

การหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของบาร์เรลฮีตเตอร์ เพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก ชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลี้ยวรถแทรกเตอร์ ด้วยการประยุกต์ใช้ DMAIC

Determination of Optimum Temperature of Barrel Heater for Reducing Waste in Plastic Injection Molding Process of Tractor Turn Signal Cover Parts using DMAIC Techniques

อภิชาติ เสมศรี

สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก, บางนา บางนา

กรุงเทพมหานคร 10260

Aphichit Semsri

Department of Industrial Engineering Technology, Faculty of Science and Technology, Southeast Bangkok College,

Bangna, Bangkok, 10260, Thailand

*Corresponding Author E-mail: Aphichit@southeast.ac.th

Received: Apr 06, 2022; Revised: Aug 01, 2022; Accepted: Aug 02, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลี้ยวรถแทรกเตอร์ ด้วยการวิเคราะห์เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของบาร์เรลฮีตเตอร์โดยประยุกต์ใช้เทคนิค DMAIC ในการแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยได้กำหนดเป้าหมายไว้ให้มีของเสียต่ำกว่าร้อยละ 1.00 โดยใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools) และทำการออกแบบการทดลองที่เป็นแบบแฟกทอเรียล 2^k ระดับของปัจจัย 2 ระดับ เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของเสีย ผลการศึกษาพบว่า ของเสียมากที่สุด ได้แก่ การเกิดประกายเงิน คิดเป็นร้อยละ 53.27 จากการออกแบบการทดลองระดับปัจจัยเพื่อการใช้งาน พบว่าอุณหภูมิฮีตเตอร์ 1 คือ 210°C อุณหภูมิฮีตเตอร์ 2 คือ 220°C อุณหภูมิฮีตเตอร์ 3 คือ 225°C และอุณหภูมิฮีตเตอร์ 4 คือ 246°C ผลที่ได้จากการนำไปผลิตชิ้นงานจริง พบว่าของเสียประเภทประกายเงินก่อนการปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 0.80 หลังการปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 0.31 ของเสียลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 61.25 เมื่อเปรียบของเสียทั้งหมดพบว่า ก่อนการปรับปรุงมีของเสียคิดเป็นร้อยละ 1.51 หลังการปรับปรุงจำนวนของเสียคิดเป็นร้อยละ 0.83 ของเสียลดลงจากเดิม คิดเป็นร้อยละ 45.1 เมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายของทางบริษัทฯ ของเสียต่ำกว่าร้อยละ 1.00 สามารถทำได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ หลังการปรับปรุงแล้วของเสียเกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 0.83

คำสำคัญ: เครื่องฉีดพลาสติก, การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล, บาร์เรลฮีตเตอร์, DMAIC

Abstract

This research aims is to reduce waste in the plastic injection molding process of tractor turn signal cover parts. The researcher used 7QC tools with DMAIC techniques to reducing waste below the target of 1 percent. The experimental research design was a 2^k factorial at the 2-level. The research findings pointed out that the main cause of the waste problems was a silver spark accounting for 53.27 percent. Besides, the appropriate values of the factor level for using should be heater 1 temperature is 210°C , heater 2

temperature is 220°C, heater 3 temperature is 225°C, and heater 4 temperature is 246°C. In addition, in a true experiment with the plastic injection molding process of tractor turn signal cover parts, it reduced from 0.80 percent to 0.31 percent. It means that the waste decreased from the original accounting for about 61.25 percent. After the improvement process, the amount of waste was reduced to 0.83 percent from 1.51 percent or reducing of 45.1 percent. When compared to the goals of the company waste less than 1.00 percent found that it can achieve the goals set. After the improvement, waste occurred at 0.83 percent.

Keywords: Injection molding machine, Factorial experiment design, Barrel heater, DMAIC

1. บทนำ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการฉีดขึ้นรูปพลาสติกจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของวัสดุและการออกแบบแม่พิมพ์ เป้าหมายหลักในกระบวนการฉีดขึ้นรูป คือการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แม่พิมพ์ นอกจากการลดรอบเวลาการทำงานให้น้อยลง และการลดต้นทุนการผลิตให้มีค่าต่ำที่สุด สิ่งที่สำคัญอีกประการ คือมีความยากจากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่จะส่งผลที่ดีออกมาได้ ข้อบกพร่องในชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์หรือส่วนประกอบที่พบ เช่น การหดตัวและการบิดงอ ซึ่งจะทำให้เกิดข้อบกพร่องมากมายในแม่พิมพ์ ปัจจัยหลักที่ทำให้พลาสติกเสียรูป คือระบบเกต ระบบหล่อเย็น และระบบฉีด [1] การฉีดขึ้นรูปพลาสติกจะทำได้โดยการให้ความร้อนกับวัสดุจนละลายแล้วฉีดเข้าไปยังแม่พิมพ์ จนเย็นตัวลงและแข็งตัวเป็นรูปร่างสุดท้าย วัสดุพลาสติกจะมีรูปแบบเป็นเม็ดพลาสติก จะถูกใส่ลงไปในถังป้อน จากนั้นถูกทำให้เกิดความร้อนในกระบอกสูบจนถึงการละลายหรือทำให้เป็นพลาสติกที่อุณหภูมิหลอมเหลวแปรผันตามวัสดุ [2]

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนประเภทพลาสติกในส่วน ของชิ้นส่วนยานยนต์ อุปกรณ์ ทางไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และอื่น ๆ อีกหลากหลายผลิตภัณฑ์ สำหรับภายในประเทศได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกเป็นที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน คือกระบวนการฉีดขึ้นรูป เนื่องจากให้อัตราการผลิตที่สูง และสามารถผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้อย่างแม่นยำ [3] การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีหรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดข้อบกพร่อง โดยทั่วไปแล้วขึ้นอยู่กับ การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด นอกจากนี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้อีกด้วย และสิ่งสำคัญ

คือการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดสำหรับในการขึ้นรูป อันได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูป ความเร็วในการฉีดขึ้นรูป แรงดันคงค้าง และอุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีด [3-5]

ปัญหาจากการเกิดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น หรือทำให้เกิดความเสียหาย ด้านเวลา ด้านกำลังคน และมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น จากกรณีศึกษาบริษัทแห่งหนึ่งที่ถูกวิจัยได้เข้าปศึกษา เป็นผู้ประกอบการเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก เป็นผลิตภัณฑ์ฝาครอบไฟฟ้าเลี้ยงที่ใช้กับรถแทรกเตอร์ซึ่งปัจจุบันบริษัทประสบปัญหาในด้านการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่มีของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต อยู่ที่ร้อยละ 1.5 โดยมีลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชิ้นงานเป็นประกายเงิน ชิ้นงานเป็นผิวลาย ชิ้นงานเป็นจุดดำ และชิ้นงานเป็นรอยต่าง ๆ จากปัญหาดังกล่าวทางบริษัทจึงได้มีการกำหนดเป้าหมายเพื่อที่จะดำเนินการลดของเสียที่เกิดขึ้นโดยรวมให้ต่ำกว่าร้อยละ 1 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการศึกษาดังนี้

1.1. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดของเสียจากกระบวนการผลิตฝาครอบไฟฟ้าเลี้ยงให้ต่ำกว่าร้อยละ 1

จากปัญหาดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของการลดของเสียที่เกิดขึ้น จึงได้มีการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น และหาสาเหตุต่าง ๆ ที่มีผลทำให้เกิดปัญหาและทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงได้มีการศึกษาข้อมูลดังนี้

1.2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.2.1. พลาสติก (Plastic)

พลาสติกที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ คือ อะคริลิกพลาสติก (Acrylic plastic) เป็นพลาสติกชนิดเดียวกับกับ โพลีเมทิลเม

ทาโครเลตหรือพีเอ็มเอ็มเอ (Polymethyl methacrylate, PMMA) และสูตรเคมีของพลาสติกชนิดนี้คือ $C_5H_8O_2$ อะคริลิกพลาสติกหรือโพลีเมทิลเมทาโครเลตเป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง มีชื่อทางการค้าหลายชื่อด้วยกัน เช่น Plexiglas, Lucite, Perspex เป็นต้น วัสดุจะมีสมบัติโดดเด่นในเรื่องความเหนียว ความโปร่งใส สามารถขึ้นรูปได้ง่าย

คุณสมบัติของอะคริลิกพลาสติก มีความหนาแน่นประมาณ 1.15–1.19 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 130–140 องศาเซลเซียส และจุดเดือดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส มีความทนทานต่อการกระแทก มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ดึกกว่าพลาสติกชนิดอื่น ๆ [6]

1.2.2. การฉีดขึ้นรูป (Injection molding)

การฉีดขึ้นรูป เป็นกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เพราะสามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดี ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 6 ส่วน (6M) ได้แก่ วัสดุุดิบ (Material) แม่พิมพ์ (Mold) เครื่องฉีด (Machine) พารามิเตอร์ (Method) ช่างฉีด (Man) และการจัดการ (Management) [7–8]

1.2.3. เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools)

เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง เป็นเครื่องมือช่วยในการแก้ปัญหา เพื่อช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา คัดเลือกปัญหา ค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริง เพื่อทำการแก้ไขอย่างถูกต้องและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเหล่านั้นซ้ำ โดยมีส่วนประกอบดังนี้ [9]

- 1) แผ่นตรวจสอบ (Check sheet)
- 2) ผังพาเรโต (Pareto diagram)
- 3) กราฟ (Graphs)
- 4) ผังเหตุและผล (Cause and effect diagram)
- 5) ฮิสโตแกรม (Histogram)
- 6) ผังการกระจาย (Scatter diagram)
- 7) แผนภูมิควบคุม (Control chart)

1.2.4. กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

(Analytic Hierarchy Process)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการตัดสินใจ มีการแบ่งองค์ประกอบ

ของปัญหาออกเป็นส่วน ๆ ในรูปของแผนภูมิตามลำดับชั้น แล้วมีการให้ค่าน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบแล้วนำมาคำนวณค่าน้ำหนักเพื่อนำไปสู่ค่าลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกว่าทางเลือกใดมีค่าสูงสุดแล้วนำมาประกอบการตัดสินใจ เทคนิคนี้จึงเหมาะสำหรับทั้งการตัดสินใจที่เป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม โดยมีจุดเด่น คือมีความง่ายในการสร้าง และสามารถนำเอาปัจจัยที่เป็นทั้งนามธรรมและรูปธรรมมาวินิจฉัยได้อย่างมีความสอดคล้องกันของเหตุผล อาศัยเกณฑ์การประเมินมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญโดยมีคะแนน 1-9 ดังตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบทางเลือกเป็นคู่ ๆ โดยอาศัยเกณฑ์ประเมินมาตรฐาน [10–11]

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบทางเลือกเป็นคู่ ๆ โดยอาศัยเกณฑ์ประเมินมาตรฐาน

ระดับความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน	ทั้ง 2 เกณฑ์ส่งผลกระทบท่อวัตถุประสงค์เท่า ๆ กัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง	เกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก	เกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับมาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด	เกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด
9	สำคัญกว่ามากที่สุด	เกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับสูงสุด
2,4,6,8	อยู่ระหว่างระดับที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น	อยู่ระหว่างระดับที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น

1.2.5.เมทริกซ์เหตุและผล

(Cause and Effect matrix)

เมทริกซ์เหตุและผล เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของตัวแปรหรือปัจจัยหลักในกระบวนการผลิต โดยการให้คะแนนความสำคัญของแต่ละตัวแปรหรือปัจจัยจากการระดมความรู้หรือประสบการณ์ของผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต เมทริกซ์เหตุและผลจะช่วยคัดเลือกตัวแปรหรือปัจจัยใดที่ควรได้รับการตรวจสอบเพื่อระบุว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างเหตุ (Cause) และผล (Effect) ที่เกิดขึ้นสามารถบ่งบอกได้ว่า ตัวแปรหรือปัจจัยเหล่านี้มีความจำเป็นที่ควรได้รับการควบคุม [10]

1.3.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

O. Siriswasdi [12] ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียอันเนื่องจากการผลิตเทฟลอน และหาสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย โดยแผนการทดลองที่ใช้เป็นแบบแฟกทอเรียลดีไซน์ (2k) ระดับของปัจจัย 2 ระดับ ทำการทดลองกับผลิตภัณฑ์ 2 รุ่น จากการพิจารณาค่าที่เหมาะสมของระดับปัจจัยเพื่อการใช้งาน พบว่าอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 1 คือ 350°C อุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 2 คือ 370°C อุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 3 คือ 400°C อุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 4 คือ 280°C และความเร็ว คือ 80 เซนติเมตรต่อชั่วโมง จากการนำไปทดลองการฉีดจริง พบว่าของเสียก่อนการปรับปรุงของผลิตภัณฑ์รุ่น G201 คิดเป็นร้อยละ 0.1301 และรุ่น F4PN คิดเป็นร้อยละ 0.2373 หลังการปรับปรุงสัดส่วนของเสียจากการผลิตเทฟลอนรุ่น G201 คิดเป็นร้อยละ 0.086 และรุ่น F4PN คิดเป็นร้อยละ 0.1788 สามารถลดของเสียของผลิตภัณฑ์รุ่น G201 คิดเป็นร้อยละ 33.9 คิดเป็นมูลค่าประมาณ 500,000 บาท และ 600,000 บาท สำหรับการลดของเสียผลิตภัณฑ์รุ่น F4PN คิดเป็นร้อยละ 24.65

C. Surasak and K. Rapee [13] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ ซึ่งพบว่าปัญหาประเภทเงินมีของเสียสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 95.60 หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากปัญหาของประเภทเงินจาก 33,748 ppm ลดลง

เหลือ 6,084 ppm และสัดส่วนของเสียเฉลี่ยโดยรวมของยอดผลิตชิ้นงานจากเดิม 8,947 ppm ลดลงเหลือ 2,320 ppm สามารถลดคิดเป็นร้อยละ 74.06

P. Homsri, C. Kongthana [14] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ โดยใช้หลักการออกแบบการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญมากที่สุดจะอยู่ในส่วนของวิธีการได้แก่ แรงดันย้ำ (Holding pressure) อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold temperature) และรอบการทำงาน (Cycle time) นำปัจจัยมาทำการออกแบบการทดลองโดยใช้การออกแบบ 2k Factorial Design ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว พบว่าปริมาณของเสียจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 39.05 สามารถลดคิดเป็นร้อยละ 2.78

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1.วัสดุที่นำมาใช้ในการศึกษา

ชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลี้ยว เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผลิตมาจากวัตถุดิบ PLEXIGLAS ชนิด 8 N clear, IRD 50 และสีผสมเม็ดสีส้ม ถูกผสมกันตามสูตรของผู้ผลิต (ส่วนผสมตามสูตรไม่สามารถเปิดเผยได้) ก่อนนำไปผลิตจริง ดังรูปที่ 1 แสดงผลิตภัณฑ์ฝาครอบไฟเลี้ยว



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์ฝาครอบไฟเลี้ยว

2.2.อุปกรณ์

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Injection molding machine) ยี่ห้อ Victor Taichung รุ่น Ve-80ES โครงสร้างโดยพื้นฐานจะมีส่วนประกอบสำคัญแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนชุดหัวฉีด (Injection unit) ส่วน

ชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ (Clamping unit) ส่วนฐานของเครื่องฉีด (Base) [15]

1) ส่วนชุดหัวฉีด (Injection unit) จะทำหน้าที่ดึงพลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีดหลอมเหลวและส่งพลาสติกเหลวไปยังหัวฉีด เพื่อทำหน้าที่ในการฉีดและรักษาความดันย้ำ มีส่วนประกอบ ได้แก่ กรวยใส่เม็ดพลาสติก (Hopper) ชุดหัวฉีด (Nozzle) สกรู (Screw) ชุดกระบอกฉีด (Barrel) แผ่นความร้อน (Heater) ชุดกระบอกสูบและลูกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic cylinder and piston) และชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนสกรู (Drive motor)

2) ส่วนชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ (Clamping unit) จะทำหน้าที่ในการยึดแม่พิมพ์ทั้งสองส่วน เลื่อนเปิด-ปิด แม่พิมพ์ ให้แรงในการปิดล็อกแม่พิมพ์ และปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

3) ส่วนฐานของเครื่องฉีด (Base) ทำหน้าที่ รับน้ำหนักของชุดหัวฉีด และชุดปิด-เปิด แม่พิมพ์ และยึดติดตั้งอุปกรณ์ของระบบไฮดรอลิก และทำหน้าที่เป็นถังน้ำมันไฮดรอลิก ดังรูปที่ 2 แสดงเครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติกจากสถานที่ทำงานจริง



รูปที่ 2 เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก จากสถานที่ทำงานจริง

2.3.วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้มีการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องถึงแนวทางในการลดข้อเสียที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักการของ Six Sigma เพื่อการลดความสูญเสียจากการผลิต และประยุกต์ใช้เทคนิค DMAIC ในการค้นหาปัญหาเพื่อปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

DMAIC คือ การปรับปรุงในกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (Continuous improvement) ก่อนเข้าสู่กระบวนการหลัก จำเป็นต้องนิยามถึงปัญหาที่ต้องการนำไปสู่การปรับปรุง การ

เลือกปัญหาที่เป็นปัญหาที่สำคัญ เป็นต้นเหตุที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจและส่งผลกระทบต่อกระบวนการหรือเห็นเป็นปัญหาที่ควรปรับปรุงได้อย่างชัดเจน เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาก่อน จากนั้นทำการเลือกลักษณะของตัวแปรตอบสนอง (Response variable) เพื่อมาทำการศึกษาและเป็นตัววัดผลในการปรับปรุง (Key process output value, KPOV) จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการในขั้นตอน ต่าง ๆ ต่อไป ขั้นตอนการดำเนินการ DMAIC มีทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังนี้ [16]

1) การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define phase) เป็นขั้นตอนศึกษาความต้องการของลูกค้าและนำความต้องการของลูกค้าที่เป็นปัญหามาลำดับความสำคัญและเลือกมาดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

2) การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure phase) เป็นขั้นตอนกำหนดแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ ที่ทำการศึกษากระบวนการโดยละเอียด กำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการหรือตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ

3) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis phase) เป็นขั้นตอนการนำปัจจัยที่มีความสำคัญของกระบวนการมาทำการวิเคราะห์ผ่านวิธีการทางสถิติเชิงอนุมานเพื่อดูว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีนัยสำคัญกับปัญหาซึ่งจะนำไปดำเนินการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

4) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve phase) เป็นขั้นตอนการออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้ากับปัจจัยตอบสนอง และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ระดับปัจจัยนำเข้าที่ดีที่สุด

5) การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ (Control phase) เป็นขั้นตอนการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ และทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

3. ผลการวิจัย

3.1.ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase)

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล ปริมาณการผลิตในช่วงเดือน มีนาคม-เมษายน 2563 โดยเก็บรวบรวมจากใบตรวจสอบ พบว่าปริมาณการผลิตรวมเท่ากับ 67,093 ชิ้น จำนวนของเสียเท่ากับ 1,010 ชิ้น ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของ

เสียเท่ากับ 1.51 และจึงได้มีการกำหนดเป้าหมายไว้ในการลดปริมาณของเสียในการศึกษาครั้งนี้ให้เหลือไม่เกินร้อยละ 1 ดังตารางที่ 2 แสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างเดือน มีนาคม-เมษายน 2563

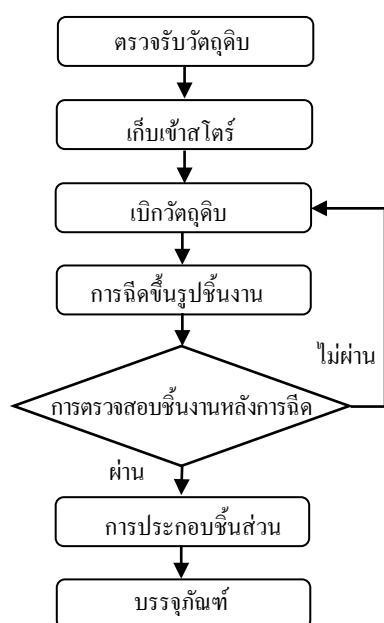
ตารางที่ 2 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ในช่วงระหว่างเดือน มีนาคม-เมษายน 2563

เดือน	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)
มีนาคม	38,863	568	1.46
เมษายน	28,176	442	1.57
รวม	67,039	1,010	1.51

3.2. ขั้นตอนการวัด (Measure phase)

3.2.1. การศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลียว

การศึกษากิจกรรมการผลิตทำให้สามารถเข้าใจขั้นตอนการทำงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้อย่างละเอียด เพื่อช่วยเป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุในขั้นตอนของการวิเคราะห์ แผนผังกระบวนการผลิตฝาครอบไฟเลียวในการศึกษาครั้งนี้ ดังรูปที่ 3 แสดงกระบวนการผลิตฝาครอบไฟเลียว



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตฝาครอบไฟเลียว

ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลียวรถแทรกเตอร์ประกอบด้วย 8 กระบวนการดังนี้

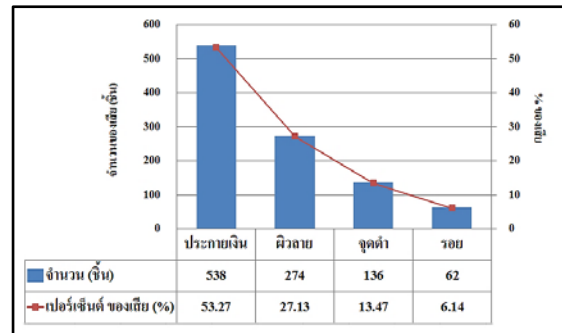
- 1) ตรวจสอบวัตถุดิบ เป็นกระบวนการตรวจสอบวัตถุดิบจากซัพพลายเออร์
- 2) การเก็บวัตถุดิบเข้าสโตร์ เป็นกระบวนการจัดเก็บวัตถุดิบเข้าคลังสินค้า
- 3) การเบิกวัตถุดิบ เป็นกระบวนการเบิกวัตถุดิบเพื่อนำสู่กระบวนการผลิต
- 4) การฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน เป็นกระบวนการผลิตการฉีดพลาสติก ชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลียวรถแทรกเตอร์
- 5) การตรวจสอบชิ้นงานหลังการฉีด เป็นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานหลังจากการฉีด
- 6) การประกอบชิ้นงาน เป็นกระบวนการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้ากับฝาครอบไฟเลียว
- 7) การบรรจุชิ้นงาน เป็นกระบวนการนำผลิตภัณฑ์เก็บบรรจุลงกล่องเตรียมพร้อมส่งให้ลูกค้า
- 8) จัดส่งชิ้นงาน เป็นกระบวนการจัดเตรียมขนส่งชิ้นงานให้กับลูกค้า

3.2.2. การวิเคราะห์ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิต

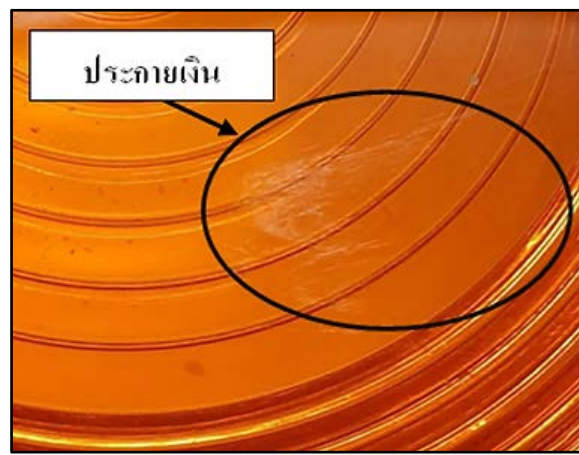
จากการตรวจสอบชิ้นงานหลังการฉีด (กระบวนการที่ 5) พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นที่กระบวนการการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานสามารถแยกปัญหาของเสียออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ปัญหาด้านประกายเงินมีจำนวนของเสียเท่ากับ 538 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 53.27 ลำดับต่อมา ปัญหาด้านผิวลายมีจำนวนของเสียเท่ากับ 274 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 27.13 ลำดับต่อมา ปัญหาด้านจุดดำมีจำนวนของเสียเท่ากับ 136 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 13.47 และปัญหาด้านเป็นรอยมีจำนวนของเสียเท่ากับ 62 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 6.14 ดังตารางที่ 3 แสดงการแจกแจงข้อมูลของเสียชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลียว ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาครอบไฟเลียวสามารถนำมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบจำนวนของเสียกับเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 4 จากข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นได้มีข้อสรุปว่า จะทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับประกายเงินที่มีจำนวนของเสียมากที่สุด ดังรูปที่ 5 แสดงลักษณะปัญหาประกายเงินบนผิวชิ้นงาน

ตารางที่ 3 การแจกแจงข้อมูลของเสียชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลียว

ประเภทของเสีย	จำนวนของเสีย(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย(%)
ประกายเงิน	538	53.27
ผิวลาย	274	27.13
จุดดำ	136	13.47
รอย	62	6.14
รวม	1,010	100



รูปที่ 4 เปรียบเทียบข้อมูลจำนวนของเสียกับเปอร์เซ็นต์ของเสีย ในการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลี้ยว

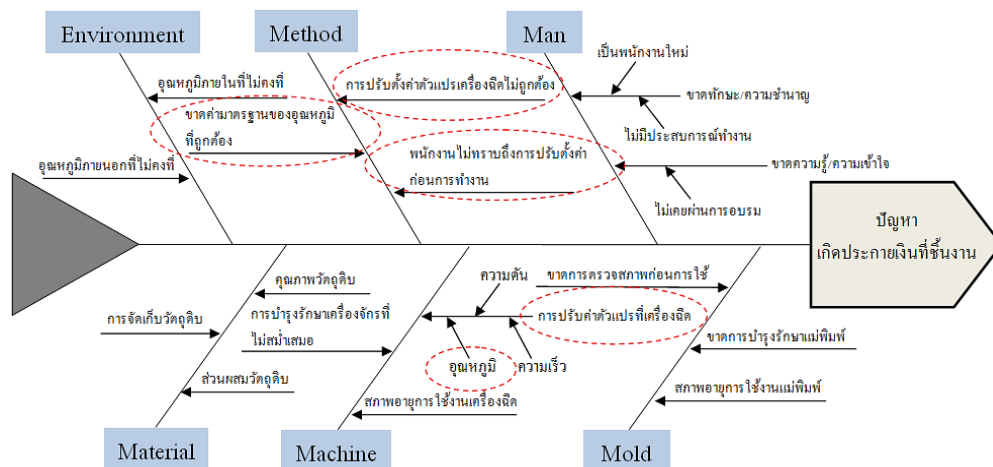


รูปที่ 5 ลักษณะปัญหาประกายเงินบนผิวชิ้นงาน

3.3.การวิเคราะห์ (Analysis phase)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยใช้หลักการ 5 M 1 E ในแผนภูมิแสดงสาเหตุและผล เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหา ดังรูปที่ 6

แผนภูมิแสดงสาเหตุและผล หลังจากนั้นนำไปหาความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผล (Cause & Effect Metric) ดังตารางที่ 4 และดังรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของปัญหากับคะแนนที่ส่งผลโดยตรงต่อปัญหา



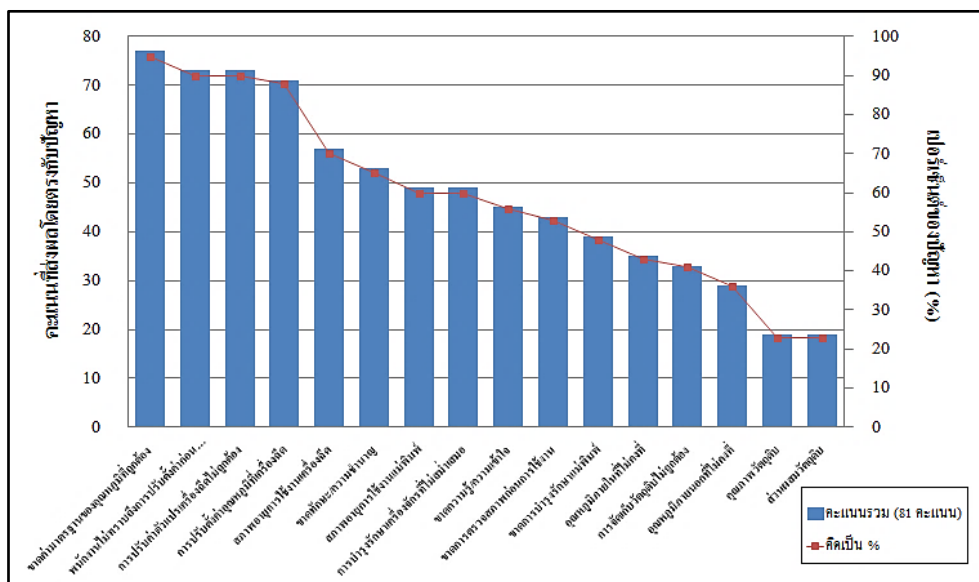
รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงสาเหตุและผล

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผล (Cause & Effect Metric)

ลำดับ ที่	ปัจจัยของปัญหา	เทคนิคการระดมสมอง									คะแนน รวม	คิด เป็น %
		ผจก. ฝ่ายผลิต	หัวหน้า แผนก	วิศวกร (PD)	ผจก. QA/QC	หัวหน้า QA/QC	วิศวกร QA/QC	ช่าง ช่าง	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2		
1	คน (Man)											
	ขาดทักษะ/ความชำนาญ	5	5	7	5	5	7	5	7	7	53	65%
	ขาดความรู้ ความเข้าใจ	5	3	5	5	5	5	3	7	7	45	56%
2	แม่พิมพ์ (Mold)											
	ขาดการตรวจสอบสภาพก่อน การใช้งาน	3	5	5	3	3	5	5	7	7	43	53%
	ขาดการบำรุงรักษา แม่พิมพ์	3	3	5	3	3	5	3	7	7	39	48%
	สภาพอายุการใช้งาน แม่พิมพ์	5	5	5	5	5	5	5	7	7	49	60%
3	เครื่องจักร (Machine)											
	การปรับค่าตัวแปรที่ เครื่องคิดไม่ถูกต้อง	9	7	9	7	7	9	7	9	9	73	90%
	การบำรุงรักษาเครื่องจักร ที่ไม่สม่ำเสมอ	5	5	5	5	5	5	5	7	7	49	60%
	สภาพอายุการใช้งาน เครื่องคิด	7	7	7	5	5	7	5	7	7	57	70%
	วิธีการ (Method)											
	การปรับตั้งค่าตัวแปร เครื่องคิดไม่ถูกต้อง	9	7	9	7	5	9	7	9	9	71	88%
	ขาดค่ามาตรฐานของ อุณหภูมิที่ถูกต้อง	9	7	9	9	9	9	7	9	9	77	95%
	พนักงานไม่ทราบถึงการ ปรับตั้งค่าก่อนทำงาน	9	9	9	7	7	7	7	9	9	73	90%
5	วัสดุ (Material)											
	คุณภาพวัตถุดิบ	1	3	1	1	1	1	5	3	3	19	23%
	การจัดเก็บวัตถุดิบ	5	5	3	3	3	3	5	3	3	33	41%
	ส่วนผสมวัตถุดิบ	1	1	3	1	1	3	3	3	3	19	23%

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผล (Cause & Effect Metric) (ต่อ)

ลำดับ ที่	ปัจจัยของปัญหา	เทคนิคการระดมสมอง									คะแนน รวม	คิด เป็น %
		ผก.ฝ่าย ผลิต	หัวหน้า แผนก	วิศวกร (PD)	ผก. QA/QC	หัวหน้า QA/QC	วิศวกร QA/QC	ช่าง ช่าง	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2		
6	สิ่งแวดล้อม (Environment)											
	อุณหภูมิภายในที่ไม่ คงที่	5	5	3	3	3	3	3	5	5	35	43%
	อุณหภูมิภายนอกที่ไม่ คงที่	3	3	3	5	5	3	5	1	1	29	36%



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของปัญหากับคะแนนที่ส่งผลโดยตรงต่อปัญหา

ลำดับต่อไปคือการนำข้อมูลที่ได้จากแผนภูมิแสดงสาเหตุและผล มาหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลด้วยวิธีการระดมสมอง โดยมีการเรียนเชิญผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานในกระบวนการผลิต ดังนี้ ผู้จัดการฝ่ายผลิต หัวหน้าแผนก วิศวกรฝ่ายผลิต ผู้จัดการฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ หัวหน้าฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ วิศวกรฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ พนักงานช่าง ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิต รวมจำนวนทั้งหมด 9 ท่าน การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการตัดสินใจแบบพหุหลักเกณฑ์ ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ จากการสอบถามข้อมูลกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยการให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมินที่มีความเป็นมาตรฐาน จากตารางที่ 5 แสดงระดับเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน [10-11]

ตารางที่ 5 ระดับเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน

การกำหนดเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน	
ระดับคะแนน	ความหมายการให้คะแนน
9	ส่งผลโดยตรงมากที่สุด 100%
7	ส่งผลโดยตรงมากที่สุด 80%,
5	ส่งผลโดยตรงมากที่สุด 60%
3	ส่งผลโดยตรงปานกลาง 40%,
1	ส่งผลโดยตรงต่อปัญหา < 20%

จากตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ลำดับสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสรุปสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด 16 สาเหตุ

จากนั้นนำมาหาค่าคะแนนรวมทั้งหมดและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อเลือกสาเหตุที่มีค่าของเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในเกณฑ์จะต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

วิธีการคำนวณคะแนนรวม (จากตารางที่ 6) พิจารณาได้จาก

คะแนนรวม = 9 (ระดับคะแนนสูงสุด) $\times$ 9 (จำนวนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการประเมิน) = 81 คะแนน

วิธีการคำนวณเพื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (จากตารางที่ 6) พิจารณาได้จาก

เปอร์เซ็นต์ = (ผลรวมในแต่ละสาเหตุ / คะแนนรวม) $\times$ 100

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ลำดับสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	คะแนนรวม (81คะแนน)	คิดเป็น %
1	ขาดค่ามาตรฐานของอุณหภูมิที่ถูกต้อง	77	95%
2	พนักงานไม่ทราบถึงการปรับตั้งค่าก่อนทำงาน	73	90%
3	การปรับตั้งค่าตัวแปรเครื่องฉีดไม่ถูกต้อง	73	90%
4	การปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องฉีดไม่ถูกต้อง	71	88%
5	สภาพอายุการใช้งานเครื่องฉีด	57	70%
6	ขาดทักษะ/ความชำนาญ	53	65%
7	สภาพอายุการใช้งานแม่พิมพ์	49	60%
8	การบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ไม่สม่ำเสมอ	49	60%
9	ขาดความรู้/ความเข้าใจ	45	56%
10	ขาดการตรวจสภาพก่อนการใช้งาน	43	53%
11	ขาดการบำรุงรักษาแม่พิมพ์	39	48%
12	อุณหภูมิภายในที่ไม่คงที่	35	43%
13	การจัดเก็บวัตถุดิบไม่ถูกต้อง	33	41%
14	อุณหภูมิภายนอกที่ไม่คงที่	29	36%
15	คุณภาพวัตถุดิบ	19	23%
16	ส่วนผสมวัตถุดิบ	19	23%

ผลการวิเคราะห์จากลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่าสาเหตุที่ 1 เกิดจากการขาดค่ามาตรฐานของอุณหภูมิที่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 95 สาเหตุที่ 2 เกิดจากพนักงานไม่ทราบถึงการปรับตั้งค่าก่อนทำงาน

และสาเหตุที่ 3 การปรับตั้งค่าตัวแปรเครื่องฉีดไม่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 90 และสาเหตุที่ 4 เกิดจากการปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องฉีดไม่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 88

จากการลงมติในที่ประชุม เกณฑ์การเลือกสาเหตุของปัญหา คือ ต้องมากกว่า 80 % ขึ้นไป ที่จะส่งผลโดยตรงกับปัญหามากที่สุด

3.4.การปรับปรุง (Improve phase)

ผลการวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่าสาเหตุที่เกิดขึ้นที่ 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 เกี่ยวกับวิธีการ (Method) สามารถแยกสาเหตุออกเป็น 3 สาเหตุ ได้แก่

- 1) การปรับตั้งค่าตัวแปรเครื่องฉีดไม่ถูกต้อง
- 2) ขาดค่ามาตรฐานของอุณหภูมิที่ถูกต้อง
- 3) พนักงานไม่ทราบถึงการปรับตั้งค่าอุณหภูมิก่อนทำงาน

ปัจจัยที่ 2 เกี่ยวกับเครื่องจักร (Machine) สามารถแยกสาเหตุออกเป็น 1 สาเหตุ ได้แก่ การปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องฉีดไม่ถูกต้อง

จากข้อสรุปสาเหตุที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยได้มีการประชุมกับคณะทำงานทั้งหมดเพื่อระดมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการหาแนวทางการแก้ไขดังนี้

ประเด็นที่ 1 การปรับตั้งค่าตัวแปรเครื่องฉีดไม่ถูกต้อง จากข้อสรุปในที่ประชุม ได้มีการพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก โดยให้พิจารณาตัวแปรด้านอุณหภูมิเป็นหลักก่อนเพราะเป็นจุดที่สำคัญ โดยพิจารณาจุดที่เกี่ยวข้องกับจุดหลอมเหลวของพลาสติก ที่บริเวณทางออกของหัวฉีด เมื่อนำมาพิจารณาพบว่า อุปกรณ์ที่สำคัญคือ บาร์เรลฮีตเตอร์ (Barrel heaters) และเครื่องอัดรีด (Extruder) ที่จะต้องมีการปรับค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์รวมทั้งหมด 4 ตัว และเนื่องจากทางบริษัทมีการปรับส่วนผสมของวัตถุดิบใหม่ แต่ยังใช้ค่าอุณหภูมิเดิมอยู่ และยังไม่มีความของอุณหภูมิที่ถูกต้องที่เป็นค่ามาตรฐาน จึงเป็นเหตุผลที่จะต้อง

นำไปพิจารณาในการทดลองปรับค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อไป

สรุปแนวทางการแก้ไข ประเด็นที่ 1 ทำการทดลองเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในอุปกรณ์บาร์เรลฮีตเตอร์ (Barrel heaters)

ประเด็นที่ 2 ขาดค่ามาตรฐานของอุณหภูมิที่ถูกต้อง จากข้อสรุปในที่ประชุม ให้ทำการทดลองเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม และกำหนดค่ามาตรฐานในการปรับตั้งค่าอุณหภูมิก่อนที่จะทำการฉีดพลาสติกทุกครั้ง

สรุปแนวทางการแก้ไข ประเด็นที่ 2 กำหนดค่ามาตรฐานในการปรับตั้งค่าอุณหภูมิก่อนที่จะทำการฉีดพลาสติกทุกครั้ง

ประเด็นที่ 3 พนักงานไม่ทราบถึงการปรับตั้งค่าอุณหภูมิ ก่อนทำงาน จากข้อสรุปในที่ประชุม เมื่อได้ผลในการปรับตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานแล้ว ดำเนินการจัดทำคู่มือ และอบรมให้พนักงานได้รับทราบเป็นลำดับต่อไป

สรุปแนวทางการแก้ไข ประเด็นที่ 3 ดำเนินการจัดทำคู่มือ และอบรมให้พนักงานได้รับทราบเป็นลำดับต่อไป

ประเด็นที่ 4 การปรับตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องฉีดไม่ถูกต้อง จากข้อสรุปในที่ประชุม ดำเนินการตามแนวทางในประเด็นที่ 3

สรุปแนวทางการแก้ไข ตามแนวทางประเด็นที่ 3 ดำเนินการจัดทำคู่มือ และอบรมให้พนักงานได้รับทราบเป็นลำดับต่อไป

จากทั้ง 3 ประเด็น ผู้วิจัยสรุปสาเหตุของปัญหาพร้อมทั้งแนวทางการแก้ไขปรับปรุง พิจารณาได้จากตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สาเหตุของปัญหา ที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไขปรับปรุง
1	การปรับตั้งค่าตัวแปรเครื่องฉีดไม่ถูกต้อง	การทดลองเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ในอุปกรณ์บาร์เรลฮีตเตอร์ (Barrel heaters)
2	ขาดค่ามาตรฐานของอุณหภูมิที่ถูกต้อง	กำหนดค่ามาตรฐานในการปรับตั้งค่าอุณหภูมิก่อนที่จะทำการฉีดพลาสติกทุกครั้ง

ตารางที่ 7 สาเหตุของปัญหา ที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไขปรับปรุง
3	พนักงานไม่ทราบถึงการปรับตั้งค่าอุณหภูมิ ก่อนทำงาน	ดำเนินการจัดทำคู่มือ และอบรมให้พนักงานได้รับทราบเป็นลำดับต่อไป
4	การปรับตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องฉีด ไม่ถูกต้อง	ดำเนินการจัดทำคู่มือ และอบรมให้พนักงานได้รับทราบเป็นลำดับต่อไป

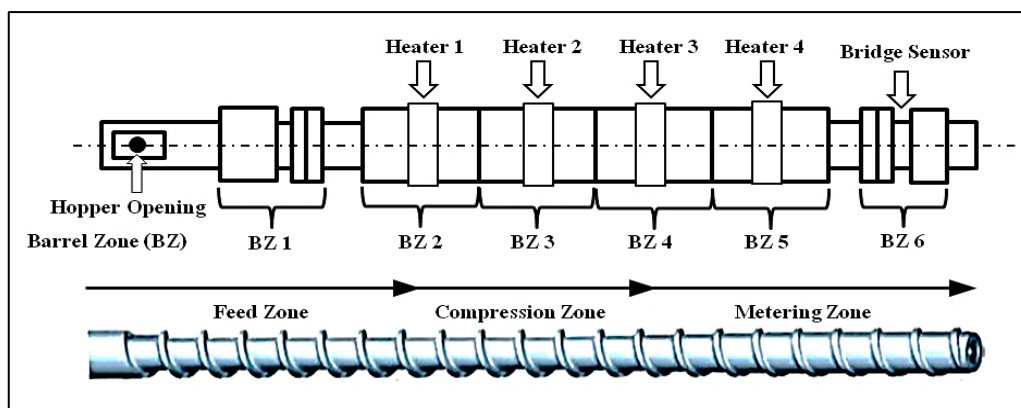
3.4.1. เครื่องอัดรีด (Extruder)

เครื่องอัดรีด เป็นอุปกรณ์สำหรับการรีดขึ้นรูปในกระบวนการผลิตที่สำคัญที่สุด คุณภาพการหลอมที่ได้ขึ้นอยู่กับ การตั้งค่าพารามิเตอร์ด้านอุณหภูมิ ของเครื่องอัดรีดเพื่อให้วัสดุเป็นเนื้อเดียวกันด้วยความร้อนที่จะทำให้ เกิดการหลอมเหลว การตั้งค่าอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพ จะต้องระบุการตั้งค่าอุณหภูมิที่บาร์เรลให้มีความถูกต้อง การควบคุมอุณหภูมิจะส่งผลต่อคุณภาพการหลอมและทำให้มีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอัดรีดจะต้องคำนึงถึงการตั้งค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ในทางปฏิบัติเรียกว่า "การทดลองและมีการทดสอบข้อผิดพลาด" ดังนั้นการตั้งค่าที่เหมาะสมที่สุดของตัวทำความร้อนแบบบาร์เรลจึงเป็นประโยชน์สำหรับผลลัพธ์คุณภาพการหลอม เพื่อให้แม่นยำยิ่งขึ้น อุณหภูมิของบาร์เรลจะส่งผลต่อเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น การกระจายตัวของวัสดุหลอมเหลวอุณหภูมิบนหน้าตัด ความสม่ำเสมอของวัสดุ การสึกหรอ อุณหภูมิหลอมเหลว ฯลฯ [17–19]

จากรูปที่ 8 แสดงเครื่องอัดรีด (Extruder) พร้อมข้อมูลการติดตั้งบาร์เรลฮีตเตอร์ (Barrel heaters) และตำแหน่งของอุปกรณ์ [17] เครื่องอัดรีด (Extruder) สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรกเป็น Feed zone จะเป็นช่วงที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงเม็ดพลาสติกที่ไหลลงมาจาก Hopper throat เพื่อส่งต่อไปยังช่วงที่ 2 Compression zone ของ Screw เป็นช่วงที่ทำให้พลาสติกเกิดการหลอมเหลวและผสมผสานกัน และช่วงที่ 3 Metering zone เป็นช่วงที่มีการเนียนกันของพลาสติก

และจะเพิ่มมากขึ้น ระหว่างบาร์เรล (Barrel) กับ สกรู (Screw) และจะเพิ่มการหลอมละลายของพลาสติก บางส่วนที่ยังหลอมละลายไม่ดีพอ เพื่อที่จะทำการฉีด

พลาสติกต่อไป บาร์เรลโซน (Barrel zone) แบ่งออกเป็น 6 โซน ตั้งแต่โซนที่ 2 (BZ2) ถึง โซน ที่ 5 (BZ5) มี อุปกรณ์ฮีตเตอร์ (Heaters) รวมจำนวน 4 ตัว



รูปที่ 8 เครื่องอัดรีด (Extruder) พร้อมข้อมูลการติดตั้งบาร์เรลฮีตเตอร์ (Barrel Heaters) และตำแหน่งของอุปกรณ์

3.4.2. การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments)

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่นำมาทำการทดลองจากปัญหา ประกายเงิน พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลและส่งผลกระทบต่อ ปัญหา คือการปรับตั้งค่าตัวแปรที่เครื่องฉีด ผู้วิจัยจึงได้นำ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ของบาร์เรลฮีตเตอร์ (Barrel heaters) นำมาพิจารณา เป็นปัจจัยในการออกแบบการทดลอง ซึ่งมี 4 ปัจจัย ได้แก่

- 1) อุณหภูมิที่ Heater 1
- 2) อุณหภูมิที่ Heater 2
- 3) อุณหภูมิที่ Heater 3
- 4) อุณหภูมิที่ Heater 4

การแบ่งระดับปัจจัยเพื่อใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 8 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^4

ตารางที่ 8 ปัจจัยและระดับของปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการ ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^4

ปัจจัย ที่พิจารณา	ระดับที่ใช้ ในปัจจุบัน	ค่าระดับปัจจัย ในการทดลอง		หน่วยวัด
		ระดับต่ำ	ระดับสูง	
Heater 1	200	200	210	°C
Heater 2	210	210	220	°C

ตารางที่ 8 ปัจจัยและระดับของปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการ ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^4 (ต่อ)

ปัจจัย ที่พิจารณา	ระดับที่ใช้ ในปัจจุบัน	ค่าระดับปัจจัย ในการทดลอง		หน่วยวัด
		ระดับต่ำ	ระดับสูง	
Heater 3	216	216	225	°C
Heater 4	242	242	246	°C

วิธีการออกแบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบ 2 ระดับ (2^k Full Factorial Experiment) โดยปัจจัยมี 2 ระดับ คือ “ต่ำ” และ “สูง” โดยการทดลองแบบสุ่ม (Random) จากนั้น ทำการทดลองผลการตอบสนอง โดยกำหนดให้ ผลตอบสนองของการทดลองเป็นสัดส่วนของเสียต่อ ปริมาณการผลิต ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) มี รูปแบบการทดลอง 2^k ทั้งหมด 4 ปัจจัย ซึ่งจะเท่ากับ 2^4 เท่ากับ 16 การทดลองและกำหนดการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง (2 Replicates) ดังนั้นผู้วิจัยจะต้องทำการทดลองทั้งหมด

เท่ากับ 32 ครั้ง ซึ่งงานที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง ดังตารางที่ 9 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง 2^k Full Factorial Design การทำการทดลองโดยการวิเคราะห์ผลจากการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab17 ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 จำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง 2^k Full Factorial Design

จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	จำนวนครั้งที่ทดสอบ (ครั้ง)	รวมจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ (ชิ้น)
500	32	16,000

ตารางที่ 10 การจัดการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab17

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Temperature heater A	Temperature heater B	Temperature heater C	Temperature heater D	Response
1	18	1	1	200	210	216	242	8.8
2	19	1	1	210	210	216	242	7.5
3	6	1	1	200	220	216	242	7.0
4	7	1	1	210	220	216	242	6.8
5	3	1	1	200	210	225	242	4.8
6	13	1	1	210	210	225	242	4.0
7	11	1	1	200	220	225	242	4.2
8	9	1	1	210	220	225	242	3.7
9	17	1	1	200	210	216	246	6.5
10	20	1	1	210	210	216	246	6.3
11	26	1	1	200	220	216	246	5.8
12	22	1	1	210	220	216	246	5.5
13	14	1	1	200	210	225	246	4.2
14	5	1	1	210	210	225	246	3.9
15	21	1	1	200	220	225	246	3.5
16	23	1	1	210	220	225	246	3.1
17	16	1	1	200	210	216	242	7.6
18	4	1	1	210	210	216	242	7.3
19	28	1	1	200	220	216	242	7.3
20	31	1	1	210	220	216	242	6.7
21	8	1	1	200	210	225	242	5.1
22	10	1	1	210	210	225	242	4.5
23	27	1	1	200	220	225	242	3.8
24	30	1	1	210	220	225	242	3.5
25	24	1	1	200	210	216	246	6.8
26	32	1	1	210	210	216	246	6.4

ตารางที่ 10 การจัดการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab17 (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Temperature heater A	Temperature heater B	Temperature heater C	Temperature heater D	Response
27	1	1	1	200	220	216	246	6.0
28	15	1	1	210	220	216	246	5.7
29	12	1	1	200	210	225	246	4.0
30	25	1	1	210	210	225	246	3.8
31	2	1	1	200	220	225	246	3.3
32	29	1	1	210	220	225	246	2.9

3.4.3. การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab 17

จากผลการทดลอง ผู้วิจัยได้นำค่าผลตอบสนองที่ได้จากจำนวนของชิ้นงานที่เสียจากปัญหาชิ้นงานเป็นประจายเงิน มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Minitab17 จากผลการทดลองในตารางที่ 10 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

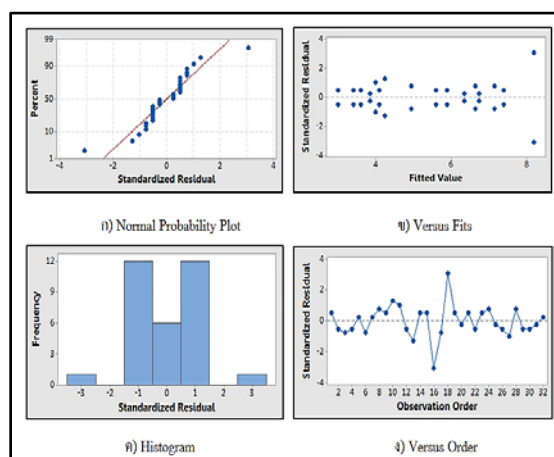
1) การทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal probability plot) จากรูปที่ 9(ก) พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวใกล้เคียงเส้นตรงหรือข้อมูลถูกลากผ่านได้โดยเส้นตรง ซึ่งแสดงว่าข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์นั้นมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน (Versus fits) จากรูปที่ 9(ข) พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอรอบเส้นกึ่งกลางศูนย์ และไม่มีลักษณะรูปแบบคล้ายลำโพง (Megaphone) แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่

3) การทดสอบโดยฮิสโตแกรม (Histogram) จากรูปที่ 9(ค) พบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างมีรูปแบบที่เป็นอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนหรือไม่สามารถประมาณรูปแบบที่แน่นอนได้ แสดงให้เห็นว่าค่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent)

4) การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนจุดของข้อมูลกระจายตัวรอบเส้นกึ่งกลางศูนย์ และไม่มีลักษณะของแนวโน้มหรือมีรูปแบบอย่างชัดเจน แสดงว่า

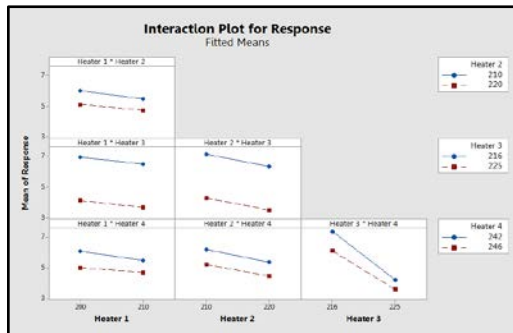
ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรสุ่มอิสระ ไม่มีสหสัมพันธ์ (Correlation) ต่อกัน



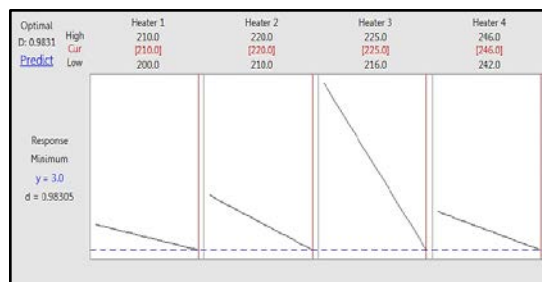
รูปที่ 9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง Residual plots for response ก) Normal probability plot ข) Versus fits ค) Histogram ง) Versus order

การวิเคราะห์ Interaction plot ดังรูปที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ Interaction plot พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสำหรับ Heater 1 Heater 2 Heater 3 และ Heater 4 ที่สูงขึ้น จะส่งผลทำให้ของเสียลดลง

จากรูปที่ 11 แสดงผลตอบสนอง Response optimizer พบว่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิสำหรับ Heater 1 คือ 210°C Heater 2 คือ 220°C Heater 3 คือ 225°C และ Heater 4 คือ 246°C หลังจากนั้นให้นำค่าปัจจัยที่เหมาะสม ใช้ในการปรับตั้งค่าที่เครื่องฉีดพลาสติก และดำเนินการทดลองในการฉีดพลาสติกจริงต่อไป



รูปที่ 10 การวิเคราะห์ผลการทดลอง Interaction plot



รูปที่ 11 ผลการตอบสนอง Response optimizer

3.4.4. ผลการทดลองจากการฉีดพลาสติก

จากการประเมินผลด้วยโปรแกรม Minitab17 ซึ่งจะได้ค่าระดับปัจจัยของอุณหภูมิที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้มีการดำเนินการขั้นตอน ในส่วนของการนำมาทดสอบการฉีดพลาสติก เพื่อพิจารณาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น หลังจากนั้น จะเป็นการดำเนินการในส่วนของการผลิตจริง

ก่อนเริ่มการทดสอบการฉีดพลาสติก จะต้องมีการปรับค่าต่าง ๆ ของเครื่องฉีดพลาสติกดังนี้

1) การตั้งค่าตัวแปรควบคุม เพื่อการควบคุมการทำงาน ของเครื่องฉีดพลาสติก ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ค่ากำหนดประกอบด้วย ระยะการฉีดที่ 1 ความเร็วในการฉีด 15% แรงดันในการฉีด 65 bar ระยะการฉีดที่ 2 ความเร็วในการฉีด 25% แรงดันในการฉีด 85 bar ระยะการฉีดที่ 3 ความเร็วในการฉีด 25% แรงดันในการฉีด 85 bar ระยะการฉีดที่ 4 ความเร็วในการฉีด 15% แรงดันในการฉีด 85 bar ระยะการฉีดที่ 5 ความเร็วในการฉีด 15% แรงดันในการฉีด 65 bar และระยะการฉีดที่ 6 ความเร็วในการฉีด 5.1% แรงดันในการฉีด 56 bar ค่าต่าง ๆ จะถูกระบุ ดังตารางที่ 11 แสดงการตั้งค่าตัวแปรควบคุมด้านความเร็วและแรงดันที่เครื่องฉีดพลาสติกก่อนการทำงาน

2) การตั้งค่าอุณหภูมิ Heater เป็นการตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องฉีดพลาสติกก่อนการทดสอบ โดยมีค่ากำหนดดังนี้ Heater 1 คือ 210°C Heater 2 คือ 220°C Heater 3 คือ 225°C และ Heater 4 คือ 246°C

จากตารางที่ 12 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบการฉีดพลาสติก โดยผู้วิจัยได้มีการกำหนดจำนวนครั้งในการทดสอบรวมทั้งหมดรวม 10 ครั้ง ขึ้นงานในการทดสอบจำนวน 500 ชิ้นต่อครั้ง รวมทั้งหมด 5,000 ชิ้น เมื่อทำการตรวจสอบของเสียที่เกิดจากประกายเงิน พบว่ามีของเสียรวมทั้งหมด 9 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.18 จากของเสียที่เกิดขึ้น จึงได้มีการประชุมและมีความคิดเห็นว่าของเสียที่เกิดขึ้นนั้นลดลง อยู่ในระดับที่ไม่สูงมากและสามารถยอมรับได้ จึงมีบทสรุปให้ดำเนินการผลิตชิ้นงานจริงได้ต่อไป

ตารางที่ 11 การตั้งค่าตัวแปรควบคุมด้านความเร็วและแรงดันที่เครื่องฉีดพลาสติกก่อนการทำงาน

ตัวแปรควบคุม ในการฉีดพลาสติก	การปรับตั้งค่าตัวแปรควบคุม					
	ระยะการฉีดที่ 1	ระยะการฉีดที่ 2	ระยะการฉีดที่ 3	ระยะการฉีดที่ 4	ระยะการฉีดที่ 5	ระยะการฉีดที่ 6
ความเร็วการฉีด	15%	25%	25%	15%	15%	5.1%
แรงดันการฉีด	65 bar	85 bar	85 bar	85 bar	65 bar	56 bar

ตารางที่ 12 ผลจากการทดสอบการฉีดพลาสติก

จำนวนครั้งในการ ทดสอบฉีด	เวลาในการฉีด (Cycle Time)	ปัจจัยค่าอุณหภูมิ				จำนวนชิ้นงาน ทดสอบ(ชิ้น)	ของเสียประกาย เงิน(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ ของเสีย (%)
		Heater 1	Heater 2	Heater 3	Heater 4			
1	38.4	210	220	224	246	500	1	0.2

ตารางที่ 12 ผลจากการทดสอบการฉีดพลาสติก (ต่อ)

จำนวนครั้งในการทดสอบฉีด	เวลาในการฉีด (Cycle Time)	ปัจจัยค่าอุณหภูมิ				จำนวนชิ้นงานทดสอบ(ชิ้น)	ของเสียประเภทเงิน(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)
		Heater 1	Heater 2	Heater 3	Heater 4			
2	39.0	210	220	225	245	500	1	0.2
3	39.6	210	219	225	246	500	2	0.4
4	38.1	210	219	225	245	500	2	0.4
5	39.3	210	219	225	245	500	2	0.4
6	37.8	210	220	225	246	500	0	0
7	38.2	210	220	225	245	500	1	0.2
8	37.9	210	220	225	246	500	0	0
9	37.9	210	220	225	246	500	0	0
10	37.9	210	220	225	246	500	0	0
ค่าเฉลี่ยรวม	38.4	210	220	225	246	5,000	9	0.18

จากผลการดำเนินการการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลี้ยว ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิตในช่วงหลังการปรับปรุง ระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน 2563 โดยเก็บรวบรวมจากใบตรวจสอบ ปริมาณการผลิตรวมเท่ากับ 50,977 ชิ้น พบว่าจำนวนของเสียประเภทเงินเท่ากับ 159 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.31 ดังตารางที่ 13 แสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น จึงสรุปได้ว่า ปัจจัยด้านอุณหภูมิที่เหมาะสมจะส่งผลต่อของเสียที่เกิดขึ้น

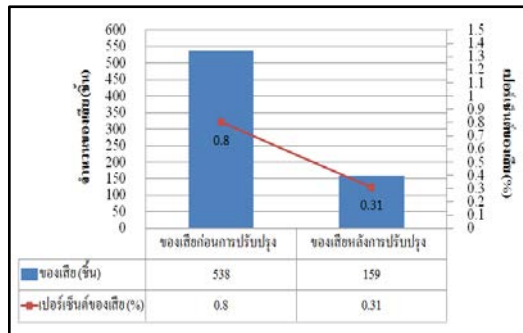
จากตารางที่ 14 แสดงการแจกแจงข้อมูลของเสียประเภทเงินเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง พบว่าก่อนการปรับปรุงมีของเสียเกิดขึ้นรวมทั้งหมด 538 ชิ้น จากปริมาณการผลิต 67,039 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.80 หลังการปรับปรุงจำนวนของเสียลดลงอยู่ที่ 159 ชิ้น จากปริมาณการผลิต 50,977 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.31 เมื่อนำมาเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง พบว่าของเสียสามารถลดลง คิดเป็นร้อยละ 61.25 ดังรูปที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของเสียประเภทเงินก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 13 ข้อมูลของเสียชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลี้ยว หลังการปรับปรุง ในช่วงระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน 2563

เดือน	จำนวนการผลิต(ชิ้น)	จำนวนของเสียประเภทเงิน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)
กรกฎาคม	17,945	54	0.30
สิงหาคม	14,997	49	0.33
กันยายน	18,035	56	0.31
รวม	50,977	159	0.31

ตารางที่ 14 การแจกแจงข้อมูลของเสียประเภทเงินเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

ประเภทของเสีย	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)
ก่อนการปรับปรุง		
ประเภทเงิน	538	0.80
หลังการปรับปรุง		
ประเภทเงิน	159	0.31



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบของเสียประเภทเงินก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

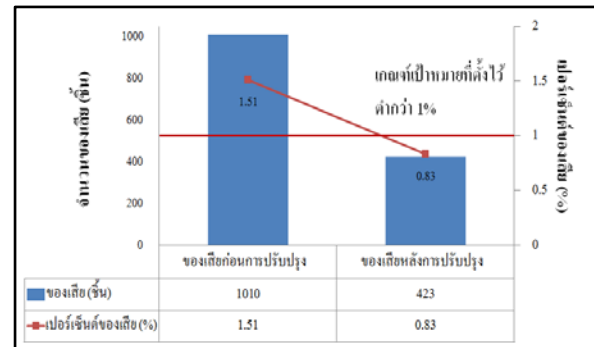
จากตารางที่ 15 แสดงจำนวนของเสียรวมจากประเภทที่เกิดขึ้น จากการเก็บรวบรวมข้อมูล เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงในช่วงระหว่างเดือน มีนาคม-เมษายน 2563 และหลังการปรับปรุง ในช่วงระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน 2563 พบว่าก่อนการปรับปรุงมีของเสียเกิดขึ้นรวมทั้งหมด 1,010 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 1.51 หลังการปรับปรุงจำนวนของเสียลดลงอยู่ที่ 423 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.83 เมื่อเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงพบว่าของเสียสามารถลดลง คิดเป็นร้อยละ 45.1

ตารางที่ 15 จำนวนของเสียรวมที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

เดือน	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)
ก่อนการปรับปรุง			
มีนาคม	38,863	568	1.46
เมษายน	28,176	442	1.57
รวม	67,039	1,010	1.51
หลังการปรับปรุง			
กรกฎาคม	17,945	152	0.85
สิงหาคม	14,997	125	0.83
กันยายน	18,035	146	0.81
รวม	50,977	423	0.83

เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตั้งเป้าหมายของทางบริษัทฯ สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้นต่ำกว่าร้อยละ 1 จาก

ข้อสรุปพบว่าสามารถทำได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ หลังจากการปรับปรุงแล้วของเสียเกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 0.83 ดังรูปที่ 13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของเสียรวมทั้งหมดตามเกณฑ์เป้าหมายที่กำหนดไว้



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบของเสียรวมทั้งหมดตามเกณฑ์เป้าหมายที่กำหนดไว้

3.5.การควบคุม (control)

ขั้นตอนการควบคุมเป็นการควบคุมข้อบกพร่องจากสาเหตุต่างๆ ซึ่งจะต้องพยายามควบคุมขั้นตอนหรือวิธีการทำงานให้มากขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำขึ้นอีก โดยมีการปรับปรุงมาตรฐานการทำงาน และอบรมให้กับพนักงานอยู่เสมอและต่อเนื่อง เพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ดังตารางที่ 16 แนวทางการควบคุมปัจจัยที่ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแล้ว

ตารางที่ 16 แนวทางการควบคุมปัจจัยที่ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแล้ว

ปัจจัยที่ได้ดำเนินการปรับปรุง	แนวทางการควบคุม
การปรับค่าอุณหภูมิที่ฮีตเตอร์ (Heater) รวมทั้งหมด 4 ตัว ตามปัจจัยในการออกแบบการทดลอง	1) จัดทำแบบฟอร์มการตรวจเช็คเครื่องจักร (Machine check sheet)
	2) จัดทำคู่มือ การปรับตั้งค่าอุณหภูมิ ให้เป็นมาตรฐาน ก่อนการทำงานทุกครั้ง
	3) จัดอบรมให้ความรู้กับพนักงานคุมการทำงานเครื่องจักร

4. อภิปรายผลและสรุป

จากการศึกษาและวิจัยเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนไฟเลียวรถแทรกเตอร์ ผู้วิจัยได้มีการนำเทคนิค DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการทำวิจัยครั้งนี้ และนำเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools) เพื่อคัดเลือกรูปแบบและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริง และผ่านกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการตัดสินใจแบบพหุหลักเกณฑ์ เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ด้วยการระดมสมอง พบว่าของเสียที่มากที่สุด ได้แก่ ปลายเงิน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองที่เป็นแบบแฟกทอเรียล (Design of Experiments: DOE) 2^4 ระดับของปัจจัย 2 ระดับ ซึ่งจากผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยหลักการทางสถิติพบว่า มี 4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเกิดของเสีย คือ อุณหภูมิที่ Heater 1 อุณหภูมิที่ Heater 2 อุณหภูมิที่ Heater 3 และอุณหภูมิที่ Heater 4 จากการพิจารณาค่าที่เหมาะสมของระดับปัจจัยเพื่อการใช้งาน พบว่า อุณหภูมิที่ Heater 1 คือ 210°C อุณหภูมิที่ Heater 2 คือ 220°C อุณหภูมิที่ Heater 3 คือ 225°C และอุณหภูมิที่ Heater 4 คือ 246°C

จากผลการดำเนินการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลียวรถ ผู้วิจัยได้รวบรวมเก็บข้อมูล พบว่าของเสียปลายเงินก่อนการปรับปรุงมีของเสีย คิดเป็นร้อยละ 0.80 หลังจากการปรับปรุงจำนวนของเสียลดลง คิดเป็นร้อยละ 0.31 ของเสียสามารถลดลงจากเดิม คิดเป็นร้อยละ 61.25 เมื่อเปรียบเทียบของเสียทั้งหมด พบว่าก่อนทำการปรับปรุงมีของเสีย คิดเป็นร้อยละ 1.51 หลังจากการปรับปรุงจำนวนของเสียลดลง คิดเป็นร้อยละ 0.83 ของเสียสามารถลดลงคิดเป็นร้อยละ 45.1

จากของเสียที่เกิดขึ้นสามารถลดลงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ที่ไม่เกินร้อยละ 1 หลังจากการปรับปรุงแล้วของเสียเกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 0.83

ผลจากการศึกษาในงานวิจัยนี้ ทำให้ผู้วิจัยทราบว่า อุณหภูมิเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อของเสีย และเป็นตัวแปรที่สำคัญ จะส่งผลกระทบต่อเม็ดพลาสติกให้เกิดการหลอมเหลวและผสมผสานกันได้ดี เม็ดพลาสติกที่นำมาใช้

ซึ่งอาจจะมีส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไป โดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ผู้วิจัยคิดเห็นว่าถ้ามีการนำวัตถุดิบมาใช้และมีส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของวัสดุ ควรที่จะต้องมีการทดสอบเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมก่อนจะนำมาผลิตชิ้นงานจริง และผู้วิจัยยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในส่วนของการพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวกับ ความดันการฉีด และความเร็วในการฉีด ซึ่งจะมีผลกระทบกับของเสียด้วย ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติม

งานวิจัยที่ผู้วิจัยได้ศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ O. Siriswasdi [12] ซึ่งได้กล่าวไว้ว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเกิดของเสียในการผลิตเพลลอน คือ อุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 1 อุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 2 อุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 3 และอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 4 เมื่อนำไปทดสอบ พบว่ามีผลทำให้ของเสียลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัทกรณีสึกษาและบุคลากรทุกท่านที่ได้ร่วมกันเก็บข้อมูล ระดมสมอง ช่วยกันคิดวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จนทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] R. R. Katkhede, A. A. Raut and K. Labade, "Defects and Solution of Plastic Parts during Injection Moulding," *International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 5, no. 9, pp.2321–0613, 2017.
- [2] B. S. Reddy, K. Arun, M. C. S. Reddy and B. N. Reddy, "Experimental Investigation and Optimizing of Parameters on Injection Moulding Process with LLDPE Reinforced Fly ash using Taguchi," *International Journal of Advanced Research in Basic Engineering Sciences and Technology (IJARBEST)*,

- vol.3, no.38, pp.88–93, 2017, doi: 10.20238/IJARBEST.2017.03s38050013.
- [3] S. Patcharaphan, "Defects of Injection Molded Parts: Causes and Troubleshooting," *Kasetsart Engineering Journal*, vol.69, no. 22, pp. 91 -104, 2009.
- [4] D. V. Rosato, D. V. Rosato, M. G. Rosato, "The Complete Injection Molding process," in *Injection Molding Handbook*, 3rded. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, 2000, ch.1, sec. 1, pp.1-27.
- [5] D. V. Rosato, "Injection Molding," in *Plastics Processing Data Handbook*, New York, NY, USA: Van Nostrand Reinhold, 1997. Ch. 2, pp.121–129.
- [6] National Metal and Materials Technology Center. "Services." mtec.or.th http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=577&Itemid=36 (accessed: Feb. 10, 2021)
- [7] W. Techawinyuatham, "Fundamentals of the plastic injection process," in *Plastic injection Engineering*, 1st ed. Bangkok, Thailand: Technology promotion (Thai-Japanese), Association, 2010. ch. 1, sec. 1.2, pp. 1–3.
- [8] S. Choobthaisong and R. Kanchana, "Reducing Defectives in Plastic Injection Process of Telephone Part By Design of Experiment," *Srinakharinwirot University Engineering Journal (SEJ)*, vol. 15, no. 3, pp.17–31, 2020.
- [9] M. Kittiyakajon, "Application of Analytic Hierarchy Process to Select Quality Improvement for Defect Reduction Projects: A Case Study of Air Tank Manufacturer," *Journal of Engineering RMUTT*, vol. 16, no. 2, pp.71–83, 2018.
- [10] A. Semsri, A. Suksukont, S. Sisamut and T. Pudtipatkosit, "Quality Control and Loss Reduction in the Front Side Fender Model Assembly Process Using Poka-Yoke Techniques," *RMUTP Research Journal Science & Technology*, vol. 15, no. 2, pp.103–117, 2021, doi: 10.14456/jrmutp.2021.25.
- [11] R. W. Satty, "The Analytic Hierarchy Process-What it is and how it is used," Pergamon Journals Ltd, Vol. 9, No. 3-5, pp.161-176, 1987.
- [12] O. Siriswasdi, "Study on Appropriate Method of Teflon Production by Design of Experiment Technigue," M.S. thesis, Dept. Ind Eng., Chulalongkorn Univ., Thailand, 2008.
- [13] C. Surasak and K. Rapee, "Product quality improvement in plastic injection process by statistical quality control," in *15th RSU National Graduate Research Conference*, Pathum Thani, Thailand, 2020, pp.2369–2381.
- [14] P. Homsri and, C. Kongthana, "Design of Experiment (DOE) to Reduce Waste in Plastic Injection Process of Automotive Parts," *Kasem Bundit Engineering Journal*, vol. 3, no. 2, pp. 73–95, 2013
- [15] B. Sornin, "Plastic injection," in *Plastic Technology*, 17th ed. Bangkok, Thailand: Technology promotion (Thai-Japanese), Association, 2005. ch.8, sec. 8.2, pp. 146–147.
- [16] N. Roth and M. Franchetti, "Process improvement for printing operation through the DMAIC Lean Six Sigma approach: A case study from Northwest Ohio, USA," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 1, no. 2, pp.119–133, 2010, doi: 10.1108/20401461011049502.
- [17] V. Resonnek and V. Schöppner, "Self-Optimizing Barrel Temperature Setting Control of Single Screw Extruders for Improving the Melt Quality," in *34th International Conference of the Polymer Processing Society*, Taipei, Taiwan, 2019, pp. 1–5, doi: 10.1063/1.5088268.

-
- [18] V. Schöppner and V. Resonnek, "Investigation of the barrel temperature profile on the process behavior of single screw extruders and strategies to determine the optimal temperature control," in *33rd International Conference of the Polymer Processing Society*, Cancun Mexico, 2019, pp. 1–5, doi: 10.1063/1.5121650.
- [19] *Time to Learn about Dynamic Optimization of Extruder Barrel Temperatures*, *Plastics Technology*, May. 2008, [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/time-to-learn-about-dynamic-optimization-of-extruder-barrel-temperatures>