

การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมาในการลดอัตราของเสีย: กรณีศึกษา

Six Sigma Application in Defective Rate Reduction: A case study

จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ และ ณัฐเจตน์ เกษมกล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ผู้ผลิตที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำกว่าย่อมมีความได้เปรียบเชิงธุรกิจ ซึ่งการที่จะผลิตสินค้าให้มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำนั้นอาจจะทำได้โดยการผลิตสินค้าให้มีคุณภาพและไม่มีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของกรณีศึกษา โดยใช้กลยุทธ์ซิกซ์ ซิกมา ขั้นตอนการดำเนินงานนั้นประกอบด้วย การบ่งชี้ปัญหา การวัดและรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม โดยมีดัชนีชี้วัดความสำเร็จ คือ อัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งจากการดำเนินงานพบว่า อัตราของเสียที่เกิดขึ้นลดลง 0.04% และปรับปรุงค่า Z-score จากเดิม 1.53 เป็น 3.30

คำสำคัญ : ซิกซ์ ซิกมา อัตราของเสีย ดัชนีชี้วัด

Abstract

Nowadays, a company having low production cost gains advantages in doing businesses and low production cost can be achieved by producing quality products with no defect. This research aims to reduce the defective rate of the case study by applying Six Sigma. Six Sigma's working steps used in this research consist of Define, Measure, Analyze, Improve and Control. The key research indicator is the defective rate. By applying the Six Sigma, the defective rate is decreased by 0.04% and Z-score is improved from 1.53 to 3.30.

Keywords : six sigma, defective rate reduction, research indicator

1. บทนำ

จากสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการแข่งขันกันสูง ผู้บริโภคมีทางเลือกในการเลือกซื้อสินค้ามากขึ้น องค์กรที่มีความสามารถและมีการผลิตที่มีประสิทธิภาพก็จะสามารถอยู่รอดได้ โดยสินค้าที่ผลิตนั้นก็ต้องเป็นสินค้าที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคซึ่งก็คือมี คุณภาพดี ในราคาที่เหมาะสมและสามารถส่งมอบได้ตามเวลาที่ลูกค้าต้องการ ดังนั้น องค์กรต่าง ๆ จึงได้หันมาให้ความสำคัญ

สำคัญ กับคุณภาพของสินค้า นอกจากสินค้าที่มีคุณภาพดีจะเป็นที่ต้องการแล้ว การผลิตสินค้าที่มีคุณภาพดีจะทำให้ต้นทุนต่ำลง เนื่องจากไม่เกิดความสูญเสียในการผลิต กรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตยางรถยนต์ เป็นองค์กรหนึ่งที่เห็นความสำคัญของคุณภาพ จึงได้มีการนโยบายในการลดของเสียงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคของ ซิกซ์ ซิกมา ในการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยจะ

พิจารณาการปรับปรุงปัญหาของข้อบกพร่องในยางรถยนต์ ซึ่งประกอบไปด้วยยางรถแก่ง (Wire Belt Radial) และยางรถปิ๊กอัพ (Radial Light Truck) ที่ทำการผลิตในโรงงานกรณีศึกษา

การดำเนินการวิจัยนี้จะใช้หลักการของซิกซ์ ซิกมา และประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่เกิดขึ้น ขั้นตอนหลักของซิก ซิกมา [1] มีดังนี้

- 1.การบ่งชี้ปัญหา (D – Define) ระบุขอบเขตของการวิจัย และจัดทำแผนการวิจัย
- 2.การวัดและรวบรวมข้อมูล (M – Measure) เลือกคุณลักษณะที่ต้องการปรับปรุงกำหนดเป้าหมายและขอบเขตที่ยอมรับได้ และประเมินความสามารถของระบบการวัด
- 3.การวิเคราะห์ (A - Analyze) ศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน ณ ปัจจุบัน กำหนดเป้าหมายในการปรับปรุง และศึกษาตัวแปรต้นกระบวนการ
- 4.การปรับปรุง (I - Improve) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุ กำหนดการตั้งค่าตัวแปรที่สำคัญ และจัดทำแผนการนำไปปฏิบัติ
- 5.การควบคุม (C – Control) ประเมินผลสำเร็จของแผน กำหนดมาตรการในการเฝ้าระวังปัญหาและการควบคุมสาเหตุ และสร้างมาตรการในการคงสภาพการปรับปรุงให้คงอยู่ตลอดไป

2. แนวความคิดของ ซิกซ์ ซิกมา

ความแตกต่างระหว่างการพัฒนาคุณภาพทั่ว ๆ ไปกับการพัฒนาโดยใช้ซิกซ์ ซิกมา นั้นเกี่ยวข้องกับประเด็นในการให้ความสนใจในการแก้ปัญหาเป็นหลัก ยกตัวอย่างเช่น การบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (TQM - Total quality management) โปรแกรมที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพในแต่ละขั้นตอนการผลิตในแต่ละกระบวนการที่ไม่เกี่ยวข้องกันนั้น การพัฒนาจะก่อให้เกิดผลและประสิทธิภาพด้วยเวลานาน ก่อนที่กระบวนการผลิตเหล่านี้จะปรับปรุง ในขณะที่ซิกซ์ ซิกมามุ่งเน้นการ

พัฒนาทุก ๆ กระบวนการผลิต ซึ่งจะก่อให้เกิดผลการพัฒนาและประสิทธิภาพที่มากกว่าและเร็วกว่า

ซิกซ์ ซิกมา นั้นแท้จริงแล้วเป็นภาษาในวิชาสถิติ ซึ่งสัญลักษณ์ซิกมา เป็นตัวอักษรในภาษากรีก ที่ใช้แทนความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งค่าซิกมายิ่งสูงแสดงว่ามีความแปรปรวนของกระบวนการยิ่งสูง ทำให้มีพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือพื้นที่ในการยอมรับหรือในสเปคน้อยลง นั่นคือมีของเสียที่อยู่ นอกเหนือขอบเขตที่ยอมรับได้น้อยลง โดยที่ในระดับ 6 Sigma นั้นจะยอมรับให้เกิดของเสียได้ที่มีปริมาณ 3.4 ชิ้น ในการผลิต 1 ล้านชิ้น หรือที่เรียกว่า 3.4 ppm (Parts per Million) ซึ่งหากเป็นไปตามเส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติ (Normal Distribution Curve) จริงๆ ทางสถิติ นั้นระดับ 6 Sigma จะมีของเสียที่อยู่นอกขอบเขตของการยอมรับเท่ากับ 0.002 ชิ้น ต่อ 1 ล้านชิ้นเท่านั้น แต่เหตุผลที่หลักการซิก ซิกมา ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการยอมรับของเสียที่ 3.4 ppm ก็เพราะว่าในขณะที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ความแปรปรวนในบริษัทโมโตโรลานั้น ได้พบว่าไม่มีระบบการผลิตใดเลยที่จะไม่ถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก นั่นก็คือเราไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกเพื่อไม่ให้ส่งผลถึงความเบี่ยงเบนของข้อมูลได้ ซึ่งระบบที่ไม่มีความแปรปรวนเลยจึงเป็นเพียงระบบในอุดมคติ (Ideal System) ดังนั้นโมโตโรลจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่ในกระบวนการผลิต เพื่อหาความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยภายนอกอันส่งผลถึงการคลาดเคลื่อนของค่ากึ่งกลาง ซึ่งได้ข้อสรุปจากการวิเคราะห์คือค่าเบี่ยงเบนของข้อมูลอันเนื่องจากปัจจัยภายนอกมีค่าอยู่ในช่วง 1.4-1.6 เท่าของซิกมา จึงนำค่าเฉลี่ยคือ 1.5 เท่าของซิกมา เป็นค่าความเบี่ยงเบนของค่ากึ่งกลางข้อมูลที่ยอมรับได้นำมาใช้ในทฤษฎีซิก ซิกมา ซึ่งค่า 3.4 ppm จึงเป็นค่าความผิดพลาดที่ 4.5 เท่าของซิกมาตามหลักสถิติตนเอง ซึ่งโมโตโรลได้นำหลักการนี้มาใช้เพื่อตั้งเป็นเป้าหมายในระบบการผลิตของบริษัท และพัฒนาวิธีการต่างๆ เพื่อนำไปสู่เป้าหมายนั้น จนกลายเป็นระบบการจัดการที่มี

ประสิทธิภาพระบบหนึ่งในปัจจุบันและเป็นที่รู้จักไปทั่วโลก

โดยสรุปแล้ว ซิกซ์ ซิกมา คือกระบวนการปรับปรุงที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนภายในบริษัท โดยการออกแบบและเฝ้าติดตามทุกวันเพื่อการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า รวมถึงการลดผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้น และทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตให้น้อยที่สุด กระบวนการทางซิกซ์ ซิกมา ทำให้ในทุกกระบวนการผลิตบริษัททำความผิดพลาดต่าง ๆ ให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด กระบวนการซิกซ์ ซิกมา จะนำมาซึ่งกระบวนการที่เฉพาะเจาะจงในการสร้างกระบวนการผลิตขึ้นมาใหม่

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 การบ่งชี้ปัญหา

ในขั้นตอนนี้ได้จัดทำผังกระบวนการ (Process Mapping) โดยใช้ SIPOC เพื่อทำความเข้าใจภาพรวมของกระบวนการ ขอบเขตของกระบวนการ และลูกค้าของกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 1 หลังจากนั้นได้กำหนดหัวข้อโครงการ คือ “การลดผลิตภัณฑ์บกพร่องจากปัญหายางบวมที่แก้มยาง”

เมื่อได้หัวข้อแล้ว จึงได้จัดทำแผนการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1 ประเมินผลกระทบทางการเงินจากการดำเนินงานโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 2 และกำหนดผู้ดำเนินงาน รวมถึงผู้รับผิดชอบโครงการ[2] สุดท้ายจึงทำการกำหนดรายละเอียดของโครงการ ดังแสดงในภาพที่ 2

3.2 การวัดและการรวบรวมข้อมูล

การวัดและการรวบรวมข้อมูลประกอบไปด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนได้แก่ การเลือกคุณลักษณะที่ต้องการปรับปรุง กำหนดเป้าหมายและขอบเขตที่ยอมรับได้ และการประเมินความสามารถของระบบการวัด

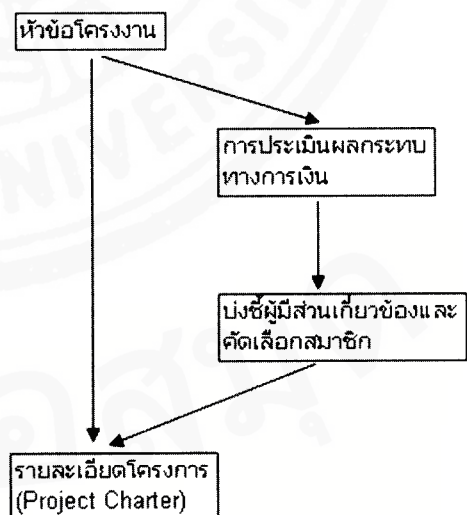
ในการดำเนินการเลือกคุณลักษณะที่ต้องการปรับปรุงนั้นได้เริ่มจากการรวบรวมข้อมูล โดยการแจกปัญหาเป้าหมายในลักษณะแยกย่อยออกมาเป็นปัญหาย่อย (Goal mean flow down) โดยจัดทำการวิเคราะห์จาก

บนลงล่าง (Top-down) หรือที่เรียกว่า Goal mean flow down ดังแสดงในภาพที่ 3

หลังจากนั้นได้ทำการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตที่ยอมรับได้ ซึ่งจากหัวข้อ 3.1 จะเห็นได้ว่าโครงการนี้ได้กำหนดเป้าหมายที่ 0.04% ดังนั้นขอบเขตที่ยอมรับได้ กำหนดให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.04% สุดท้ายคือการประเมินความสามารถของระบบการวัด ซึ่งในการดำเนินงานนี้ จะทำการวัด Gauge R&R (Gauge Repeatability and Reproducibility)[3] โดย Repeatability หมายถึง คุณสมบัติซึ่งแสดงความผันแปรภายในได้จากการวัดเดียวกันทุกประการ ส่วน Reproducibility หมายถึง คุณสมบัติซึ่งแสดงความผันแปรอื่นเกิดจากการเปลี่ยนคนวัด แต่ใช้วิธีการเดียวกัน เครื่องมือเดียวกัน

ตารางที่ 1 ผังกระบวนการ

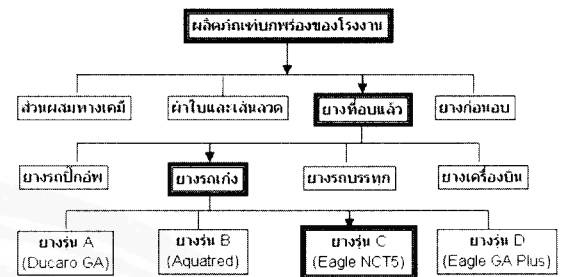
S	I	P	O	C
Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customer
บริษัทผู้ผลิตวัสดุ	ผ้าใบ สารเคมี ส่วนผสมยาง เส้นลวด	ฉนวนด้วยยาง ผสมยาง ทำขอบล้อ ใช้เครื่องจักร สร้างยาง อบยาง	ยางรถยนต์ที่ติดภาพ	บริษัทรถยนต์ ลูกค้าทั่วไป



ภาพที่ 1 แผนงานวิจัย

หัวข้อโครงการ :	ลดปัญหาของบวมที่แก้มยาง
ตัวชี้วัด (Metrics) :	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์บกพร่องจากปัญหาของบวมที่แก้มยาง
ขอบเขตของโครงการ :	ปรับปรุงปัญหาผลิตภัณฑ์บกพร่องในยางรถเก๋ง และยางรถปิกอัพ และติดตามผลหลังการจัดทำแผนการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 3 เดือน
เป้าหมายและผลกระทบทางการเงิน :	ลดปัญหาของบวมจาก 0.12 % เป็น 0.04%
ผลกระทบทางการเงินเท่ากับ	17,080 บาท/เดือน หรือ 204,960 บาท/ปี
สมาชิกทีม :	ผู้วิจัย, ผู้ชำนาญด้านกระบวนการ (Process expert)

ภาพที่ 2 รายละเอียดของโครงการ



ภาพที่ 3 Goal Mean Flow Down

ตารางที่ 2 ผลกระทบทางการเงินจากการดำเนินงานโครงการ

จำนวนยางที่ผลิตต่อเดือน	49,283 เส้น/เดือน
จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากปัญหาของบวมที่แก้มยาง	60 เส้น (scrap = 30 เส้น, Rework = 30 เส้น)
ต้นทุนต่อเส้น	Scrap = 824 บาท/เส้น, Rework = 30 บาท/เส้น
ประเมินค่าเสียหายก่อนปรับปรุง	$(824 \times 30) + (30 \times 30) = 25,620$ บาท/เดือน
เป้าหมายในการปรับปรุง	ลดปัญหาของบวมจาก 60 เส้นเป็น 20 เส้น
ประเมินค่าเสียหายหลังปรับปรุง	$(824 \times 10) + (30 \times 10) = 8,540$ บาท/เดือน
Savings	$25,620 - 8,540 = 17,080$ บาท/เดือน

สภาพปัจจุบันในโรงงานตัวอย่างนั้น กระบวนการในการตรวจจับผลิตภัณฑ์บกพร่องจากปัญหาของบวมที่แก้มยางนั้น ไม่มีเครื่องมือในการตรวจจับ แต่ใช้พนักงานตรวจจับผลิตภัณฑ์บกพร่องโดยใช้สายตา และการสัมผัสยาง ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ Gauge R&R ดังนี้

- เลือกพนักงานจำนวน 3 คน
- เลือกยางจำนวน 12 เส้นมียางดี และยางเสียปนกัน
- ให้พนักงานตรวจยาง 2 รอบ

เมื่อได้ทำการทดลองแล้ว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 และได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ พบว่า

- เมื่อตรวจสอบชิ้นงานชิ้นเดียวกัน พนักงานคนที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ตรงกับของเดิมร้อยละ (58.3%)

- เมื่อเปรียบเทียบกับความเป็นจริง พบว่าพนักงานคนที่ 3 ทำได้ดีที่สุด (73%)

- พนักงานตรวจยางทั้งสามคนมีปัญหาในการตรวจ คือ ตรวจไม่พบยางเสีย (33.33%, 50% และ 33.3%)

- เปอร์เซนต์ที่พนักงานตรวจตรงกันทั้งสามคนเท่ากับ 58.33%

- เปอร์เซนต์ที่พนักงานทั้งสามคนตรวจได้อย่างถูกต้องเท่ากับ 58.33%

จากผลที่ได้ เห็นได้ชัดว่าพนักงานทั้งสามคนต้องการการปรับปรุงในเรื่องการตรวจยาง ซึ่งได้ทำการอธิบายถึงขั้นตอนการตรวจยางที่ถูกต้อง รวมถึงความเร็วในการตรวจยางที่เหมาะสม ซึ่งดำเนินการโดยแผนกฝึกอบรม จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อดูผลหลังการ

ปรับปรุงอีกครั้ง ข้อมูลที่ได้แสดงในตารางที่ 4 และได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

- เมื่อตรวจสอบชิ้นงานชิ้นเดียวกัน เปอร์เซ็นต์ตรงกันกับครั้งแรกที่ตรวจเท่ากับ 91.7%, 100% และ 91.7%

- เมื่อเปรียบเทียบผลกับความเป็นจริง 91.7%, 100% และ 83.3%

- ปัญหาในการ ตรวจไม่พบยางเสียเท่ากับ 0%, 0% และ 16.7%

- เปอร์เซ็นต์ที่พนักงานตรวจตรงกันทั้งสามคนเท่ากับ 75%

- เปอร์เซ็นต์ที่พนักงานทั้งสามคนตรวจได้อย่างถูกต้องเท่ากับ 75%

จากผลที่ได้ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดในปัจจุบัน ซึ่งมีการพัฒนาขึ้นจากครั้งแรก จึงจะใช้เครื่องมือวัดนี้ในการตรวจวัดข้อมูลต่อไป

ตารางที่ 3 การประเมินความสามารถของระบบการวัดก่อนการปรับปรุง

ตัวอย่าง	ความจริง	พนักงานตรวจยางคนที่ 1		พนักงานตรวจยางคนที่ 2		พนักงานตรวจยางคนที่ 3	
		ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2	ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2	ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1
4	0	1	1	0	1	0	0
5	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	0	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1
9	0	1	0	1	1	1	0
10	0	1	1	0	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1

0 = ยางเสีย
1 = ยางดี

ตารางที่ 4 การประเมินความสามารถของระบบการวัดหลังการปรับปรุง

ตัวอย่าง	ความจริง	พนักงานตรวจยางคนที่ 1		พนักงานตรวจยางคนที่ 2		พนักงานตรวจยางคนที่ 3	
		ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2	ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2	ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	0
3	1	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	0	0	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1

0 = ยางเสีย
1 = ยางดี

3.3 การวิเคราะห์

การวิเคราะห์ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่ การศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน ณ ปัจจุบัน การกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุง และการศึกษาตัวแปรต้นกระบวนการ

ในการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน ณ ปัจจุบัน พบว่า DPMO (Defect per Million Opportunity) มีค่าเท่ากับ 1,220 หน่วย ซึ่งอยู่ที่ระดับซิกมา 3.03 เมื่อพิจารณาในช่วงระยะเวลาสั้น ซึ่งจะสามารถคำนวณเป็นระดับซิกมา 1.53 สำหรับการพิจารณาในช่วง

ระยะเวลายาว เนื่องจากระดับ ซิกมา เมื่อพิจารณาในช่วงระยะเวลายาวจะได้รับความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยภายนอกอันส่งผลถึงการคลาดเคลื่อนของค่ากึ่งกลางมีค่าเท่ากับ 1.5 ซิกมา

การกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุง ซึ่งเริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบัน และค่าที่ดีที่สุดที่เคยทำได้ ซึ่งอยู่ที่ DPMO 544 หน่วย ดังนั้นจึงกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงที่ค่าที่ดีที่สุดที่เคยทำได้

สุดท้ายเป็นการศึกษาตัวแปรต้นกระบวนการ โดยมีแนวทางในการดำเนินงาน โดยเริ่มจากการจัดทำ XY

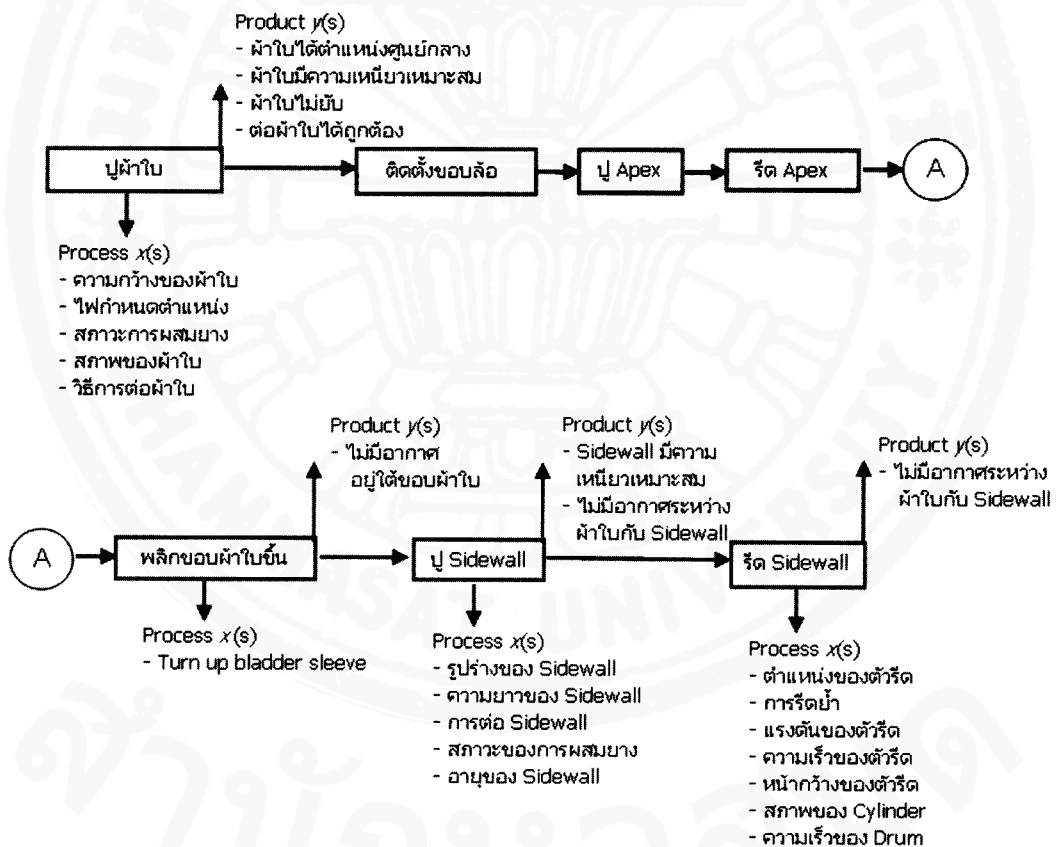
Process Map ดังแสดงในภาพที่ 4 หลังจากนั้น ได้นำ FMEA [4] มาใช้เพื่อบ่งชี้และจัดลำดับความสำคัญของตัวแปรต้น (ตารางที่ 5) โดยคำนวณค่า RPN (Risk Priority Number) ค่า RPN มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$RPN = \text{Sev} \times \text{Occ} \times \text{Det}$$

โดยที่

Sev (Severity) คือ ความรุนแรงของปัญหา

Occ (Occurrence) คือ ความถี่ในการเกิด



ภาพที่ 4 XY Process Map ของกระบวนการผลิตยาง

ตารางที่ 5 FMEA

Process Step	Potential Failure Mode	Effect of Failure	S E V	Cause of Failure	O C C	Current Controls	D E T	R P H
ปูผ้าใบ	ต่อผ้าใบหนา	ยางบวม ณ ตำแหน่งที่ต่อผ้าใบหนา	6	หักชะของพนักงาน	3	การฝึกอบรม	5	90
				สร้างยางอย่างรีบร้อน	7	ควบคุมด้วยตนเองโดยพนักงาน	8	336
	ผ้าใบเหนียวไม่พอ	Sidewall ไม่ติดกับผ้าใบ	7	สภาวะการผสมยาง	5	ตรวจสอบคุณสมบัติโดยนักเคมี	4	140
	ผ้าใบฉีก	carcass ไม่เรียบ	6	การเข้าม้วน ที่กระบวนการสร้างผ้าใบ	3	ควบคุมด้วยตนเองโดยพนักงาน	8	144
การพับขอบผ้าใบขึ้น	ผ้าใบขึ้นระหว่างการพับ	carcass ไม่เรียบ	6	สภาพของ Turn Up Bladder Sleeve	3	เปลี่ยนใหม่เมื่อเสีย	7	126
				Turn Up Pressure	5	ตรวจสอบเมื่อพบปัญหา	5	150
การปู Sidewall	การต่อ Sidewall หนา	ยางบวม ณ ตำแหน่งที่ต่อ Sidewall หนา	6	หักชะของพนักงาน	3	การฝึกอบรม	5	90
				สร้างยางอย่างรีบร้อน	7	ควบคุมด้วยตนเองโดยพนักงาน	8	336
	การต่อ Sidewall หลุด	ยางบวม ณ ตำแหน่งที่ต่อ Sidewall หลุด	8	หักชะของพนักงาน	3	การฝึกอบรม	5	120
				สร้างยางอย่างรีบร้อน	3	ควบคุมด้วยตนเองโดยพนักงาน	8	192
การรัด Sidewall	ไม่สามารถรัดลมระหว่างผ้าใบและ Sidewall ออกได้	มีลมซึ่งระหว่างผ้าใบและ Sidewall	7	รูปร่างของ Sidewall	7	การออกแบบกำหนดโดยวิศวกรเทคนิค	5	245
				ความยาวของ Sidewall	3	เปรียบเทียบกับสเปค	7	343
				ชนิดของตัวรัด	7	ตรวจสอบโดยพนักงาน	4	84
				วิธีการรัด (จุดเข้า, แรงดัน, ความเร็ว)	9	การตั้งในมิติ	8	392
						ตรวจสอบเมื่อเปลี่ยนชนิดโดยหัวหน้างาน	7	441
						ปรับเมื่อพบปัญหาโดยหัวหน้างานและวิศวกร	8	504
				สภาพของตัวรัด (Alignment, Centerness)	7	ตรวจสอบโดยแผนกช่าง	8	392

ตารางที่ 6 ผลการทดลองของอัตราของเสียกับรูปร่างของ Sidewall

ครั้งที่	Contour1	Speed (rpm)	Pressure (psi)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเกินหลักพร่อง
1	Flat	90	10	20
2	Flat	90	30	0
3	Flat	70	10	10
4	Flat	70	30	20
5	Curve	90	10	30
6	Curve	90	30	10
7	Curve	70	10	50
8	Curve	70	30	30

ตารางที่ 7 ผลการทดลองของอัตราของเสียกับวิธีการวัด

ครั้งที่	Drum speed	DWELL time	Stitcher pressure	Stitcher speed	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์บกพร่อง
1	50	0.9	20	40	20
2	50	0.9	20	80	60
3	50	0.9	40	40	50
4	50	0.9	40	80	70
5	50	2.5	20	40	20
6	50	2.5	20	80	40
7	50	2.5	40	40	30
8	50	2.5	40	80	50
9	90	0.9	20	40	40
10	90	0.9	20	80	60
11	90	0.9	40	40	60
12	90	0.9	40	80	70
13	90	2.5	20	40	30
14	90	2.5	20	80	50
15	90	2.5	40	40	40
16	90	2.5	40	80	60
17	70	1.7	30	60	0
18	70	1.7	30	60	10
19	70	1.7	30	60	0

Det (Detection) คือ การตรวจจับปัญหา

จากตารางที่ 5 พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในขั้นตอนการรีด Sidewall โดยมีสาเหตุหลักคือ รูปร่างของ Sidewall และวิธีการรีด Sidewall ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง เพื่อพิสูจน์ในขั้นต้นว่ารูปร่างของ Sidewall ส่งผลต่ออัตราของเสีย และได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งสามารถสรุปผลว่า จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าได้ p-value เท่ากับ 0.022 (น้อยกว่า 0.05) ดังนั้นจึงสามารถสรุปว่ารูปร่างของ Sidewall มีผลต่ออัตราของเสียอย่างมีนัยสำคัญ โดยรูปร่างของ Sidewall แบบเรียบให้อัตราของของเสียน้อยกว่ารูปร่างของแบบโค้ง

หลังจากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ในด้านวิธีการรีด ซึ่งมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้ คือ Drum Speed, DWELL time, Stitcher Pressure, และ Stitcher Speed ดังนั้น จึงได้ทำการออกแบบการทดลองและทดลองหาอัตราของเสีย ดังแสดงในตารางที่ 7 หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ตัวแปรที่มีผลต่ออัตราของเสียอย่างมีนัยสำคัญ คือ DWELL time, Stitcher Pressure และ Stitcher Speed โดยมีสมการแสดงความสัมพันธ์เป็นดังนี้

$$Y = -59.69 + 21.88X_1 + 2.84X_2 + 1.48X_3$$

เมื่อ Y = เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์บกพร่อง

X_1 = DWELL Time

X_2 = Stitcher pressure

X_3 = Stitcher Speed

3.4 การปรับปรุง

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ได้แก่การได้มาซึ่งวิธีการทำงานที่ดีที่สุด (Best Operating Settings) ซึ่งการตั้งค่าตัวแปรที่มีผลต่ออัตราของเสียนั้น ได้ทำการศึกษาในขั้นตอนก่อนหน้านี้ แต่ในขั้นตอนของการปรับปรุงกระบวนการนั้น ทางโรงงานกรณีศึกษาได้ให้ความสำคัญกับรอบการผลิต ซึ่งรอบการผลิตนี้มีผลมาจาก DWELL Time และ Stitcher Speed ในส่วนของ Stitcher Pressure นั้นไม่ได้ส่งผลต่อรอบการผลิตแต่อย่างใด ดังนั้น จึงสามารถตั้งค่าตัวแปร Stitcher Pressure ได้ที่ 20 psi หลังจากนั้นจึงได้ทำการศึกษา DWELL Time และ Stitcher Speed ว่าส่งผลต่อรอบการผลิตและอัตราของเสียอย่างไร การทดลองจึงได้ดำเนินการดังแสดงในตารางที่ 8

จากผลการทดลอง พบว่า DWELL Time และ Stitcher Speed มีผลต่อรอบการผลิตและอัตราของเสีย โดย

สามารถแสดงความสัมพันธ์ดังภาพที่ 5-6 ซึ่งจากภาพที่ 5 พบว่า DWELL Time เท่ากับ 1 วินาที และ Stitcher Speed เท่ากับ 80 rpm จะทำให้รอบการผลิตต่ำที่สุด และจากภาพที่ 6 พบว่า DWELL Time เท่ากับ 1.7 วินาที และ Stitcher Speed เท่ากับ 40 rpm จะทำให้อัตราของเสียต่ำที่สุด เนื่องจากสิ่งที่พิจารณานั้นประกอบด้วยทั้งรอบการผลิตและอัตราของเสีย จึงได้ทำการซ้อนทับ Contour Plot ซึ่งแสดงดังภาพที่ 7 ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ ถ้าต้องการให้รอบการผลิตไม่เกิน 90 วินาที และอัตราของเสียไม่เกิน 10% จำต้องกำหนด DWELL Time อยู่ในช่วง 1.4 ถึง 2.0 วินาที และ Stitcher Speed อยู่ในช่วง 60 ถึง 75 rpm แต่ในการตั้งค่า Stitcher Speed นั้นจะตั้งเป็นจำนวนเป็น 60, 70 หรือ 80 rpm เท่านั้น ดังนั้นในการพิจารณาในการทดลองต่อไปจะพิจารณาเพียง 60 และ 70 rpm เท่านั้น

หลังจากนั้นจึงได้ทำการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับ DWELL Time และ Stitcher Speed จากช่วงดังกล่าว โดยได้ทำการทดลอง ดังที่ได้แสดงผลในตารางที่ 9 ซึ่งพบว่า การตั้งค่า DWELL Time เท่ากับ 1.8 วินาที และ

Stitcher Speed เท่ากับ 60 rpm นั้นจะทำให้รอบการทำงานเป็น 90 วินาทีและอัตราของเสียเท่ากับ 3.15%

เมื่อทราบถึงการตั้งค่าของตัวแปรต่างๆ จึงได้นำไปปฏิบัติ โดยได้มีการสร้างแผนการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้การดำเนินงานตามที่ได้กำหนดไว้นั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

3.5 การควบคุม

ภายหลังจากการปรับปรุงผลที่ได้คือปัญหาของเสียจากปัญหาขบวมที่แก้มยาง เท่ากับ 0.047% ซึ่งสามารถคำนวณค่า DPMO หลังการปรับปรุง (After Improvement DPMO) = 470 และ ค่า Z-Score เปรียบเทียบระหว่างค่า ก่อนการปรับปรุง ค่าเป้าหมาย ค่าดีที่สุดที่เคยทำได้ และค่าหลังการปรับปรุงแสดงในภาพที่ 8

ซึ่งตามแผนการปฏิบัติงานที่ได้วางไว้นั้น ได้มีส่วนในการควบคุมให้มีการดำเนินการตั้งค่าตามที่กำหนดไว้ รวมถึงมีมาตรการในการตรวจสอบความถูกต้องของการตั้งค่าอีกด้วย

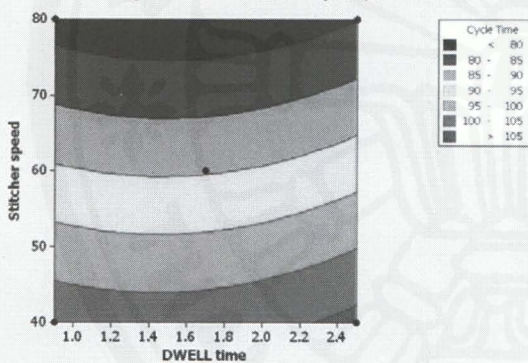
ตารางที่ 8 ผลการศึกษา DWELL Time และ Stitcher Speed ที่มีต่อรอบการผลิตและอัตราของเสีย

ครั้งที่	DWELL time	Stitcher speed	รอบเวลาการทำงาน	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์บกพร่อง
1	0.9	40	105	20
2	0.9	80	77	60
3	0.9	40	103	50
4	0.9	80	79	70
5	2.5	40	107	20
6	2.5	80	79	40
7	2.5	40	106	30
8	2.5	80	81	50
9	0.9	40	104	40
10	0.9	80	77	60
11	0.9	40	102	60
12	0.9	80	78	70
13	2.5	40	106	30
14	2.5	80	79	50
15	2.5	40	107	40
16	2.5	80	80	60
17	1.7	60	89	0
18	1.7	60	90	10
19	1.7	60	90	0

ตารางที่ 9 ผลการหาค่าที่เหมาะสม

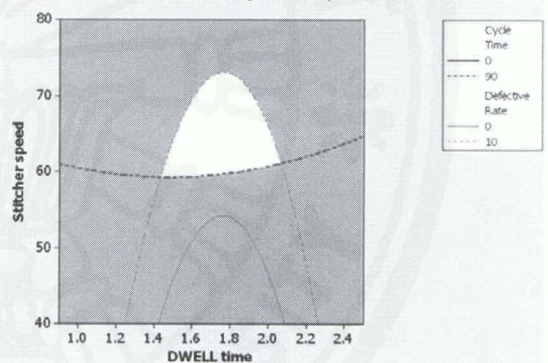
DWELL Time	Stitcher Speed	รอบเวลาการทำงาน	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์บกพร่อง
1.4	60	89.5	12.03
1.5	60	89.5	7.77
1.6	60	89.5	4.87
1.7	60	90	3.33
1.8	60	90	3.15
1.9	60	90	4.34
2	60	90	6.88
1.4	70	83	17.46
1.5	70	83	13.16
1.6	70	83	10.22
1.7	70	83	8.65
1.8	70	83	8.43
1.9	70	83.5	9.57
2	70	83.8	12.07

Contour Plot of Cycle Time vs Stitcher speed, DWELL time



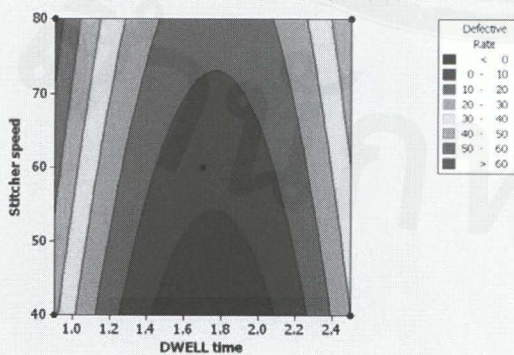
ภาพที่ 5 Contour Plot แสดงผลของ DWELL Time และ Stitcher Speed ต่อ รอบการผลิต

Overlaid Contour Plot of Cycle Time, Defective Rate

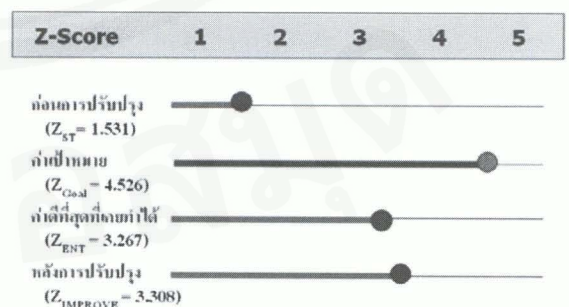


ภาพที่ 7 การซ้อนทับของ Contour Plots

Contour Plot of Defective Rate vs Stitcher speed, DWELL time



ภาพที่ 6 Contour Plot แสดงผลของ DWELL Time และ Stitcher Speed ต่อ อัตราของเสีย



ภาพที่ 8 ค่า Z-Score โดยเปรียบเทียบ

4. บทสรุป

จากการประยุกต์ใช้กระบวนการของซิก ซิกมา ในการลดอัตราของเสีย พบว่า อัตราของเสียลดลงถึง 61.50% (จาก 0.122% เป็น 0.047%) และค่า Z-score เพิ่มขึ้นถึง 1.777 (เพิ่มจาก 1.531 เป็น 3.308) อย่างไรก็ตาม จากผลการดำเนินงานของโครงการ พบว่า อัตราของเสียที่ยังไม่ได้ที่ระดับ ซิก ซิกมา ดังนั้น การที่จะให้ได้ถึงระดับ ซิก ซิกมา นั้นจำเป็นต้องมีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องหรือมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kohli, H. and SooBeng Khoh, P., Applying Six Sigma Techniques to Control Scrap Costs and Improve Quality in SMT Manufacturing, SMTA International, pp.578-584, 2003.
- [2] Eckes, G., Six Sigma for Everyone, John Wiley and Sons, Inc., New Jersey, 2003.
- [3] Pyzdek, T., The Six Sigma Project Planner, McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 2003.
- [4] Lange, K.A., Leggett, S.C. and Baker, B., Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): Automotive Industry Action Group (AIAG), 2001.