

การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล

Efficiency Improvement in Plastic Recycle Process

มานพ ดอนหมื่น¹ อลิษา เกษทองมา² โยธิน สุริยามาตร¹ และ เจษฎา คำภูมิ^{1*}

Manop Donmuen¹ Alisa Kedtongma² Yothin Suruyamas¹ and Jatesada Kumphume^{1*}

¹คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย 40000

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย 40000

¹Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, Khon Kaen, Thailand 40000

²Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen

Campus, Khon Kaen, Thailand 40000

*Corresponding author: jatemummy@gmail.com

Received 21 April 2022, Accepted 29 June 2022, Published 30 June 2022

บทคัดย่อ

พลาสติกมีบทบาทต่อวิถีชีวิตประจำวันของคนทั่วโลกเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงสถานการณ์การระบาดของไวรัสโควิด-19 ทำให้แนวโน้มการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดขยะพลาสติกที่เพิ่มมากขึ้นตามมา ส่งผลให้ต้องนำมากำจัด หรือรีไซเคิล งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล เพื่อความลดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ลดของเสียในการผลิต โดยคณะผู้วิจัยได้พัฒนาชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการหลอมพลาสติกเพื่อรีไซเคิล ก่อนการปรับปรุงพบว่าเศษพลาสติกเข้าเครื่องหลอมใช้เวลาเฉลี่ย 5.06 นาทีต่อรอบการเติม และมีความสูญเสียการตกหล่นของเศษพลาสติกระหว่างการเติมเฉลี่ย 0.20 กิโลกรัมต่อรอบ หลังการปรับปรุงการยกเติมเศษพลาสติกลงกรวยใช้เวลาเฉลี่ย 2.06 นาทีต่อรอบ คิดเป็น 60% ของเวลาที่ลดลง และมีเศษพลาสติกตกหล่นระหว่างการเติม 0.05 กิโลกรัมต่อรอบ คิดเป็น 75% ของการลดการเกิดของเสียในด้านผลลัพธ์ที่ประหยัดได้ พบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้ 245,134 บาทต่อปี มีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ประมาณ 1 ปี 1 เดือน ซึ่งสามารถลดความเสียหายให้แก่พนักงาน และลดต้นทุนการผลิต อันเป็นการเพิ่มกำไรให้กับองค์กรได้ในอนาคต

คำสำคัญ: พลาสติกรีไซเคิล ลดของเสียกระบวนการผลิต สายพานลำเลียง พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ

ABSTRACT

Obviously, plastic has been a necessary stuff to people daily lives across the world. Using of plastic has increased during Covid-19 pandemic that produce more plastic waste. Recycle or waste management is needed to figure out. The objective of this study is to enhance efficiency of recycling plastic pellets production process, to reduce the operation time and waste in the manufacturing process. The researchers develop a conveyor for transporting plastic (Low density polyethylene; LDPE) to the hopper of plastics extruder machine to use in the recycled plastic pellets production process. Originally, loading time of plastic to the hopper takes 5.06 minutes per cycle and loss of plastic scraps dropped during the loading

is average 0.20 kilogram per cycle. After the improvement, loading time is to become 2.06 minutes per cycle or equivalent 60% for save a loading time and plastic dropped during loading 0.05 kilogram per cycle or equivalent 75% for waste reduction. In economical part, the process improvement can save operation costs around 245,134 baht per year. The payback period is approximately 1 year and 1 month. Eventually, this study can help reduce fatigue among employees and assist reducing the operation costs and beneficially raise up the company profits.

Keywords: Plastic recycle, Reduce production waste, Conveyor, Low density polyethylene

บทนำ

พลาสติกมีบทบาทต่อวิถีชีวิตประจำวันของคนทั่วโลกเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนที่อยู่ในรถยนต์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ขวดน้ำ ถุงพลาสติก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงสถานการณ์การระบาดของไวรัสโควิด-19 ยิ่งผู้คนที่หันมาเลือกใช้บริการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์และบริการสั่งอาหาร ทำให้แนวโน้มการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดขยะพลาสติกจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกใส่อาหาร และเครื่องใช้ชนิดต่าง ๆ ซึ่งทั้งกระบวนการผลิตและการกำจัดขยะพลาสติกยังปล่อยมลพิษสู่พื้นดิน อากาศ และแหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของของผู้นคนและสิ่งแวดล้อม โดยใช้ระยะเวลาในหลุมฝังกลบนานถึง 450 ปี จึงจะย่อยสลายหมด รวมถึงขยะพลาสติกถูกส่งเข้าสู่กระบวนการจัดการอย่างถูกวิธีมีปริมาณที่น้อย จากงานวิจัยในปี 2562 [1] พบว่าการกำจัดขยะพลาสติกที่นิยม มี 3 แนวทางคือ 1) รีไซเคิล 2) การเผา และ 3) การฝังกลบซึ่งเป็นทางเลือกที่ไม่ค่อยได้รับความนิยมและปัจจุบันค่อย ๆ ทอยยเลิกวิธีการดังกล่าวในยุโรป

สำหรับประเทศไทย จากข้อมูลจากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่าขยะมูลฝอยประเภทถุงพลาสติก และพลาสติกชนิดอื่น ๆ เช่น กล่อง ถาด ขวด ฝาจุก สำ มีเพียง 25% เท่านั้นที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ ที่เหลือ 75% เป็นขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (Single use plastics) เช่น ถุงใส่อาหาร ถุงหิ้ว แก้วพลาสติก กล่องพลาสติก กล่องโฟม เป็นต้น โดยในปี 2560 มีการผลิตเม็ดพลาสติกภายในประเทศ 8.518 ล้านตัน

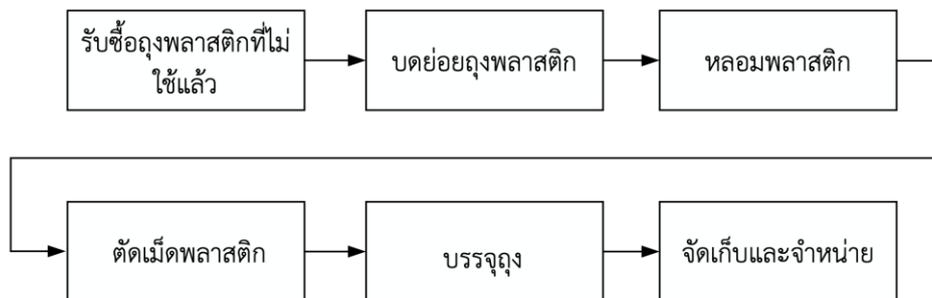
ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานรีไซเคิลกว่า 5,300 แห่ง โรงงานรีไซเคิลส่วนใหญ่นำเข้าวัตถุดิบจากร้านรับซื้อขนาดใหญ่เพื่อนำมาเข้ากระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล จากนั้นจะนำพลาสติกมาบดย่อยลง แล้วนำไปหลอมเป็นเส้นยาว ตัดให้เป็นเม็ดแล้วบรรจุเพื่อจัดเก็บ และนำไปจำหน่าย ดังภาพที่ 1 มีปัญหาที่เกี่ยวข้องด้านการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลมากมายซึ่งมีนักวิจัยอยู่หลายท่านที่พัฒนางานวิจัยในด้านนี้ เช่น การพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการฉีดขึ้นรูปในกระบวนการรีไซเคิล [2] และพัฒนาเครื่องอัดรีดเพื่อการผลิตเส้นพลาสติกสำหรับการพิมพ์ 3 มิติจาก วัสดุรีไซเคิล [3] หรือที่เกี่ยวข้องกับพนักงาน เช่น การศึกษาในด้านปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างของพนักงาน [4] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยด้านบริหารจัดการการผลิต เช่น งานควบคุมคุณภาพ [5] การพัฒนาตัวแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ [6]

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลซึ่งมีกระบวนการผลิต ดังภาพที่ 1 พบว่าในขั้นตอนการหลอมเศษพลาสติกจะใช้พนักงานปฏิบัติงาน 1 คนต่อเครื่องหลอม 1 เครื่อง ซึ่งพนักงานดังกล่าวมีงานที่ต้องปฏิบัติหลายหน้าที่ เริ่มตั้งแต่เปิดเครื่องหลอม ตักเศษพลาสติกที่ได้จากการย่อยใส่ในถังใส่วัตถุดิบของเครื่องหลอม (Hopper) เปลี่ยนตะแกรงเครื่องหลอม และควบคุมการทำงานของเครื่องหลอม ซึ่งพบปัญหาการลำเลียงเศษพลาสติกที่ได้จากการย่อยใส่ Hopper เนื่องจากในการปฏิบัติงานต้องใช้พนักงานตักเศษพลาสติกใส่ถังพลาสติกโดยรวมมีน้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัมต่อถัง แล้วยกขึ้นเติมวัตถุดิบใส่บนกรวยบรรจุเศษที่มีความสูงประมาณ 2.5 เมตร ในทุก ๆ 10 นาที ประมาณ 6 รอบต่อชั่วโมง หรือ

48 รอบต่อกะต่อวัน หรือ 144 รอบต่อวัน (เครื่องจักรทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็น 3 กะการปฏิบัติงาน) โดยขั้นตอนการขนถ่ายเศษพลาสติกใช้เวลาเฉลี่ย 5.06 นาที ขั้นตอนแบ่งออกเป็นการตัดเศษพลาสติกใส่ถังเฉลี่ย และการยกถังขึ้นเติมวัตถุดิบบนถังใส่วัตถุดิบ ซึ่งยังขาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือช่วยในการทำงาน ส่งผลให้เกิดของเสียจากการเติมวัตถุดิบ โดยมีความสูญเสียการหกหล่นของเศษพลาสติกเฉลี่ย 0.20 กิโลกรัมต่อรอบ คิดเป็นมูลค่าความสูญเสีย 155,520 บาท/ปี นอกจากนั้นพนักงานยังเกิดความเมื่อยล้า ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลผลิตภาพ เกิดปัญหาสุขภาพและส่งผลต่อการทำงานของพนักงานในระยะยาว

มีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาในด้านการเพิ่มผลผลิตภาพและประสิทธิภาพในกระบวนการ โดยการบริหารจัดการกระบวนการผลิต เช่น วิธีการจัดสมดุลสายการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนไฟฟ้า [7] นอกจากนั้นมีของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการประสิทธิภาพโดยการปรับปรุงหรือสร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อช่วยลดเวลาการทำงานหรือเพิ่มประสิทธิภาพด้านอื่น ๆ เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำขนมจีนแบบกึ่งอัตโนมัติ [8] การเพิ่มผลผลิตภาพในกระบวนการตัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของการผลิตเครื่องนวดข้าว [9] การพัฒนาเครื่อง Special-Purpose Modular (SPM) เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง CNC ในงานเจาะทำเกลียวในและผายปากูรู [10] อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยที่ทำการพัฒนาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เพื่อช่วยลดความเมื่อยล้าการทำงานของพนักงาน เช่น การออกแบบสถานที่ทำงานแบบขนานพร้อมกับโต๊ะแบบหมุนได้หลายแบบตามหลักสรีระศาสตร์เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตภาพ ลดความเมื่อยล้าและการบาดเจ็บ [11] การลดของเวลานำการส่งมอบและปริมาณสินค้าคงคลังของคลังสินค้าด้วยการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายและวิถีทางการยศาสตร์ [12]

จากสภาพปัญหาในเบื้องต้นและจากการทบทวนวรรณกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลโดยอาศัยหลักการพัฒนาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล เพื่อลดความล่าช้า ลดของเสียในกระบวนการผลิต ลดต้นทุนและช่วยเพิ่มกำไรให้กับองค์กรในอนาคต



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล

วิธีดำเนินการวิจัย

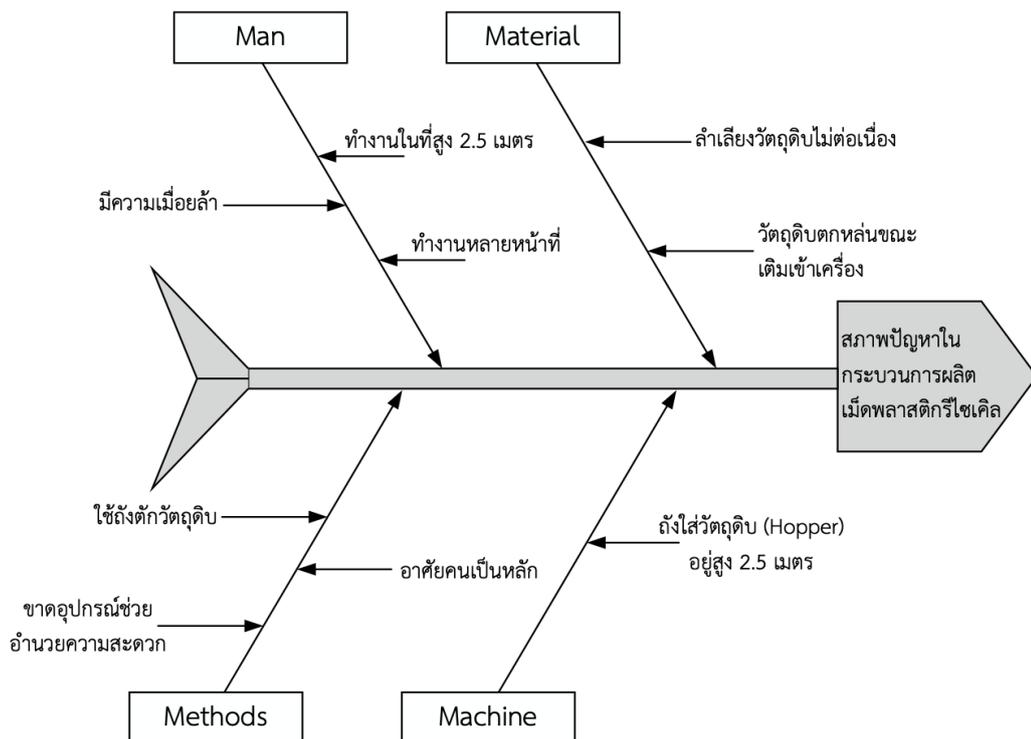
1. สำรวจและวิเคราะห์สภาพปัญหา

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลสภาพปัญหาในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล พบว่ามีปัญหา ได้แก่ ปัญหาการขนถ่ายเศษพลาสติกที่ได้จากการย่อยล้าเสียไปยัง Hopper ขาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือช่วยในการทำงาน พนักงานเกิดความเมื่อยล้า และเกิดของเสียในกระบวนการ โดยผู้วิจัยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปัญหาในกระบวนการผลิตด้วย

ผังก้างปลา โดยพิจารณาตามหลัก 4M ได้แก่ ด้านวัตถุดิบ (Material) ด้านคน (Man) ด้านเครื่องจักร (Machine) ด้านวิธีการ (Methods) ดังภาพที่ 2 สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ด้าน Material พบว่า การลำเลียงวัตถุดิบไม่ต่อเนื่อง
- ด้าน Man พบว่า พนักงานมีความเมื่อยล้า ทำงานในที่สูง 2.5 เมตร ดังภาพที่ 3 และทำงานหลายหน้าที่
- ด้าน Machine พบว่า ถัง Hopper ใส่วัตถุดิบ อยู่สูง 2.5 เมตร
- ด้าน Methods พบว่า ต้องอาศัยคนเป็นหลัก ใช้ถังตักวัตถุดิบ ดังภาพที่ 4 และขาดอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวก

จากการวิเคราะห์ผังก้างปลาของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล สรุปประเด็นปัญหาคือ เกิดปัญหาด้านการลำเลียงวัตถุดิบ จากพลาสติกที่กองอยู่บนพื้นขึ้นไปยัง Hopper ของเครื่องหลอมพลาสติก ซึ่งใช้พนักงานในการตักพลาสติกใส่ถังที่มีน้ำหนักหลังการบรรจุ เฉลี่ย 30 กิโลกรัม แล้วยกขึ้นไปเติม โดยความสูงของ Hopper ห่างจากพื้นดิน 2.5 เมตร ทำให้พนักงานต้องแบกลำเลียงขึ้นตลอดเวลาการทำงาน ส่งผลให้เกิดการทำงานที่ล่าช้าการทำงาน และเกิดความเมื่อยล้า นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดการตกลงวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุปัญหาของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลด้วยแผนภูมิ ก้างปลา



ภาพที่ 3 การยกถังขึ้นเติมวัสดุดิบใส่บน Hopper ของเครื่องหลอม



ภาพที่ 4 ถังตักเศษพลาสติกที่ผ่านการบดย่อย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัย การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล โดยการสร้างชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเพื่อบรรจุใส่ Hopper บรรจุวัตถุดิบเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ เพื่อช่วยลดเวลาการเติมวัตถุดิบ ช่วยลดเมื่อยล้าของพนักงาน และลดของเสียในกระบวนการผลิต

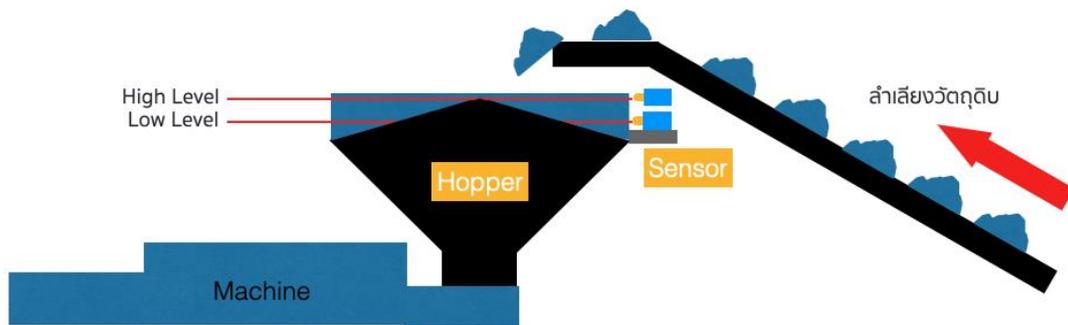
2. การสร้างชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเพื่อบรรจุใส่ถังบรรจุวัตถุดิบเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาหลักการการทำงานของชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติก ซึ่งวัตถุดิบที่ต้องลำเลียงเป็นพลาสติกชนิด Low density polyethylene (LDPE) ดังภาพที่ 5 เป็นพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน (Polyethylene) ที่มีความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา เพื่อบรรจุใส่ Hopper เข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ ซึ่งชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเพื่อบรรจุใส่ถังบรรจุวัตถุดิบเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ ประกอบไปด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นชุดต้นกำลังผ่านชุดเกียร์ทดรอบสำหรับทดรอบการหมุนของสายพาน ซึ่งมีชุด Roller เป็นตัวขับเคลื่อนสายพาน โดยมีหลักการทำงาน คือ เมื่อเติมพลาสติกลงบนถังใส่วัตถุดิบจนเต็ม จากนั้นสายพานจะลำเลียงเศษพลาสติกเข้าสู่เครื่องหลอมไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเศษพลาสติกไปอยู่ในระยะ Sensor ระดับบน (High level) จะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานหยุดทำงาน จากนั้นเครื่องหลอมพลาสติกจะหลอมไปเรื่อย ๆ ส่งผลให้เศษพลาสติกตกลง จนกระทั่งเศษพลาสติกอยู่ในระดับต่ำกว่าระยะ Sensor ระดับล่าง (Low level) ชุดสายพาน

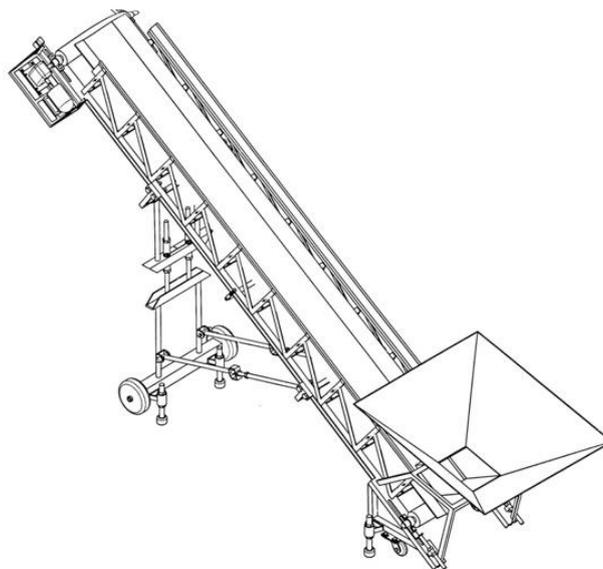
ลำเลียงเศษพลาสติกจึงจะเริ่มทำงานอีกครั้ง ดังภาพที่ 6 และผลลัพธ์แนวคิดการออกแบบชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 7 สำหรับข้อมูลด้านเทคนิคของชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกอัตโนมัติ สามารถแสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 5 ตัวอย่างวัตถุดิบที่ใช้ในการลำเลียง



ภาพที่ 6 แนวคิดการออกแบบระบบการทำงานสายพานลำเลียงแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 7 การออกแบบชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกอัตโนมัติ

ตารางที่ 1 ข้อมูลด้านเทคนิคชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกอัตโนมัติ

รายละเอียด	ข้อมูลด้านเทคนิค
ความกว้างสายพาน	0.7 เมตร
ความยาวช่วงการลำเลียง	5 เมตร
ความสูงช่วงการลำเลียง (ปรับระดับได้)	2.5-3.0 เมตร
ความยาวสายพาน	5.8 เมตร
ขนาดมอเตอร์ไฟฟ้า	1 แรงม้า
ความเร็วรอบ	1,450 รอบต่อนาที
อัตราทด	1:20
ความเร็วสายพาน	20 เมตรต่อนาที
ประเภทเซนเซอร์	Photoelectric Sensors
ความจุของชุด Hopper	60 กก.
กำลังไฟฟ้าของเครื่อง	0.8 kW
แรงดันไฟฟ้า	220-380 โวลต์

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

3. ผลการสร้างชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเพื่อบรรจุใส่ถังบรรจุวัตถุดิบเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ

ชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเพื่อใส่ถังบรรจุวัตถุดิบเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติถูกนำมาติดตั้งและใช้งาน เป็นไปตามแนวทางที่คณะผู้วิจัยวางแผนการดำเนินงานไว้ แสดงดังภาพที่ 8 จากนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงาน จำนวน 10 รอบ ดังภาพที่ 9(ก) ภาพที่ 9(ง) ซึ่งจะทำให้การวัดผลการทำงาน 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านเวลาการลำเลียงเศษพลาสติกลงถังบรรจุวัตถุดิบ พบว่าการลำเลียงเศษพลาสติกลงถังบรรจุวัตถุดิบ มีเวลาเฉลี่ย 2.06 นาทีต่อรอบ และ 2) ด้านความสูญเสียการตกหล่นของเศษพลาสติก มีค่าเฉลี่ย 0.05 กิโลกรัมต่อรอบ แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 8 ตำแหน่ง Sensor ในการติดตั้งที่ Hopper



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 9 การทดสอบเครื่อง (ก) การทดสอบเบื้องต้น (ข) ทดสอบการเติมพลาสติก
(ค) และ (ง) ทดสอบการไหลของพลาสติกและระบบ Sensor

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเพื่อบรรจุใส่ถังบรรจุวัตถุดิบเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ

รายการ	รอบที่										ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1) เวลาการ ลำเลียงเศษ พลาสติกลงถัง บรรจุวัตถุดิบ	2.2	2.05	2.17	2.13	1.75	2.34	1.89	1.97	2.22	1.88	2.06 นาที ต่อรอบ
2) ความ สูญเสียการตก หล่นของเศษ พลาสติก	0.059	0.047	0.058	0.055	0.045	0.055	0.043	0.048	0.052	0.042	0.05 กิโลกรัมต่อ รอบ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้งานชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเข้าเครื่องหลอม เปรียบเทียบวิธีการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าหลังการใช้งานชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเข้าเครื่องหลอม มีเวลาดลดลงเฉลี่ย 3 นาทีต่อรอบ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงลดเวลาอยู่ที่ 60% นอกจากนี้เมื่อพิจารณาด้านความสูญเสียการตกหล่นของเศษพลาสติก โดยเฉลี่ยลดลงเหลือ 0.15 กิโลกรัมต่อรอบ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงการลดความสูญเสียอยู่ที่ 75% แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบวิธีการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่างเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์การปรับปรุง
1) เวลาการลำเลียงเศษพลาสติกถึงบรรจุวัตถุดิบ	5.06 นาทีต่อรอบ	2.06 นาทีต่อรอบ	3 นาทีต่อรอบ	60%
2) ความสูญเสียการตกหล่นของเศษพลาสติก	0.2 กิโลกรัมต่อรอบ	0.05 กิโลกรัมต่อรอบ	0.15 กิโลกรัมต่อรอบ	75%

4. การคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์

ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน และระยะเวลาการคืนทุน โดยในโครงการนี้ลงทุนค่าดำเนินงาน ค่าวัสดุอุปกรณ์และ ค่าแรงงานในการสร้างชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเพื่อบรรจุใส่ถังบรรจุวัตถุดิบเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ ใช้งบประมาณ 250,000 บาท ประกอบไปด้วย ชุดกล่องควบคุมเซ็นเซอร์และระบบไฟฟ้า 50,000 บาท วัสดุสายพานลำเลียงและลูกกลิ้งลำเลียง 100,000 บาท งานโครงสร้างงานประกอบ 80,000 บาท และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ 20,000 บาท การคำนวณผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้คิดเป็นมูลค่าเงินบาทต่อปี นอกจากนั้นคณะผู้วิจัยจะคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้การสร้างชุดสายพานลำเลียงที่สร้างขึ้นโดยพิจารณาเฉพาะส่วนค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นรายปี แล้วนำมาลบผลประโยชน์ เกิดเป็นมูลค่าสุทธิ เพื่อนำมาคิดระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนในครั้งนี้สามารถแสดงรายละเอียดการคำนวณ ดังสมการที่ 1 ดังนี้

$$C_f = W_s + M_s - E_c \quad (1)$$

เมื่อ

C_f คือ ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน (บาทต่อปี)

W_s คือ ผลประโยชน์ด้านการลดเวลาการลำเลียงเศษพลาสติก (บาทต่อปี)

M_s คือ ผลประโยชน์เมื่อสามารถลดความสูญเสียการตกหล่นของเศษพลาสติก (บาทต่อปี)

E_c คือ ต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้งานของชุดสายพานลำเลียง (บาทต่อปี)

1) การคำนวณข้อมูลผลประหยัดที่คาดว่าจะได้เป็นมูลค่าเงิน จะแบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ผลประหยัดเวลาการลำเลียงเศษพลาสติก และผลประหยัดเมื่อสามารถลดความสูญเสียการตกหล่นของเศษพลาสติก

ส่วนที่ 1 พิจารณาผลประหยัดเวลาการลำเลียงเศษพลาสติกถึงบรรจุวัตถุดิบ โดยมีแนวคิดที่ว่า หากลดเวลาการทำงานของคนงานลงได้ จะสามารถเทียบเป็นต้นทุนค่าแรงงานที่ลดลงได้ โดยคิดเป็นมูลค่าต่อปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} W_s &= \text{เวลาทำงานที่ลดลง} \times \text{จำนวนรอบแต่ละวัน} \times \text{ค่าแรงต่อวัน} \times \text{จำนวนวันทำงานต่อปี} / 8 \text{ ชม./วัน} \\ &= (3 \text{ นาที/รอบ} \times 144 \text{ รอบต่อวัน}) / 60 \text{ นาทีต่อชั่วโมง} \times (350 \text{ บาท} / 8 \text{ ชั่วโมง/วัน}) \times 288 \text{ วันต่อปี} \\ &= 90,720 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

ส่วนที่ 2 พิจารณาผลประหยัดเมื่อสามารถลดความสูญเสียการตกหล่นของเศษพลาสติก 0.2 กก./รอบการเติม จะสามารถเทียบเป็นต้นทุนค่าวัตถุดิบที่สูญเสียไปได้ โดยคิดเป็นมูลค่าต่อปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} M_s &= \text{ปริมาณที่ลดความสูญเสีย} \times \text{จำนวนรอบต่อวัน} \times \text{วันทำงาน} \times \text{ราคาวัตถุดิบ} \\ &= 0.15 \text{ กก./รอบ} \times 144 \text{ รอบต่อวัน} \times 288 \text{ วันต่อปี} \times 25 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \\ &= 155,520 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

2) การคำนวณต้นทุนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้งาน

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานของเครื่อง	= 0.8 กิโลวัตต์/ชม.
เวลาในการทำงานของเครื่อง	= 30 วินาที/รอบ
จำนวนรอบการเติมต่อวัน	= 144 รอบต่อวัน
ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	= 4 บาท (ประมาณการจากบิลค่าไฟฟ้า)

$$\begin{aligned} E_c &= \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน} \times \text{เวลาในการทำงานของเครื่อง} \times \text{จำนวนรอบต่อวัน} \times \text{จำนวนวันทำงานต่อปี} \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} \\ &= 0.8 \text{ กิโลวัตต์/ชม.} \times (30 \text{ วินาที/รอบ} / (3,600 \text{ วินาที/ชั่วโมง})) \times 144 \text{ รอบต่อวัน} \times 288 \text{ วันต่อปี} \times 4 \text{ บาท} \\ &= 1,106 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

3) ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ ส่วนที่ 1+ ส่วนที่ 2 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน

$$\begin{aligned} C_f &= 90,720 \text{ บาทต่อปี} + 155,520 \text{ บาทต่อปี} - 1,106 \text{ บาทต่อปี} \\ &= 245,134 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

4) คำนวณระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 2

$$PB = C_I / C_f \quad (2)$$

เมื่อ

PB คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

C_I คือ เงินลงทุนในโครงการ (บาท)

C_f คือ ผลตอบแทนจากการลงทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาทต่อปี)

$$\begin{aligned} PB &= 250,000 \text{ บาท} / 245,134 \text{ บาท} \\ &= 1.02 \text{ ปี หรือประมาณ 1 ปี 1 เดือน} \end{aligned}$$

ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 ปี 1 เดือน

สรุปผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล โดยออกแบบและสร้างชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกอัตโนมัติ เพื่อช่วยลดปัญหาเวลาการลำเลียงเศษพลาสติกถึงบรรจุวัตถุดิบ และความสูญเสียการหกหล่นของเศษพลาสติก ผลการดำเนินงานพบว่าชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกอัตโนมัติ สามารถทำงานได้ดี ผลประหยัดเวลาการลำเลียงเศษพลาสติกถึงบรรจุวัตถุดิบ ลดลง 3 นาทีต่อรอบการเติม คิดเป็น 60% ของเวลาที่ลดลง นอกจากนั้นยังลดความสูญเสียการหกหล่นของเศษพลาสติก 0.15 กิโลกรัมต่อรอบคิดเป็น 75% ของการลดการเกิดของเสีย ในด้านผลลัพธ์ที่ประหยัดได้จากการดำเนินโครงการพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้ 245,134 บาทต่อปี มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1 ปี 1 เดือน

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกอัตโนมัติ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล ซึ่งในเบื้องต้นผู้ใช้งานอาจจะยังไม่มีคามชำนาญในการใช้งานชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกในช่วงแรก เนื่องจากการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน ดังนั้นจึงต้องอาศัยเวลาในการปรับทัศนคติของวิธีการปฏิบัติงาน จึงจะสามารถเกิดความชำนาญในการใช้งานของชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกได้ นอกจากนั้น หากสามารถลดต้นทุนการสร้างชุดสายพานลำเลียงเศษพลาสติกเพื่อบรรจุใส่ถึงบรรจุวัตถุดิบเข้าเครื่องหลอมแบบอัตโนมัติ ได้น้อยกว่า 250,000 บาท ก็จะสามารถมีระยะเวลาการคืนทุนเร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม แนวทางการส่งเสริมให้เกิดการคัดแยกวัสดุรีไซเคิลตั้งแต่ต้นทาง เป็นแนวทางที่สำคัญแนวทางหนึ่งที่จะทำให้อุตสาหกรรมรีไซเคิลในประเทศไทย ประสบผลสำเร็จ ช่วยลดการปนเปื้อนจากการผลิต และช่วยให้มีปริมาณวัสดุรีไซเคิลที่เพียงพอ ส่งผลให้ภาคธุรกิจมีความน่าสนใจในอุตสาหกรรมนี้มากขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่เอื้อเฟื้อสถานที่ บุคลากร และข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย และการเขียนบทความ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Samak, N. A., Jia, Y., Sharshar, M. M., Mu, T., Yang, M., Peh, S., & Xing, J. 2020. Recent advances in biocatalysts engineering for polyethylene terephthalate plastic waste green recycling. *Environment International*, 145: 106144.
- [2] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร, วัชระ สุขเรืองกุล, และนพพรวิษฐ์ วสันต์บั้งมี. 2019. การวิเคราะห์การหดตัวของผลิตภัณฑ์ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปพลาสติกกรีไซเคิลด้วยการจำลองแบบและวิธีการทางสถิติ. *UBU Engineering Journal*, 12(2): 123-134.
- [3] วีระยุทธ จิตวิริยะ. การพัฒนาเครื่องอัดรีดเพื่อการผลิตเส้นพลาสติกสำหรับการพิมพ์ 3 มิติ จากวัสดุรีไซเคิล. 2021. *Industry Technology Lampang Rajabhat University*, 14(2):87-98.

- [4] พรนภา สรสิทธิ์, ฤทธิรงค์ พันธุ์ดี, กุณทลีย์ บังคะตานรา, ดวงดาว สุดาทิพย์, กานต์นลินญา บุญที และภัทราบุลย์ นาคสุสุข. 2565. กลุ่มอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงสร้างของพนักงานจัดการขยะในโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลพลาสติกแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี. *Health Science Journal of Thailand*, 4(1):10-20.
- [5] โรจน์ หอมชาลี, ดนัสวีนิ พุทธแสง และนคินทิพย์ ก้าวสิทธิ์. 2563. การออกแบบและพัฒนาระบบการควบคุมคุณภาพกรณีศึกษา โรงงานผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล. *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, 20(4):150-164.
- [6] กุลกันยา ศรีสุข, วีระชัย คอนจจอหอ, พัฒนพงษ์ วันจันทิก, และกฤต ชนวงศ์รัตน์. 2557. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการอุตสาหกรรมพลาสติกกรีไซเคิล. *วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 9(2):59-68.
- [7] มานพ ดอนหมื่น และณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล. 2562. การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยวิธีการจัดสมดุลสายการผลิต. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 13(2): 176-185.
- [8] มานพ ดอนหมื่น และคณะ. 2563. การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำขนมจีนแบบกึ่งอัตโนมัติ. หน้า. 526-537. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้ และสิ่งประดิษฐ์*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [9] โยธิน สุริยมาตร, มานพ ดอนหมื่น, ภูริพัส แสนพงษ์ และบุญกิจ อุ่นพิกุล. 2561. การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการตัดโค้งตะแกรงชุดโค้งของการผลิตเครื่องนวดข้าว. หน้า. 680-686. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 7*. ขอนแก่น
- [10] Plantard, P., Shum, H. P., & Multon, F. 2017. Usability of corrected Kinect measurement for ergonomic evaluation in constrained environment. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 5(4): 338-353.
- [11] Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. 2011. New methodological framework to improve productivity and ergonomics in assembly system design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(1): 30-42.
- [12] Kuhlang, P., Edtmayr, T., and Sihn, W. 2011. Methodical approach to increase productivity and reduce lead time in assembly and production-logistic processes. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(1): 24-32.