับยึดชิ้นงานได้อย่างมั่นคงและมีการละเลยการตรวจสอบเครื่องมือก่อนการปฏิบัติงาน ส่วนวิธีการแก้ไขปัญหาคือ การออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้มีความแข็งแรงและมั่นคงและการตรวจสอบเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือวัดทุกครั้งก่อนการปฏิบัติงานและจัดทำวิธีการปฏิบัติงานให้เป็นมาตรฐานต่อไป

การปรับปรุงแก้ไขปัญหาของกระบวนการ (Improve Phase)

ทีมงานได้มีการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยครอบคลุมในทุกสาเหตุของปัญหา ซึ่งได้ยกตัวอย่างการแก้ไขปัญหาดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบวิธีการทำงานก่อนและหลังการดำเนินงาน

วิธีปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง	วิธีปฏิบัติงานหลังปรับปรุง
1. การต๊าปเกลียวโดยการยึดชิ้นงาน 1 ตำแหน่งทำให้เกิดการเคลื่อนตัว เวลาคายเกลียวทำให้เกลียวแตก	1. การออกแบบตัวจับยึดโดยการล็อครอบตัวปั๊มจำนวน 3 ตำแหน่ง ทำมุมกับหน้าแปลน 120 องศา

วิธีปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง	วิธีปฏิบัติงานหลังปรับปรุง
2. การเจาะโดยการยึดชิ้นงาน 1 ตำแหน่งจะทำให้เกิดการเยื้องศูนย์ เนื่องจากการจับยึดไม่ถูกวิธี 	2. ออกแบบวิธีจับยึดใหม่ โดยวิธีนำแผ่นจิ๊กที่ทำการเจาะรูนำศูนย์ของดอกสว่าน 
3.การล็อคชิ้นงานด้วยมือทำให้การล็อคไม่สม่ำเสมอ ทำให้ชิ้นงานหมุนได้	3.ออกแบบตัวจับยึด โดยใช้แรงลมอัดล็อคปากทางน้ำเข้า และปากทางน้ำออก 
4. ไม่มีมาตรฐานในการทำงาน และไม่มีการอบรมก่อนการปฏิบัติงาน	4. จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานและจัดฝึกอบรมพนักงานให้มีความเข้าใจ

Control Phase การดำเนินงานแก้ไขปัญหาจะดำเนินการตามกระบวนการทำงานคือ กระบวนการใดที่มีการต๊าปเกลียวจะดำเนินการออกแบบอุปกรณ์จับยึดตามขั้นตอนที่ 1 และใช้แรงลมอัดล็อคตามขั้นตอนที่ 3 เพื่อให้ชิ้นงานมีความมั่นคงและกรณีการเจาะเยื้องศูนย์จะดำเนินการนำแผ่นจิ๊กที่ทำการเจาะรูนำศูนย์ของดอกสว่านตามขั้นตอนที่ 2 อีกทั้งทำการอบรมการปฏิบัติงานให้กับพนักงานเกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและให้มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ 4

การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

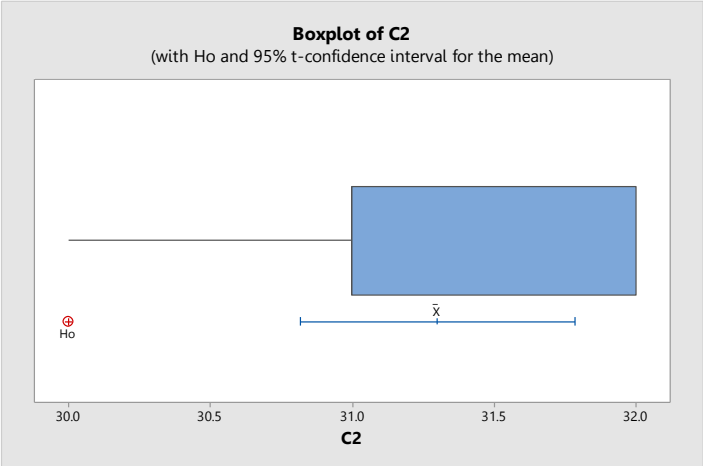
1 ทดสอบผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนด ซึ่งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยทดสอบความสามารถของปั๊มน้ำว่าสามารถปั๊มน้ำให้มีระดับความสูงมากกว่า 30 เมตรได้หรือไม่ โดยตั้งสมมติฐานคือ $H_0 : \mu = 30, H_a : \mu > 30$ หากค่า P

(P-Value) จากการทดสอบมากกว่าค่า α ($\alpha = 0.05$) จะทำการยอมรับสมมติฐานหลักและปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก ดังรูปที่ 6

One-Sample T: C2

Test of μ = 30 vs > 30

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Lower Bound	T	P
C2	10	31.300	0.675	0.213	30.909	6.09	0.000

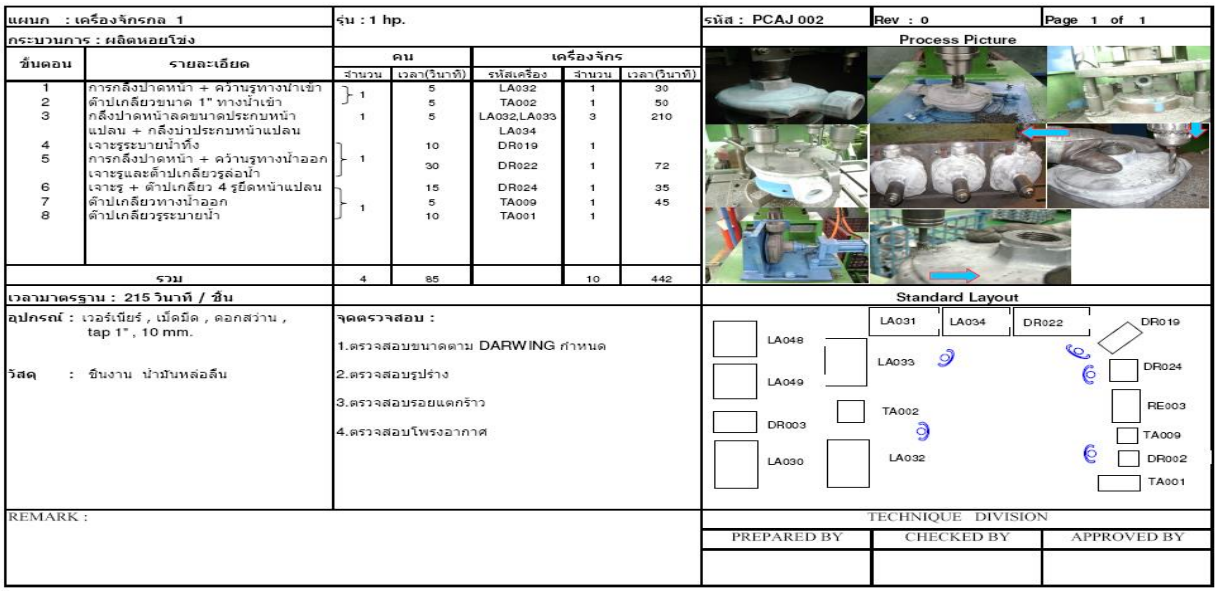


รูปที่ 6 การทดสอบแรงดันของปั๊มน้ำ (ยอดนภา เกษเมือง, 2559)

จากรูปที่ 6 ผลการทดสอบความสูงของระดับน้ำที่ปั๊มได้ 10 ตัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.30 เมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.675 เมตร ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าค่า P มีค่าเท่ากับ 0.000 จึงสรุปว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานทางเลือกแสดงว่าปั๊มน้ำสามารถปั๊มน้ำได้สูงกว่า 30 เมตรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด

2 จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Work Instruction)

หลังจากมีการยืนยันผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้ปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง จึงได้มีการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 มาตรฐานการปฏิบัติงานของชิ้นส่วนหอยโข่ง (Pump Casing) (ยอดนภา เกษเมือง, 2559)

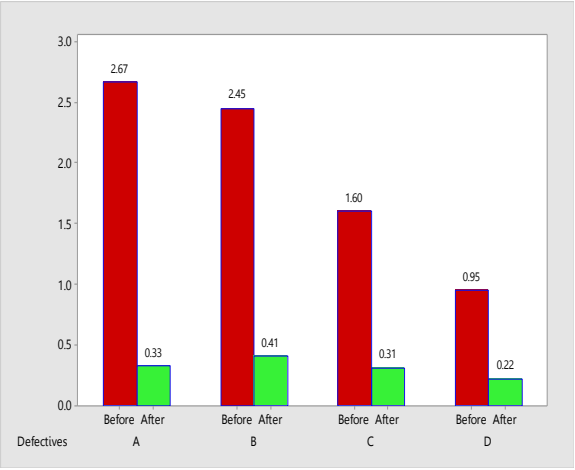
จากรูปที่ 7 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน ซึ่งจะประกอบด้วยรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานย่อย จำนวน 8 ขั้นตอน มีการระบุจำนวนคนปฏิบัติงาน ระบุเครื่องจักรที่ใช้ในการปฏิบัติงาน มีภาพประกอบการทำงาน ระบุผังการปฏิบัติงานที่ชัดเจนโดยระบุตำแหน่งการยืนปฏิบัติงานของพนักงาน ระบุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบและจุดตรวจสอบของผลิตภัณฑ์ 4 จุดด้วยกัน

สรุปผล

จากการดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนหอยโข่ง (Pump Casing) ทำให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น โดยของเสียลดลงทำให้การผลิตดีขึ้นโดยเฉพาะไม่มีของเสียหลุดไปยังลูกค้าซึ่งถ้ามีของเสียจะพบในกระบวนการผลิตก่อนแต่ก็ต้องมีการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อปัญหาที่จะเกิดซ้ำและปัญหาที่จะเกิดขึ้นมาอีกได้ ดังตารางที่ 7 และรูปที่ 8

ตารางที่ 7 ปริมาณของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตก่อน-หลังการปรับปรุง

ชื่อชิ้นส่วน	ลักษณะของเสีย	ก่อนการปรับปรุง (ชิ้น)	หลังการปรับปรุง (ชิ้น)
หอยโข่ง (Pump Casing)	A=เจาะเยื้องศูนย์	466	44
	B=ต๊าปเกลียวเสีย	428	55
	C=เจาะเสีย	280	42
	D=กลึงไม่ได้ขนาด	166	30
	รวมจำนวนของเสีย	1,340	171
	จำนวนที่ผลิตทั้งหมด	17,474	13,452
	จำนวนในหน่วย DPPM.	76,685	12,711
	มูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยต่อเดือน (บาทต่อเดือน)	30,597	3,905



รูปที่ 8 กราฟแสดงร้อยละของเสียของชิ้นงานก่อน-หลังการปรับปรุง

จากตารางที่ 7 เป็นการเปรียบเทียบผลการปรับปรุงการดำเนินงานพบว่า จำนวนของเสียในหน่วย DPPM. ลดลงจาก76,685 DPPM. เป็น 12,711 DPPM. และมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยต่อเดือน ลดลงจาก 30,597 บาทต่อเดือน เป็น 3,905 บาทต่อเดือน และเปรียบเทียบด้วยค่าร้อยละของเสียที่ลดลงดังรูปที่ 8 เช่น เจาะเยื้องศูนย์ ลดลงจากร้อยละ 2.67 เหลือ ร้อยละ 0.33 เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาตัวหอยโข่ง 1 HP ที่มีค่าร้อยละของเสียมากที่สุดคือ ร้อยละ 28.4 อีกทั้งยังมีร้อยละมูลค่างานเสียมากที่สุดคือร้อยละ 29.8 ชิ้นส่วนที่เป็นปัญหามากที่สุดคือ หอยโข่ง (Pump Casing) จำนวน 76,685 DPPM. และมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 30,597 บาท ผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการผลิต พบว่าจำนวนของเสียในหน่วย DPPM. ลดลงจาก 76,685 DPPM. เป็น 12,711 DPPM. และมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยต่อเดือน ลดลงจาก 30,597 บาทต่อเดือน เป็น 3,905 บาทต่อเดือน ในการวิจัยยังพบปัญหาที่ส่งผลต่อกระบวนผลิต คืออุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ปัญหาบุคลากรที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อย รวมทั้งปัญหาของวัตถุดิบที่ส่งผลต่อการผลิตไม่ได้ตามเป้าหมาย ในการดำเนินงานตามวิธีการของ DMAIC หรือ ซิกซ์-ซิกม่า นั้นบุคลากรภายในองค์กรทุกคนมีความสำคัญจำเป็นต้องมีการพัฒนาทักษะความรู้ เพื่อที่จะสามารถดำเนินงาน ปรับปรุงและแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าแผนงานที่กำหนดไว้ควรจะดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และมีการประเมินผลอย่างเป็นระยะเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธนบุรี ได้แก่ นายโกสินทร์ แก้วกำเนิด นายวีรพงษ์ จีนวงศ์ และนายวรวัฒน์ เสียงดัง ที่ได้ช่วยเหลือในส่วนของการเก็บข้อมูลต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท ตัวอย่างที่เป็นเจ้าของข้อมูล ได้ให้ความสะดวกในการทำงานวิจัยตลอดจนพนักงานฝ่ายผลิตทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

บรรณานุกรม

[1] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2550. *FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ.* กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[2] กาญจนา สร้อยระย้า, ธนกฤต จรัสรุ่งชวลิต และวรภัทร์ ภู่เจริญ. 2537. *ชำแหละ Six Sigma.* กรุงเทพฯ : บริษัท อริยชน จำกัด.

[3] Forrest, W. Breyfogle III. *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*, USA, John Wiley & sons, 1999.

[4] ดวงรัตน์ ชีวปัญญาโรจน์. และศุภศักดิ์ พงษ์อนันต์. (2554). *ความสูญเสีย 7 ประการ (7 Wastes).* กรุงเทพฯ : สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

[5] ศุภชัย สุวรรณกนิษฐ์, (2549). *การนำเสนอรูปแบบการบริหารจัดการแบบซิกส์-ซิกม่า ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา.* วิทยานิพนธ์การศึกษาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

[6] วีรพจน์ เหล่าโพธิ์วิหาร. (2544). *แนวทางการแก้ไขปรับปรุงสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ โดยบริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย).* กรุงเทพฯ :

[7] ปารเมศ ชุติมา และภาณุ ชุดเจือจีน. (2550). *การประยุกต์ซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียจากการพ่นสี รองในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพง.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.