



การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก DEVELOPMENT OF PLASTIC BOTTLES SHREDDER AND BRIQUETTING MACHINE

กฤติธฤต ทองสิน¹, สุรพงษ์ งามัญจิตร^{1*}, วันวิสาข์ กาญจนารณ์¹, กัญญภัทร ไชยแสน²

Kridtharit Thongsin¹, Surapong Ramanchit^{1*}, Wanwisa Kanjanaporn¹,

Kanthapat Chaiyasaen²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600

²วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210

¹Faculty of Engineering and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University,

Thon Buri, Bangkok, Thailand, 10600

² College of Innovative Technology and Engineer, Dhurakij Pundit University, Lak Si, Bangkok, Thailand, 10210

*Corresponding author e-mail: surapong_ram@hotmail.com

วันที่เข้าระบบ 13 มีนาคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 26 กรกฎาคม 2567

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก โดยงานวิจัยได้ออกแบบออกแบบชุดใบมีดย่อยเป็นลักษณะการเฉือน (Shearing) มีระบบอัดก้อนพลาสติกด้วยระบบนิวแมติกส์ ซึ่งก้อนพลาสติกมีขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร การทดสอบเครื่องย่อยและอัดก้อนพลาสติกจะใช้ขวดพลาสติกประเภท PET และ HDPE โดยทำการทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอัดก้อนขวดพลาสติกให้จับตัวกันเป็นก้อนสี่เหลี่ยม จากผลการทดลองพบว่าขวดประเภท PET มีอุณหภูมิเหมาะสมที่ 80 องศาเซลเซียส และขวดประเภท HDPE มีอุณหภูมิเหมาะสมที่ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่กระบวนการย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกที่ดีที่สุดพบว่าขวดพลาสติกประเภท PET ใช้อุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เวลาเฉลี่ย 19.41 นาที และขวดพลาสติกประเภท HDPE ใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเฉลี่ย 17.14 นาที ตามลำดับ ซึ่งพลาสติกที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมจับตัวกันหนาแน่น และอัตราการทำงานของเครื่องตัดและอัดก้อนพลาสติกด้วยระบบนิวแมติกส์ที่เหมาะสมที่สุด พบว่าพลาสติกประเภท PET มีอัตราการทำงานที่ 3.09 ก้อนต่อชั่วโมง และพลาสติกประเภท HDPE มีอัตราการทำงานที่ 3.5 ก้อนต่อชั่วโมง ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องย่อย, เครื่องอัดก้อน, ระบบนิวแมติกส์

Abstract

The objectives of this research are to develop a plastic bottle shredder and pelletizer using a pneumatic system. The research has designed a set of shredder blades in a shearing style with a plastic briquetting scheme using a pneumatic system. The plastic cube is 25 centimeters wide, 25 centimeters long, and 8 centimeters high. The test of the plastic shredder and pelletizing machine uses PET and HDPE plastic bottles. The test is conducted to determine the appropriate temperature for compressing plastic bottles into square pieces. The results showed that PET bottles had an optimum temperature of 80 degrees Celsius, while HDPE bottles had an optimum temperature of 70 degrees Celsius. The best process for cutting and pelletizing plastic bottles showed that PET plastic bottles used a temperature of 80 degrees Celsius in an average time of 19.41 minutes, and HDPE plastic bottles used a temperature of 70 degrees Celsius in an average time of 17.14 minutes. The obtained plastic is densely packed into rectangular lumps, and the working rate of the pneumatic plastic cutting and briquetting machine is the most suitable. It was found that PET plastic had a working rate of 3.09 bales per hour and HDPE plastic had a working rate of 3.5 bales per hour, respectively.

Keywords: Shredder machine, Briquetting machine, Pneumatic system

1. บทนำ

ปัจจุบันพลาสติกกลายเป็นมลพิษที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมในหลายๆประเทศ ดังนั้นจึงมีนักวิจัยมากมายได้ศึกษาวิจัยในการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ การแปรพลาสติกจากขยะเป็นชิ้นงานที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ สำหรับในประเทศไทยได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องย่อยพลาสติกอย่างมาก เช่น (กุลฑล, 2549) ออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยพลาสติกเพื่อศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลกับการย่อยขวดพลาสติกมีความสามารถในการทำงานย่อยพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) และพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต (PET) (นิลวัฒน์, 2554) การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยพลาสติกมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือส่วนของการรีดขวดพลาสติกและส่วนของชุดย่อยขวดพลาสติกมีใบมีดจำนวน 3 ใบ ทดสอบย่อยขวดพลาสติกประเภทโพลีสไตรีน พบว่าสามารถย่อยเพื่อลดขนาดพลาสติกปริมาณ 1,600 กรัม ใช้เวลาในการย่อยเฉลี่ย 53.18 นาที และย่อยขวดนมเปรี้ยวพลาสติกประเภทโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง พบว่าเครื่องย่อยพลาสติกที่สร้างขึ้นนี้ไม่เหมาะสมสำหรับการย่อยลดขนาดขวดนมเปรี้ยว ต่อมา (ศราวุธ, 2556) ได้มีการออกแบบและสร้าง

เพื่อทดสอบเครื่องย่อยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดขยะของชุมชนเทศบาลเมืองขลุง จังหวัด จันทบุรี เพื่อเป็นการประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ การทดสอบหลังการย่อยพบว่าพื้นที่ 1 ลูกบาศก์ เมตร สามารถจัดเก็บได้ 192 กิโลกรัม และวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) สามารถคืนทุนในระยะเวลา 24 วัน พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต (PET) มีระยะคืนทุนที่ 1 เดือน 9 วัน นอกจากนี้ (ปวีณ และคณะ, 2563) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องย่อยพลาสติกเพื่อลดขนาดของขยะที่เกิดจากพลาสติกและศึกษาประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องย่อยสำหรับพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลตมีความเร็วรอบเหมาะสมในการย่อยที่ 47 รอบต่อนาที มีขนาดรูตะแกรง 12 มิลลิเมตร สามารถย่อยได้ 2.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการย่อยเท่ากับ 73 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนมีความเร็วรอบเหมาะสมในการย่อยที่ 27 รอบต่อนาที ขนาดรูตะแกรง 12 มิลลิเมตร สามารถย่อยได้ 2.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการย่อยเท่ากับ 62 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และในต่างประเทศก็มีการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยขวดพลาสติก (Tolulope & Olukunle, 2016; Vijay *et al.*, 2018; Jaypalsinh *et al.*, 2020; Sunil *et al.*, 2020; Vaibhav *et al.*, 2020; Raji *et al.*, 2020; Noor *et al.*, 2021; Suliman & Johar, 2022; Frans *et al.*, 2022; Vikramshimha *et al.*, 2023; Pratik *et al.*, 2023) เนื่องจากพลาสติกมีการใช้อย่างแพร่หลายในเกือบทุกภาคส่วน จึงกลายเป็นภัยคุกคามต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เช่น (Oluwatobi *et al.*, 2019) ได้พัฒนาเครื่องย่อยขวดพลาสติกประเภท PET ย่อยขวดพลาสติกให้ได้ขนาดตามที่ต้องการซึ่งมีขนาดพื้นที่ 0.001 ตารางเมตร (10 มิลลิเมตร X10 มิลลิเมตร) โดยการพัฒนาของการวิจัยนี้ประกอบด้วยเครื่องล้างทำความสะอาดและบดย่อยขวดพลาสติกด้วยใบมีดที่มีลักษณะการหมุนเหมือนสว่าน เครื่องสามารถบดย่อยขวดพลาสติกได้ 50-75 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีความเร็วรอบการทำงานที่ 187.5, 273.8 และ 350.2 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่ 1.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง 1.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 2.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดสอบการทดสอบพบว่าอัตราส่วนของพลาสติกบดย่อยอยู่ที่ 1.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 350.2 รอบต่อนาที และประสิทธิภาพการบดย่อย 60.01% ประสิทธิภาพของการรีไซเคิลเครื่องบดย่อยและเครื่องล้างทำความสะอาดอยู่ที่ 93.73% ที่ 273.8 รอบต่อนาที และอัตราการป้อน 1.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีอัตราการป้อนสูงสุด 17.9% ที่อัตราการป้อน 2.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 185.7 รอบต่อนาที เครื่องย่อยและเครื่องล้างขวดพลาสติกสามารถจะใช้ร่วมกับเครื่องอัดเม็ดพลาสติกในโรงงานรีไซเคิลขยะได้นอกจากนั้น (Jin *et al.*, 2022) ศึกษาถึงกลไกการสึกหรอและประสิทธิภาพของใบมีดย่อยพลาสติกประเภท PET ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนร่วมกับรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน การวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ และการทดสอบความแข็ง พบว่าการสึกหรอเกิดขึ้นจากสาเหตุของการเสียดสี การออกซิเดชัน และมีประสิทธิภาพในการรีไซเคิลที่ $97.39 \pm 0.04 \%$ ประสิทธิภาพการย่อยที่ $69.53 \pm 1.32 \%$ และมีประสิทธิภาพการบำรุงดูแลใบมีดที่

2.61 ± 0.04 % และจำนวนใบมีดย่อยน้อยจะมีการสึกหรอของใบมีดมาก (Ejiko *et al.*, 2022) ทำการพัฒนาเครื่องย่อยเพื่อกระบวนการรีไซเคิลขวดพลาสติกเหลือทิ้งพบว่ามีประสิทธิภาพของเครื่องที่ 34% เหมาะสำหรับการย่อยขยะพลาสติก

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นที่ได้กล่าวมานั้นการศึกษาค้นคว้าส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาเฉพาะเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเพื่อการบดย่อยเพียงอย่างเดียว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องตัดและอัดก้อนขวดพลาสติกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพลาสติกที่ใช้แล้ว สะดวกในการจัดเก็บ ขนส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมได้ง่าย และสามารถนำไปแปรสภาพเพื่อใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์

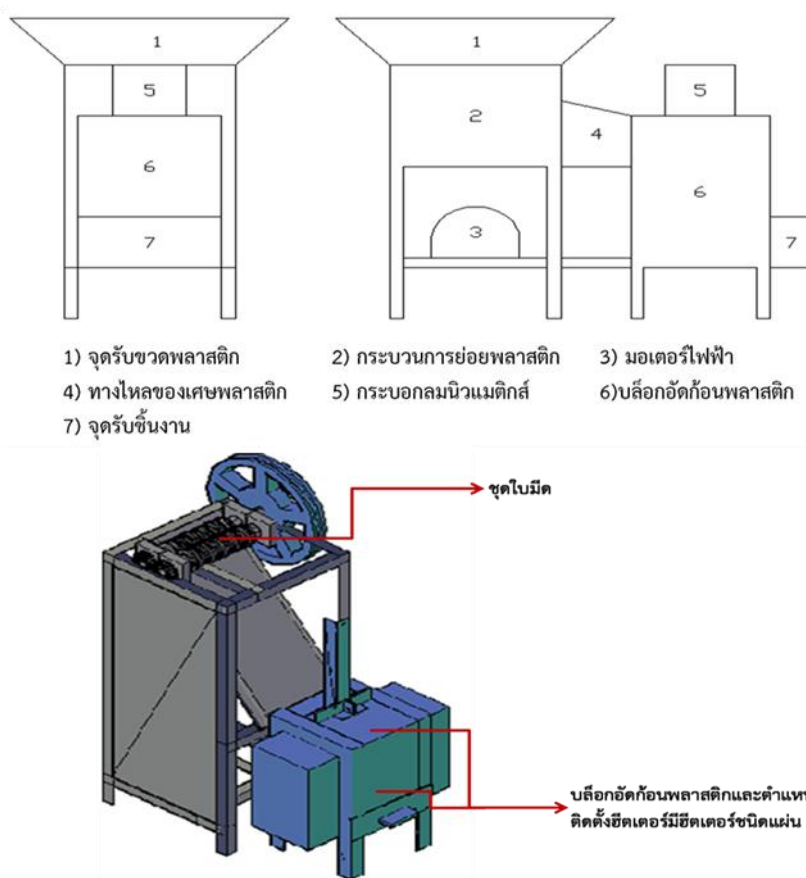
2.2 เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดก้อนขวดพลาสติกประเภท PET และขวดพลาสติกประเภท HDPE

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก เป็นการย่อยขวดพลาสติกประเภท PET (Polyethylene terephthalate) และประเภท HDPE (High density polyethylene) ให้เป็นชิ้นเล็ก และทำการอัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมเพื่อเพิ่มมูลค่าขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว และสะดวกในการนำไปรีไซเคิลหรือการขนส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรม โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก

งานวิจัยนี้ทำการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก เพื่อให้สามารถย่อยขวดพลาสติกและอัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร งานวิจัยนี้ใช้กระบอบกลมนิวแมติกส์ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ลมอัดหรืออากาศเป็นตัวกลางในการส่งกำลัง สำหรับการอัดก้อนขวดพลาสติกที่ผ่านกระบวนการย่อยเป็นเส้นแล้ว ภายในของระบบอัดก้อนนั้นประกอบด้วยฮีตเตอร์แผ่น หรือ Strip Heater ขนาด 800 วัตต์ ซึ่งเป็นฮีตเตอร์ที่ให้ความร้อนกับชิ้นงานโดยการแนบติดกับชิ้นงาน ให้ความร้อนคงที่และสม่ำเสมอ ขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ความยาว 25 เซนติเมตร และความหนา 1 เซนติเมตร ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งด้านบนและด้านล่างของบล็อกอัดก้อนพลาสติก ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก

3.1.1 กระบอกกลมนิวแมติกส์ เป็นอุปกรณ์ลมที่ใช้ลมทำให้ก้านกระบอกลมเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรงหรือหมุน 90, 180, 270 หรือ 360 องศา เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานในรูปแบบความดันลมให้เป็นพลังงานกลในรูปแบบของการเคลื่อนที่ โดยสมการสำหรับการคำนวณหาแรง และขนาดของลูกสูบกระบอกลมนิวแมติก สามารถคำนวณแรงได้จากสมการที่ (1)

$$F = P \times A \quad (1)$$

เมื่อ	F	คือ แรงอัดของกระบอกลม มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	P	คือ ความดันของลม มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)
	A	คือ พื้นที่ลูกสูบที่รับความดัน มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)



ภาพที่ 2 ชุดควบคุมกระบอกลมนิวแมติกส์

3.1.2 การออกแบบชุดใบมีดย่อยขวดพลาสติก ในงานวิจัยนี้ออกแบบใบมีดโดยใช้หลักการของการเฉือน (Shearing) ซึ่งอาศัยแรง 2 ทิศทางวิ่งออกจากวัตถุเป็นการผสมกันระหว่างการตัดและการกดอัด ซึ่งแรงบิดและประสิทธิภาพการบดย่อยสูง หากเฉือนบางและคมเรียกว่า การตัด หากมีลักษณะหนาและทุ่ย เรียกว่าการอัด งานวิจัยได้ออกแบบใบมีดตัดเป็นลักษณะเพลาคู๋ ใช้เหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ความยาว 42 เซนติเมตร และความยาว 33 เซนติเมตร ตามลำดับ ใบมีดมีขนาดความหนา 5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีด 63 มิลลิเมตร และ 51 มิลลิเมตร ตามลำดับ วางสลับฟันปลากันจำนวนด้านอย่างละ 20 ใบมีด ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยความเค้นเฉือนเป็นผลของแรงที่กระทำต่อขวดพลาสติกทำให้เกิดการเสียรูปของแรงเฉือนของวัสดุในระนาบขนานกับทิศทางของแรงที่กระทำ เมื่อย่อยพลาสติก ค่าความเค้นเฉือน (Shear Stress) ของใบมีดจะมากกว่าค่าความเค้นเฉือนที่ยอมรับได้ของพลาสติก (Allowable Shear Stress) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\tau = F/A \quad (2)$$

เมื่อ	τ	คือ ความเค้นเฉือน มีหน่วยเป็นนิวตัน (N/m^2)
	F	คือ แรงของใบมีด มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร (N)
	A	คือ พื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)



ภาพที่ 3 ชุดใบมีดย่อยขวดพลาสติก

3.2 การทดสอบเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก

การทดสอบเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก ด้วยเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ น้ำหนัก 1000 กรัม งานวิจัยนี้ได้กำหนดชนิดของขวดพลาสติก คือ ขวดพลาสติกประเภท PET (Polyethylene terephthalate) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถทนแรงกระแทกได้ดี ไม่เปราะแตกง่ายและใส และประเภท HDPE (High density polyethylene) มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายตรงค่อนข้างแข็งแต่ยืดได้มาก ไม่แตกง่าย มาทดสอบย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ บันทึกเวลาที่ใช้ในการย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกและศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดก้อน โดยกำหนดอุณหภูมิในการทดสอบคือ 60 65 70 75 80 85 90 และ 95 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



ขวดพลาสติกประเภท PET



ขวดพลาสติกประเภท HDPE

ภาพที่ 4 ประเภทของขวดพลาสติก

4. ผลการวิจัย

จากการทดสอบเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ โดยทดสอบย่อยขวดพลาสติกประเภท PET (Polyethylene terephthalate) และประเภท HDPE (High density polyethylene) น้ำหนัก 1000 กรัม ซึ่งลักษณะของขวดพลาสติกที่ผ่านกระบวนการย่อยจะมีลักษณะเป็นเส้นยาวตามขนาดความยาวของขวดพลาสติก เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องย่อย โดยออกแบบลักษณะการย่อยคล้ายการย่อยกระดาษ ซึ่งพลาสติกที่ย่อยเป็นเส้นจะมีขนาดเส้นกว้าง 1.5 เซนติเมตร และเมื่อผ่านกระบวนการย่อยเส้นพลาสติกจะไหลลงมาสู่กล่องแม่พิมพ์ หรือบล็อกสำหรับการอัดก้อนด้วยระบบนิวแมติกส์มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แสดงชิ้นงานที่ย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกประเภท PET และขวดพลาสติกประเภท HDPE ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ชิ้นงานอัดก้อนขวดพลาสติกประเภท PET



ภาพที่ 4 ชิ้นงานอัดก้อนขวดพลาสติกประเภท HDPE

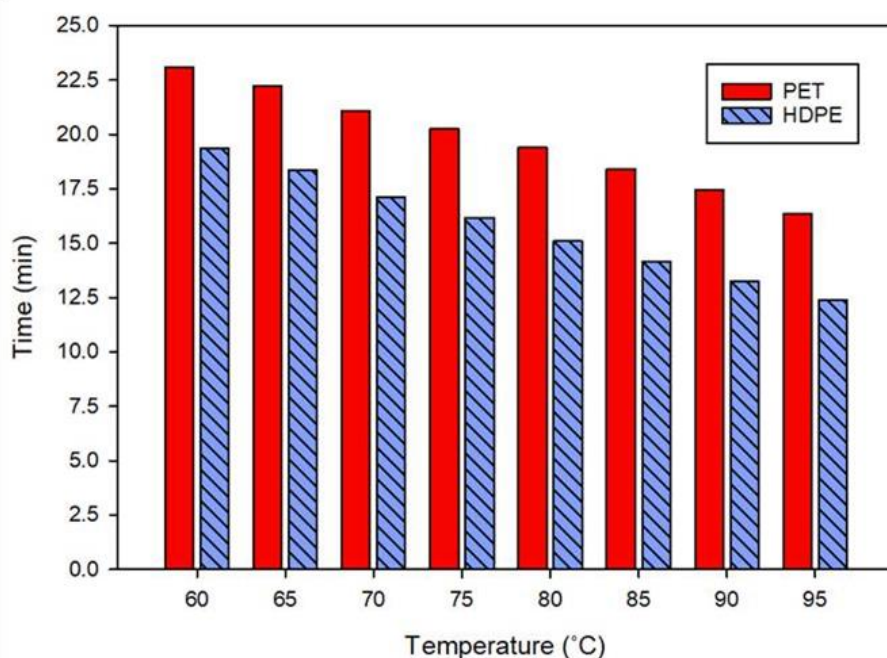
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการอัดก้อนขวดพลาสติกประเภท PET

อุณหภูมิการอัดก้อนพลาสติก (องศาเซลเซียส)	เวลาการย่อยและ อัดก้อนพลาสติก (นาทีก)	ผลการทดสอบอัดก้อนพลาสติก
60	23.11	พลาสติกไม่อ่อนตัวและไม่เกาะตัวเป็นก้อน
65	22.23	พลาสติกไม่อ่อนตัวและไม่เกาะตัวเป็นก้อน
70	21.10	พลาสติกอ่อนตัวแต่ไม่เกาะตัวเป็นก้อน
75	20.26	พลาสติกอ่อนตัวแต่ไม่เกาะตัวเป็นก้อน
80	19.41	พลาสติกเกาะตัวกันเป็นก้อน
85	18.41	พลาสติกเกาะตัวกันเป็นก้อน
90	16.33	พลาสติกสเกาะตัวกันเป็นก้อนมีบางส่วนเริ่ม ละลาย
95	16.36	พลาสติกสเกาะตัวกันเป็นก้อนมีบางส่วนเริ่ม ละลาย

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการอัดก้อนขวดพลาสติกประเภท HDPE

อุณหภูมิการอัดก้อนพลาสติก (องศาเซลเซียส)	เวลาการย่อยและ อัดก้อนพลาสติก (นาทีก)	ผลการทดสอบอัดก้อนพลาสติก
60	19.36	พลาสติกอ่อนตัวแต่ไม่เกาะตัวเป็นก้อน
65	18.37	พลาสติกอ่อนตัวแต่ไม่เกาะตัวเป็นก้อน
70	17.14	พลาสติกอ่อนตัวเกาะตัวกันก้อน
75	16.18	พลาสติกอ่อนตัวเกาะตัวกันเป็นก้อน
80	15.12	พลาสติกอ่อนตัวเกาะตัวกันเป็นก้อน
85	14.16	พลาสติกอ่อนตัวเกาะตัวกันเป็นก้อน
90	13.23	พลาสติกละลายติดภายในบล็อกแม่พิมพ์
95	12.37	พลาสติกละลายติดภายในบล็อกแม่พิมพ์

จากผลการทดสอบการย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกประเภท PET และขวดพลาสติกประเภท HDPE สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการอัดก้อนและเวลารวมทั้งหมดของการย่อยและอัดก้อนพลาสติก ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 อุณหภูมิสำหรับการอัดก้อนขวดพลาสติกและเวลาที่ใช้สำหรับการย่อยและอัดก้อนพลาสติก
ประเภท PET และขวดพลาสติกประเภท HDPE

จากภาพที่ 5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสำหรับการอัดก้อนขวดพลาสติกและเวลาที่ใช้สำหรับการย่อยและอัดก้อนพลาสติก ผลจากการทดสอบพบว่า ขวดพลาสติกประเภท HDPE ใช้อุณหภูมิและเวลาการทดลองการย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกใช้เวลาน้อยกว่าขวดพลาสติกประเภท PET เนื่องจากขวดพลาสติกประเภท PET มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีความเหนียวทนทาน และมีความยืดหยุ่นต่อแรงกระทบกระแทก จึงไม่แตกเมื่อถูกแรงกดดัน และทนต่ออุณหภูมิสูงได้ถึง 220°C กว่าขวดพลาสติกประเภท HDPE ที่สามารถทนความร้อนได้เพียงเล็กน้อย ดังนั้นจากกราฟในภาพที่ 5 กระบวนการย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกที่ดีที่สุดพบว่าขวดพลาสติกประเภท PET ใช้อุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เวลาเฉลี่ย 19.41 นาที และขวดพลาสติกประเภท HDPE ใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเฉลี่ย 17.14 นาที ตามลำดับ ซึ่งพลาสติกที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมจับตัวกันหนาแน่น และอัตราการทำงานของเครื่องตัดและอัดก้อนพลาสติกด้วยระบบนิวแมติกส์ที่เหมาะสมที่สุด พบว่าขวดพลาสติกประเภท PET มีอัตราการทำงานที่ 3.09 ก้อนต่อชั่วโมง และขวดพลาสติกประเภท HDPE มีอัตราการทำงานที่ 3.5 ก้อนต่อชั่วโมง ตามลำดับ

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดก้อน และการศึกษาเวลารวมทั้งกระบวนการของการย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกประเภท PET และประเภท HDPE ผลการทดสอบกระบวนการย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมมีขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร พบว่าขวดพลาสติกประเภท PET มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดก้อนที่ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการทดลองการย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติก 19.41 นาที อัตราการทำงานที่ 3.09 ก้อนต่อชั่วโมง และขวดพลาสติกประเภท HDPE มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดก้อนที่ 70 องศาเซลเซียส พลาสติกสามารถอ่อนตัวได้ที่อุณหภูมินี้ ใช้เวลาการทดลองการตัดและอัดก้อนขวดพลาสติก 17.14 นาที มีอัตราการทำงานที่ 3.5 ก้อนต่อชั่วโมง การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดก้อนขวดพลาสติกสามารถเพิ่มความสะดวกในการจัดเก็บและสามารถขนส่งขวดพลาสติกไปยังโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อนำไปรีไซเคิลเป็นเม็ดพลาสติกได้ง่ายยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา สำหรับสถานที่ในการทำการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- กฤษณาล ทองดื้อ. (2549) การออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยพลาสติก. (รายงานวิจัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- นิลวัฒน์ พัฒนพงษ์. (2554). การสร้างเครื่องย่อยขวดพลาสติก. (รายงานวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ลำปาง.
- Ejiko, S.O., Adewuyi, R.A. & Maliki, O.B. (2022). Shredding Machine Development for Recycling Process of Waste Plastic Bottles. **Research and Reviews: Journal of Engineering and Technology**. 11(5). 5-16.
- Frans, M., Aris, A., Ama, B. & Yudith, E. Mase. (2022. October). **Design, Fabrication, and Performance Evaluation of Shredding Machines for Shredding Plastic Bottles and Cups Waste**. In Proceedings of the 5th International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science, West Java, Indonesia. Doi: <https://orcid.org/0000-0003-0882-615X>.

- Jaypalsinh, R., Sahil, S., Mit, S., Mikul, P., & Harshil, M. (2020). Design and Fabrication of Plastic Bottle Shredder. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, 7(4), 1738-1745.
- Jeyalakshmi, C., Alagarsamy, M., Kalaivasan, R., Easwaran, M., Thangavel, Y., & Paramasivam, P. (2022). Plastic Waste Management System Using Metal Shredder for Clean Environment. **Advances in Materials Science and Engineering**, 2022(1), 1-7. Doi: 10.1155/2022/1598868.
- Jin, H.W., Wong, M.J.K., Saffuan, A.B., Bih, L.C., Gan, J.H.M., & Nancy, J.S. (2022). Wear Mechanisms and Performance of PET Shredder Blade with Various Geometries and Orientations. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) Machines**, 10(9), 760. Doi: <https://doi.org/10.3390/machines10090760>
- Noor, H.A.R., & Ahmad, N.H.M.K. (2021). Development of PET bottle shredder reverse vending machine. **International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration**, 8(74). 24-33.
- Oluwatobi, I.O., Damilola, A.O., & Olawale, O.O. (2019). Development of Shredding and Washing Machine for Polyethylene Terephthalate (PET) Bottles Pelletizer. **International Journal of Engineering Science and Application**, 3(2), 102-109.
- Pratik, A.S., Abhishek, R.S., Tushar, A.N., Prem, R.V., & Girish, S.M. (2023). Design and Fabrication of Plastic Shredder. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**, 11(6), 181-187.
- Raji, A.N., Kuku, O.R., Ojo, S.S., & Hunvu, M.S. (2020). Design Development and Performance Evolution of Waste Plastic Shredder. **Journal of Production Engineering**, 23(1), 22-28.
- Suliman, M.S., & Johar, M.A. (2022). Development of Shredding Machine for Plastic Recycling. **Research Progress in Mechanical and Manufacturing Engineering**, 3(1), 160-169.
- Sunil, M., Vishwas, N., Shivprakash, B., & Dipali, B. (2021). Design and Fabrication of Low Cost Plastic Shredder. **International Journal of Research in Engineering, Science and Management**, 4(5), 4-5.



- Tolulope, A.O. (2016). Design Consideration of a Plastic Shredder in Recycling Processes. **International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering**, 10(11), 1831-1834.
- Vaibhav, E., Swapnil, Y., Raut, S.V., & Kondhalkar, G.E. (2020). Case Study and Development of Plastic Shredding Machine. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, 7(5), 2367-2370.
- VijayAnanth, S., Sureshkumar, T.N., Dhanasekaran, C., & Aravindh, K.A. (2018). Design and Fabrication of Plastic Shredder Machine for Clean Environment. **International Journal of Management, Technology and Engineering**, 8(12), 4601- 4606.
- Vikramshimha, D., Venkatesh, P., Yugendhar, S.S., Prasanth, D., Kumar, S., & Naidu, J.R. (2023). Design and Fabrication of Plastic Shredder Machine. **International Journal of Research Publication and Reviews**, 4(6), 1816-1821.