การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก
Design and Development of Scrap Cutting Machine from Lamp Holder

ทศพร อัศวรังษี[1] กัลยา อุบลทิพย์[1] นิตยา ศิริวัน[2] และชินเดช เมธารมณ์[3]
Tossaporn Assawarungsri[1], Kanlaya Ubontip[1], Nittaya Siriwan[2] and Chindej Metharom[3]
[1]ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[1]Department of Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[2]ภาควิชาเทคโนโลยี วิทยาลัยพัฒนาชุมชนเมือง มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช
[2]Department of Technology, Urban Community Development Collage, Navamindradhiraj University
[3]บริษัท บีทีพี อุตสาหกรรม จำกัด
[3]BTP Industries Company Limited
Received: July 1, 2024
Revised: September 19, 2024
Accepted: September 26, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก โดยสามารถลดเวลาและข้อผิดพลาดในการตัดส่วนเกินได้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการออกแบบหลักการทำงานของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก ซึ่งมีขนาดมิติโดยรวมของเครื่องอยู่ที่ 380×585×880 มิลลิเมตร มีส่วนประกอบสำคัญทั้งหมด 5 ส่วน คือ ชุดกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน ชุดปรับระยะการตัด ชุดลำเลียงเข้า ชุดการตัดด้วยระบบลม ชุดลำเลียงชิ้นงานออก ผลจากการออกแบบพบว่า เมื่อใช้เครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก ร่วมกับพนักงาน สามารถทำให้มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ โดยรุ่นฝาครอบสีขาว แบบ A รุ่น P008060 TTC/W ซึ่งเดิมพนักงานใช้เวลาในการตัดเฉลี่ย 12.1 วินาที/ชิ้น เมื่อพนักงานทำงานร่วมกับเครื่องใช้เวลา 1.83 วินาที/ชิ้น รุ่นฝาครอบสีขาว แบบ B รุ่น P008052 YYC/W ซึ่งเดิมพนักงานใช้เวลาในการตัด 7.9 วินาที/ชิ้น เมื่อพนักงานทำงานร่วมกับเครื่องใช้เวลา 2.33 วินาที/ชิ้น และรุ่นฝาเกลียว แบบ C รุ่นP101003 PT3/5 (PTE-E27) ซึ่งเดิมพนักงานใช้เวลาในการตัด 7.9 วินาที/ชิ้น เมื่อพนักงานทำงานร่วมกับเครื่องใช้เวลา 2.33 วินาที/ชิ้น ซึ่งสามารถตัดส่วนเกินของชิ้นงานขั้วหลอดไฟพลาสติกได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้ผิวสำเร็จชิ้นงานขั้วหลอดไฟพลาสติกได้คุณภาพ สามารถลดของเสียที่เกิดจากการปฏิบัติงาน ลดเวลาในการทำงาน ส่งผลให้เพิ่มกำลังการผลิตได้มากขึ้น

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนา เครื่องตัดเศษชิ้นงาน ขั้วหลอดไฟพลาสติก

Abstract

The main idea of the research is to design and develop scrap-cutting from the plastic injection molding process by reducing time and errors in scrap-cutting plastic. Our research team has designed the working principle of scrap cutting from the plastic injection molding process by calculating according to the mechanical motion principle. The overall dimensions of the machine are 380×585×880 mm. There are five important parts: position set, adjustment cutting distance, input set, pneumatic cutting set, and conveyor. The study's results revealed that while the scrap cutting from the plastic injection molding process was working with staff, it could increase the production capacity of 3 products by P008060 TTC/W from the previous time in cutting 12.1 seconds per piece. Then, working with the staff and machine takes 11 seconds per piece, as shown in P008052 YYC/W previous time, by cutting 7.9 seconds per piece. Then, working with staff and the machine takes 2.33 seconds per piece. P101003 PT3/5 light bulb base PTE-E27 previous time in cutting 7.9 seconds per piece. Then, working with staff and the machine takes 2.33 seconds per piece, which can precisely cut the excess part of the plastic lamp holder workpiece. As a result, the surface finish of the plastic light bulb holder is of good quality. Can reduce waste generated from operations. Reduce working time, resulting in an even greater increase in production capacity.

Keywords: design and development, scrap cutting machine, lamp holder

บทนำ

ในปัจจุบันการผลิตขั้วหลอดไฟพลาสติก ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการใช้กระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก (David, 2016) เป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้การฉีดพลาสติกที่กำลังหลอมเหลวเข้าสู่แบบแม่พิมพ์ด้วยความดันสูง สิ่งที่ติดมากับชิ้นงานขั้วหลอดไฟพลาสติกหลังกระบวนการผลิตทุกครั้ง คือ ครีบบนตัวชิ้นงานพลาสติกที่เกิดจากช่องทางวิ่ง (runner) และรูเข้า (gate) (Peti, Lucian, Ioan & Cristian, 2010) สิ่งเหล่านี้ คือ พลาสติกส่วนเกินที่ต้องตัดออกให้หมด โดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับผิวของชิ้นงาน ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานการตัดเศษพลาสติกส่วนเกินในปัจจุบัน ผู้ประกอบการจะให้พนักงานทำงานโดยใช้การบิดด้วยมือเปล่าให้ชิ้นงานขาดและหลุดออกจากพลาสติกส่วนเกินดังที่กล่าวไว้แล้ว และต้องใช้กรรไกรมือในการตัดครีบที่ยังเหลือติดอยู่กับชิ้นงานขั้วหลอดไฟพลาสติกออกให้หมด โดยพนักงานใช้เวลาในการตัดพลาสติกส่วนเกิน 47.4 วินาทีต่อการตัดขั้วหลอดไฟพลาสติก 6 ชิ้น โดยในขั้นตอนนี้พนักงานต้องใช้สายตาในการเล็งตำแหน่งเพื่อจะตัดส่วนเกินออกให้หมด และต้องเพิ่มความระมัดระวังไม่ให้คมตัดของกรรไกรกินเนื้อชิ้นงาน เนื่องจากในแต่ละวันมีปริมาณการผลิตชิ้นงานขั้วหลอดไฟพลาสติกเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้พนักงานมีความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติงานแบบเดิมนั้นมีโอกาสทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทางผู้ประกอบการจึงมีความต้องการเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกที่สามารถตัดครีบพลาสติกส่วนเกินออกได้อย่างแม่นยำ ผิวชิ้นงานเรียบสวยงามไม่เสียหาย ส่งผลให้สามารถลดปริมาณของเสียและลดเวลาในการทำงานของพนักงานลงได้

การดำเนินการวิจัย

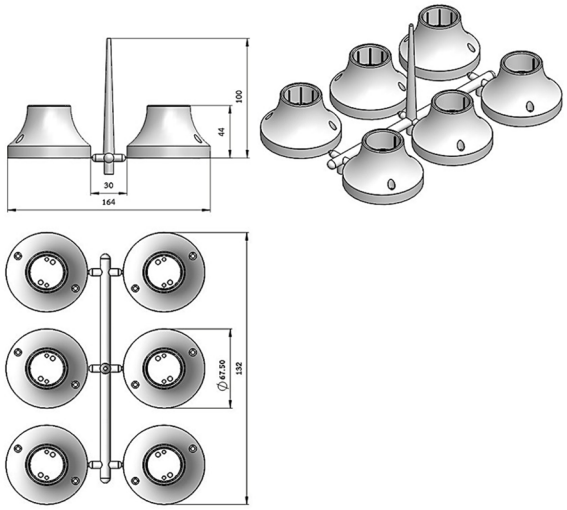
งานวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการ มีรายละเอียด ดังนี้

1. ศึกษาความต้องการและลักษณะจำเพาะในการออกแบบ

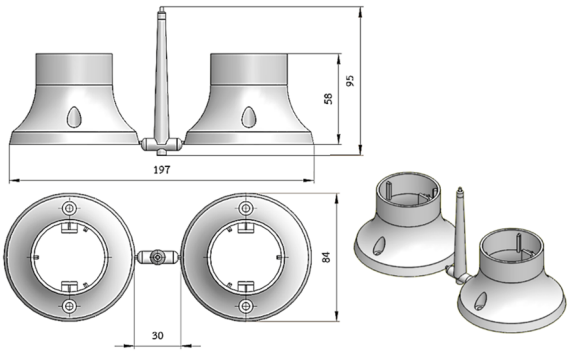
1.1 ศึกษารูปร่างและขนาดของฝาครอบสีขาว 2 ผลิตภัณฑ์ และฝาเกลียว 1 ผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลิตภัณฑ์แบบ A ฝาครอบสีขาว รุ่น P008060 TTC/W จำนวน 6 คาวิตี้ (Cavity) ดังภาพ 1

2) ผลิตภัณฑ์แบบ B ฝาครอบสีขาว รุ่น P008052 YYC/W จำนวน 2 คาวิตี้ (Cavity) ดังภาพ 2



ภาพ 1 รายละเอียดของ ผลิตภัณฑ์แบบ A



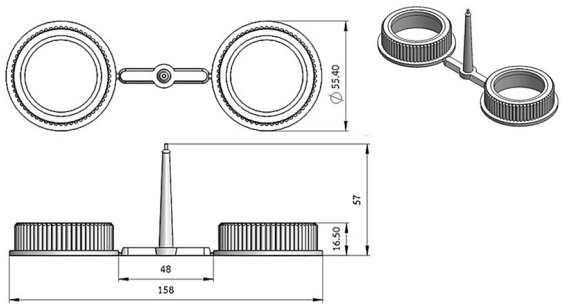
ภาพ 2 รายละเอียดของ ผลิตภัณฑ์แบบ B

3) ผลิตภัณฑ์แบบ C ฝาเกลียว รุ่น P101003 PT3/5 (PTE-E27) จำนวน 2 คาวิตี้ (Cavity) ดังภาพ 3

เบ้าหรือคาวิตี้ (Cavity) หมายถึง แม่พิมพ์ตัวเมียที่ทำให้เกิดเป็นรูปร่างภายนอกของชิ้นงาน

2. คุณลักษณะสำคัญของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ผู้วิจัยพิจารณาและกำหนดกรอบคุณลักษณะที่เป็นส่วนหนึ่งของเครื่อง เพื่อใช้สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก โดยสรุปไว้ในตาราง 1 สิ่งใดต้องมีและสิ่งใดที่ควรจะมี ดังต่อไปนี้



ภาพ 3 รายละเอียดของ ผลิตภัณฑ์แบบ C

ตาราง 1

คุณลักษณะสำคัญของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ลำดับ	การกำหนดคุณลักษณะสำคัญในการออกแบบ	ความจำเป็น	
	คุณลักษณะ	สิ่งที่ต้องมี	สิ่งที่ควรมี
1. หน้าที่	- ตัดส่วนเกินของชิ้นงานจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก	✓	
2. คุณสมบัติของเครื่อง	- การออกแบบและเลือกใช้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ต้องเหมาะสมและหาซื้อได้ง่าย	✓	
	- มีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	✓	
	- มีความคงทน แข็งแรง	✓	
	- สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย	✓	
	- เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม		✓
3. กระบวนการทำงาน	- ปฏิบัติงานได้ง่าย ไม่ยุ่งยากหรือซับซ้อน	✓	
4. ต้นกำลัง	- ต้องเหมาะสมกับลักษณะภาระที่เกิดขึ้น	✓	
	- พื้นที่ในการติดตั้งเหมาะสม	✓	
5. ขนาดของเครื่อง	- มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูงไม่เกิน 380×585×880 มิลลิเมตร	✓	

3. การเลือกใช้ระบบและส่วนประกอบของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

การสร้างเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกได้นำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีมาพิจารณาในการออกแบบและสร้างเครื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรที่นำมาใช้งาน โดยการออกแบบอย่างเป็นระบบ (systematic design) (Pahl, Beitz, Feldhusen & Grote, 2007) ผู้วิจัยได้เลือกใช้ระบบหรือกลไกที่สำคัญรวมไปถึงกำหนดรูปร่างของส่วนประกอบและเลือกใช้วัสดุสำหรับผลิตส่วนประกอบเพื่อใช้ในการออกแบบ (Johari et al., 2011) ซึ่งเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ชุด คือ

1) ชุดกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน

2) ชุดปรับระยะการตัด

3) ชุดลำเลียงเข้า

4) ชุดการตัดด้วยระบบลม

5) ชุดลำเลียงออก

หลังจากที่ได้ศึกษาข้อมูลและได้กำหนดคุณลักษณะสำคัญของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกแล้ว ได้พิจารณาเพื่อเลือกส่วนประกอบสำคัญ ดังตาราง 2 ตาราง 3 และตาราง 4

3.1 ชุดกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน เป็นระบบกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน เพื่อให้มีความเที่ยงตรง และสามารถนำชิ้นงานใหม่มาใส่แทนชิ้นงานเก่า แล้วตำแหน่งของชิ้นงานที่ใส่ไปใหม่ยังคงเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลง และความละเอียดถูกต้องของการกำหนดตำแหน่งก็เป็นส่วนสำคัญ จึงได้มีแนวคิดในการเลือกใช้ระบบกำหนดตำแหน่งไว้ 3 แบบ ดังนี้

1) กำหนดตำแหน่งชิ้นงานโดยใช้พิน และลดระยะของการวางชิ้นงานด้วยปอกสวมเมื่อเปลี่ยนผลิตภัณฑ์

2) จุดรองรับและจุดกำหนดตำแหน่งแยกส่วนกัน

3) ใช้พินกำหนดตำแหน่ง 3 ผลิตภัณฑ์ต่อชุด โดยทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้งาน ดังตาราง 2

จากตาราง 2 แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ระบบกำหนดตำแหน่งในแบบต่าง ๆ ผลจากการเปรียบเทียบได้เลือกใช้ระบบกำหนดตำแหน่งในรูปแบบที่ 1 คือ เพราะผลิตได้ง่าย มีความเที่ยงตรง สามารถถอด

เปลี่ยนได้ง่าย และเหมาะสมกับชิ้นงานได้ดีที่สุด จึงเลือกนำมาออกแบบระบบกำหนดตำแหน่ง

3.2 ชุดปรับระยะการตัด เป็นระบบปรับระยะก่อนเข้าสู่ระบบการตัด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีระยะห่างระหว่างชิ้นงานที่แตกต่างกัน เพื่อความแม่นยำในการตัดแต่ละผลิตภัณฑ์ให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด จึงได้มีแนวคิดในการเลือกใช้ระบบปรับระยะไว้ 3 แบบ ดังนี้

1) อ้างอิงตำแหน่งการตัดโดยใช้สล็อต และล็อกตำแหน่งโดยใช้สกรู

2) ปรับระยะใช้อุปกรณ์เกลียวหมุนกำหนดระยะการตัด โดยใช้ตัวกำหนดตำแหน่งกำหนดระยะ

3) ใช้สกรูล็อกกำหนดระยะการตัดโดยใช้ตัวกำหนดตำแหน่งกำหนดระยะ

โดยทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้งาน ดังตาราง 3

จากตาราง 3 แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ระบบปรับระยะในแบบต่าง ๆ ผลจากการเปรียบเทียบได้เลือกใช้ระบบปรับระยะในรูปแบบที่ 1 คือ ปรับระยะโดยใช้อุปกรณ์มือหมุนล็อกกำหนดระยะการตัดโดยใช้ตัวกำหนดตำแหน่งกำหนดระยะ เนื่องจากผลิตง่าย ซ่อมบำรุงง่าย และกลไกการทำงานไม่ซับซ้อน กลไกในลักษณะนี้จึงเหมาะสมที่สุด จึงเลือกนำมาออกแบบระบบปรับระยะในชุดปรับระยะการตัดต่อไป

3.3 ชุดการตัดด้วยระบบลม เป็นระบบการตัดหลังจากกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานและปรับระยะการตัดจากนั้นนำชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการตัด เพื่อตัดส่วนชิ้นงานออกจากทางเดินน้ำพลาสติก จึงได้มีแนวคิดในการเลือกใช้ระบบการตัดไว้ 3 แบบ ดังนี้

1) ตัดโดยกรรไกรด้วยระบบลม

2) ตัดโดยใบมีดตรงด้วยระบบลม

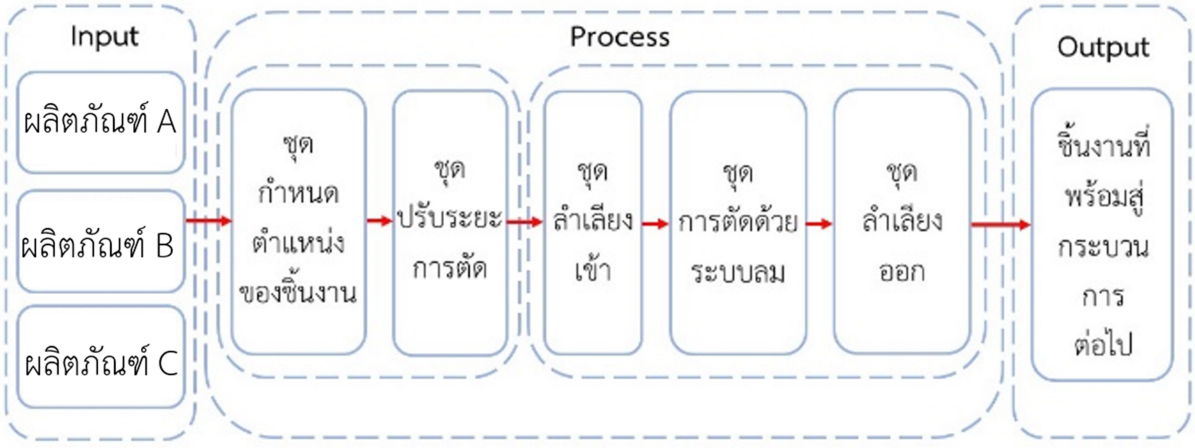
3) ตัดโดยใบมีดตรงด้วยระบบลมโดยใบมีดติดอยู่กับชุดกำหนดตำแหน่ง

โดยทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้งาน ดังตาราง 4

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ระบบตัดในแบบต่าง ๆ ผลจากการเปรียบเทียบได้เลือกใช้รูปแบบที่ 1 คือ ตัดโดยกรรไกรด้วยระบบลม เพราะการตัดโดยระบบลมใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่า และยังผลิตง่าย รวมถึงการซ่อมบำรุงที่ไม่ยุ่งยาก กลไกในลักษณะนี้จึงเหมาะสมที่สุด จึงเลือกนำมาออกแบบระบบการตัดในชุดการตัดต่อไป

เนื่องจากชิ้นงานมีส่วนเกินจากกระบวนการฉีดเป็นลักษณะโค้ง ชุดปรับระยะอุปกรณ์คมตัด และตัวกำหนดตำแหน่งในลักษณะที่เลือกจึงมีความเหมาะสม โดยสามารถปรับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์คมตัด และตัวกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน ซึ่งมีการกำหนดระยะห่างที่เหมาะสมอยู่ที่ 1 มิลลิเมตร ดังภาพ 5 เพื่อให้คมตัดสัมผัสกับส่วนที่ลึกที่สุดของส่วนเกินของชิ้นงาน และสามารถตัดส่วนเกินของชิ้นงานได้เกลี้ยงเกลา

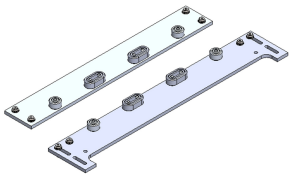
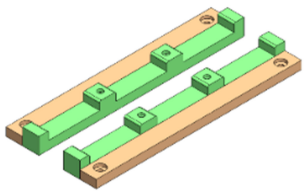
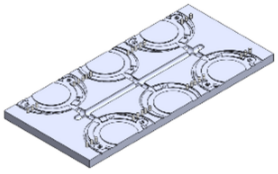
โดยสามารถสรุปรูปแบบที่เลือกใช้ในการสร้างต้นแบบได้ ดังภาพ 6



ภาพ 4 แสดงระบบการทำงานของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

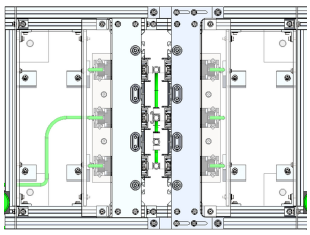
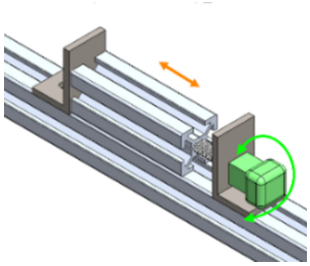
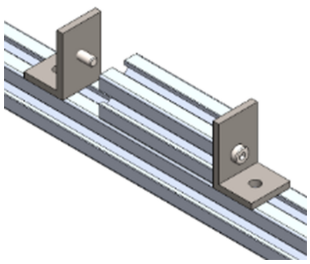
ตาราง 2

แสดงการเปรียบเทียบชุดกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน

รูปแบบที่	ชุดกำหนดตำแหน่ง	ข้อเปรียบเทียบ							
		สามารถกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานได้	ผิวสัมผัสกับชิ้นงานมาก	มีความเที่ยงตรงสูง	ผลิตได้ง่าย	ถอดเปลี่ยนได้ง่าย	ไม่ต้องเปลี่ยนตามชิ้นงาน	ง่ายต่อการซ่อมบำรุง	ใช้งานได้อย่างปลอดภัย
1	กำหนดตำแหน่งชิ้นงานโดยใช้พิน และลดระยะของการวางชิ้นงานด้วยปลอกสวมเมื่อเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ 	✓	✓	✓		✓		✓	✓
2	จุดรองรับและจุดกำหนดตำแหน่งแยกส่วนกัน 	✓			✓			✓	✓
3	ใช้พินกำหนดตำแหน่ง 3 ผลิตภัณฑ์ต่อชุด 	✓				✓	✓	✓	✓

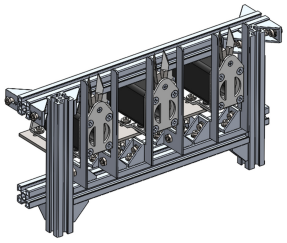
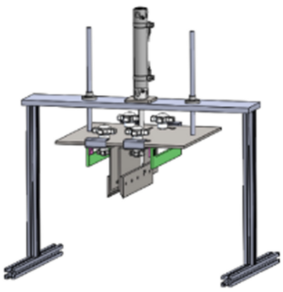
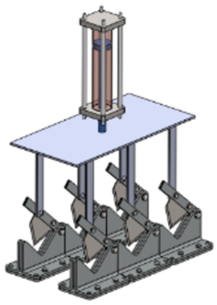
ตาราง 3

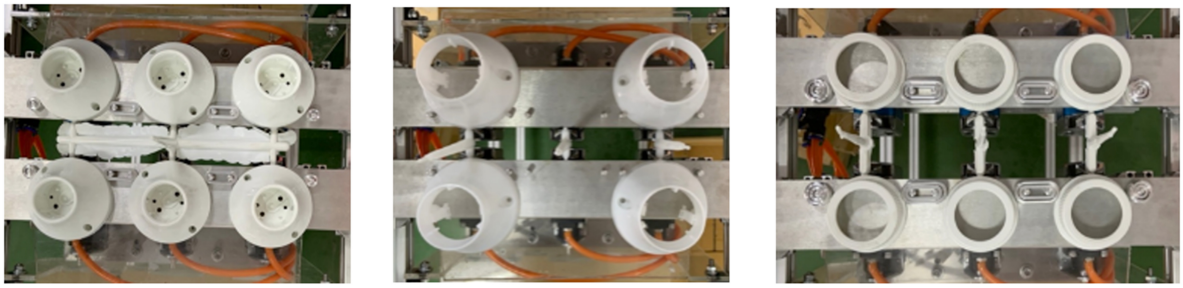
แสดงการเปรียบเทียบชุดปรับระยะการตัด

รูปแบบที่	ชุดปรับระยะการตัด	ข้อเปรียบเทียบ							
		สามารถกำหนดตำแหน่งของการตัดได้	มีความมั่นคงแข็งแรง	มีความเที่ยงตรง	ชิ้นส่วนประกอบน้อย	อุปกรณ์หาซื้อได้ง่าย	ใช้งานง่าย	ง่ายต่อการซ่อมบำรุง	ใช้งานได้อย่างปลอดภัย
1	อ้างอิงตำแหน่งการตัดโดยใช้สล็อต และล็อกตำแหน่งโดยใช้สกรู 	✓	✓	✓		✓		✓	✓
2	ปรับระยะใช้อุปกรณ์เกลียวหมุนกำหนดระยะการตัดโดยใช้ตัวกำหนดตำแหน่งกำหนดระยะ 	✓			✓	✓	✓		✓
3	ใช้สกรูล็อกกำหนดระยะการตัดโดยใช้ตัวกำหนดตำแหน่งกำหนดระยะ 	✓		✓	✓	✓	✓	✓	

ตาราง 4

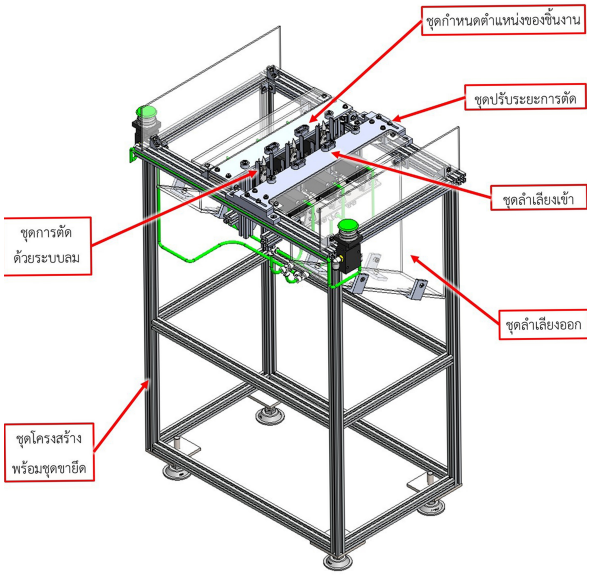
แสดงการเปรียบเทียบชุดการตัดด้วยระบบลม

รูปแบบที่	ชุดการตัดด้วยระบบลม	ข้อเปรียบเทียบ							
		ติดตั้งง่าย	กลไกการทำงานไม่ซับซ้อน	มีความเที่ยงตรง	มีความมั่นคงแข็งแรง	อุปกรณ์หาซื้อได้ง่าย	ชิ้นส่วนน้อย	ง่ายต่อการซ่อมบำรุง	ใช้งานได้อย่างปลอดภัย
1	ตัดโดยกรรไกรด้วยระบบลม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
									
2	ตัดโดยใบมีดตรงด้วยระบบลม				✓	✓		✓	
									
3	ตัดโดยใบมีดตรง ด้วยระบบลม โดยใบมีดติดอยู่กับชุดกำหนดตำแหน่ง			✓	✓			✓	
									



(a) (b) (c)

ภาพ 5 แสดงระยะห่างระหว่างอุปกรณ์คมตัด และตัวกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน



ภาพ 6 รายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญในเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

การออกแบบและกำหนดรายละเอียดของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

1. คำนวณเพื่อการออกแบบทางวิศวกรรม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและกำหนดรายละเอียดของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกแล้ว จึงทำการคำนวณเพื่อที่จะนำค่าที่ได้ไปใช้งานจริง โดยมีการคำนวณ

1.1 การคำนวณชุดการตัด

คำนวณหาความต้านทานแรงตัดสูงสุด เพื่อหาแรงที่นำมาใช้ในการตัดชิ้นงานออกจากช่องทางวิ่ง (runner) และรูเข้า (gate) ของ 3 ผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละผลิตภัณฑ์มีวัสดุเป็นพลาสติกชนิด PP และ ABS แตกต่างกันไปซึ่งมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

1.1.1 วัสดุพลาสติกชนิด PP ประกอบด้วย 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แบบ A และ แบบ B โดย PP มีค่าความเค้นดึงสูงสุด=37 N/mm^2

1.1.2 วัสดุพลาสติกชนิด ABS ประกอบด้วย 1 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แบบ C โดย ABS ค่าความเค้นดึงสูงสุด ABS=56 N/mm^2

หาความต้านแรงตัดสูงสุดของ (Sornnil & Wattanasriyakul, 2015)

จากสูตร $$\tau_{aB\ max} = 0.8 \times R_{m\ max} \quad (1)$$

เมื่อ $\tau_{aB\ max}$ = ความต้านแรงตัดสูงสุด (N/mm^2)

$R_{m\ max}$ = ความต้านแรงสูงสุด (σ_{max})

∴ ความต้านแรงตัดสูงสุด ($\tau_{aB\ max}$) ของ PP มีค่าเท่ากับ 29.6 N/mm^2

∴ ความต้านแรงตัดสูงสุด ($\tau_{aB\ max}$) ของ ABS มีค่าเท่ากับ 44.8 N/mm^2

1.2 การหาค่าแรงตัด

นำความต้านแรงตัดสูงสุดของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มาคำนวณหาแรงที่ใช้ตัดที่มากที่สุด แสดงแผนภาพอิสระ

ของการหาค่าแรงตัดของแต่ละแบบ ดังภาพ 7 ภาพ 8 และภาพ 9

จากสูตร $F = S \times \tau_{aB\ max}$ (2)

เมื่อ F = แรงตัด (N)

S = พื้นที่ตัด (mm^2)

$\tau_{aB\ max}$ = ความต้านแรงตัดสูงสุด (N/mm^2) หาค่าแรงตัด (Sornnil & Wattanasriyakul, 2015)

1.2.1 แบบ A พื้นที่หน้าตัด 4 mm^2

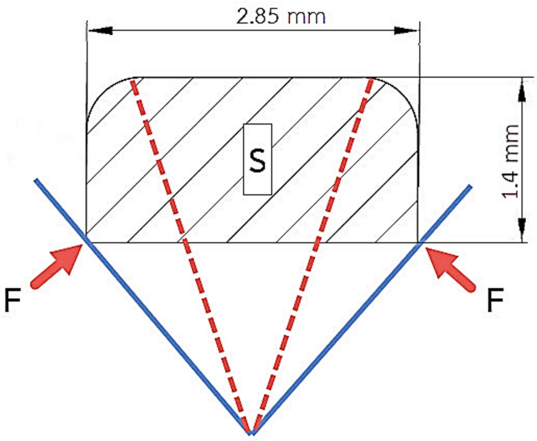
$\therefore$ F = 118.4 N หรือ 0.1184 kN

1.2.2 แบบ B พื้นที่หน้าตัด 3.5 mm^2

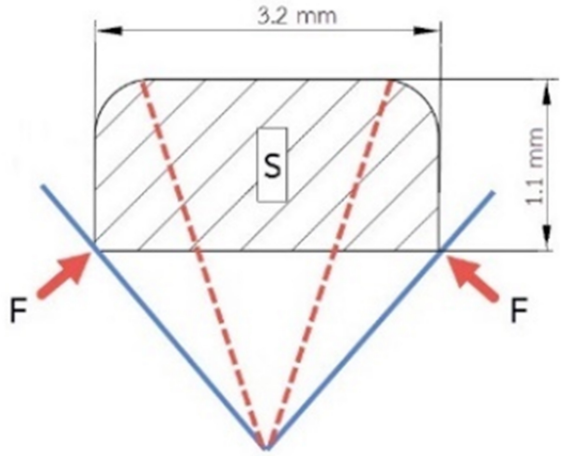
$\therefore$ F = 103.6 N หรือ 0.1036 kN

1.2.3 แบบ C พื้นที่หน้าตัด 3 mm^2

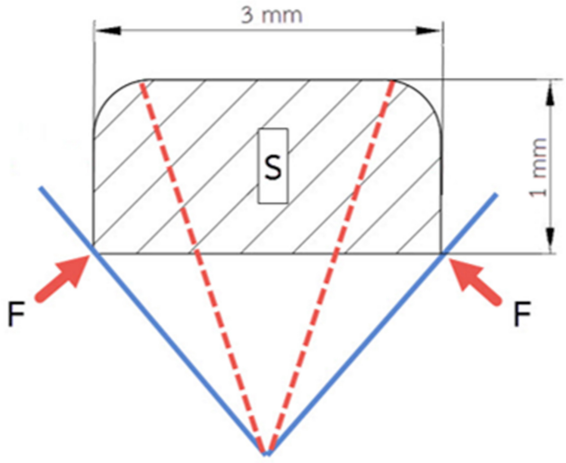
$\therefore$ F = 134.4 N หรือ 0.1344 kN



ภาพ 7 แสดงแผนภาพอิสระของการหาค่าแรงตัดของแบบ A



ภาพ 8 แสดงแผนภาพอิสระของการหาค่าแรงตัดของแบบ B



ภาพ 9 แสดงแผนภาพอิสระของการหาค่าแรงตัดของแบบ C

ดังนั้น แรงตัดสูงสุดของ 3 ผลิตภัณฑ์ที่คำนวณข้างต้น พบว่าแรงสูงสุดอยู่ที่ฝาเกลียว แบบ C ซึ่งมีค่าเท่ากับ “134.4 N ที่อยู่ในลักษณะแรงอัดจากนั้นนำค่าแรงตัดสูงสุดไปหาเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ โดยเมื่อนำค่าที่คำนวณได้ เทียบกับ ค่าจากตารางของอุปกรณ์ชิ้นส่วนมาตรฐานยี่ห้อ VESSEL ชุดกรรไกรลม รุ่น NY-15

2. การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือก

จากการออกแบบเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก สามารถคำนวณและวิเคราะห์ผลได้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกทำการวิเคราะห์โดย Computer-Aided Design--CAD และ Computer Aided เทคโนโลยีทางวิศวกรรม (CAE) โดยได้พิจารณาคุณสมบัติหลายอย่างทั้งการเลือกใช้วัสดุ ค่าความแข็ง (Sookramoon, Bunchoowit, Permchart, Suetrong & Kingthong, 2023) อิงตามวิธี Finite Element Analysis

(Vijayakumar et al., 2020) เพื่อปัจจัยด้านความปลอดภัยเพิ่มขึ้น (Manee-ngam, Saisirirat & Suwankan, 2017) มาทำการวิเคราะห์ผลการออกแบบเพื่อประเมินเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกจะสามารถทำงานได้จริงหรือไม่ โดยมีจุดที่ได้ทำการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 การนำผลที่ได้จากการคำนวณแรงตัดมาทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังภาพ 10 และสรุปผลการวิเคราะห์ความเสียหายของชิ้นงาน ดังตาราง 5

2.2 วิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของชุดโครงสร้าง (FEA)

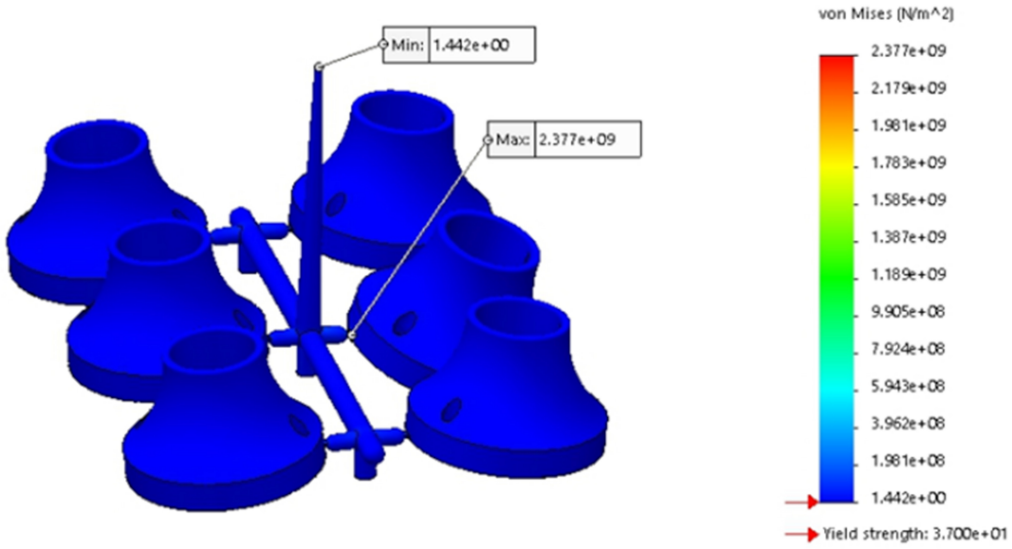
หลังจากที่ได้ดำเนินการออกแบบเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์โดยนำโครงสร้างเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้แน่ใจว่าชุดโครงสร้างจะสามารถรับน้ำหนักของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกได้โดยไม่เกิดความเสียหาย จึงมีการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรง 4 ค่า ดังภาพ 11 และสรุปผลการวิเคราะห์ในตาราง 6

2.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้น (stress)

2.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเครียด (strain)

2.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าการเสียรูป (deformation)

2.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัย (safety factor)

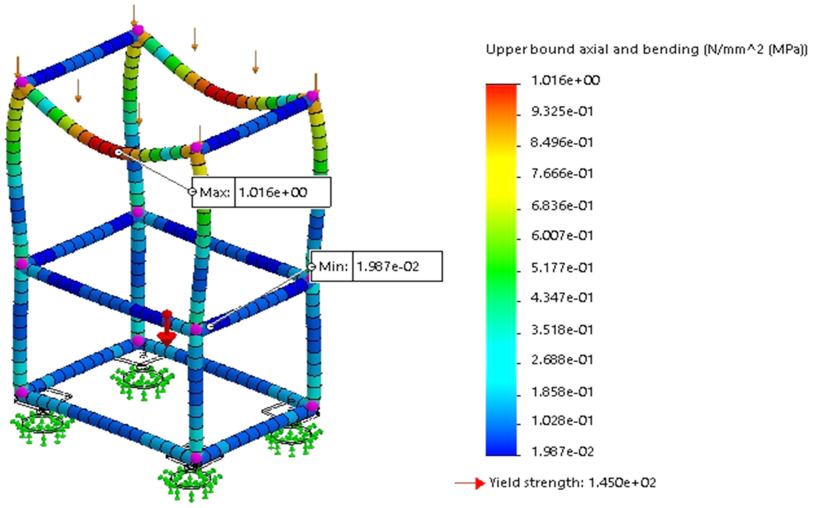


ภาพ 10 แสดงผลการทดสอบของผลิตภัณฑ์ แบบ A

ตาราง 5

สรุปผลการวิเคราะห์ความเสียหายของชิ้นงาน

ชิ้นงาน	ค่าความเค้น (N/mm^2)		ค่า Yield Strength (N/mm^2)
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	
ผลิตภัณฑ์แบบ A	1.816×10^9	3.415	3.700×10^1
ผลิตภัณฑ์แบบ B	2.377×10^9	1.442	3.700×10^1
ผลิตภัณฑ์แบบ C	2.390×10^9	8.507×10^1	5.600×10^1

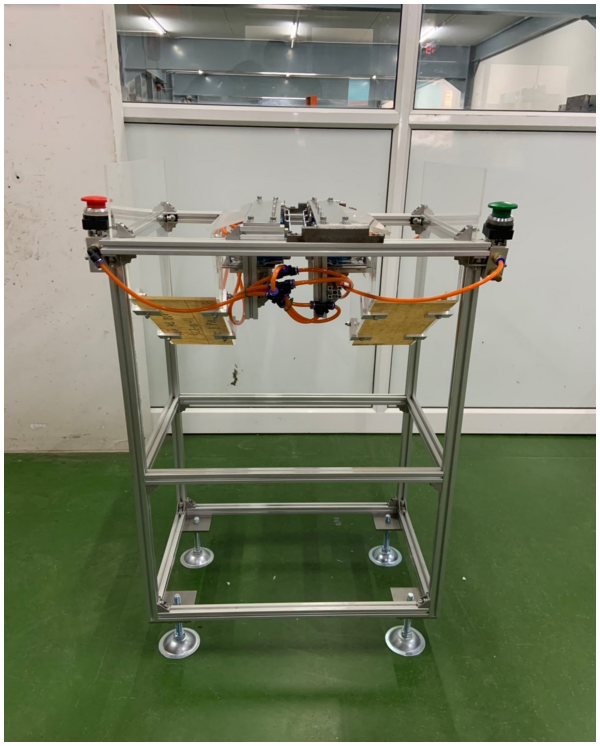


ภาพ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ความเค้น (stress) ของชุดโครงสร้าง

ตาราง 6

สรุปผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) ของชุดโครงสร้าง

องค์ประกอบ	ค่าความเค้น (N/mm^2)		ค่าความเครียด (mm/mm)		ค่าการเสียรูป (mm)		ค่าความปลอดภัย
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าต่ำสุด
ชุดโครงสร้าง	1.016	1.987×10^{-2}	1.250×10^{-5}	0	1.525×10^{-2}	1×10^{-30}	81



ภาพ 12 เครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

3. การทดสอบ

3.1 ผลการวิเคราะห์การปฏิบัติงานของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

3.1.1 เวลาในการปฏิบัติงานของชุดการตัด

ชุดการตัด มีระบบการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการทำงาน 5 ระบบ คือ (1) ชุดกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน (2) ชุดปรับระยะการตัด (3) ชุดลำเลียงเข้า (4) ชุดการตัดด้วยระบบลม และ (5) ชุดลำเลียงออก โดยหลังจากเปิดเครื่องให้ทำงาน

3.1.2 ผลจากการวิเคราะห์กิจกรรมโดยใช้แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ

ผู้วิจัยนำแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณมาใช้เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก ร่วมกับพนักงานจำนวน 1 คน ซึ่งจะทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อดูเวลาว่างงานของพนักงานและเวลาว่างงานของเครื่องที่พัฒนาขึ้น ตาราง 7 ตาราง 8 และตาราง 9 และสรุปเวลาทั้งหมดที่ใช้ไปในตาราง 10 ตาราง 11 และตาราง 12

ตาราง 7

แผนภูมิคน-เครื่องจักร ของผลิตภัณฑ์ แบบ A

Man Machine Chart			
ชื่อผลิตภัณฑ์		**ผลิตภัณฑ์ แบบ A**	
พนักงาน (จำนวน 1 คน)	**เวลา (วินาที)**	**เครื่องตัดส่วนเกินของชิ้นงานจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก**	**เวลา (วินาที)**
1. เรียงชิ้นจำนวน 1 ชุด เข้าระบบตัด	7	กำลังถูกป้อนชิ้นงาน	7
2. เคลื่อนที่มือเพื่อกดปุ่มเริ่มการทำงานของกรรไกรลม	2	รอการกดปุ่มเพื่อสั่งเริ่มการทำงาน	2
3. ลำเลียงชิ้นงานที่ตกค้างออก	2	เริ่มการตัดชิ้นงานด้วยกรรไกรลมแล้วลำเลียงชิ้นงานออก	2

ตาราง 8

สรุปการวิเคราะห์กิจกรรมร่วมของคน-เครื่องจักร ของผลิตภัณฑ์ แบบ A

	พนักงาน (1 คน)	**เครื่องจักร**
เวลาทำงาน	2	2
เวลาว่าง	0	9
เวลาอิสระ	9	0
เวลาทั้งหมด	11	2
%เวลาการทำงาน	100%	18.18%

ตาราง 9

แผนภูมิคน-เครื่องจักร ของผลิตภัณฑ์ แบบ B

Man Machine Chart			
ชื่อผลิตภัณฑ์		**ผลิตภัณฑ์ แบบ A**	
พนักงาน (จำนวน 1 คน)	**เวลา (วินาที)**	**เครื่องตัดส่วนเกินของชิ้นงานจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก**	**เวลา (วินาที)**
1. เรียงชิ้นงานจำนวน 2 ชุดเข้าระบบตัด	10	กำลังถูกป้อนชิ้นงาน	10
2. เคลื่อนที่มือเพื่อกดปุ่มเริ่มการทำงานของกรรไกรลม	2	รอการกดปุ่มเพื่อสั่งเริ่มการทำงาน	2
3. ลำเลียงชิ้นงานที่ตกค้างออก	2	เริ่มการตัดชิ้นงานด้วยกรรไกรลมแล้วลำเลียงชิ้นงานออก	2

ตาราง 10

สรุปการวิเคราะห์กิจกรรมร่วมของคน-เครื่องจักร ของผลิตภัณฑ์แบบ B

	พนักงาน (1 คน)	**เครื่องจักร**
เวลาทำงาน	2	2
เวลาว่าง	0	12
เวลาอิสระ	12	0
เวลาทั้งหมด	14	2
%เวลาการทำงาน	100%	14.28%

ตาราง 11

แผนภูมิคน-เครื่องจักร ของผลิตภัณฑ์ แบบ C

Man Machine Chart			
ชื่อผลิตภัณฑ์		**ผลิตภัณฑ์ แบบ A**	
พนักงาน (จำนวน 1 คน)	**เวลา (วินาที)**	**เครื่องตัดส่วนเกินของชิ้นงานจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก**	**เวลา (วินาที)**
1. เรียงชิ้นงานจำนวน 3 ชุด เข้าระบบตัด	10	กำลังถูกป้อนชิ้นงาน	10
2. เคลื่อนที่มือเพื่อกดปุ่มเริ่มการทำงานของกรรไกรลม	2	รอการกดปุ่มเพื่อสั่งเริ่มการทำงาน	2
3. ลำเลียงชิ้นงานที่ตกค้างออก	2	เริ่มการตัดชิ้นงานด้วยกรรไกรลมแล้วลำเลียงชิ้นงานออก	2

ตาราง 12

สรุปการวิเคราะห์กิจกรรมร่วมของคน-เครื่องจักร ของผลิตภัณฑ์แบบ C

	พนักงาน (1 คน)	**เครื่องจักร**
เวลาทำงาน	2	2
เวลาว่าง	0	12
เวลาอิสระ	12	0
เวลาทั้งหมด	14	2
%เวลาการทำงาน	100%	14.28%

จากตาราง 10 ตาราง 11 และตาราง 12 พบว่าคนใช้เวลาทำงานคิดเป็นร้อยละ 100 และเครื่องจักรทำงานร้อยละ 18.18 14.28 และ 14.28 ตามลำดับ

3.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

หลังจากการศึกษาวิธีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานหลังจากการตัดส่วนเกินของชิ้นงาน มีการตรวจสอบชิ้นงานด้วย 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่

3.2.1 การตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์

3.2.2 การตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

3.2.1 ผลการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการผ่านกระบวนการทำงานของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

หลังจากชิ้นงานได้ผ่านกระบวนการตัดชิ้นงานออกจากช่องทางวิ่ง (runner) และรูเข้า (gate) ด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติกแล้ว ได้นำชิ้นงานส่งให้เจ้าหน้าที่ฝ่าย QC เพื่อทำการตรวจสอบในลักษณะของรอยตัดของชิ้นงาน ประกอบไปด้วย 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แบบ A แบบ B และ แบบ C แสดงดังตาราง 13 ตาราง 14 และตาราง 15

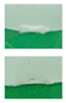
จากตาราง 13 ตาราง 14 และตาราง 15 แสดงตัวอย่างการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์ 5 ครั้ง จากทั้งหมด 100 ครั้ง ของการบันทึกข้อมูลที่เจ้าหน้าที่ฝ่าย QC ได้ทำการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก โดยสรุปได้ว่าทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แบบ A แบบ B และ แบบ C ชิ้นงานที่ประเมินทุกชิ้น ผ่านการประเมินทุกชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100

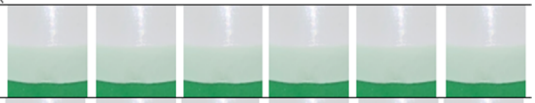
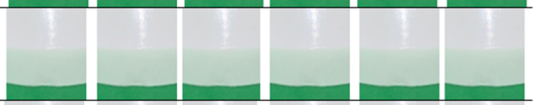
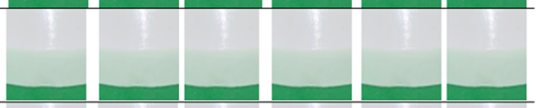
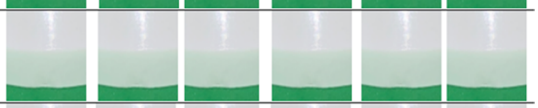
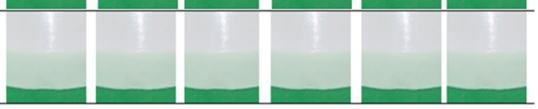
3.2.2 ผลการตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการผ่านกระบวนการทำงานของเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก หลังจากชิ้นงานได้ผ่านกระบวนการตัด และผ่านการตรวจสอบรอยตัดของชิ้นงานแล้ว ได้นำชิ้นงานส่งให้เจ้าหน้าที่ฝ่าย QC ซึ่งทำการสุ่มชั่งน้ำหนักของชิ้นงานด้วยเครื่องชั่งความละเอียดสูงที่ผ่านการสอบเทียบเครื่องมือวัดตามมาตรฐาน 17025 (Thai Industrial Standards Institute (TISI) 17025, 2021) จำนวน 100 ชิ้น/1 ผลิตภัณฑ์ เพื่อตรวจสอบน้ำหนักของชิ้นงาน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้มากที่สุดอยู่ที่ 1 % ประกอบไปด้วย 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แบบ A แบบ B และ แบบ C ดังภาพ 13 และข้อมูลการตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก แต่ละผลิตภัณฑ์ดังตาราง 16 ตาราง 17 และตาราง 18 แสดงตัวอย่างชิ้นงานตรวจสอบผลิตภัณฑ์ละ 10 ชิ้น จากทั้งหมด 100 ชิ้น

ตาราง 13

ตารางบันทึกการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์แบบ A

ตารางบันทึกข้อมูลการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ผลิตภัณฑ์ :	ชิ้นงานต้นฉบับ :	ตัวอย่างชิ้นงานที่ต้องคัดออก :
แบบ A จำนวน : 6 Cavity วัสดุ : PP		 1. ชิ้นงานที่ตัดส่วนเกินออกไม่หมด 2. ชิ้นงานที่มีรอยที่ผิวงานจากคมตัด

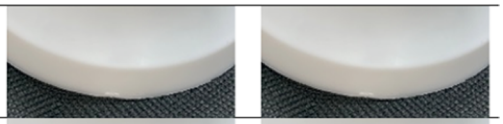
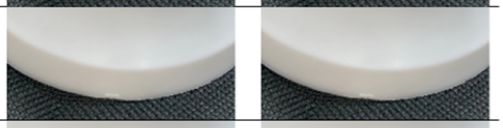
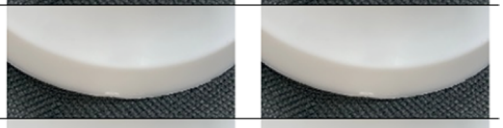
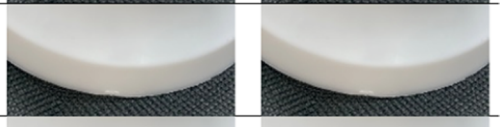
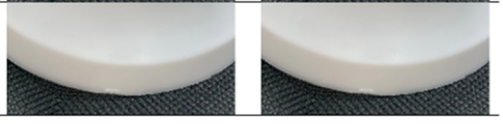
ชิ้นที่ \ คาวิตี้	1	2	3	4	5	6
	QC	QC	QC	QC	QC	QC
1						
2						
3						
4						
5						

ตาราง 14

ตารางบันทึกการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์แบบ B

ตารางบันทึกข้อมูลการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ผลิตภัณฑ์ :	ชิ้นงานต้นฉบับ :	ชิ้นงานที่เกิดการผิดพลาด :
แบบ B จำนวน : 2 Cavity วัสดุ : PP		 1. ชิ้นงานที่ตัดส่วนเกินออกไม่หมด 2. ชิ้นงานที่มีรอยที่ผิวงานจากคมตัด

ชิ้นที่ \ คาวิตี้	1	2
	QC	QC
1		
2		
3		
4		
5		

ตาราง 15

ตารางบันทึกการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์แบบ C

ตารางบันทึกข้อมูลการตรวจสอบรอยตัดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ผลิตภัณฑ์ :	ชิ้นงานต้นฉบับ :	ชิ้นงานที่เกิดการผิดพลาด :
แบบ C จำนวน : 2 Cavity วัสดุ : ABS		 1. ชิ้นงานที่ตัดส่วนเกินออกไม่หมด 2. ชิ้นงานที่มีรอยที่ผิวงานจากคมตัด

ชิ้นที่ \ คาวิตี้	1	2
	QC	QC
1		
2		
3		
4		
5		

ตาราง 16

ตารางบันทึกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แบบ A

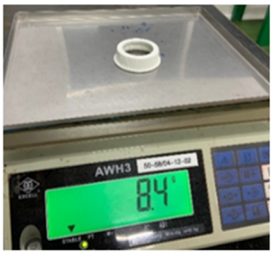
ตารางบันทึกข้อมูลการตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ผลิตภัณฑ์ :	จำนวน :	วัสดุ :	น้ำหนักอ้างอิง :
แบบ A	6 Cavity	ABS	24.1 g/Cavity

ชิ้นที่	น้ำหนัก (gram)	% ความคลาดเคลื่อน (%)	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	24.1	0.0000	✓	
2	24.0	0.4098	✓	
3	24.0	0.4098	✓	
4	24.0	0.4098	✓	
5	24.0	0.4098	✓	
6	24.0	0.4098	✓	
7	24.2	0.4098	✓	
8	24.0	0.4098	✓	
9	24.0	0.4098	✓	
10	24.0	0.4098	✓	

(a)

(b)



(b)

ภาพ 13 แสดงน้ำหนักที่ชั่งจากชิ้นงานอ้างอิงของ 3 ผลิตภัณฑ์

ตาราง 17

ตารางบันทึกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แบบ B

ตารางบันทึกข้อมูลการตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ผลิตภัณฑ์ :	จำนวน :	วัสดุ :	น้ำหนักอ้างอิง :	
แบบ B	2 Cavity	PP	23.2 g/Cavity	
ชิ้นที่	น้ำหนัก (gram)	% ความคลาดเคลื่อน (%)	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	23.20	0.0000	✓	
2	23.20	0.0000	✓	
3	23.20	0.0000	✓	
4	23.20	0.0000	✓	
5	23.20	0.0000	✓	
6	23.20	0.0000	✓	
7	23.20	0.0000	✓	
8	23.40	0.8197	✓	
9	23.20	0.0000	✓	
10	23.30	0.4098	✓	

ตาราง 18

ตารางบันทึกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แบบ C

ตารางบันทึกข้อมูลการตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ผลิตภัณฑ์ :	จำนวน :	วัสดุ :	น้ำหนักอ้างอิง :	
แบบ C	2 Cavity	ABS	8.4 g/Cavity	
ชิ้นที่	น้ำหนัก (gram)	% ความคลาดเคลื่อน (%)	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	8.5	0.4098	✓	
2	8.4	0.0000	✓	
3	8.6	0.8197	✓	
4	8.5	0.4098	✓	
5	8.5	0.4098	✓	
6	8.5	0.4098	✓	
7	8.4	0.0000	✓	
8	8.5	0.4098	✓	
9	8.4	0.0000	✓	
10	8.4	0.0000	✓	

หลังจากชิ้นงานได้ผ่านการชั่งน้ำหนักของชิ้นงานโดยเจ้าหน้าที่ฝ่าย QC ซึ่งทำการสุ่มชั่งน้ำหนักของชิ้นงานจำนวน 100 ชิ้น ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แบบ A แบบ B และแบบ C พบมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.40 0.29 และ 0.50 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดที่ยอมรับได้

สรุปผล

1. ผลจากการปฏิบัติงาน เวลาในการทำงานเมื่อใช้เครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก ร่วมกับพนักงาน

เปรียบเทียบกับเวลาการปฏิบัติงานของพนักงานเดิมพบว่า เครื่องตัดส่วนเกินของชิ้นงานจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้มากขึ้น ดังนี้

1.1 ผลิตภัณฑ์แบบ A เวลาปฏิบัติงานเดิมของพนักงานเป็นเวลา 12.1 วินาที/ชิ้น เริ่มการทำงานโดยเรียงชิ้นงานเข้าสู่ชุดการตัดและจะตัดชิ้นงานครบทุกชิ้นเมื่อเวลา 9 วินาที จากนั้นชิ้นงานจะถูกลำเลียงออกสู่ภาชนะ ทำให้เวลาในการปฏิบัติงานของเครื่องเป็น 1.83 วินาที/ชิ้น

1.2 ผลิตภัณฑ์แบบ B เวลาปฏิบัติงานเดิมของพนักงานเป็นเวลา 7.9 วินาที/ ชิ้น เริ่มการทำงานโดยเรียงชิ้นงานเข้าสู่ชุดการตัดและจะตัดชิ้นงานครบทุกชิ้นเมื่อเวลา 12 วินาที จากนั้นชิ้นงานจะถูกลำเลียงออกสู่ภาชนะ ทำให้เวลาในการปฏิบัติงานของเครื่องเป็น 2.3 วินาที/ ชิ้น

1.3 ผลิตภัณฑ์แบบ C เวลาปฏิบัติงานเดิมของพนักงานเป็นเวลา 7.9 วินาที/ ชิ้น เริ่มการทำงานโดยเรียงชิ้นงานเข้าสู่ชุดการตัดและจะตัดชิ้นงานครบทุกชิ้นเมื่อเวลา 12 วินาที จากนั้นชิ้นงานจะถูกลำเลียงออกสู่ภาชนะ ทำให้เวลาในการปฏิบัติงานของเครื่องเป็น 2.33 วินาที/ ชิ้น

2. สรุปการบันทึกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

ซึ่งสุ่มชั่งน้ำหนักของแต่ละผลิตภัณฑ์จำนวน 100 ชิ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้มากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 1 ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แบบ A แบบ B และแบบ C พบมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.40 0.29 และ 0.50 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดที่ยอมรับได้

3. สรุปผลด้านรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก

โดยสรุปได้ว่าทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แบบ A แบบ B และ แบบ C ชิ้นงานที่ประเมินทุกชิ้น ผ่านการประเมินทุกชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100

กิตติกรรมประกาศ

จากการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก ได้จดอนุสิทธิบัตร ชื่อการประดิษฐ์เครื่องตัดเศษชิ้นงานสำหรับขั้วหลอดไฟพลาสติก วันที่ออกสิทธิบัตร 05/04/2564 เลขที่สิทธิบัตร 19470 และขอขอบคุณ บริษัท บีทีพี อุตสาหกรรม จำกัด เป็นอย่างสูง ในความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการดำเนินงานวิจัย

References

David, O. K. (2016). *Injection mold design engineering* (2nd ed.). Munich: Carl Hanser Verlag.

Johari, J., Abd Wahab, D., Sahari, J., Abdullah, S., Ramli, R., Mohd Yassin, R., & Muhamad, N. (2011). Systematic infusion of creativity in engineering design courses. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 18*, 255–259. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.036

Manee-ngam, A., Saisirirat, P., & Suwankan, P. (2017). Hook design loading by the optimization method with weighted factors rating method. *Energy Procedia, 138*, 337–342. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.132

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2007). *Engineering design a systematic approach* (3rd ed.). London: Springer-Verlag London Limited.

Peti, P., Lucian, G., Ioan, S., & Cristian, C. (2010). Studies concerning the design of the runner, gate and venting systems in the case of the high pressure die casting technology. *Fascicle of Management and Technological Engineering, 9*(19), 3,178-3,183. doi:10.15660/AUOFMTE.2010-2.1926

Sookramoon, K., Bunchoowit, S., Permchart, W., Suetrong, C., & Kingthong, S. (2023). Finite element investigation on chassis design for agricultural vehicle. *The Journal of Industrial Technology: Suan Sunandha Rajabhat University, 11*(1), 94-106 (in Thai)

Sornnil, B., & Wattanasriyakul, S. (2015). *Tabellenbuch metal Leadership* (2nd ed.). Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok Publishing. (in Thai)

Thai Industrial Standards Institute (TISI) 17025. (2021). *Community standards for instant stevia powder 1521.* Bangkok: Thai Industrial Standards Institute (TISI). (in Thai)

Vijayakumar, M. D., Ramesh Kannan, C., Manivannan, S., Vairamuthu, J., Tilahun, S., & Bupathi Ram, P. M. (2020). Finite element analysis of automotive truck chassis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 988*(1), 012114. doi:10.1088/1757-899X/988/1/012114