

การลดของเสียในกระบวนการเป่าฟิล์มสำหรับถุงพลาสติกชนิด PP โดยวิธีซิกซ์ ซิกมา

Defect Reduction in Film Blowing Process by Six Sigma Approach

กุศลสิน กิจพงษ์นิกร^{1*} นภัสสวงศ์ โอโสทสิลป์²

¹นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Kusalin Kitpongnikorn^{1*} Napassavong Osothsilp²

¹Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330

²Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering

Chulalongkorn University, Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330

*Corresponding author: Email: kusalin.kit@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเป่าฟิล์ม โดยมุ่งเน้นลดของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนابางไม่สม่ำเสมอในแนวขวางเครื่องจักร โดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา เริ่มจาก 1) ระบุนิยามปัญหา ซึ่งพบว่าของเสียจากการผลิตในกระบวนการเป่าฟิล์มถุงพลาสติกชนิดพีพีขนาด 30 x (6+2+2) นิ้ว ประเภทเจล ยับ และหนابางมีสัดส่วนสูงที่สุดรวมกันเป็นร้อยละ 11.03 ของปริมาณการผลิต 2) ระบุการวัด ทำการประเมินระบบการตรวจสอบพบว่ามีความแม่นยำและเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ 3) ระบุการหาสาเหตุของปัญหา ในขั้นแรกทำการระดมสมองโดยใช้แผนผังก้างปลาพบว่า มี 22 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนابาง จากนั้นนำไปคัดกรองด้วยแผนผังแสดงสาเหตุและผล ทำให้เหลือเพียง 9 ปัจจัยนำไปศึกษาต่อ 4) ระบุการปรับปรุงกระบวนการ ได้ดำเนินการปรับปรุง 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ 1) การออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีพหุคูณตอบสนองแบบส่วนประสมกลาง เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยด้วยวิธีการทางสถิติ และหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย 2) การสร้างระเบียบวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้อง และในขั้นตอนสุดท้าย 5) ระบุควบคุมกระบวนการ ทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลการปรับปรุงและจัดทำแผนควบคุมเพื่อรักษาคุณภาพหลังการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตคือการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องที่จุดต่างๆ ความเร็วในการผลิตและสภาพของเครื่องจักร พบว่าภายหลังการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดของเสียในกระบวนการเป่าฟิล์มสำหรับข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนابางจากร้อยละ 11.03 เป็นร้อยละ 0.39 ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนของเสียที่ลดลงถึงร้อยละ 99 มีมูลค่าความสูญเสียที่ลดลง 68,527 บาทต่อปี

คำสำคัญ: กระบวนการเป่าฟิล์ม การออกแบบการทดลอง การลดของเสีย การทดลองแบบส่วนประสมกลาง ถุงพลาสติกพีพี

ABSTRACT

This research aims to reduce waste from the production of defects which are gel or dark specks, wrinkle and uneven thinness defect along Transverse Direction (TD) of machine that occur in film blowing process. The research applied Six Sigma methodology which composed for five phases. Phase I : Define phase, it was found the waste from plastic bags of size 30 x (6 + 2 + 2) inches had the defective rate due to these three defects totaling 11.03 percent of the production volume. Phase II : Measures phase, the accuracy precision of the inspection system were analyzed and found that it was acceptable. Phase III : Analyze phase, 22 potential factors affecting these defects were listed by using brainstorming technique and Fishbone diagram. Next 9 factors were selected to be studied further using the Cause and Effect matrix. Phase IV : Improvement phase, two improvement approaches were performed. First, the design of experiments technique was applied to prove for significance of factors and find the optimal setting. Second, quality procedure and work instructions were created. Phase V : Control phase, confirmatory experiment was performed and control plan was set up to maintain the quality level after improvement. The factors, which affect these defect are temperature control, production speed, and condition of machine. After improvement, the defective rate due to these defects was reduced from 11.03 percent to 0.39 percent, which equivalent to a reduction of 99 percent. The improvement leads to the loss saving of 68,527 baht per year for the model under study.

Keyword: Blown film process, design of experiment, defect reduction, central composite design, polypropylene.

1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้ประกอบการอุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทยได้รับผลกระทบจากปัญหาเศรษฐกิจทำให้ต้นทุนเม็ดพลาสติกมีค่าสูงขึ้น อีกทั้งค่าแรงงานยังปรับตัวสูงขึ้นด้วย ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นตาม จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตพลาสติกให้มีการปรับตัวเพื่อให้ธุรกิจสามารถอยู่รอดได้ในสภาวะปัจจุบัน การหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียลงนั้นเป็นแนวทางที่สำคัญที่สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้โดยมีระดับคุณภาพที่ดีขึ้น

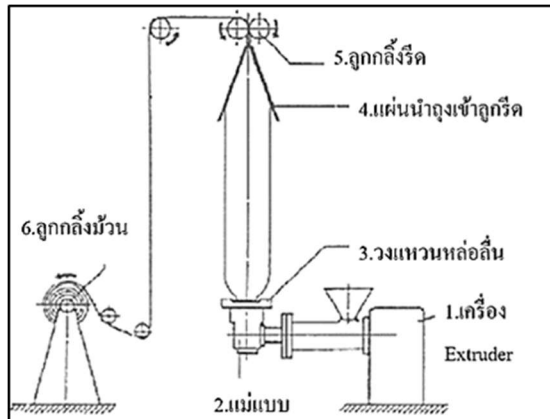
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วจะเห็นได้ว่าการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียในกระบวนการต่างๆ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถลด

ของเสียได้อย่างมาก [1] ซิกซ์ ซิกมา คือ การปรับปรุงคุณภาพโดยนำวิธีการทางสถิติมาแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยมีเป้าหมายในการแก้จุดต้นตอของปัญหาของความแปรปรวน การดำเนินการตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมา แบ่งออกเป็น 5 ระยะ โดยเป็นไปตามกระบวนการ DMAIC คือ ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) ระยะการวัด (Measure Phase) ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) ระยะการปรับปรุงกระบวนการ (Improvement Phase) และระยะการติดตามควบคุม (Control Phase) [2]

ในส่วนทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการเป่า ในโรงงานกรณีศึกษาจะใช้เม็ดพลาสติกชนิด PP (Polypropylene) เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกที่เบาที่สุด มีจุดหลอมเหลวที่ 160 °C มีความแข็งแรงและเหนียว ทนต่อความร้อนและสารเคมีได้ดี ไม่เสียรูปง่าย ใสและออกซิเจนซึม

ผ่านได้น้อย ซึ่งกระบวนการเป่าฟิล์มสามารถแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก (Blow Film Extrusion)

จากรูปที่ 1 สามารถอธิบายขั้นตอนการเป่าฟิล์มพลาสติกได้โดย เริ่มจากเม็ดพลาสติกในกรวยเติมพลาสติก ถูกป้อนเข้าสู่ในกระบอกสูบซึ่งภายในกระบอกสูบจะประกอบไปด้วยสกรู 3 ส่วน คือ 1) ส่วนป้อน 2) ส่วนส่ง 3) ส่วนรีด โดยความเร็วของสกรูจะถูกควบคุมด้วยมอเตอร์ขับเคลื่อน เมื่อเม็ดพลาสติกถูกบดด้วยสกรูและได้รับความร้อนจากอุณหภูมิภายในกระบอกสูบจึงเกิดการหลอมละลาย บริเวณปลายกระบอกสูบจะมีโลหะหรือในที่นี้เรียกว่าหน้าแปลน จะทำหน้าที่ยึดตะแกรงและแผ่นเบรกเกอร์ไว้ อุณหภูมิหน้าแปลนจะทำหน้าที่ควบคุมความร้อนและความดันของพลาสติกไหลเข้าสู่สายเพื่อขึ้นรูป สายจะมีหน้าที่ควบคุมขนาดความกว้างของถุงและขึ้นรูปเป็นลักษณะคล้ายลูกโป่งทอดยาวไปแล้วลูกรีดเป็นแผ่นด้วยลูกกลิ้งรีดสามารถกำหนดขนาดความหนาบางได้ด้วยมอเตอร์ควบคุมค่าความหนาบาง จากนั้นจะผ่านเข้าสู่ลูกกลิ้งเก็บม้วนได้ชิ้นงานออกมาเป็นลักษณะม้วนฟิล์มเพื่อรอเข้าสู่กระบวนการพิมพ์สี หรือตัดต่อไป [3]

Hiesgen, Saul, และ Rauwendaal ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิหลอมกับรูปทรงของท่อ PE100 พบว่าอุณหภูมิหลอมที่เปลี่ยนไปมีผลต่อขนาดและความหนาของท่อ ซึ่งหากอุณหภูมิหลอมไม่สม่ำเสมอจะ

ส่งผลต่อคุณภาพและรูปทรงผลิตภัณฑ์ [4] ต่อมา Rauwendaal จึงนำงานวิจัยข้างต้นมาศึกษาต่อพบว่าที่อุณหภูมิหลอม 235 องศาเซลเซียสทำให้วัตถุดิบเกิดการหลอมได้เร็วซึ่งส่งผลต่อขนาดความหนาของผลิตภัณฑ์ โดยในระยะสั้นสามารถแก้ปัญหาโดยการลดความเร็วของสกรูแต่ก็จะทำให้ระยะเวลาในการผลิตนานขึ้นเช่นกัน ซึ่งการแก้ปัญหาระยะยาวคือการเปลี่ยนรูปทรงสกรูไปเป็นรูปทรงที่ทำให้เกิดความร้อนน้อยลงซึ่งจะช่วยให้สามารถรักษาเอาต์พุตได้ในขณะลดอุณหภูมิหลอมในเวลาเดียวกัน [5] Sung Lee, Shin, Song, Wook Jung และ Hyun ได้ศึกษาหาค่าความแรงลมที่เหมาะสมในกระบวนการเป่าฟิล์มโดยการวิเคราะห์ความเสถียรเชิงเส้นสามารถยืนยันค่าความแรงลมที่ดีที่สุดในการทดลอง พบว่าความแรงลมคงที่จะช่วยเพิ่มเสถียรภาพของกระบวนการ [6] Khan, Dalu และ Gadekar กล่าวว่าสิ่งสำคัญในการแก้ไขเพื่อปรับปรุงกระบวนการอัดขึ้นรูปคือ การควบคุมและตรวจสอบคุณภาพตัวแปรพารามิเตอร์ทั้งหมด ซึ่งพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ สภาพของเครื่องจักร, อุณหภูมิ, ความเร็วของสกรู และคุณภาพของวัตถุดิบ จากนั้นได้อธิบายผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และแนะนำวิธีการแก้ไขเพื่อปรับปรุงกระบวนการอัดขึ้นรูปพร้อมด้วย [7] Yoon และ Park ได้ใช้แบบจำลองนิวโตเนียนแบบไอโซเทอร์มอลเพื่อศึกษากระบวนการเป่าฟิล์มสำหรับโพลิเอทิลีนเชิงเส้นเช่น LLDPE ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ความเสถียรเชิงเส้น แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเป่าฟิล์มจะไม่เสถียรถ้าอัตราการพองตัวของลูกโป่ง (Blow-up Ratio) ไม่เหมาะสม [8] Sung Lee, Kwon, Wook Jung และ Hyun บอกว่ากระบวนการเป่าฟิล์มเป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตโพลิเมอร์ที่สำคัญที่สุดซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตผลิตภัณฑ์ฟิล์ม ซึ่งปัญหาในกระบวนการเป่าฟิล์มพบได้บ่อยในสภาวะของกระบวนการที่มีอัตราการพองตัวของลูกโป่งสูง (Blow-up Ratio) หรืออุณหภูมิการอัดขึ้นรูปที่สูงเกินไป [9] จากนั้น Peng, Wei และ Lui จึงได้มีการนำวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology) แบบส่วนประสม

กลาง (Central Composite Design) มาใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแอลกอฮอล์โพลีไวนิล (PVOH) และแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ต่อสมบัติทางกายภาพและทางกล ของวัสดุรองพื้นแบบกันกระแทกย่อยสลายทางชีวภาพ [10] ซึ่งวิธีพื้นผิวผลตอบนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ได้เช่นกัน

จากงานวิจัยข้างต้นดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่ามีปัจจัยที่ส่งผลต่อเสถียรภาพในกระบวนการเป่าฟิล์ม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วของสกรู ความแรงลม สภาพเครื่องจักร คุณภาพวัตถุดิบ และอัตราการพองตัวของลูกโป่ง

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีปัญหา

กระบวนการผลิตถุงพลาสติกชนิด PP จะเริ่มจากกระบวนการเป่าฟิล์ม ในระหว่างการผลิตจะมีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานเป็นระยะเมื่อได้ลักษณะชิ้นงานที่เป็นม้วนฟิล์มแล้วจะทำการตรวจสอบความหนาบริเวณต้นม้วนและปลายม้วนก่อนจะนำไปสู่กระบวนการพิมพ์และตัด จากนั้นจึงทำการตรวจสอบชิ้นงานแบบ 100% ก่อนที่จะเตรียมจัดส่งลูกค้าต่อไป โดยงานวิจัยจะเริ่มจากการศึกษาข้อมูลการผลิตในกระบวนการเป่าฟิล์ม ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2558 ถึง พฤษภาคม 2559 พบว่าของเสียจากการผลิตมีสัดส่วนสูงสุดถึงร้อยละ 64.18 โดยพบว่ามีข้อบกพร่อง 3 ประเภท ที่มีสัดส่วนที่สูงมาก ได้แก่ 1) เจล ซึ่งเป็นข้อบกพร่องจากการผลิตที่ทำให้ชิ้นงานมีลักษณะเป็นจุดสีดำหรือสีใสบริเวณผิวฟิล์ม สามารถมองเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่าซึ่งแสดงดังรูปที่ 2 2) ยับ เป็นข้อบกพร่องที่ทำให้ชิ้นงานมีลักษณะเป็นรอยยับย่น ไม่เรียบ ทำให้พิมพ์สีไม่ติด สามารถมองเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่าเช่นเดียวกันซึ่งแสดงดังรูปที่ 3 และ 3) หนาบาง เป็นข้อบกพร่องที่ทำให้แผ่นฟิล์มมีความหนาไม่สม่ำเสมอในแนวขวางเครื่องจักร (TD) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4 โดยในบางครั้งอาจไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า โดย

ในระหว่างการผลิตจะมีการใช้เครื่องมือวัดความหนา (Thickness gauge) ทำการวัดความหนาของแผ่นฟิล์มอยู่เป็นระยะเพื่อตรวจสอบว่าความหนาของฟิล์มถูกต้อง แต่เนื่องจากในระหว่างการผลิตถุงพลาสติกนั้นไม่ได้มีการตรวจสอบชิ้นงาน 100% จึงทำให้ข้อบกพร่องทั้ง 3 ประเภทนี้สามารถเกิดขึ้นได้จนผ่านเข้าสู่กระบวนการพิมพ์และตัดจนกระทั่งได้เป็นชิ้นงานสำเร็จรูป ซึ่งพบว่ามีข้อบกพร่องประเภทเจลร้อยละ 5.54 ประเภทยับริยร้อยละ 2.32 และประเภทหนาบางร้อยละ 3.17 คิดเป็นสัดส่วนของเสียรวมร้อยละ 11.03 ของปริมาณการผลิตในรุ่นนี้

เมื่อศึกษาการผลิตถุงพลาสติกชนิด PP รุ่น 30 x (6+2+2) นิ้ว โดยเครื่องจักร BB-PP-02 พบว่ามีของเสียเกิดขึ้นซ้ำๆทุกเดือนที่มีการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่จะลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องทั้งสามนี้ลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตัวอย่างข้อบกพร่องแต่ละประเภทสามารถแสดงดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2 ลักษณะข้อบกพร่องประเภท (ก) เจลดำ และ (ข) เจลใส



รูปที่ 3 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทยับ



รูปที่ 4 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทหนาวาง

3.2 ระยะเวลาวัด

เนื่องจากกระบวนการวัดของเสียในกรณีนี้เป็นการตรวจสอบข้อบกพร่องจากกระบวนการเป่าซึ่งจะทำได้โดยใช้สายตาในการตรวจสอบ ซึ่งการตรวจสอบด้วยสายตาอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีตรวจสอบความแม่นยำและเที่ยงของพนักงานวัดในการตรวจสอบข้อบกพร่อง เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการตรวจสอบมีความแม่นยำและเที่ยง 100% ดำเนินการโดยการคัดเลือกทีมงานผู้ชำนาญการ ทำการคัดเลือกชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบโดยเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงและคัดแยกแล้วว่าชิ้นงานใดเป็นชิ้นงานดีหรือเสียหรือก้ำกึ่ง โดยเลือกชิ้นงานดี 7 ชิ้น เป็นลักษณะชิ้นงานที่สมบูรณ์ไม่พบข้อบกพร่องใดๆ ชิ้นงานเสีย 7 ชิ้น คือ ชิ้นงานที่สามารถแยกแยะว่าเป็นของเสียได้โดยง่าย ชิ้นงานก้ำกึ่งดี 3 ชิ้น และชิ้นงานก้ำกึ่งเสีย 3 ชิ้น เป็นลักษณะชิ้นงานที่ยากแก่การตัดสินใจว่าเป็นของดีหรือของเสีย โดยชิ้นงานนั้นจะมีข้อบกพร่องแต่ละประเภทเพียงเล็กน้อย ซึ่งหากพนักงานวัดขาดความชำนาญอาจทำให้มองข้ามข้อบกพร่องนี้ไปได้ โดยทำการสุ่มชิ้นงานให้พนักงาน 3 คน ทำการตรวจสอบด้วยตาเปล่าและการสัมผัส จากนั้นบันทึกผลการตรวจสอบลงในแบบฟอร์ม ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นประเมินความแม่นยำและเที่ยงของพนักงานโดยมีเกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด ดังตารางที่ 1 จากการทดลองพบว่าพนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องทุกครั้ง ระบบการ

ตรวจสอบจึงมีความแม่นยำและเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
% รีพีทะบิลิตีของพนักงาน (% appraiser score)	100%
% ความไม่ไบอัสของพนักงาน (% attribute score)	100%
ดัชนีความมีประสิทธิภาพของพนักงาน (O_E)	100%
ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (I_{FA})	100%
ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (I_{MISS})	100%
% ประสิทธิภาพรีพีทะบิลิตีของการตรวจสอบ (% reproducibility)	100%
% ประสิทธิภาพความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ (% accuracy)	100%

3.3 ระยะเวลาวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหา

เริ่มจากการระดมสมองในทีมงานโดยนำเอาแผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) มาหาปัจจัยทั้งหมดที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนาวางในกระบวนการเป่าฟิล์ม ดังรูปที่ 5, 6 และ 7 จากการระดมสมองโดยพิจารณาจากปัจจัยที่พบในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและประสบการณ์ของพนักงานได้ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อปัญหาของเสีย จำนวนทั้งสิ้น 22 ปัจจัย จากนั้นทำการคัดกรองปัจจัยด้วยเมทริกซ์แสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) โดยทำการสุ่มเลือกพนักงานในฝ่ายผลิตเป่าที่มีประสบการณ์ในการผลิตถุงพลาสติกอย่างน้อย 3 ปี จำนวน 6 คน ให้คะแนนความสำคัญจาก 0-10 โดย

0 หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนابาง

10 หมายถึง มีความสัมพันธ์อย่างมากต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนابาง

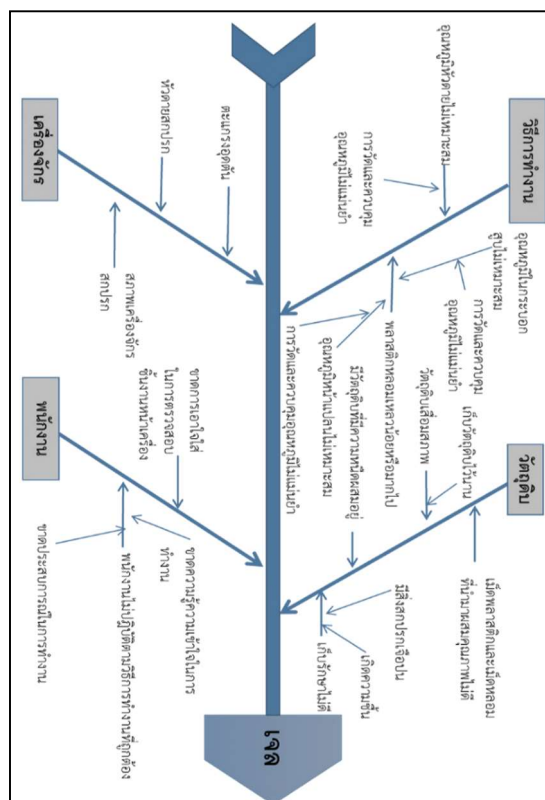
ซึ่งในการให้คะแนนความสำคัญจะทำโดยให้พนักงานแต่ละคนเขียนคะแนนลงในแบบสอบถามการให้คะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยเพื่อป้องกันการไบอัสในการให้คะแนนของพนักงาน

เนื่องจากข้อบกพร่องประเภทเจล มีสัดส่วนของเสียร้อยละ 5.54 ประเภทยับ ร้อยละ 2.32 และประเภทหนาบาง ร้อยละ 3.17 จากข้อบกพร่องรวมทั้ง 3 ประเภท คิดเป็นสัดส่วนของเสียร้อยละ 11.03 จากปริมาณการผลิต จึงได้นำวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average)

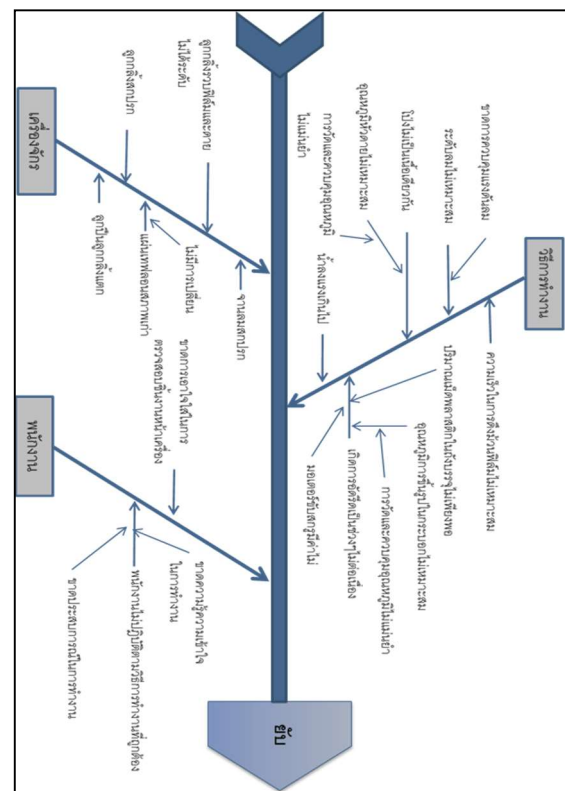
มาใช้ โดยกำหนดให้น้ำหนักรวมคือ 1 และคะแนนความสำคัญของข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนาบางเฉลี่ยน้ำหนักตามสัดส่วนข้อบกพร่องดังกล่าว เพื่อให้คะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละข้อบกพร่องสอดคล้องกับ

สัดส่วนข้อบกพร่องแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น ดังนั้นคะแนนความสัมพันธ์รวมคือ ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนความสำคัญกับคะแนนความสัมพันธ์ที่ได้จากทุกคน ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าสามารถคัดกรองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนาบางเหลือเพียง 9 ปัจจัย ซึ่งก่อให้เกิดคะแนนรวมร้อยละ 80 ของคะแนนทั้งหมดจากทุกปัจจัย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนี้ได้แสดงในตารางที่

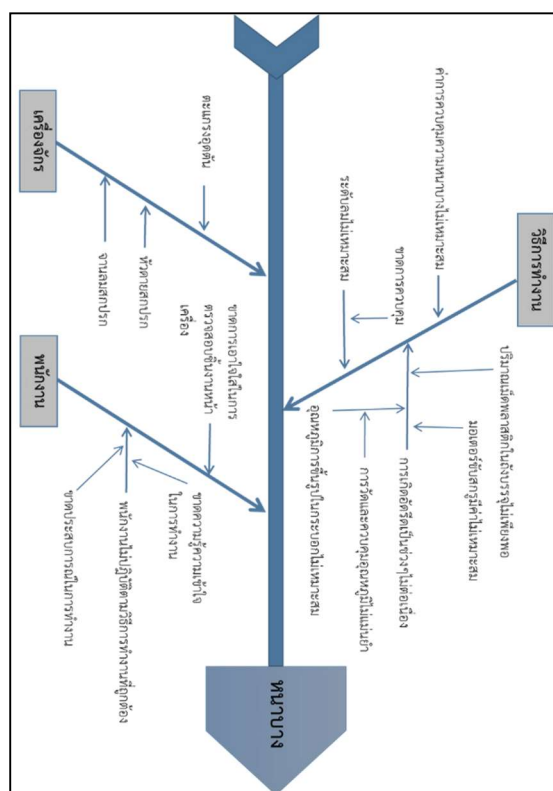
2



รูปที่ 5 แผนผังก้างปลาของปัญหาของเสียประเภทเจล



รูปที่ 6 แผนผังก้างปลาของปัญหาของเสียประเภทยับ



รูปที่ 7 แผนผังก้างปลาของปัญหาของเสียประเภทหนาบาง

ตารางที่ 2 ปัจจัยสำคัญที่ได้จากการคัดเลือกจากเมทริกซ์แสดงเหตุและผล

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาเจล ยับ และหนาบาง	รวมทั้งหมด	ร้อยละคะแนนของทุกปัจจัย	ร้อยละสะสม
อุณหภูมิในกระบอกสูบไม่เหมาะสม	60	10.74	10.74
อุณหภูมิหน้าแปลนไม่เหมาะสม	59.7	10.69	21.43
อุณหภูมิหัวตายไม่เหมาะสม	57.18	10.24	31.67
การขาดความรู้และความเข้าใจในการทำงาน	53.64	9.60	41.28
การขาดความเข้าใจใส่ในการตรวจสอบชิ้นงานหน้าเครื่อง	51.79	9.27	50.55
ตะแกรงอุดตัน	51.14	9.16	59.71
มอเตอร์ขับเคลื่อนสกรูมีค่าไม่เหมาะสม	47.78	8.56	68.26
หัวตายสกรู	36.09	6.46	74.72
จานลมสกรู	29.59	5.30	80.02

จากการเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสัดส่วนของเสียในกระบวนการเป่าฟิล์มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างๆต่างข้างต้นพบว่าปัจจัยที่สอดคล้องกันกับ

งานวิจัยนี้ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วของสกรู ความแรงลม และสภาพเครื่องจักร จากปัจจัยเรื่องความแรงลมสามารถอ้างอิงปัจจัยเรื่องจานลมสกรูจากงานวิจัยนี้ได้เนื่องจากหากจานลมปราดจากสิ่งสกปรกจะส่งผลให้ระดับลมที่ออกมามีความแรงคงที่ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปัจจัยที่ได้จากการคัดเลือกในงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมในการนำไปศึกษาผลกระทบต่อเสถียรภาพของกระบวนการเป่าฟิล์มซึ่งหากกระบวนการผลิตขาดเสถียรภาพก็จะส่งผลให้มีของเสียเกิดขึ้น โดยปัจจัยดังกล่าวนี้ได้แก่ อุณหภูมิที่จุดต่างๆ การบำรุงรักษาเครื่องจักร เช่น จานลมสกรู หัวตายสกรู และตะแกรงอุดตัน เป็นต้น

สำหรับปัจจัยในเรื่องของอัตราการพองตัวของลูกโป่งไม่เหมาะสมนั้นจะส่งผลให้มีของเสียประเภทการฉีกขาดง่ายตามแนวเครื่องจักร (MD) เกิดขึ้น ซึ่งไม่พบปัญหาของเสียประเภทนี้ในโรงงานกรณีศึกษาเท่าที่ควร งานวิจัยนี้จึงไม่ได้เลือกมาศึกษาและปรับปรุง รวมถึงปัจจัยเรื่องคุณภาพของวัตถุดิบด้วยเช่นกัน เนื่องจากหากมีการเปลี่ยนวัตถุดิบจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนวัตถุดิบและความเห็นชอบจากลูกค้า จึงได้ทำการศึกษาปัจจัยอื่นๆ เช่น การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรและการดูแลสภาพของเครื่องจักรก่อน หากสามารถลดสัดส่วนของเสียได้เป็นที่น่าพอใจก็就不用จำเป็นต้องปรับปรุงในส่วนของวัตถุดิบ อีกทั้งยังมีการควบคุมค่าความชื้นของวัตถุดิบและการป้องกันการเกิดสิ่งสกปรกเจือปนในวัตถุดิบอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีอีก 2 ปัจจัยที่งานวิจัยนี้ได้เห็นว่ามีความสำคัญและได้ทำการปรับปรุง ได้แก่ การขาดความเข้าใจใส่ในการตรวจสอบชิ้นงาน และการขาดความรู้และความเข้าใจในการทำงาน

ซึ่งปัจจัยที่ได้คัดเลือกเพื่อนำมาศึกษาทั้ง 9 ปัจจัย ดังตารางที่ 2 นี้มีแนวทางในการแก้ปัญหาโดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มวิธี คือ 1) การออกแบบการทดลอง ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิกระบอกสูบ อุณหภูมิหน้าแปลน อุณหภูมิหัวตาย และความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อนสกรู 2) การสร้างวิธีปฏิบัติงาน สำหรับนำไปใช้ฝึกอบรมวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องให้แก่

พนักงาน รวมถึงการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างเหมาะสม โดยสามารถแก้ปัญหาปัจจัยนำเข้า 5 ปัจจัย ได้แก่ การขาดความรู้และความเข้าใจในการทำงาน การขาดความเอาใจใส่ในการตรวจสอบชิ้นงานหน้าเครื่องจักร ตะแกรงอุดตัน หัวตายสกปรก และจานลมสกปรก

3.4 ระยะปรับปรุงกระบวนการ

3.4.1 การออกแบบการทดลอง

3.4.1.1 กำหนดตัวแปรตอบสนอง

สัดส่วนข้อบกพร่องของประเภทเจล ยับ และหนาบาง สามารถคำนวณได้จากปริมาณข้อบกพร่องแต่ละประเภท หารด้วยปริมาณการผลิต ทั้งนี้ในแต่ละครั้งการทดลองจะทดลองครั้งละ 25 กิโลกรัม

3.4.1.2 กำหนดตัวแปรอิสระของการทดลอง

ตัวแปรอิสระในการทดลองนี้มี 6 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิกระบอกส่วนต้น (A) อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนกลาง (B) อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนท้าย (C) อุณหภูมิหน้าแปลน (D) อุณหภูมิหัวตาย (E) และความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน (F) โดยที่ (A)-(D) เป็นการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องจักร และมีปัจจัยที่ต้องควบคุมคือความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อนความหนาบางโดยการใช้ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (อินเวอร์เตอร์) เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ ในที่นี้กำหนดให้มีค่า 24 เฮิร์ต นอกจากนี้ จะทำการเปลี่ยนตะแกรงใหม่ ทำความสะอาดหัวตาย และทำความสะอาดจานลมก่อนเริ่มทำการทดลอง

3.4.1.3 การเลือกแบบการทดลอง

ในกรณีที่มี 6 ปัจจัย ผู้วิจัยได้เลือกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) แบบเศษส่วน 2^{6-1} เนื่องจากมีจำนวนการทดลองน้อยกว่าและให้ความสามารถในการพยากรณ์ที่ดีกว่าแบบการทดลองอื่น เช่น แบบบ็อกซ์-เบห์นเคน และแบบ 3^k แบบการทดลองที่เลือกประกอบไปด้วย 53 ครั้งการทดลองย่อย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนการทดลองแฟคทอเรียลแบบบางส่วน 2^{6-1} (Factorial Runs) 32 การทดลอง ซึ่งมี Resolution เท่ากับ VI ซึ่งสามารถหาผลกระทบเชิงเส้น (Linear Effects) ผลกระทบเชิงเส้นกำลังสอง (Quadratic Effects) และ

ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยได้ (Interaction Effects) โดยไม่ปะปนกันเอง [11,12] 2) ส่วนของจุดศูนย์กลาง (Center Runs) 9 การทดลอง 3) ส่วนของจุดแกน (Axial Runs) 12 การทดลอง โดยมีค่า $\alpha = 2.378$

3.4.1.4 ระดับของปัจจัยที่ทำการทดลอง

ปัจจัยต่างๆจะถูกกำหนดระดับการทดลองเป็น 5 ระดับ คือ ระดับ $-\alpha$ (-2.378) ระดับต่ำ (-1) ระดับกลาง (0) ระดับสูง (+1) และระดับ $+\alpha$ (2.378) ซึ่งค่าระดับของปัจจัยแบบ Coded Unit และ Uncoded Unit แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับของปัจจัยนำเข้าในการทดลอง

ปัจจัยนำเข้า (X)	-2.378	-1	0	1	2.378	หน่วย
อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนต้น (A)	190	207	220	232	250	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนกลาง (B)	190	207	220	232	250	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนท้าย (C)	190	207	220	232	250	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิหน้าแปลน (D)	190	207	220	232	250	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิหัวตาย (E)	190	207	220	232	250	องศาเซลเซียส
มอเตอร์ขับเคลื่อน (F)	20	28.7	35	41.3	50	กิโลวัตต์

ในการกำหนดระดับของปัจจัยที่ทดลองในครั้งนี้มีรายละเอียดการตั้งค่าดังนี้คือ อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนต้น (A) อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนกลาง (B) อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนท้าย (C) อุณหภูมิหน้าแปลน (D) อุณหภูมิหัวตาย (E) ถูกกำหนดระดับในการทดลองให้อยู่ในช่วง 190-250 องศาเซลเซียส และ ความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน (F) ถูกกำหนดระดับในการทดลองให้อยู่ในช่วง 20-50 กิโลวัตต์ เนื่องจากเป็นช่วงที่เครื่องจักรยังสามารถทำการผลิตได้

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ. 2561

3.4.1.5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการ

ทดลอง

ผลการทดลองของกระบวนการเป่าถุงพลาสติกแสดง

ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เมตริกซ์การออกแบบส่วนประสมกลาง

Std Order	Run Order	A	B	C	D	E	F	Y1	Y2	Y3	Yall
1	52	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.200	0.080	0.198	0.478
2	17	1	-1	-1	-1	-1	1	0.042	0.018	0.038	0.097
3	1	-1	1	-1	-1	-1	1	0.050	0.008	0.011	0.068
4	35	1	1	-1	-1	-1	-1	0.070	0.005	0.063	0.138
5	11	-1	-1	1	-1	-1	1	0.180	0.006	0.010	0.196
6	18	1	-1	1	-1	-1	-1	0.250	0.033	0.075	0.358
7	3	-1	1	1	-1	-1	-1	0.175	0.018	0.057	0.250
8	48	1	1	1	-1	-1	1	0.031	0.003	0.021	0.054
9	16	-1	-1	-1	1	-1	1	0.012	0.017	0.009	0.038
10	36	1	-1	-1	1	-1	-1	0.049	0.027	0.094	0.171
11	10	-1	1	-1	1	-1	-1	0.070	0.032	0.080	0.182
12	19	1	1	-1	1	-1	1	0.020	0.018	0.011	0.049
13	23	-1	-1	1	1	-1	-1	0.040	0.007	0.065	0.112
14	6	1	-1	1	1	-1	1	0.081	0.007	0.020	0.108
15	25	-1	1	1	1	-1	1	0.080	0.007	0.018	0.106
16	42	1	1	1	1	-1	-1	0.212	0.023	0.089	0.324
17	12	-1	-1	-1	-1	1	1	0.110	0.020	0.042	0.172
18	7	1	-1	-1	-1	1	-1	0.180	0.036	0.134	0.351
19	28	-1	1	-1	-1	1	-1	0.100	0.017	0.164	0.281
20	4	1	1	-1	-1	1	1	0.160	0.012	0.007	0.179
21	32	-1	-1	1	-1	1	-1	0.110	0.021	0.071	0.202
22	50	1	-1	1	-1	1	1	0.230	0.009	0.004	0.243
23	8	-1	1	1	-1	1	1	0.310	0.015	0.040	0.365
24	44	1	1	1	-1	1	-1	0.270	0.020	0.054	0.344
25	14	-1	-1	-1	1	1	-1	0.311	0.031	0.100	0.442
26	20	1	-1	-1	1	1	1	0.130	0.022	0.092	0.244
27	46	-1	1	-1	1	1	1	0.290	0.001	0.018	0.309
28	49	1	1	-1	1	1	-1	0.220	0.036	0.112	0.368
29	24	-1	-1	1	1	1	1	0.285	0.007	0.017	0.308
30	30	1	-1	1	1	1	-1	0.250	0.029	0.068	0.347
31	53	-1	1	1	1	1	-1	0.300	0.022	0.089	0.411
32	41	1	1	1	1	1	1	0.220	0.010	0.031	0.260

ตารางที่ 4 เมตริกซ์การออกแบบส่วนประสมกลาง (ต่อ)

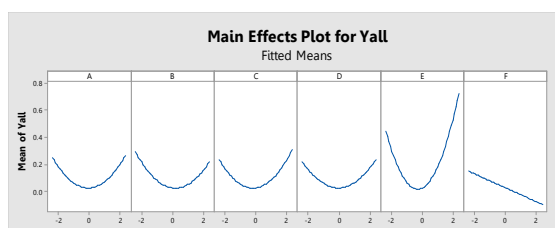
33	38	2.37841	0	0	0	0	0	0.295	0.000	0.000	0.295
34	40	2.37841	0	0	0	0	0	0.480	0.000	0.000	0.480
35	37	0	2.37841	0	0	0	0	0.490	0.000	0.000	0.490
36	15	0	2.37841	0	0	0	0	0.280	0.000	0.000	0.280
37	31	0	0	2.37841	0	0	0	0.351	0.000	0.000	0.351
38	22	0	0	2.37841	0	0	0	0.450	0.000	0.000	0.450
39	13	0	0	0	2.37841	0	0	0.330	0.000	0.000	0.330
40	26	0	0	0	2.37841	0	0	0.390	0.000	0.000	0.390
41	34	0	0	0	0	2.37841	0	0.620	0.000	0.000	0.620
42	5	0	0	0	0	2.37841	0	0.800	0.000	0.000	0.800
43	21	0	0	0	0	0	2.37841	0.035	0.073	0.142	0.250
44	2	0	0	0	0	0	2.37841	0.058	0.002	0.080	0.140
45	9	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
46	51	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
47	27	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
48	43	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
49	45	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
50	33	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
51	47	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
52	39	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
53	29	0	0	0	0	0	0	0.080	0.000	0.000	0.080

เนื่องจากในการทดลองนี้จะทำการเก็บค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทเจล (Y1) ประเภทยับ (Y2) และประเภทหนابาง (Y3) โดยสัดส่วนของของเสียจากแต่ละข้อบกพร่องจะคิดจากปริมาณของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องแต่ละประเภทหารด้วยปริมาณการผลิตทั้งหมด จากนั้นได้ใช้ค่า Yall ซึ่งคือ สัดส่วนของเสียรวมประเภทเจล ยับ และหนابาง เนื่องจากต้องการหาค่าระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียโดยรวมน้อยที่สุด จึงจะพิจารณาสัดส่วนของเสียรวมประเภทเจล ยับ และหนابางเป็นหลัก เนื่องจากหาค่าระดับที่เหมาะสมของปัจจัยโดยพิจารณาแยกแต่ละตัวแปรตอบสนอง อาจทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่ขัดแย้งกัน ซึ่งค่าที่เหมาะสมที่ทำให้สัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทหนึ่งลดลงอาจทำให้สัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องอีกประเภทหนึ่งเพิ่มขึ้นได้ เป็นต้น จากผลการทดลองดังตารางที่ 4 จะได้

สมการความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของเสียรวมและปัจจัยต่างๆ หลังจากตัดเทอมที่ไม่มีนัยสำคัญออกไปแล้ว ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) แบบวิธีลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$Y_{all} = 0.0270 + 0.0036 A - 0.0156 B + 0.0152 C + 0.0034 D + 0.0583 E - 0.0512 F + 0.0404 A^2 + 0.0399 B^2 + 0.0426 C^2 + 0.0355 D^2 + 0.0974 E^2 \quad (1)$$

เมื่อพิจารณาสมการความสัมพันธ์พบว่าพจน์ที่มีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสียรวมประเภทเจล ยับ และหนาบาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ อุณหภูมิกระบอบกอบส่วนต้น (A) อุณหภูมิกระบอบกอบส่วนกลาง (B) อุณหภูมิกระบอบกอบส่วนท้าย (C) อุณหภูมิหน้าแปลน (D) อุณหภูมิหัวตาย (E) ความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน (F) และพจน์กำลังสองของ A, B, C, D และ E ในขณะที่ไม่มีพจน์อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยใดมีนัยสำคัญต่อค่าสัดส่วนของเสียรวม โดยความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งหกและค่าสัดส่วนของเสียรวมแสดงได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละปัจจัยนำเข้ากับสัดส่วนของเสียรวม

จากรูปที่ 8 สามารถอธิบายผลได้ดังนี้

- อุณหภูมิกระบอบกอบส่วนต้น (A) อุณหภูมิกระบอบกอบส่วนกลาง (B) อุณหภูมิกระบอบกอบส่วนท้าย (C) ทำหน้าที่อัดฉีดและส่งผ่านเม็ดพลาสติกจากกรวยเพื่อหลอมเม็ดพลาสติก และส่งต่อไปยังส่วนถัดไป เนื่องจากภายในกระบอบกอบจะมีสกรูที่ถูกควบคุมความเร็วด้วยมอเตอร์ขับเคลื่อน เมื่ออุณหภูมิในกระบอบกอบมีค่าต่ำเกินไป ทำให้

เม็ดพลาสติกหลอมเหลวไม่หมดและไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อส่งผ่านไปยังส่วนถัดไปเพื่อขึ้นรูปก็จะเกิดของเสียลักษณะเจลใส และปริมาณเนื้อพลาสติกที่หลอมละลายได้ก็มีปริมาณน้อยเกินไปเป็นผลให้เกิดของเสียประเภทหนาบาง และเมื่อความหนาบางไม่เท่ากันทุกส่วนเมื่อฟิล์มถูกอัดรีดด้วยลูกกลิ้งก็จะทำให้เกิดการยับตามมา และหากอุณหภูมิกระบอบกอบสูงเกินไปจะทำให้เม็ดพลาสติกหลอมละลายเร็วเกินไป และเกิดความร้อนสูงภายในบริเวณกระบอบกอบทำให้พลาสติกเกิดการไหม้เป็นผลให้เกิดของเสียประเภทเจลดำ

- อุณหภูมิหน้าแปลน (D) หากอุณหภูมิหน้าแปลนสูงไปจะทำให้โป่งสันและสายซึ่งส่งผลให้ฟิล์มมีความหนาบางไม่เท่ากันได้ จึงส่งผลต่อของเสียประเภทหนาบางและยับตามมา แต่หากอุณหภูมิหน้าแปลนต่ำเกินไปจะทำให้เกิดแรงดันไม่มากพอที่จะดันพลาสติกหลอมเพื่อไปยังหัวตาย พลาสติกจึงเกิดการหลอมละลายมากขึ้นเรื่อยๆ ในส่วนที่ถูกแรงดันจากภายในขับออกมาเพื่อขึ้นรูปนั้นก็ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทเจลดำเนื่องจากพลาสติกหลอมเกิดการไหม้ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อของเสียประเภทหนาบางได้เช่นกันเนื่องจากมีปริมาณพลาสติกไหลออกมาได้ไม่มากพอ

- อุณหภูมิหัวตาย (E) ซึ่งหัวตายจะทำหน้าที่ขึ้นรูปถุงพลาสติก เมื่อได้รับลมก็จะถูกเป่าให้ขยายออกเป็นลักษณะคล้ายลูกโป่งทอดยาวตลอดก่อนจะเข้าสู่เครื่องรีดเพื่อให้ได้ลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆต่อไป โดยค่าอุณหภูมิควรจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิหน้าแปลนไม่ห่างกันมากนักเพื่อคงสภาพสถานะของพลาสติกหลอม ซึ่งหากอุณหภูมิหัวตายมีค่าสูงหรือต่ำไปก็จะทำให้เกิดของเสียประเภทเจล

- ความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน (F) เป็นตัวกำหนดความเร็วของสกรูในกระบอบกอบ หากกำหนดความเร็วน้อยไปจะทำให้สกรูหมุนช้าส่งผลให้เม็ดพลาสติกถูกบดผสมกันช้าจึงหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ช้าทำให้ได้ปริมาณพลาสติกหลอมน้อย ส่งผลให้เกิดปัญหาของเสียประเภทหนาบางและยับตามมาได้ ในขณะที่ความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อนมีค่ามากจะทำให้บดผสมเม็ดพลาสติกได้

เร็วขึ้น และเมื่อได้รับความร้อนจากในกระบอกสูบเพื่อหลอมรวมพลาสติกให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว แรงดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบจะทำให้มีปริมาณพลาสติกหลอมถูกอัดฉีดออกมาได้ต่อเนื่องทำให้ของเสียประเภทหนาบางลดลง และเมื่อฟิล์มมีความหนาบางสม่ำเสมอทั้งนี้ค่าความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อนต้องสัมพันธ์กับค่าของความเร็วมอเตอร์ควบคุมความหนาบาง

3.4.1.6 การหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยนำเข้า

ในการหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อของเสียรวมประเภทเจล ยับ และหนาบาง (Yall) ให้เกิดของเสียน้อยที่สุด สามารถใช้วิธี Response Optimizer ในโปรแกรม MINITAB จากการนำค่าที่ได้มาแปลงเป็น Uncoded Unit สรุปได้ว่า ค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียรวมประเภทเจล ยับ และหนาบางน้อยที่สุด คือ ค่าอุณหภูมิกระบอกส่วนต้น 220 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิกระบอกส่วนกลาง 212 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิกระบอกส่วนท้าย 217 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหน้าแปลน 220 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหัวตาย 216 องศาเซลเซียส และความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน 50 กิโลวัตต์

3.4.2 การสร้างวิธีปฏิบัติงาน

ในส่วนนี้จะเป็นการปรับปรุงกระบวนการสำหรับปัจจัยนำเข้าอื่นๆ 5 ปัจจัย ได้แก่ การขาดความรู้และความเข้าใจในการทำงาน การขาดความเอาใจใส่ในการตรวจสอบชิ้นงานหน้าเครื่อง ตะแกรงอุดตัน หัวตายสกปรก และจานลมสกปรก ด้วยการจัดทำวิธีการปฏิบัติงานเพื่อให้พนักงานเกิดความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง มีการซ่อมบำรุงเครื่องจักรภายในระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการหยุดซ่อมระหว่างผลิต ทั้งยังสามารถนำไปใช้ได้กับทุกเครื่องเป่าอีกด้วย จากข้อมูลเหตุการณ์ในอดีตพบว่าเมื่อใดที่เกิดปัจจัยเหล่านี้ คือ ตะแกรงอุดตัน หัวตายสกปรก และจานลมสกปรก จะทำให้มีของเสียเกิดขึ้นปริมาณมากร่วมกับการที่เมื่อพนักงานไม่เข้าใจวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องและไม่มีการตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องจักรก็จะทำให้เมื่อเกิดของเสียขึ้นจะไม่สามารถแก้ไขกระบวนการผลิตได้อย่าง

ทันท่วงที ซึ่งแต่ละปัจจัยดังกล่าวสามารถอธิบายความเกี่ยวข้องต่อข้อบกพร่องทั้ง 3 ประเภท ดังนี้

- การขาดความรู้ ความเข้าใจในการทำงาน ทำให้ไม่ทราบวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง ทำงานโดยอาศัยความเคยชิน ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการทำงานที่ถูกต้องหรือไม่ก็ได้ ดังนั้นจึงควรมีวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องเพื่ออบรมและให้ความรู้แก่พนักงาน

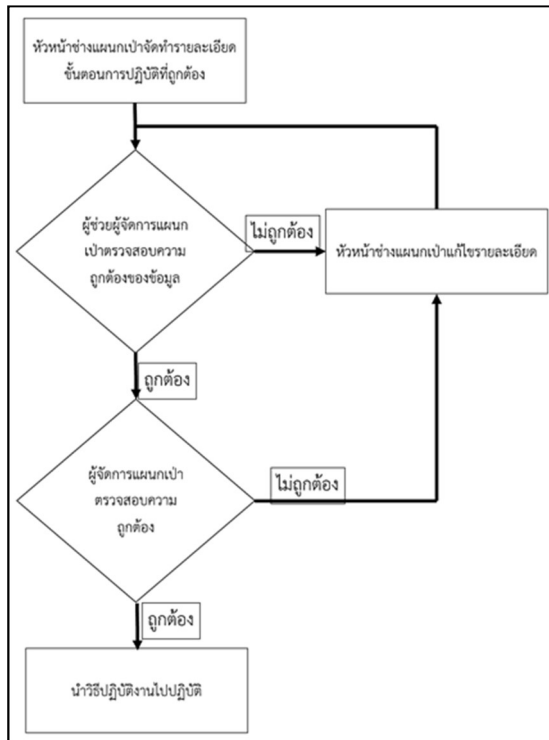
- การขาดความเอาใจใส่ในการตรวจสอบชิ้นงานหน้าเครื่อง เป็นผลสืบเนื่องมาจากการที่พนักงานขาดความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติงาน หรือไม่มีวิธีการทำงานที่ถูกต้องเป็นระเบียบแบบแผน จึงควรมีวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องเพื่อให้พนักงานมีการปฏิบัติงานเป็นขั้นตอน

- ตะแกรงอุดตัน ในส่วนนี้จะทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ถูกหลอมเป็นเนื้อเดียวกันก่อนที่จะถูกส่งไปยังหัวตายเพื่อขึ้นรูป ดังนั้นหากตะแกรงอุดตันก็จะส่งผลให้พลาสติกไม่สามารถถูกส่งผ่านไปได้ จึงควรมีวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้อง โดยใช้วิธีสร้างแผนบำรุงรักษาเครื่องจักร

- หัวตายสกปรก จะส่งผลให้พลาสติกไหลออกได้ไม่สม่ำเสมอหรืออาจมีสิ่งสกปรกเจือปนติดมากับพลาสติกหลอมในขณะขึ้นรูปได้ เนื่องจากไม่มีแผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่เหมาะสม แม้ว่าทางโรงงานจะมีแผนบำรุงรักษารายปี แต่ไม่สามารถปฏิบัติตามแผนได้ โดยจะทำการซ่อมเมื่อเครื่องจักร หรืออุปกรณ์เสียหายชำรุดเท่านั้น ดังนั้นในการแก้ปัญหานี้จึงต้องทำความสะอาดตามระยะเวลาที่สมควรหลังจากมีการใช้งานมาระยะหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

- จานลมสกปรก จะทำให้ลมออกได้ไม่สม่ำเสมอและเมื่อลูกโป่งได้รับลมไม่ต่อเนื่องหรือเท่ากันทุกส่วน จะทำให้พลาสติกเซ็ดตัวไม่ทัน เนื่องจากไม่มีแผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่เหมาะสม ดังนั้นในการแก้ปัญหานี้จึงต้องทำความสะอาดตามระยะเวลาที่สมควรหลังจากมีการใช้งานมาระยะหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

ซึ่งการสร้างวิธีปฏิบัติงานสามารถแสดงดังรูปที่ 9-10



ตารางที่ 5 ควบคุมกระบวนการเป่าฟิล์ม

ขนาด	ลำดับ	ปัจจัย	ค่าปรับตั้ง	หน่วย	การควบคุม		ผู้รับผิดชอบ	บันทึก	คุณภาพ	แผนการ	อื่นๆ
					เครื่องมือ	ความถี่					
ถุงพลาสติก ขนาด 30 x (6+2+2) นิ้ว	1	อุณหภูมิกระบอกส่วนต้น	220	°C	ใบตรวจสอบค่าพารามิเตอร์	ทุก 30 นาที	พนักงานประจำเครื่อง 88-PP-02	ใบตรวจสอบค่าพารามิเตอร์	แจ้งหัวหน้าวิศวกรเพื่อควบคุมและแก้ไข		
	2	อุณหภูมิกระบอกส่วนกลาง	212	°C							
	3	อุณหภูมิกระบอกส่วนท้าย	217	°C							
	4	อุณหภูมิหน้าแปลน	220	°C							
	5	อุณหภูมิหัวตาย	216	°C							
	6	ความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน	50	kW							
	7	ความเร็วมอเตอร์ควบคุมค่าความหนา	10	Hz							
	8	เปลี่ยนตะแกรง	ไม่มีสิ่งสกปรก		ทุก 7 วัน						
	9	ทำความสะอาดหัวตาย	ไม่มีสิ่งสกปรก								
	10	ทำความสะอาดจานลม	ตรวจสอบ ล้าเวลา ทุกปีหรือขึ้น ไม่ตาย		ทุก 4 ชั่วโมง						
	11	ของเสียประเภทเจลด	0.17		แผนภูมิ I-MR	ทุก 2 สัปดาห์					
	12	ของเสียประเภทยับ	0.1								
	13	ของเสียประเภทหนาบาง	0.11								

รูปที่ 9 ขั้นตอนการจัดทำวิธีปฏิบัติงานในกระบวนการเป่าฟิล์ม

รูปปฏิบัติงานในการบริการแปลพิมพ์		
Doc no. : WI-01	Effective date :	หัวหน้าแผนก :
เรื่อง : การควบคุมของข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนามบาง		
วัตถุประสงค์ : เพื่อเป็นคู่มือในการควบคุมข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนามบาง		
ขอบเขต : ใช้งานการผลิตลูกพลาสติกขนาด 30 x (6+2+2) นิ้ว บนเครื่องจักร BB-PP-02		
หน้าที่ความรับผิดชอบ : พนักงานแผนกแปลพิมพ์รับผิดชอบเครื่องจักร BB-PP-02		
ขั้นตอนการทำงาน		
1. ศึกษาขั้นตอนก่อนเริ่มทำการผลิตในแต่ละวัน		
2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆบนเครื่องจักร ดังนี้		
● อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนต้น 220 °C		
● อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนกลาง 212 °C		
● อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนท้าย 217 °C		
● อุณหภูมิหน้าแปลน 220 °C		
● อุณหภูมิหัวตาย 216 °C		
● ความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน 50 KW		
● ความเร็วมอเตอร์ควบคุมหนาม 24 Hz.		
● อุณหภูมิได้ตั้งบรรจุได้ 70 °C		
3. บันทึกค่าอุณหภูมิกระบอกสูบแต่ละส่วน อุณหภูมิหน้าแปลน และอุณหภูมิหัวตายทุกครั้ง		
ซึ่งลงในแบบฟอร์มการบันทึกค่าพารามิเตอร์		
4. เปลี่ยนตะแกรงทุก 7 วัน โดยต้องทาลูบทำความสะอาดทุกครั้งที่เปลี่ยนตะแกรงหรือเปลี่ยน		
รุ่นที่จะทำการผลิต และบันทึกลงในแบบฟอร์มการบันทึกค่าพารามิเตอร์		
5. ทาลูบสะอาดจากลมทุก 4 ชั่วโมง และบันทึกลงในแบบฟอร์มการบันทึกค่าพารามิเตอร์		
เอกสารอ้างอิง : เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน		
แบบฟอร์มที่ใช้ : แบบฟอร์มบันทึกค่าพารามิเตอร์		
เอกสารบันทึก : ทุกเวลา 9.00 น. ของทุกวันให้นำแบบฟอร์มบันทึกการทำงานของเมื่อวานไปให้		
หัวหน้าแผนกแปลพิมพ์ทำการจัดเก็บเพื่อรวบรวมไว้		
** หมายเหตุ หากพบปริมาณของเสียใดเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากอย่างต่อเนื่องให้รีบแจ้งหัวหน้าแผนก		

ตารางที่ 6 แบบฟอร์มบันทึกค่าพารามิเตอร์

[illegible]

3.5 การควบคุมและติดตามผล

3.5.1 แนวทางการควบคุมกระบวนการ

ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการควบคุมกระบวนการดังนี้

รูปที่ 10 วิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการเป่าฟิล์ม

1) ศึกษาวิธีปฏิบัติงาน (Work Instruction) ก่อนเริ่มทำการผลิตในแต่ละวันเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 10

2) สร้างแผนควบคุม (Control Plan) เพื่อควบคุมกระบวนการทำงาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อเสียในระดับที่ผิดปกติ แสดงดังตารางที่ 5

3) ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิในส่วนต่างๆ ทุกครึ่งชั่วโมงลงในแบบฟอร์มบันทึกค่าพารามิเตอร์ แสดงดังตารางที่ 6 เนื่องจากอุณหภูมิระหว่างการผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากความร้อนภายในเครื่องจักรที่เพิ่มสูงขึ้นระหว่างการผลิต รวมถึงสภาพแวดล้อมภายนอกก็สามารถส่งผลต่อค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่างผลิตได้ จึงต้องมีการควบคุมค่าอุณหภูมิให้คงที่อย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการเกิดของเสียประเภทต่างๆ ที่สูงขึ้น

4) ทำการเปลี่ยนตะแกรงทุก 7 วัน โดยต้องทำความสะอาดทุกครั้งก่อนที่เปลี่ยนตะแกรงหรือเปลี่ยนรุ่นที่จะทำการผลิต และบันทึกลงในแบบฟอร์มบันทึกค่าพารามิเตอร์ แสดงดังตารางที่ 6 โดยกำหนดความถี่ในการเปลี่ยนตะแกรงมาจากอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยตามที่ผู้ผลิตได้มีการระบุไว้สำหรับยี่ห้ออื่นๆ และตรวจสอบจากข้อมูลการขอเบิกวัสดุในช่วงเวลาที่ผ่านมาร่วมด้วย

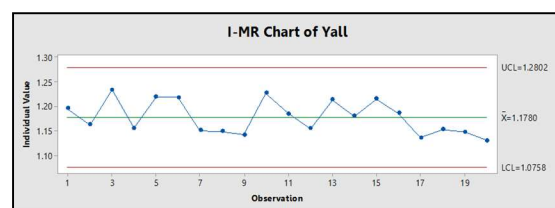
5) ทำความสะอาดจานลมทุก 4 ชั่วโมง และบันทึกลงในแบบฟอร์มบันทึกค่าพารามิเตอร์ แสดงดังตารางที่ 6 โดยกำหนดความถี่ในการทำความสะอาดจานลมจากระยะเวลาเฉลี่ยที่พบน้ำมันหยดลงบนผิวฟิล์ม เนื่องจากบริเวณจานลมจะเป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับหัวตายซึ่งเมื่อมีการผลิตไประยะเวลาหนึ่งอาจมีน้ำมันหล่อลื่นจากหัวตายปนเปื้อนมากับถุงพลาสติก

ซึ่งพนักงานที่ทำการดูแลการผลิตเครื่องจักรนั้นเป็นผู้รับผิดชอบ

3.5.2 ผลหลังปรับปรุงกระบวนการ

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นหลังจากปรับปรุงกระบวนการโดยทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลของเสียประเภทเจล ยับ และหนابาง จำนวน 6,000 กิโลกรัม โดยแต่ละวันสามารถผลิตได้ 300 กิโลกรัม ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการนี้จะทำการบันทึกผลเป็น

เวลา 20 วัน เมื่อนำข้อมูลการทดลองหลังการปรับปรุงกระบวนการในแต่ละวัน มาพลอตในแผนภูมิควบคุม (Control Chart) แสดงดังรูปที่ 11 พบว่าจำนวนของเสียรวมประเภทเจล ยับ และหนابางในแต่ละม้วนคงที่อยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของเสียรวม คือ 1.18 กิโลกรัม ต่อปริมาณการผลิต 300 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 0.39



รูปที่ 11 แผนภูมิควบคุมปริมาณของเสียหลังการปรับปรุง

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาได้นำแนวคิดซิกมา มาใช้โดยการออกแบบการทดลองด้วยวิธีพินผลตอบแบบส่วนประสมกลางสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสมการความสัมพันธ์สำหรับหาค่าที่เหมาะสมของระดับปัจจัยนำเข้า โดยระดับของปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถุงพลาสติกขนาด 30 x (6+2+2) นิ้ว คือ อุณหภูมิกระบอกสุบส่วนต้น 220 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระบอกส่วนกลาง 212 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระบอกส่วนท้าย 217 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหน้าแปลน 220 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหัวตาย 216 องศาเซลเซียส และความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน 50 กิโลวัตต์ ซึ่งหลังการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดของเสียรวมประเภทเจล ยับ และหนابางเหลือเพียงร้อยละ 0.39 จากเดิม ร้อยละ 11.03 จำแนกเป็นข้อบกพร่องประเภทเจลร้อยละ 0.17 ประเภทยับร้อยละ 0.1 และประเภทหนابางร้อยละ 0.11 กล่าวคือ สามารถลดของเสียลงได้ถึง 99% โดยแสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดลองเปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุงกระบวนการ

ประเภท	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
อุณหภูมิกระบอบกึ่งส่วนต้น (°C)	210	220
อุณหภูมิกระบอบกึ่งส่วนกลาง (°C)	211	212
อุณหภูมิกระบอบกึ่งส่วนท้าย (°C)	214	217
อุณหภูมิหน้าแปลน (°C)	215	220
อุณหภูมิหัวตาย (°C)	220	216
ความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อน (kW)	40	50
ร้อยละของเสียประเภทเจล	5.54	0.17
ร้อยละของเสียประเภทยับ	2.32	0.10
ร้อยละของเสียประเภทหนาบาง	3.17	0.11
ร้อยละของเสียรวมเจล ยับ หนา บาง	11.03	0.39

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปัจจัยเรื่องอุณหภูมิ ความเร็วรอบ และสภาพของเครื่องจักร มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก เนื่องจากสามารถลดของเสียส่วนส่วนใหญ่จากเดิมได้ถึงร้อยละ 99 ปัจจัยเรื่องวัตถุดิบมีผลน้อยต่อสัดส่วนของเสียโดยรวมทั้ง 3 ประเภทนี้เนื่องจากในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบแต่สามารถหาค่าปรับตั้งเครื่องจักรและดูแลสมรรถภาพเครื่องจักรให้สามารถผลิตถุงพลาสติกด้วยวัตถุดิบในปัจจุบันได้โดยมีของเสียในระดับที่น้อยมาก ทั้งนี้ผลของระดับปัจจัยที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถุงพลาสติกขนาด 30 x (6+2+2) บนเครื่องจักร BB-PP-02 เท่านั้น ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับการผลิตถุงพลาสติกในขนาดอื่นๆ แต่สามารถนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการลดของเสียข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนาบางสำหรับการผลิตถุงพลาสติกขนาดอื่นๆได้ โดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา และวิธีการพื้นผิวผลตอบในการหาค่าระดับที่เหมาะสมของปัจจัย และยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปัญหาของเสียประเภทเจล ยับ และหนาบาง นอกเหนือจาก 9 ปัจจัยที่ได้เลือกมาทำการปรับปรุง เช่น

การขาดการควบคุมแรงดันลม วัตถุดิบเกิดความชื้น เป็นต้น จึงควรศึกษาและปรับปรุงปัจจัยอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อสามารถลดมูลค่าความสูญเสียลงได้มากขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Cherry and S. Seshadri, "Six Sigma: using statistics to reduce process variability and costs in radiology," Radiology Management, vol. 22, pp. 42-49, Jan. 2000.
- [2] ไพโรจน์ บาลัน, การจัดการกระบวนการตามหลัก Six Sigma. กรุงเทพมหานคร: อีไอเอสควอร์ปับลิชชิง, 2549.
- [3] เจริญ นาคะสรรค์, กระบวนการแปรรูปพลาสติก. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์นิติธรรม, 2547.
- [4] G. Hiesgen, K. Saul, and C. Rauwendaal, "Temperature induced dimensional variation in extrusion," in The Regional Conference Graz 2015 – Polymer Processing Society PPS, Graz, Austria, 2015, pp. 030005.
- [5] C. Rauwendaal, "Effective troubleshooting of extrusion problems," in The Regional Conference Graz 2015 – Polymer Processing Society PPS, Graz, Austria, 2015, pp. 030021.
- [6] J. Sung Lee, D. M. Shin, H. S. Song, H. Wook Jung and J. Chun Hyun, "Existence of optimal cooling conditions in the film blowing process," J. Non-Newtonian Fluid Mech., vol. 137, pp. 24-30, Aug. 2006.
- [7] J. G. Khan, R. S. Dalu and S. S. Gaddekar, "Defects in extrusion process and their impact on product quality," Inter. J. Mech. Eng. Robot. Res., vol. 187, pp. 187-194, Jul. 2014.
- [8] K. S. Yoon and C. W. Park, "Stability of a blown film extrusion process," Int. Polym. Proc., vol. 14, pp. 342-349, Dec. 1999.

- [9] J. S. Lee, I. Kwon, H. W. Jung, and J. C. Hyun, “Helical instability in film blowing process: Analogy to buckling instability,” *Phys. Fluids*, vol. 29, p. 121501, Dec. 2017.
- [10] J. Peng, K. Wei and W. Lui, “Response surface optimization of the feed compositions of biodegradable packaging foams,” *Packaging Technol. Sci.*, vol. 18, pp. 321-330, Sep. 2005.
- [11] D. C. Montgomery, *Design and analysis of experiments*, 8th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005.
- [12] ปารเมศ ชูติมา, การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม” กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.