

การเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในกรรมวิธีท่อพลาสติก

ชนิดพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูง

The Increasing Overall Equipment Effectiveness of High Density

Polyethylene Pipe Manufacturing

นัทวัฒน์ วิริยจิตตโสภณ ชุตระกุล ศิริไพบูลย์ และ สิทธิชัย รัชชโยธิน*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

E-mail: sitthichai.ruc@stou.ac.th*

Natthawat Wiriychittasophon Chootrakul Siripaiboon and Sitthichai Ruchayosyothin*

School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, Pak Kret District,

Nonthaburi Province 11120

E-mail: sitthichai.ruc@stou.ac.th*

Received 12 Jul 2024; Revised 10 Dec 2024

Accepted 26 Dec 2024; Available online 30 Dec 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการการผลิตท่อพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูงเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร โดยพัฒนาอัตราการเดินเครื่องให้เหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบที่จำเป็นต้องป้อนเข้าสู่กระบวนการ และได้ใช้กรอบการดำเนินการตามหลัก DMAIC ของซิกส์ซิกมาประยุกต์ใช้ ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ เทคนิคการระดมสมอง เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง และการวิเคราะห์แบบเอบีซี สำหรับสายการผลิตที่ปรับปรุงได้ถูกกำหนดเป้าหมายเพื่อลดความสูญเสียของวัตถุดิบลงร้อยละ 1.5 และปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.5 จากการวิเคราะห์รากสาเหตุของปัญหาพบว่าระบบการควบคุมเครื่องจักรเพื่อควบคุมความหนาแน่นเป็นกิจกรรมที่จำเป็นในการดำเนินการปรับปรุง เนื่องจากมีผลทำให้เกิดการลดปริมาณวัตถุดิบที่ป้อนสู่อุปกรณ์ได้มากที่สุด อีกทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเดินเครื่องจักรและช่วยลดอัตราการเกิดปัญหาคุณภาพได้ การปรับปรุงในการดำเนินการนี้ได้ใช้เทคโนโลยีการควบคุมอุปกรณ์ทำงานและวัดที่กระบวนการดึงพลาสติกด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผลที่ได้จากการปรับปรุงพบว่า สามารถลดความสูญเสียของวัตถุดิบได้ร้อยละ 2.5 และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรได้ร้อยละ 4.4 ซึ่งทำให้เกิดการบรรลุเป้าหมายในการปรับปรุงประสิทธิภาพและผลผลิตในการดำเนินการขององค์กรตัวอย่าง

คำหลัก: ความสูญเสีย ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร การวิเคราะห์แบบเอบีซี DMAIC ซิกส์ซิกมา กระบวนการผลิตท่อ HDPE

Abstract

The objective of this research is to enhance the manufacturing process of High-Density Polyethylene pipe to minimize waste during production and enhance Overall Equipment Efficiency. The performance rate has been improved to meet the required amount of raw material for the plastic molding machine. This improvement has been achieved by implementing the DMAIC operational framework, which is based on the Six Sigma theory. In addition to process capability analysis techniques, brainstorming approaches, the use of seven quality tools, and ABC analysis, specific efforts have been made to reduce the loss of raw materials by 1.5 % and enhance Overall Equipment Efficiency by 2.5 % in the target of the case of production lines. The root cause analysis has determined that the installation of machining controller systems for thickness pipe is a mandatory activity in the operation. There has been an encouragement to reduce the amount of raw material being flowed into the hopper, which leads to an increase in machine performance rate and also helps defend against defects in product quality. The improvement technique has utilized a Programmable Logic Controller (PLC) to regulate the actuator and carry out input data from measuring devices at the rolling piping section in the final process. Consequently, this activity has the potential to significantly decrease the amount of raw material by 2.5 % and simultaneously enhance the Overall Equipment Efficiency by 4.4 %. This accomplishment has successfully achieved the objective of enhancing efficiency and productivity in the operations of the sample process case.

Keywords: Waste, Overall Equipment Efficiency, ABC Analysis, DMAIC, Six Sigma, HDPE Pipe Manufacturing Process

1. บทนำ

จากแนวโน้มของการผลิตและส่งออกสินค้าประเภทพลาสติกในภาพรวมของประเทศไทยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 2-3 ต่อปีในช่วงปีพ.ศ. 2564-2566 นั้น โดยเฉพาะการเติบโตของอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่เกี่ยวข้องกับการใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกในกระบวนการถึงร้อยละ 80 ของผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้ในประเทศ [1] โดยประเภทผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดต่างๆ ที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมปัจจุบันถูกขึ้นรูปจากเม็ดพลาสติกอันเกิดจากกระบวนการอัดเม็ดจากสารตั้งต้นที่ได้รับจากอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมันดิบหรือแยกก๊าซ ปัจจุบันได้มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีน (Polyethylene) หรือพีอี (PE) ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ต่ำถึงสูง สำหรับอุตสาหกรรมมูลค่าปัจจุบันในการทำท่อส่งสารเคมีหรือท่อส่งก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากสมบัติของท่อพลาสติกที่ได้มีความแข็งแรงที่สูง ทนทานต่อการกัดกร่อนของ

สารเคมี และความร้อน จึงทำให้ผู้ประกอบการประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงได้เป็นอย่างดี จากแนวโน้มของราคาของการจำหน่ายเม็ดพลาสติกที่มีความผันผวนตามราคาน้ำมันดิบ อีกทั้งกระแสรั้งสิ่งแวดล้อมทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยที่มุ่งเน้นการดำเนินการตามเป้าหมายและเป้าประสงค์การพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเฉพาะประเด็น SDG 8 ที่การดำเนินการทางอุตสาหกรรมต้องมีผลิตภาพและยั่งยืนนั้น จึงเป็นกรณีศึกษาที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยมุ่งเน้นความสามารถในการลดความสูญเปล่าจากกิจกรรมที่ไม่จำเป็น เช่น การผลิตเกินความจำเป็น การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ ซึ่งถือเป็นการตอบเป้าหมายและเป้าประสงค์ข้างต้นได้ ตัวชี้วัดที่มีส่วนในการสนับสนุนการดำเนินการตามเป้าหมายและเป้าประสงค์การพัฒนาที่ยั่งยืน สำหรับภาคอุตสาหกรรม คือ การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) ในการผลิต เพื่อเป็นตัวสะท้อนความสามารถในการแข่งขันในตลาด ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและกำลังการ

ผลิตที่เป็นไปตามเป้าหมาย ส่งสินค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้าโดยที่เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด นิยมใช้ค่าวัดผลสากล คือ การวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) เนื่องจากเป็นตัวชี้วัดที่สะท้อนถึงสถานะเวลาที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การเดินเครื่องจักรเต็มความสามารถหรือไม่ มีการผลิตชิ้นงานเสียเป็นจำนวนเท่าใด ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจุบันของโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตท่อพลาสติกชนิด HDPE กรณีศึกษาครั้งนี้ในปี พ.ศ.2565 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้วัตถุดิบเทียบกับแผนการผลิต พบว่าผลรวมวัตถุดิบที่ใช้จริงมากกว่าวัตถุดิบของแผนการผลิต อยู่ที่ 30.82 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.47 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์และพบว่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) อยู่ที่ร้อยละ 80.1 ซึ่งแสดงถึงกระบวนการดำเนินงานกิจกรรมยังมีความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น

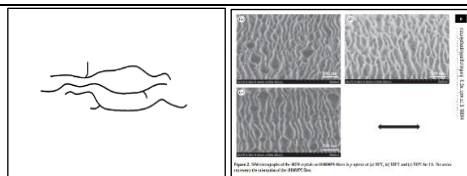
1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมเครื่องจักรและลดปริมาณสูญเปล่าวัตถุดิบของกระบวนการการผลิตพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนสำหรับการขึ้นรูปแบบท่อจากการวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพด้วยเทคนิค DMAIC

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลาสติก (Plastic)

พลาสติกในงานวิจัยนี้ คือ เทอร์โมพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene : HDPE) ผลิตขึ้นที่อุณหภูมิและความดันต่ำ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Ziegler-Natta and metallocene or Activated chromium oxide) (รู้จักกันในชื่อ Phillips catalyst) ซึ่งการขาดกึ่งก้านในโครงสร้างทำให้สายโซ่โพลีเมอร์สามารถรวมตัวกันได้อย่างใกล้ชิด ส่งผลให้วัสดุมีผลึกหนาแน่นและมีความแข็งแรงสูง [2] ดังรูปที่ 1



(ก)

(ข)

รูปที่ 1 (ก) รูปแบบเชิงเส้นของโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) [2] (ข) SEM micrographs of the HDPE crystals on UHMWPE fibres in p-xylene at (a) 90°C, (b) 100°C and (c) 110°C for 3 h. The arrow represents the orientation of the UHMWPE fibre. [3]

สมบัติทางกายภาพและทางเคมี พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง โดยทั่วไปมีความแข็งแรงสูง ทนอุณหภูมิสูงและคงรูป มีความเป็นฉนวนไฟฟ้า (Dielectric) ดีมาก ไม่มีรสและกลิ่น ดมฆ่าเชื้อได้ การนำไปใช้งาน เช่น ถังกักเก็บของเหลว ท่อส่งน้ำ ท่อร้อยสายไฟฟ้าแรงสูง ชิ้นส่วนทางเทคนิคต่างๆ มีความหนาแน่น (Density) 0.94-0.96 g/cm³ อัตราการหดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 2.0-4.0 [19] มีค่าแรงดึงโมดูลัสความยืดหยุ่น (Tensile Modulus) 1.06-1.09 GPa มีค่าความแข็งแรงของวัสดุเมื่อถูกแรงดึงมากระทำ (Tensile strength) 22.1–31.0 MPa มีค่าความแข็งแรงจุดคราก (Yield strength) 26.2–33.1 Mpa ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ร้อยละ 10-1200 มีค่าดัชนีหักเหแสง (Refractive index) 1.4648-1.4939 ที่ 20 °C อุณหภูมิจุดหลอมเหลวที่ 99 -138°C อุณหภูมิเปลี่ยนสภาพคล้ายแก้วที่ (-90)-(-130)°C อุณหภูมิในการอ่อนตัวของพลาสติก (Vcat softening temperature) 88–132°C ความทนของฉนวนไฟฟ้า (Dielectric strength) 39 kV·mm⁻¹ ค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) : 0.1721 W·m⁻¹·K⁻¹ การรีไซเคิลสามารถเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลได้ทันที [4]

2.2 ซิกส์ ซิกม่า (6-Sigma) และการประเมินความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

ซิกส์ ซิกม่า คือ แนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) และปรับปรุงกระบวนการ

การผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อให้การผลิตเกิดความผิดพลาดหรือของเสียในการผลิตน้อยที่สุด โดยซิกม่าระดับที่ 6 คือการผลิตที่มีความผิดพลาดไม่เกิน 3.4 ชิ้นต่อการผลิตหนึ่งล้านครั้ง (Defects Per Million Opportunities : DPMO) ในความหมายทางสถิติระดับของซิกม่าที่สูงขึ้นบ่งบอกถึงอัตราของเสียที่ลดลงและประสิทธิภาพของกระบวนการที่สูงขึ้น ระดับของซิกม่า (Sigma Level) [5] ดังตารางที่ 1

ดะเมอิค (DMAIC) ตามแนวคิด ซิกส์ ซิกม่า ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ ระบุปัญหา (D : Define) คือการระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการการผลิต การวัด (M : Measure) คือการกำหนดตัวชี้วัดเพื่อการวัดผลสิ่งที่เกิดขึ้นในเชิงปริมาณตัวเลขเพื่อจะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหา การวิเคราะห์ (A : Analyze) คือการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวัดมาค้นหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง การปรับปรุง (I : Improve) คือการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุของรากปัญหาที่แท้จริงที่เกิดขึ้นนั้น การควบคุม (C : Control) คือทำการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ให้อยู่ในเงื่อนไขของการปรับปรุง [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอน DMAIC ได้แก่ เทคนิคการระดมสมอง (Brainstorming) ร่วมกับเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) การวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) การวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) การวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis) และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab 18.1 ช่วยวิเคราะห์ข้อมูล [12], [13], [14], [15], [16]

การประเมินความสามารถของกระบวนการผลิตเพื่อให้ทราบความสามารถผลิตสินค้าตรงตามมาตรฐานและมีคุณภาพได้หรือไม่ โดยทำการเทียบค่าผันแปรของกระบวนการ (Process Variation) กับค่าความต้องการของลูกค้า (Customer Specification) กระบวนการที่มีประสิทธิภาพนั้นการกระจายตัวของค่าผันแปรของกระบวนการต้องน้อยกว่าค่าความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีผลทำให้สินค้าที่ผลิตตรงตาม

ความต้องการของลูกค้าทั้งหมด โดยดัชนีชี้วัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (Actual Capability : C_{pk}) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของกระบวนการกับค่าขอบเขตกำหนดเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งที่ใกล้ที่สุดยังค่าเฉลี่ยของข้อมูลใกล้ขอบเขตกระบวนการยิ่งแสดงว่ากระบวนการไม่มีประสิทธิภาพเท่านั้น กล่าวคือค่า C_{pk} ค่ายิ่งสูงยิ่งดี [11] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสามารถกระบวนการ ซิกม่า ความน่าเชื่อถือและอัตราของเสียในแต่ละระดับ [5], [11]

ความสามารถกระบวนการ (C_{pk})	ระดับซิกม่า (Sigma)	ระดับความน่าเชื่อถือ (Reliability)	ความผิดพลาดต่อการผลิตล้านครั้ง (DPMO)
0.33	1 σ	30.2328%	697,672.13
0.67	2 σ	69.1229%	308,770.17
1.00	3 σ	93.3189%	66,810.59
1.33	4 σ	99.3790%	6,209.68
1.67	5 σ	99.9767%	232.62
2.00	6 σ	99.9996%	3.39

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้เทคนิค ดะเมอิค (DMAIC) ได้เป็นที่นิยม โดย อภิชาติ เสมศรี (2565) ได้ทำการลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลี้ยวรถแทรกเตอร์ โดยแก้ปัญหาควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ฉีดพลาสติกในกระบวนการ ทำให้ของเสียลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 61.25 เมื่อเปรียบของเสียทั้งหมดกับเป้าหมายของทางบริษัท ของเสียต่ำกว่าร้อยละ 1.00 ทำได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ [6] ฐานิดา กาเดชะ (2564) ประยุกต์ใช้ 5 ขั้นตอน (DMAIC) ปรับปรุงกระบวนการผลิตเทปพีวีซีสำหรับลวดสัดสวนของเสียประเภทแกนเทปปูดที่มีความสูงเกินค่ามาตรฐาน ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียลงได้จากร้อยละ 40 เป็นร้อยละ 0 ของของเสียในปัจจุบัน นอกจากนี้ความสามารถของกระบวนการยังได้รับการปรับปรุงจาก C_p ที่ 1.15 เป็น 2.14 และ C_{pk} ที่ 0.14 เป็น 1.35 ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ 1.33 ของโรงงาน [7]

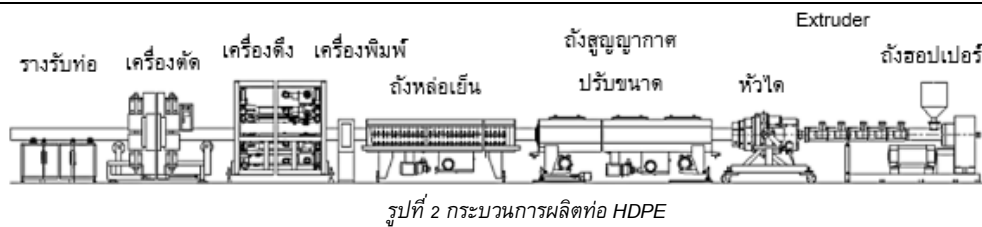
การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) มีนักวิจัยที่ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) โดย อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี และ จุมพล บารุงวงศ์ (2557) ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์กล้วยไม้ในกระบวนการฉีดพลาสติกเพื่อยกระดับประสิทธิภาพสูงสุด ผลจากการปรับปรุงพบว่าเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรจากร้อยละ 28.6 เป็นร้อยละ 82.4 รวมทั้งสามารถลดความสูญเสียให้สถานประกอบการ 415,200 บาท/เดือน [17] เทพศักดิ์ ศศิสุวรรณ (2566) ปรับปรุง OEE โดยการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการจับยึดและติดตั้งสำหรับเสาโครงสร้าง ผลการปรับปรุงกระบวนการทำงานทำให้อัตราทำงาน (A) เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ประสิทธิภาพการทำงาน (P) เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 อัตราคุณภาพ (Q) เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานรวม (OEE) เพิ่มขึ้นร้อยละ 11 ค่าความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (C_p) เพิ่มขึ้นจากก่อนปรับปรุงที่ระดับ 1.14 และหลังปรับปรุงที่ระดับ 2.22 ซึ่งมีผลต่อการลดต้นทุนในการดำเนินการได้เป็นอย่างดี [12]

นักวิจัยประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด การระดมสมอง การตั้งคำถาม ทำไม ทำไม และการวิเคราะห์หอยี่ซี โดย เฉลิมศักดิ์ ถาวรวัตร ระพี กาญจนะ ศรีโร จารุกัญญา และวราญา วัฒนจิตศิริ (2560) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดเหล็กขึ้นรูปสำหรับเบาะรถยนต์ ผลการปรับปรุงลดปริมาณของเสียในขั้นตอนตั้งแต่ตรงและขั้นตอนตั้งขึ้นงานจาก 386.7 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 219.9 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 43.13 [13] อำนาจ อมฤต (2562) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร ผลการปรับปรุงพบว่าจำนวนของเสียของแกนสลัก (15 Series 1 Piece Pinpoint Tip) ลดลงจากเดิมร้อยละ 34.78 และตัวเรือน (Housing UNC) มีจำนวนของเสียลดลงจากเดิมร้อยละ 52.17 [16]

3. ขั้นตอนการการวิจัย

เริ่มต้นจากการนำเสนอแนวคิดโครงการงานวิจัยเรื่องการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในกรรมวิธีท่อพลาสติก ต่อที่ประชุมเพื่อให้พิจารณาอนุมัติให้ดำเนินโครงการศึกษาวิจัย โดยมีมติให้ดำเนินการศึกษาเพื่อปรับปรุงสายการผลิตท่อพอลิเอทิลีน ไลน์ผลิตที่ 10 ประชากรตัวอย่างให้ใช้เป็นท่อที่ผลิตในช่วงเวลานั้นๆ เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูล ขั้นตอนการดำเนินงาน ได้ประยุกต์ใช้ DMAIC 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนระบุปัญหา (Define phase) ศึกษาเครื่องจักร ขั้นตอนและกระบวนการผลิตอย่างละเอียด เพื่อช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง นำไปสู่แนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสมที่สุด โดยกระบวนการผลิตท่อ HDPE เริ่มต้นจากการนำวัตถุดิบคือเม็ดพลาสติกเข้าสู่ฮอปเปอร์ (Hopper dryer) อบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) จากนั้นไหลลงสู่กระบอกสกรู (Barrel Screw) ของเครื่องอัดรีด (Extruder) ซึ่งจะมีแผ่นทำความร้อน (Heater) และชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับการหลอมเหลวพลาสติกเพื่ออัดรีด (Extrusion) เนื้อพลาสติกส่งผ่านชุดหัวไดท่อ (Pipe die head) เพื่อขึ้นรูปเป็นท่อแล้วส่งต่อไปเข้าสู่อุปกรณ์ปรับขนาด (Calibrator) เพื่อรักษารูปร่างและรูปทรงให้คงที่ด้วยสูญญากาศ (Vacuum tank) หลังจากนั้นจะผ่านช่องสเปรย์น้ำหล่อเย็น (Spray cooling tank) เพื่อให้ท่อเย็นตัวลงก่อนที่จะไปยังกระบวนการพิมพ์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องพิมพ์ (Printer) ต่อด้วยกระบวนการดึงท่อด้วยเครื่องดึง (Haul-off) กระบวนการตัดท่อโดยเครื่องตัด (Cutter) และการจัดเรียงท่อท่อนรองรับโดยวางรับท่อ (Stacker) เพื่อลำเลียงมาจัดวางบนพาเลท หรือในกรณีที่เกิดเป็นท่อม้วนจะม้วนท่อโดยเครื่องม้วน (Coiler) [19] ตามรูปที่ 2



นำข้อมูลการผลิตจากบันทึกการงานการตรวจสอบคุณภาพ (Check Sheet) ของฝ่ายผลิต ไลน์ผลิตที่ 10 ปี พ.ศ. 2565 มาวิเคราะห์ผลการใช้วัตถุดิบเทียบกับแผนการผลิต พบว่าผลรวมวัตถุดิบผลิตจริงมากกว่า วัตถุดิบที่วางแผนการผลิต อยู่ที่ 30.82 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.47 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ แสดงถึงกระบวนการดำเนินงานกิจกรรมยังมีความสูญเสียที่เกิดขึ้น ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบไลน์ 10 ในปี 2565

ขนาดท่อที่ผลิต (มม.)	วัตถุดิบแผนการผลิต (ตัน)	วัตถุดิบผลิตจริง (ตัน)	วัตถุดิบใช้มากกว่าแผนการผลิต (ตัน)	มากกว่าแผนการผลิต ร้อยละ (%)
110	198.84	203.77	4.93	2.48
125	1.33	1.36	0.03	2.47
อื่น ๆ	1,046.82	1,072.68	25.86	2.47
รวม	1,246.99	1,277.81	30.82	2.47

เพื่อการบรรลุเป้าหมายและเป้าประสงค์การพัฒนาที่ยั่งยืน ร่วมกับกระบวนการดำเนินงานการผลิตที่ยังมีความสูญเสียเกิดขึ้น จึงได้กำหนดเป้าหมายการวิจัย คือลดความสูญเสียของวัตถุดิบลงร้อยละ 1.5 และปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.5 และมีความคาดหวังขยายผลการปรับปรุงไปใช้กับเครื่องจักรสายการผลิตอื่นๆ

2) ขั้นตอนการวัด (Measure phase) จากการศึกษาขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพพบว่าท่อที่ผลิตออกมาเป็นท่อน จึงได้ดำเนินการกำหนดจำนวนการสุ่มตัวอย่าง ตามวิธีคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ตามสูตร ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) ตาม สมการที่ (1) [20]

$$n = N \div (1 + N \times e^2) \quad (1)$$

โดยที่ n คือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง N คือจำนวนประชากรทั้งหมด และ e คือค่าความคลาดเคลื่อน

กำหนดให้ท่อที่ผลิตทุกๆ 100 ท่อน เป็นจำนวนประชากรทั้งหมด และค่าความคลาดเคลื่อนของงานวิจัย ยอมให้คลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 5 คิดเป็นจำนวนท่อตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เท่ากับ $100 \div (1 + 100 \times 0.05^2) = 80$ ตัวอย่างของการดึงขึ้นรูป โดยเป็นการสุ่มประชากรตัวอย่างท่อท่อนในล็อตการผลิตเดียวกัน จากนั้นได้รวบรวมข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาท่อตัวอย่างจากการบันทึกผลการตรวจสอบคุณภาพไลน์ผลิตที่ 10 เลือกขนาดท่อตัวอย่างเป็นท่อขนาด 110 มิลลิเมตร ความหนามาตรฐานผลิตภัณฑ์ต่ำสุด 5.8 มิลลิเมตร สูงสุด 6.6 มิลลิเมตร เกณฑ์ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน 6.2 มิลลิเมตร จำนวน 80 ตัวอย่าง ซึ่งค่าเฉลี่ยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\text{ค่าเฉลี่ยความหนาท่อ} = (\text{ความหนาสูงสุด} + \text{ความหนาท่ำสุด}) \div 2 \quad (2)$$

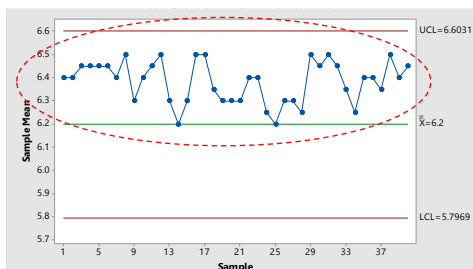
ซึ่งข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาท่อประชากรตัวอย่างที่รวบรวมได้ตาม ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาท่อประชากรตัวอย่าง

6.4	6.5	6.4	6.5	6.3	6.3	6.5	6.4
6.4	6.4	6.5	6.5	6.3	6.3	6.5	6.4
6.4	6.4	6.5	6.5	6.4	6.3	6.4	6.3
6.4	6.4	6.5	6.5	6.4	6.3	6.5	6.4
6.4	6.5	6.3	6.3	6.4	6.2	6.3	6.5
6.5	6.5	6.3	6.4	6.4	6.3	6.4	6.5
6.5	6.3	6.2	6.3	6.3	6.5	6.2	6.4

6.4	6.3	6.2	6.3	6.2	6.5	6.3	6.4
6.5	6.4	6.3	6.3	6.2	6.5	6.4	6.4
6.4	6.4	6.3	6.3	6.2	6.4	6.4	6.5

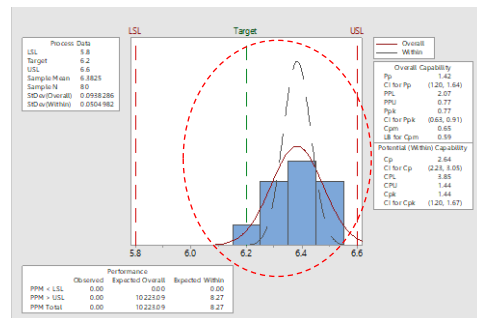
จากนั้นนำข้อมูลมาสร้างแผนภูมิควบคุม (X bar Control chart) เพื่อให้ทราบแนวโน้มของข้อมูลการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ควบคุมหรือไม่ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab18.1 โดยกำหนดพารามิเตอร์ในโปรแกรมดังนี้ ให้ค่าเฉลี่ย (Xbar Options Mean) เท่ากับ 6.2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เท่ากับ 0.19 ผลที่ได้คือ ขีดจำกัดควบคุมด้านล่าง (Lower Control Limit: LCL) เท่ากับ 5.79 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.2 และขีดจำกัดควบคุมด้านบน (Upper Control Limit : UCL) เท่ากับ 6.60 ผลการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาต่อตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์ แต่พบปัญหามีแนวโน้มเข้าใกล้ขีดจำกัดควบคุมด้านบน ซึ่งแสดงถึงปัญหาของการควบคุมกระบวนการผลิต ตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยความหนาต่อตัวอย่าง

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาต่อตัวอย่าง มาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab18.1 โดย กำหนดให้ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง (LSL) เท่ากับ 5.8 กำหนดเป้าหมาย (Target) เท่ากับ 6.2 กำหนดขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (USL) เท่ากับ 6.6 และกำหนดระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level) ที่ร้อยละ 95 ผลการวิเคราะห์ พบว่าข้อมูลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและ

ส่วนใหญ่อยู่ทางด้านขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (USL) มีข้อมูลค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 6.38 ซึ่งเป็นปัญหาของกระบวนการ ส่วนค่าดัชนีชี้วัดศักยภาพของความสามารถกระบวนการ (C_p) มีค่าเท่ากับ 2.64 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ข้อนี้ไม่เป็นปัญหา และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.44 อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (C_{pk} มากกว่า 1) และมีความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้อีก ตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

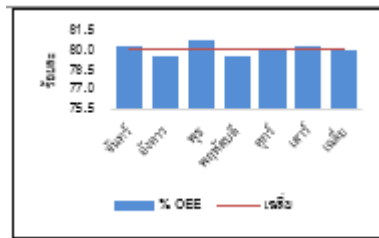
เก็บรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เพื่อให้ทราบสภาพปัจจุบัน โดยกำหนดให้เก็บบันทึกข้อมูลเฉพาะช่วงเวลาที่ผลิตของดีเท่านั้น จะไม่บันทึกเวลาหยุดผลิตตามแผนและเวลาสูญเสียจากการหยุดเครื่องเนื่องจากต้องการวัดผลเฉพาะข้อมูลการเดินเครื่องขณะใช้กำลังการผลิตสูงสุดที่ผลิตสินค้าได้ตามสเปคแล้วเท่านั้น โดยคำนวณตามสมการที่ (3) [21]

$$OEE = A \times P \times Q \quad (3)$$

โดยที่ OEE คือประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร A คืออัตราการผลิตเครื่องจักร (Availability) P คือประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) และ Q คืออัตราคุณภาพ (Quality Rate)

จากการวัดพบว่าอัตราการผลิตเครื่องจักร (A) เท่ากับร้อยละ 100 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P) เท่ากับร้อยละ 80.1 โดยสภาพปัจจุบันเป็นกำลังการผลิตสูงสุดที่ไม่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิต และอัตราคุณภาพ (Q) เท่ากับร้อยละ 100 ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรอยู่ที่ร้อยละ 80.1

ตามตารางที่ 4 และรูปที่ 5 ซึ่งมีความคาดหวังว่าจะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรให้เพิ่มขึ้นได้ จากกิจกรรมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในงานวิจัยครั้งนี้



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ไลน์ 10
รายสัปดาห์

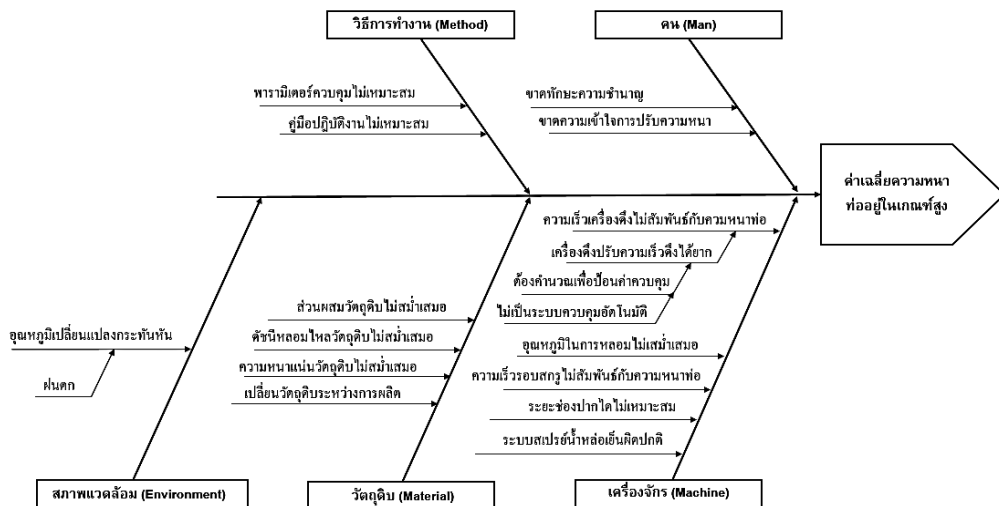
ตารางที่ 4 ข้อมูลประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ไลน์ 10

ลำดับ	รายการ	หน่วย	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	เฉลี่ย
อัตราการใช้เครื่องจักร (Availability: A)	1 เวลาทั้งหมด (Total Available Time)	min	240	420	360	420	360	480	380
	2 เวลาหยุดตามแผน (Planned Shutdown)	min	0	0	0	0	0	0	0
	2.1 - เวลาบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	2.2 - เวลาการตั้งค่าเครื่องจักร (Setting Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	2.3 - เวลาเปลี่ยนงาน (Job Change Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	2.4 - เวลาเริ่มเดินเครื่องจักร (Start Up Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	3 เวลารับภาระงาน (Loading Time)	min	240	420	360	420	360	480	380
	4 เวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด (Down Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	4.1 - เวลาหยุดซ่อมเครื่องจักร (Break down Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	4.2 - เวลาหยุดปรับปรุงปรับแต่งเครื่อง (Adjustment Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	5 เวลาเดินเครื่องจักร (Operating Time)	min	240	420	360	420	360	480	380
	6 อัตราการใช้เครื่องจักร (Availability)	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<u>100.0</u>
ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P)	7 กำลังการผลิตที่ได้จริง (Actual Production Capacity)	kg/h	201	199	202	199	200	201	200
	8 กำลังการผลิตได้ตามเวลามาตรฐาน (Production capacity according to standard time)	kg/h	250	250	250	250	250	250	250
	9 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency)	%	80.4	79.6	80.8	79.6	80.0	80.4	<u>80.1</u>
อัตราคุณภาพ (Q)	10 กำลังการผลิตได้ทั้งหมด	kg	804.0	1393.0	1212.0	1393.0	1200.0	1608.0	1268.3
	11 กำลังการผลิตที่เป็นของเสีย	kg	0	0	0	0	0	0	0
	12 อัตราคุณภาพ (Quality Rate)	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<u>100.0</u>
OEE	13 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness - OEE)	%	80.4	79.6	80.8	79.6	80.0	80.4	<u>80.1</u>

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze phase) ใช้ Cause Analysis) โดยใช้เทคนิคการระดมความคิดเห็น
หลักการ การวิเคราะห์รากสาเหตุของปัญหา (Root โดยมีการกำหนดให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานใน

กระบวนการผลิตทั้งหมด 10 คน และใช้ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยความหนาที่อยู่ในเกณฑ์สูงเป็นปัญหา และใช้ 4M 1E ซึ่งประกอบไปด้วย คน (Man) วิธีการทำงาน (Method)

เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และสภาพแวดล้อมการทำงาน (Environment) เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อนำไปสู่การแยกแยะลงลึกถึงรากของสาเหตุปัญหาที่แท้จริงของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้ผลดังมีรายละเอียด ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผังแสดงสาเหตุและผล

จากนั้นนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause & Effect Metric) และใช้วิธีการตัดสินใจแบบพหุหลักเกณฑ์ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์จากการสอบถามข้อมูลกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยใช้ระดับเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน ตามตารางที่ 5 ได้ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ตามตารางที่ 6 และพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของปัญหากับคะแนนที่ส่งผลโดยตรงต่อปัญหาตามรูปที่ 7 ส่วนการคำนวณคะแนน ได้จากสมการที่ (4) และสมการที่ (5) [6]

คะแนนรวมทั้งหมด = ระดับคะแนนสูงสุด $\times$ จำนวนผู้ประเมิน (4)

คะแนนรวมทั้งหมด = $9 \times 10 = 90$ คะแนน

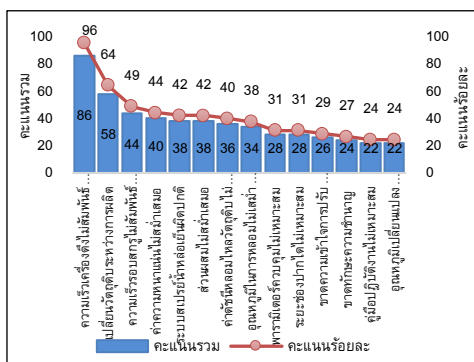
$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{คะแนนรวมในแต่ละสาเหตุ} \times 100 \%}{\text{คะแนนรวมทั้งหมด}} \quad (5)$$

ตารางที่ 5 ระดับเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน [6]

ระดับคะแนน	ความหมายการให้คะแนน
9	ส่งผล โดยตรงต่อปัญหามากที่สุด ร้อยละ 100
7	ส่งผล โดยตรงต่อปัญหามากที่สุด ร้อยละ 80
5	ส่งผล โดยตรงต่อปัญหามาก ร้อยละ 60
3	ส่งผล โดยตรงต่อปัญหามากปานกลาง ร้อยละ 40
1	ส่งผล โดยตรงต่อปัญหาน้อยกว่า ร้อยละ 20

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล

ลำดับที่	ปัจจัยของปัญหา		การระดมความคิดเห็น (Brainstorming)											
			ผลก.ฝ่ายQA	วิศวกรฝ่ายQA	หัวหน้าแผนกQA	ผลก.ฝ่ายผลิต	วิศวกรฝ่ายผลิต	หัวหน้าแผนกผลิต	หัวหน้ากะแผนกผลิต	ผลก.ฝ่ายวิศวกรรม	วิศวกรฝ่ายวิศวกรรม	แผนกซ่อมบำรุง	คะแนนรวม	คะแนนร้อยละ
1	คน (Man)	ขาดทักษะความชำนาญ	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	24	27
		ขาดความเข้าใจการปรับความหนา	3	3	5	1	1	1	3	3	3	3	26	29
2	วิธีการ (Method)	คู่มือปฏิบัติงานไม่เหมาะสม	1	3	3	1	3	1	3	1	3	3	22	24
		พารามิเตอร์ควบคุมไม่เหมาะสม	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	28	31
3	เครื่องจักร (Machine)	ระยะช่องปากไดไม่เหมาะสม	5	3	3	3	1	1	1	5	3	3	28	31
		ความเร็วรอบสกรูไม่สัมพันธ์กับความหนาท่อ	5	3	5	5	3	5	5	5	5	3	44	49
		อุณหภูมิในการหลอมไม่สม่ำเสมอ	3	3	3	5	3	3	3	5	3	3	34	38
		ระบบสเปรย์น้ำหล่อเย็นผิดปกติ	3	3	3	5	3	5	5	5	3	3	38	42
		ความเร็วเครื่องดึงไม่สัมพันธ์กับความหนาท่อ - เครื่องดึงปรับความเร็วดึงได้ยาก - ต้องคำนวณเพื่อบ่อนค่าควบคุม - ไม่เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ	9	9	7	9	9	9	9	9	9	7	86	96
4	วัตถุดิบ (Material)	ส่วนผสมไม่สม่ำเสมอ	3	3	5	3	5	3	3	3	5	5	38	42
		ค่าดัชนีหลอมไหลวัดดูดิบไม่สม่ำเสมอ	5	3	3	3	3	5	5	3	3	3	36	40
		ค่าความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ	3	5	5	3	3	3	5	3	5	5	40	44
		เปลี่ยนวัตถุดิบระหว่างการผลิต	5	7	5	7	7	5	7	5	5	5	58	64
5	สภาพแวดล้อม (Environment)	อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงกระทันหัน - ฝนตก	1	3	3	3	1	1	3	1	3	3	22	24



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของปัญหากับคะแนนที่ส่งผลโดยตรงต่อปัญหา

จากนั้นทำการจัดกลุ่มสาเหตุของปัญหาตามหลักการ ABC โดยกำหนดให้กลุ่ม A มีคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป กลุ่ม B มีคะแนนร้อยละ 60-79 และที่เหลือเป็นกลุ่ม C จากนั้นใช้เกณฑ์ตัดสินสาเหตุหลักของปัญหาที่ต้องแก้ไขคือกลุ่ม A เนื่องจากส่งผลกระทบโดยตรงต่อปัญหามากที่สุด ซึ่งจากขั้นตอนดังกล่าวสามารถสรุปสาเหตุของปัญหาได้ ดังนี้คือ ปัญหาเกิดมาจากเครื่องจักรเป็นปัจจัยหลักโดยเป็นผลสืบเนื่องมาจากความเร็วเครื่องดึงที่ไม่สัมพันธ์กับความหนาท่อ เครื่องดึงปรับความเร็วดึงได้ยากเพราะความเร็วดึงนั้นมีผลโดยตรงกับความหนาท่อที่ทำการผลิตและเนื่องจากพนักงานต้องคำนวณเพื่อบ่อนค่าควบคุมเครื่องดึงเองซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

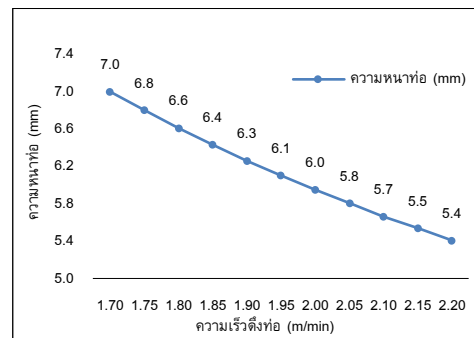
จากปัจจัยแทรกซ้อนอื่นๆ และการควบคุมเครื่องตั้งที่ไม่เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งคิดเป็นคะแนนร้อยละ 96 จัดเป็นกลุ่ม A ของสาเหตุของปัญหาทั้งหมด ตามตารางที่ 7 และนำสาเหตุหลักของปัญหามาศึกษาโดยทำการการทดลองที่กำลัการผลิตคงที่ 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แล้วปรับความเร็วเครื่องตั้งและวัดความหนาต่อตัวอย่างจากนั้นนำข้อมูลมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ พบว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน กล่าวคือเมื่อปรับความเร็วตั้งท่อเพิ่มขึ้น ความหนาต่อจะบางลงแบบเป็นเชิงเส้นตาม ตารางที่ 8 และรูปที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ลำดับสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

ลำดับที่	สาเหตุของปัญหา	คะแนนรวม	คะแนนร้อยละ	กลุ่ม
1	ความเร็วเครื่องตั้งไม่สัมพันธ์กับความหนาต่อ - เครื่องตั้งปรับความเร็วตั้งได้ยาก - ต้องคำนวณเพื่อป้องกันค่าควบคุม - ไม่เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ	86	96	A
2	เปลี่ยนวัตถุดิบระหว่างการผลิต	58	64	B
3	ความเร็วรอบสกรูไม่สัมพันธ์กับความหนาต่อ	44	49	C
4	ค่าความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ	40	44	
5	ระบบสเปรย์น้ำหล่อเย็นผิดปกติ	38	42	
6	ส่วนผสมไม่สม่ำเสมอ	38	42	
7	ค่าดัชนีหลอมไหลวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอ	36	40	
8	อุณหภูมิในการหลอมไม่สม่ำเสมอ	34	38	
9	พารามิเตอร์ควบคุมไม่เหมาะสม	28	31	
10	ระยะช่องปากไดไม่เหมาะสม	28	31	
11	ขาดความเข้าใจการปรับความหนา	26	29	
12	ขาดทักษะความชำนาญ	24	27	
13	คู่มือปฏิบัติงานไม่เหมาะสม	22	24	
14	อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงกระทันหัน - ผ่นตก	22	24	

ตารางที่ 8 ข้อมูลความเร็วตั้งท่อและความหนาต่อ

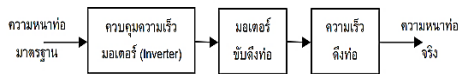
ลำดับที่	กำลัการผลิต (kg/h)	ความเร็วตั้งท่อ (m/min)	ความหนาต่อ (mm)
0	200	1.70	7.0
1	200	1.71	7.0
2	200	1.72	6.9
3	200	1.73	6.9
4	200	1.74	6.8
5	200	1.75	6.8
6	200	1.76	6.8
7	200	1.77	6.7
8	200	1.78	6.7
9	200	1.79	6.6
10	200	1.80	6.6



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ความเร็วตั้งท่อกับความหนาต่อ

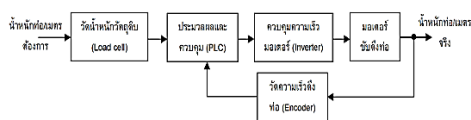
จากความสัมพันธ์ความเร็วตั้งท่อต่อความหนาต่อ ทำการศึกษาสภาพปัจจุบันด้วยวิธีทางวิศวกรรม โดยศึกษาระบบควบคุมความเร็วตั้งท่อ (Haul-Off Speed Control) พบว่าเป็นระบบควบคุมแบบวงเปิด (Open Loop Control System) โดยมีความหนาต่อมาตรฐานเป็นค่าที่ต้องการ มีอุปกรณ์ควบคุม (Inverter) สำหรับปรับความเร็วรอบมอเตอร์ขับเคลื่อนที่ติดตั้งสำหรับหนีบจับดึงลากท่อ เพื่อให้ได้ความเร็ว

สิ่งที่ต้องการและส่งผลต่อความหนาที่ที่กำลังผลิตออกมา ตามรูปที่ 9



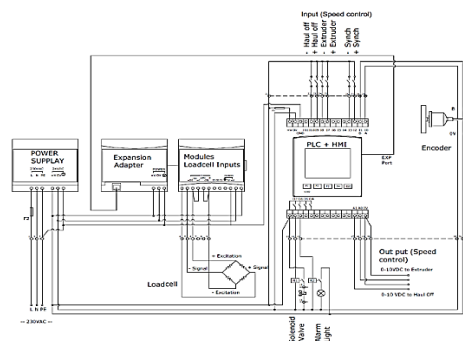
รูปที่ 9 สภาพปัจจุบันระบบควบคุมความเร็วดึงท่อ

4) ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase) จากการศึกษาสภาพปัจจุบันด้วยวิธีทางวิศวกรรมแล้วนั้นพบว่าระบบควบคุมความเร็วดึงท่อเป็นระบบควบคุมแบบเปิด ซึ่งมีปัญหาด้านเสถียรภาพของระบบเพราะไม่มีการป้อนกลับของสัญญาณขาออก จึงได้ออกแบบระบบเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยเลือกใช้เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับอัตโนมัติตลอดเวลา (Real-Time Feedback Control System) ที่มีความสามารถในการแก้หรือลดปัญหาสำหรับงานได้ทันที ทำให้ผลลัพธ์ของการควบคุมมีความถูกต้องมากกว่าระบบควบคุมวงเปิดโดยใช้พีแอลซี (PLC) เป็นหน่วยแสดงผล ประมวลผลและหน่วยควบคุม จากกระบวนการผลิตที่ต้องการควบคุมน้ำหนักในการผลิตเป็นหลักจึงออกแบบระบบควบคุมเป็นระบบควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลอัตโนมัติ โดยกำหนดให้ใช้น้ำหนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ระบุเป็นน้ำหนักต่อเมตรที่ต้องการควบคุม (Set Point) ใช้โหลดเซลล์วัดน้ำหนักเชิงมวลของวัตถุดิบ ส่งให้พีแอลซีประมวลผลน้ำหนักและส่งสัญญาณการควบคุมให้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยมีเอ็นโคเดอร์ (Encoder) วัดความเร็วดึงท่อส่งป้อนกลับมาที่พีแอลซีเพื่อคำนวณเป็นน้ำหนักต่อเมตรจริงและประมวลผลเทียบกับน้ำหนักต่อเมตรที่ต้องการและส่งสัญญาณการควบคุมความเร็วการดึงแบบตลอดเวลา จนได้ค่าน้ำหนักต่อเมตรที่วัดได้จริงเท่ากับน้ำหนักต่อเมตรที่ต้องการ ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยแก้ไขปัญหากระบวนการควบคุมความเร็วดึงท่อแบบเดิมได้ครอบคลุมปัญหามากที่สุด ตามรูปที่ 10

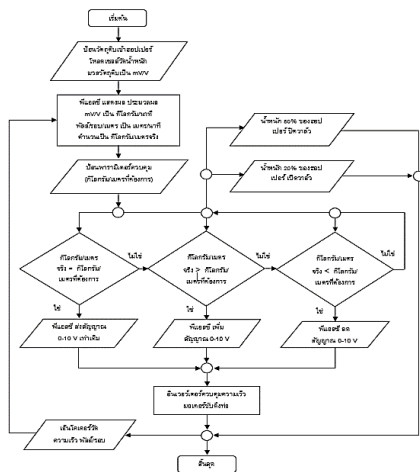


รูปที่ 10 ระบบควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลอัตโนมัติ

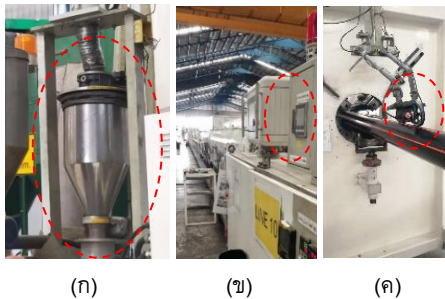
จากนั้นดำเนินการออกแบบประกอบและโปรแกรมพีแอลซีตามเงื่อนไขที่ออกแบบ และติดตั้งระบบให้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต มีอุปกรณ์และหลักการควบคุมประกอบไปด้วย (ก) ฮอปเปอร์โหลดเซลล์ มีวาล์วเปิด-ปิดควบคุมการไหลเพื่อวัดมวลวัตถุดิบที่ใช้ไป ส่งเป็นสัญญาณ mV/V ให้พีแอลซีรับและประมวลผลเทียบกับเวลากำหนดหน่วยวัดเป็นกิโลกรัม/นาที่ (ข) หน้าจอแสดงผลและพีแอลซีประมวลผล ส่งสัญญาณการควบคุมแบบ 0-10 V ให้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ดึงท่อ (ค) เอ็นโคเดอร์วัดความเร็วดึงจากล้อที่สัมผัสกับท่อ ส่งกลับไปที่พีแอลซีประมวลผลเทียบกับเวลากำหนดหน่วยเป็นเมตร/นาที่ และกำหนดให้พีแอลซีประมวลผลเป็นน้ำหนักเชิงมวลต่อเมตร (กก./เมตร) ที่วัดได้จริงเปรียบเทียบกับน้ำหนักต่อเมตรที่ต้องการตามมาตรฐานการผลิต และส่งสัญญาณควบคุมความเร็วมอเตอร์ดึงท่อแบบต่อเนื่องตลอดเวลาทำให้ความหนาของผนังท่อมีความสม่ำเสมอต่อเนื่องตลอดเวลา การดำเนินการขั้นตอนดังกล่าวตามรูปที่ 11 รูปที่ 12 รูปที่ 13



รูปที่ 11 ไดอะแกรมระบบตรวจวัดและควบคุมอัตราการไหลเชิงมวล



รูปที่ 12 โพลีไธอะแกรมเงื่อนไขการโปรแกรมที่แอลซี



รูปที่ 13 การติดตั้งระบบควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลอัตโนมัติ (ก) ฮอปเปอร์โพลีไธอะแกรม (ข) หน้าจอควบคุมและพีแอลซี (ค) เอ็นโคเดอร์

จากนั้นดำเนินการทดลองโดยเดินเครื่องจักรผลิตและเก็บรวบรวมบันทึกข้อมูลประชากรตัวอย่าง โดยการวัดขนาดมิติความหนาต่อ ด้วยเครื่องมือวัดความหนาที่มีความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 14 และวิเคราะห์ผลการปรับปรุงตามขั้นตอนการวัด (Measure phase) เพื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุง



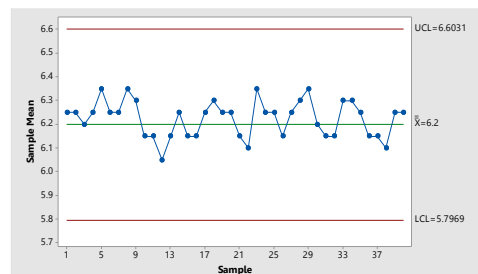
รูปที่ 14 เครื่องมือวัดความหนาต่อ ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

คำนวณค่าเฉลี่ย ใช้จุดทศนิยมหนึ่งตำแหน่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้ข้อมูลตาม ตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาต่อประชากรตัวอย่างหลังการปรับปรุง

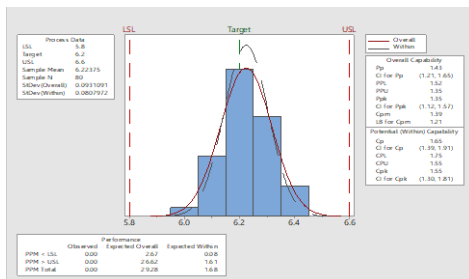
6.3	6.3	6.1	6.1	6.2	6.1	6.2	6.2
6.2	6.2	6.2	6.2	6.1	6.2	6.1	6.1
6.3	6.2	6.1	6.2	6.0	6.3	6.2	6.1
6.2	6.3	6.0	6.3	6.2	6.2	6.1	6.2
6.2	6.4	6.1	6.4	6.3	6.3	6.2	6.1
6.2	6.3	6.2	6.2	6.4	6.3	6.4	6.1
6.3	6.4	6.3	6.3	6.3	6.4	6.3	6.2
6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3
6.3	6.1	6.1	6.3	6.2	6.2	6.2	6.2
6.4	6.2	6.2	6.2	6.3	6.2	6.3	6.3

ต่อมา นำข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาต่อประชากรตัวอย่างมาสร้างแผนภูมิควบคุม ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab18.1 โดยกำหนดพารามิเตอร์ในโปรแกรมดังนี้ ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.19 ผลที่ได้คือขีดจำกัดควบคุมด้านล่าง เท่ากับ 5.79 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.2 และขีดจำกัดควบคุมด้านบน เท่ากับ 6.60 ผลการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาต่อตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์ และมีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางซึ่งแสดงถึงค่าควบคุมที่ดีขึ้น ตามรูปที่ 15



รูปที่ 15 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยความหนาต่อตัวอย่างหลังปรับปรุง

จากนั้นนำข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาต่อตัวอย่าง มาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab18.1 โดยกำหนดให้ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง (LSL) เท่ากับ 5.8 กำหนดเป้าหมาย (Target) เท่ากับ 6.2 กำหนดขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (USL) เท่ากับ 6.6 และกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ผลการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและมีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง มีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 6.22 ส่วนค่าดัชนีชี้วัดศักยภาพของความสามารถกระบวนการ (C_p) มีค่าเท่ากับ 1.65 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.55 ตามรูปที่ 16



ตามรูปที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ หลังปรับปรุง

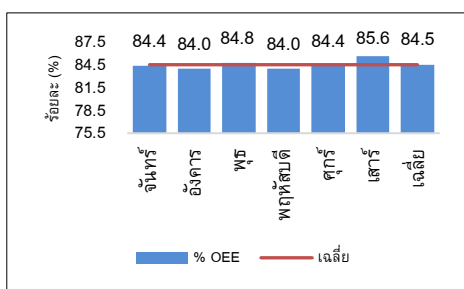
พร้อมกันนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ด้วยตารางบันทึกข้อมูล OEE ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) พบว่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรอยู่ที่ร้อยละ 84.5 โดยอัตราการเดินเครื่องจักร (A) เท่ากับร้อยละ 100 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P) เท่ากับร้อยละ 84.5 และอัตราคุณภาพ (Q) เท่ากับร้อยละ 100 ตามตารางที่ 10 และตามรูปที่ 17

ซึ่งผลจากการปรับปรุงกระบวนการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเดินเครื่องได้ โดยการเพิ่มกำลังการผลิตได้สูงขึ้นโดยไม่เกิดของเสีย

ตารางที่ 10 ข้อมูลประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) Line 10 หลังปรับปรุง

	ลำดับ	รายการ	หน่วย	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	เฉลี่ย
อัตราการเดินเครื่องจักร (A)	1	เวลาทั้งหมด (Total Available Time)	min	240	360	360	360	300	360	330
	2	เวลาหยุดตามแผน (Planned Shutdown)	min	0	0	0	0	0	0	0
	2.1	-เวลาบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	2.2	-เวลาการตั้งค่าเครื่องจักร (Setting Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	2.3	-เวลาเปลี่ยนงาน (Job Change Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	2.4	-เวลาเริ่มเดินเครื่องจักร (Start Up Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	3	เวลาปฏิบัติงาน (Loading Time)	min	240	360	360	360	300	360	330
	4	เวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด (Down Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	4.1	-เวลาหยุดซ่อมเครื่องจักร (Break down Time)	min	0	0	0	0	0	0	0
	4.2	-เวลาหยุดปรับ ตั้งปรับแต่งเครื่อง (Adjustment Time)	min	0	0	0	0	0	0	0

	ลำดับ	รายการ	หน่วย	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	เฉลี่ย
	5	เวลาเดินเครื่องจักร (Operating Time)	min	240	360	360	360	300	360	330
	6	อัตราการเดินเครื่องจักร (Availability)	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	7	กำลังการผลิตที่ผลิตได้จริง (Actual Production Capacity)	kg / h	211	210	212	210	211	214	211.3
ประสิทธิภาพการผลิตเครื่อง (P)	8	กำลังการผลิตที่ผลิตได้ตามเวลามาตรฐาน (Production capacity according to standard time)	kg / h	250	250	250	250	250	250	250
	9	ประสิทธิภาพการผลิตเครื่อง (Performance Efficiency)	%	84.4	84.0	84.8	84.0	84.4	85.6	84.5
อัตราคุณภาพ (Q)	10	กำลังการผลิตที่ผลิตได้ทั้งหมด	kg	844.0	1,260.0	1,272.0	1,260.0	1,055.0	1,284.0	1,162.5
	11	กำลังการผลิตที่เป็นของเสีย	kg	0	0	0	0	0	0	0
	12	อัตราคุณภาพ (Quality Rate)	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
OEE	13	ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness - OEE)	%	84.4	84.0	84.8	84.0	84.4	85.6	84.5



รูปที่ 17 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรหลังการปรับปรุง

5) ขั้นตอนการควบคุม (Control phase) จาก การดำเนินการแก้ไขปัญหาของกระบวนการผลิต เป็นการปรับปรุงวิธีการควบคุมความเร็วเครื่องตั้งที่ แตกต่างไปจากวิธีการเดิม จึงได้จัดทำคู่มือและอบรม การใช้งานระบบดังกล่าวให้กับพนักงาน เพื่อให้ พนักงานมีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้อย่าง ถูกต้องตามกระบวนการใหม่ และมีการติดตามผล ด้วยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล วัดผลและรายงานผล ต่อที่ประชุมอย่างต่อเนื่องทุกเดือน

4. ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการปรับปรุงอย่าง ต่อเนื่องเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของ

เครื่องจักรในกรรมวิธีทอพลาสติกชนิดพอลิเอทีลีน ความหนาแน่นสูง การดำเนินงานได้ประยุกต์ใช้ DMAIC 5 ขั้นตอน ซึ่งได้ผลการวิจัยดังนี้

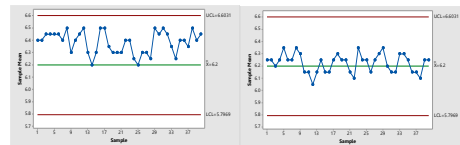
1) ขั้นตอนระบุปัญหา (D) นำข้อมูลการผลิตในปี พ.ศ.2565 มาวิเคราะห์และกำหนดเป้าหมายต้อง ลดวัตถุดิบที่ใช้มากกว่าแผนการผลิต คือลดความสูญเสียของวัตถุดิบลงร้อยละ 1.5 และปรับปรุง ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.5

2) ขั้นตอนการวัด (M) กำหนดจำนวนการสุ่ม ประชากรตัวอย่าง ตามสูตร ทาโร ยามาเน่ จำนวน 80 ตัวอย่าง นำข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาต่อประชากร ตัวอย่างมาสร้างแผนภูมิควบคุม เพื่อให้ทราบ แนวโน้มของข้อมูลการผลิตและวิเคราะห์ ความสามารถของกระบวนการเพื่อทราบขีด ความสามารถของกระบวนการ (C_p) (C_{pk}) ด้วย โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab 18.1 และเก็บ รวบรวมข้อมูลการผลิตด้วยตารางบันทึกข้อมูลทำการ วิเคราะห์ผลประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (A) ใช้หลักการการ วิเคราะห์รากสาเหตุของปัญหาโดยใช้เทคนิคการ ระดมความคิดเห็น ใช้ผังแสดงเหตุและผลและใช้ วิธีการตัดสินใจแบบพหุหลักเกณฑ์ด้วยกระบวนการ

ลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์จากการสอบถามข้อมูลกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและทำการจัดกลุ่มสาเหตุของปัญหาตามหลักการ ABC พบปัจจัยสาเหตุหลักของปัญหาเกิดมาจากเครื่องจักรคือความเร็วเครื่องดิ่งที่ไม่สัมพันธ์กับความหนาท่อ ซึ่งคิดเป็นคะแนนร้อยละ 96 จัดเป็นกลุ่ม A จากสาเหตุของปัญหาทั้งหมด นำสาเหตุของปัญหามาศึกษาโดยทำการทดลองให้กำลังการผลิตอยู่ที่ 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แล้วปรับความเร็วเครื่องดิ่งและวัดความหนาท่อตัวอย่าง จากนั้นนำข้อมูลมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์พบว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน กล่าวคือเมื่อปรับความเร็วเครื่องดิ่งเพิ่มขึ้นความหนาท่อจะบางลง ทำการศึกษาสภาพปัจจุบันด้วยวิธีทางวิศวกรรม โดยศึกษาระบบควบคุมความเร็วเครื่องดิ่ง พบว่าระบบควบคุมความเร็วเครื่องดิ่งเป็นระบบควบคุมแบบวงเปิดซึ่งมีปัญหาด้านเสถียรภาพของระบบเพราะไม่มีการป้อนกลับของสัญญาณขาออก

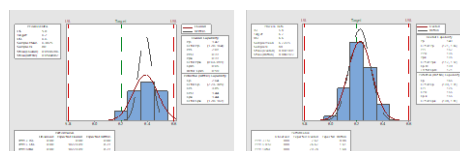
4) ขั้นตอนการปรับปรุง (I) ได้ออกแบบระบบควบคุมเพื่อแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น ใช้น้ำหนักมวลวัตถุดิบเป็นเกณฑ์ โดยเลือกใช้เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับอัตโนมัติตลอดเวลา (Real-Time Feedback Control System) ที่มีความสามารถในการแก้หรือลดปัญหาสิ่งรบกวนได้ทันที ทำให้ผลลัพธ์ของการควบคุมมีความถูกต้องมากกว่าระบบควบคุมวงเปิดและดำเนินการออกแบบเป็นระบบควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลอัตโนมัติด้วยพีแอลซี ประกอบ โปรแกรมพีแอลซีและติดตั้งให้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต จากนั้นทำการทดลองโดยการเดินเครื่องจักรผลิตท่อ เก็บรวบรวมบันทึกข้อมูลประชากรตัวอย่างและวัดผลเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุงตามขั้นตอนการวัด โดยผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความหนาท่อประชากรตัวอย่างจากแผนภูมิควบคุมพบว่าก่อนปรับปรุงพบปัญหาข้อมูลมีแนวโน้มเข้าใกล้ขีดจำกัดควบคุมด้านบน หลังปรับปรุงมีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ตามรูปที่ 18



(ก) (ข)

รูปที่ 18 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยความหนาท่อตัวอย่าง (ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการพบว่า ก่อนปรับปรุงข้อมูลมีแนวโน้มเข้าใกล้ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (USL) มีข้อมูลค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.38 ซึ่งเป็นปัญหาของกระบวนการ ดัชนีชี้วัดศักยภาพของความสามารถกระบวนการ (C_p) มีค่าเท่ากับ 2.64 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก และดัชนีชี้วัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.44 อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง หลังการปรับปรุงพบว่าข้อมูลค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและมีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยลดลงมาอยู่ที่ 6.22 ส่วนค่าดัชนีชี้วัดศักยภาพของความสามารถกระบวนการ (C_p) มีค่าเท่ากับ 1.65 อยู่ในเกณฑ์ดี และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (C_{pk}) มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 1.55 อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ตามรูปที่ 19

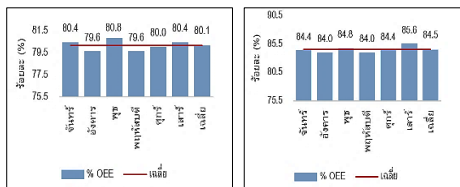


(ก) (ข)

รูปที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) พบว่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรก่อนปรับปรุง อยู่ที่ร้อยละ 80.1 โดยที่อัตราการเดินเครื่องจักร (A) เท่ากับร้อยละ 100 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P) เท่ากับร้อยละ 80.1 และอัตราคุณภาพ (Q) เท่ากับร้อยละ 100 หลังปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรอยู่ที่ร้อยละ 84.5 โดยที่อัตราการเดินเครื่องจักร (A) เท่ากับ

ร้อยละ 100 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P) เท่ากับ ร้อยละ 84.5 และอัตราคุณภาพ (Q) เท่ากับร้อยละ 100 ผลจากการปรับปรุงกระบวนการสามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพการเดินเครื่องได้โดยการปรับเพิ่มกำลัง การผลิตสูงสุด ซึ่งเพิ่มขึ้นมากกว่ากำลังการผลิตสูงสุด ก่อนปรับปรุงโดยไม่เกิดของเสียในกระบวนการผลิต คิดเป็น OEE เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.4 ตามรูปที่ 20



(ก) รูปที่ 20 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

และคำนวณหาร้อยละวัตถุดิบที่ใช้มากกว่า แผนการผลิตลดลง ตามสมการ ที่ (6)

ร้อยละวัตถุดิบที่ใช้มากกว่าแผนการผลิตลดลง = (ค่าเฉลี่ยความหนาต่อก่อนปรับปรุง - ค่าเฉลี่ยความหนาต่อหลังปรับปรุง) $\times$ 100 / ค่าเฉลี่ยความหนาต่อก่อนปรับปรุง (6)

ร้อยละวัตถุดิบที่ใช้มากกว่าแผนการผลิตลดลง = $(6.38 - 6.22) \times 100 / 6.38 = 2.5$

ดังนั้น วัตถุดิบที่ใช้มากกว่าแผนการผลิตลดลง คิดเป็นร้อยละ 2.5

5) ขั้นตอนการควบคุม (C) จัดทำคู่มือและอบรมการใช้งานระบบให้กับพนักงานเพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องตามกระบวนการที่ปรับปรุงใหม่และติดตามผลอย่างต่อเนื่อง

ผลการเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ ALMashaqbeh (2024) [22] ซึ่งทำการปรับปรุงในกระบวนการผลิตสินค้าพลาสติก พบว่ามีความสอดคล้องกัน คือ OEE เพิ่มขึ้นหลังจากดำเนินการปรับปรุง การปรับปรุง ตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 OEE ของ Machine 1,2,3,4 [22] และสายการผลิตกรณีศึกษา (Present Line) ที่เพิ่มขึ้น

OEE ก่อนปรับปรุง					OEE หลังปรับปรุง					ที่เพิ่มขึ้น
Machine	A	P	Q	OEE	Machine	A	P	Q	OEE	
Machine 1	88%	91%	99.7%	79.8%	Machine 1	96%	97%	99.9%	92.90%	13.1%
Machine 2	87%	75%	99.70%	65%	Machine 2	93%	96%	99.90%	89%	23.9%
Machine 3	76%	69%	97.00%	51%	Machine 3	91%	90%	99.90%	81%	30.1%
Machine 4	90%	88%	99.70%	79%	Machine 4	97%	97%	99.90%	94%	15.0%
Present Line	100%	80%	100%	80.1%	Present Line	100%	84.5%	100%	84.5%	4.4%

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในกรรมวิธีท่อพลาสติกชนิดพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูง จากการวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพด้วยเทคนิค DMAIC และการออกแบบวิธีการและดำเนินการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเดินเครื่องด้วยการติดตั้งระบบควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลอัตโนมัติให้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิตในครั้งนี้สามารถลดวัตถุดิบที่ใช้มากกว่าแผนการผลิตเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2565 คิดเป็นความสูญเสียของวัตถุดิบลดลงร้อยละ 2.5 และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรให้สูงขึ้นจากร้อยละ 80.1 เป็น ร้อยละ 84.5 คิดเป็นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 4.4 และได้ดำเนินการกิจกรรมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องสู่ระบบอุตสาหกรรมการผลิตยั่งยืน บรรลุผลตามเป้าหมายและเป้าประสงค์ของงานวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารและคณะเจ้าหน้าที่ของอุตสาหกรรมการผลิตท่อพอลิเอทีลีนที่ให้คำแนะนำให้เครื่องจักรอุปกรณ์และความร่วมมือในการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้การวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนช่วยเหลือมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

- [1] อภิญา ขุนทอง. แนวโน้มธุรกิจอุตสาหกรรม ปี 2564-2566 อุตสาหกรรมพลาสติก [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 2564 พฤษภาคม 15]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-Outlook/petrochemicals/plastics/io/io-plastics-21>
- [2] ประทุมมา สุโสะ. สมบัติเชิงกลของพลาสติกผสม 3 ชนิดระหว่างพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และ พอลิโพรพิลีน [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2554.
- [3] High-density polyethylene crystals with double melting peaks induced by ultra-high-molecular-weight polyethylenefibre [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 2567 กรกฎาคม 09]. เข้าถึงได้จาก: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsos.180394>
- [4] กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม. คู่มือบัญชีของเสียที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน (กลุ่มยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์) [อินเทอร์เน็ต]. 2556 [เข้าถึงเมื่อ 2566 ธันวาคม 11]. เข้าถึงได้จาก: <http://recycle.dpm.go.th/wastelist/waste-detail.php?id=69>
- [5] Kris Piroj. Six Sigma คืออะไร? การปรับปรุงคุณภาพด้วย 6Sigma [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 2564 พฤษภาคม 10]. เข้าถึงได้จาก: <https://greedisgoods.com/six-sigma>
- [6] อภิชาติ เสมศรี. การหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของบาริลฮีตเตอร์เพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนฝาครอบไฟเลี้ยวรถแทรกเตอร์ด้วยการประยุกต์ใช้ DMAIC. วิศวกรรมลาดกระบัง. 2565; 39(3): 111-130.
- [7] ฐานิดา กาเดชะ. การลดปัญหาแกนปุดของเทปพีวีซีโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2564.
- [8] กุศลสิน กิจพงษ์สินกร. การลดของเสียในกระบวนการเป่าฟิล์ม โดยวิธีซิกซ์ ซิกมา [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2560.
- [9] ชุตินา บุญโยธา. การประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ซิกมา ในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ของแผงวงจรไฟฟ้าแบบยืดหยุ่น [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
- [10] ปัญญา ลองนิล. การปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกมา การศึกษาโรงงานผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม [การค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2557.
- [11] Industrial Engineering. การศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process capability) [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 2564 พฤษภาคม 10]. เข้าถึงได้จาก: <https://thaitopie.blogspot.com/2017/04/3-process-23.html>
- [12] เทพศักดิ์ ศศิสุวรรณ อสุธารณ์ แก้วกิตติชัย และสิทธิชัย รัชชโยธิน. การปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อติดตั้งสตัฟฟ์ในโครงสร้างเสาคอนกรีต. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2565; 41(2): 294-303.

- [13] เฉลิมศักดิ์ ถาวรวัชร ระเบียบ กาญจนะ ศรีโรจารุ ภิญโญ และวราญา วัฒนจิตศิริ. การลดของเสียใน กระบวนการผลิตขวดเหล็กขึ้นรูปสำหรับเบาะ รถยนต์. วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ไทย. 2560; 3(1): 25-33.
- [14] ศุภพัฒน์ ปิงตา และสุวัจน์ ตานสมบุญ. การ ปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพสลัก เพลา. วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย. 2563; 6(1): 8-18.
- [15] อมรรัตน์ ปิ่นชัยมูล กำพล จินตอมรชัยและณัฐ พล ศิริรักษ์. การออกแบบและวางผังโรงงาน กรณีศึกษาโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว. วารสาร ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย. 2564; 7(2): 13-20.
- [16] อำนาจ อมฤก. การลดของเสียในกระบวนการ ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร : กรณีศึกษาบริษัท สุพรีมพีริซันแมนูแฟคเจอร์ จำกัด. วารสาร ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย. 2562; 5(1): 36-48.
- [17] อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี และจุฬพล บำรุงวงศ์. การ ปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของ เครื่องจักรใน กระบวนการฉีดพลาสติกกรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์ กล้วยไม้. เอกสารสืบเนื่องจากการประชุม วิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ.2561; 23-26 กรกฎาคม พ.ศ. 2561; โรงแรม สุนีย์แกรนด์ไฮเต็ลแอนด์คอนเวนชันเซ็นเตอร์. อุบลราชธานี; 2561. หน้า 1092-1096.
- [18] ญาณิศา สุรพันธ์. การปรับปรุงอัตราความพร้อม ใช้งานเครื่องจักรในกระบวนการตัดตาย [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2565.
- [19] บรรเลง ศรีนิล. เทคโนโลยีพลาสติก (ฉบับ ปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ: สมาคม ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2546.
- [20] Kris Piroj. สูตร Taro Yamane สำหรับ คำนวณ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึง เมื่อ 2564 พฤษภาคม 10]. เข้าถึงได้จาก: <https://greedisgoods.com/taro-yamane/>
- [21] มัลลย์ เปาะจิ. การเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของ เครื่องจักร(OEE)ในกระบวนการผลิตผ้าหม้อหุง ข้าว [วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจ มหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีไทย- ญี่ปุ่น; 2559.
- [22] Sahar AlMashaqbeh, Eduardo Munive Hernandez. EVALUATION AND IMPROVEMENT OF A PLASTIC PRODUCTION SYSTEM USING INTEGRATED OEE METHODOLOGY: A CASE STUDY [อินเทอร์เน็ต]. 2567 [เข้าถึงเมื่อ 2567 ธันวาคม 08]. เข้าถึงได้จาก: <https://sciendo.com/article/10.2478/mspe-2024-0042>