การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยไม้
Design and Construction of a Wood Chipper

Received : November 9, 2020
Revised : December 18, 2020
Accepted : December 18, 2020

อนุรักษ์ มะโนมัย, วศ.ม. (Anurak Manomai, M.Eng.)[1*]
รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย, วท.ม. (Rapeepun Leakmuinwai, M.Sc.)[2]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อออกแบบและจัดสร้างเครื่องย่อยไม้แบบลากจูงและทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน

วิธีการวิจัย: ทำการออกแบบเครื่องย่อยไม้ จัดสร้างและทำการทดสอบโดยมีการกำหนดความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบการย่อยไม้อยู่ที่ 1150 รอบต่อนาที 1800 รอบต่อนาทีและที่ความเร็วรอบ 2450 รอบต่อนาที เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะกับการใช้งานย่อยกิ่งไม้ ได้มีการเลือกชนิดไม้ที่มีอยู่ในท้องถิ่นเช่น ไม้กระถิน ไม้ตะขบ ไม้สะเดา และไม้กระถินณรงค์ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และความยาว 45 เซนติเมตรมาทำการย่อยทดสอบ เครื่องย่อยไม้นี้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลทางการเกษตรขนาด 11 แรงม้า เป็นตัวต้นกำลังขับและใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังไปยังชุดย่อยไม้ ขณะทำการทดสอบได้เก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องย่อย อัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน ลักษณะไม้ที่ได้จากการย่อยเพื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพของเครื่องย่อยไม้ที่ออกแบบ

ผลการวิจัย: พบว่าที่ความเร็วรอบ 1150 รอบต่อนาที ไม้กระถินและไม้ตะขบสามารถตัดย่อยได้แต่ไม้สะเดาและไม้กระถินณรงค์ เมื่อป้อนไม้เข้าไปจะทำให้เครื่องมีอาการกระตุกและดับ ที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที สามารถย่อยไม้ได้ทุกชนิดและไม้ที่ได้จากการย่อยมีลักษณะเป็นชิ้นมีความละเอียดเล็กน้อย ขณะที่ความเร็วรอบ 2450 รอบต่อนาที สามารถย่อยไม้ได้ทุกชนิดโดยไม้ที่ได้จากการย่อยมีลักษณะละเอียดมากและใช้เวลาในการย่อยน้อยกว่าความเร็วรอบอื่นๆ แต่สิ้นเปลืองน้ำมันมากที่สุด โดยความเร็วรอบที่ให้อัตราการสิ้นเปลืองดีที่สุดอยู่ที่ 1800 รอบต่อนาที โดยคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลือง 0.98 ลิตรต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: เครื่องย่อยไม้, ความเร็วรอบ, อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

[1,2]อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
(Lecturer, Mechanical Engineering Branch, Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University)
[*]ผู้เขียนหลัก (Corresponding author)
E-mail: anurak_man@vu.ac.th

Abstract

Objective: To design and construct a mobile wood chipper and to test its performance.

Method: Designing, constructing and testing the mobile wood chipper. To determine the suitable speed for the wood chipping process, the engine speed was tested at 1150 rounds per minute (rpm), 1800 rpm and 2450 rpm. The wood samples with diameter of 4 inches and length of 45 centimeters were selected from local species such as Acacia wood, Jam tree wood, Neem wood and Narong Acacia wood. This wood chipper was powered by an 11-horsepower agricultural diesel engine and used the belt to transmit the power to the wood chipper. During the test, the information of the operation of the chipper, the fuel consumption rate and the characteristics of the chipped wood were collected to evaluate the performance of the designed wood chipper.

Results: At the speed of 1150 rpm, the wood chipper was able to break the Acacia wood and Jam tree wood into chips unlike the Neem wood and Narong Acacia wood which caused the machine to jerk and shut down. At the speed of 1800 rpm, the machine was able to chip all of the wood samples and the wood obtained from the chipping process had a slight finely shape. At the speed of 2450 rpm, the machine was able to chip all of the wood samples and the wood obtained from the chipping process was finely shaped. The latest speed took the least time to chip the samples but it also had the highest fuel consumption rate. The speed which had the most efficient fuel consumption rate was 1800 rpm with the fuel consumption of 0.98 liters per hour.

Keywords: wood chipper machine, speed, fuel consumption rate

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีต้นไม้ในทุกที่เป็นจำนวนมาก ทำให้มีเศษวัสดุธรรมชาติมากมายที่ต้องถูกกำจัด ถ้าไม่มีการดำเนินการใดๆจะทำให้เกิดปัญหาขยะตามมา วัสดุธรรมชาตินั้นถ้ามีขนาดใหญ่แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเองจะใช้ระยะเวลานานในการย่อยสลาย (นภารัตน์ ไวยเจริญ, ศรัญญา ปานพืช, รอกิ มะแซ และ วรรณวิมล ศรีคง, 2561) และถ้าจะขนถ่ายไปกำจัดในสถานที่ที่จัดไว้ก็มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น ดังนั้นถ้ามีอุปกรณ์ที่สามารถช่วยให้วัสดุธรรมชาติสามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วหรืออุปกรณ์นั้นสามารถทำให้วัสดุที่มีขนาดใหญ่มีขนาดเล็กลงเพื่อการขนส่ง หรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆย่อมเป็นผลดีโดยเฉพาะกับภาคเกษตรกรรม ดังนั้น ขนาดของวัตถุที่สามารถทำให้เล็กลงได้ย่อมมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะทำให้เกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น สารอินทรีย์นั้นนิยมที่จะนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก ขนาดของสารอินทรีย์ที่จะทำการย่อยสลายเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง ที่ช่วยให้ได้ปุ๋ยที่เร็วหรือช้า ถ้าวัตถุมีขนาดเล็กและสภาวะอื่นๆเหมาะสม การสลายตัวของวัตถุจะเป็นไปอย่างรวดเร็วภายในหนึ่งสัปดาห์ แต่ถ้าวัตถุมีขนาดใหญ่ เช่น หญ้าทั้งต้นใบไม้ทั้งใบ ก็อาจใช้เวลาหลายเดือนหรือเป็นปี จึงจะใช้เป็นปุ๋ยได้แต่การย่อยสับเพื่อลดขนาดวัตถุเป็นงานที่สิ้นเปลืองเวลามาก ในอดีตมีผู้ศึกษาเรื่องเครื่องย่อยไม้ แต่ก็ยังพบข้อจำกัดต่างๆเช่น ประสิทธิภาพเครื่อง ขนาดและชนิดของไม้ที่เหมาะสมสำหรับการย่อย ขนาดของไม้ที่ทำการย่อยแล้วยังไม่เป็นไปตามที่

ต้องการ ความยุ่งยากในการใช้งาน ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เป็นต้น (โชคอนันต์ พันหลวง, สมมิตร นวลมา และ อนุรักษ์ เทศสวัสดิ์, 2554; พรชัย แย้มบาน, จรัญ ทวยจันทร์ และทรงศักดิ์ ลือจันดา, 2560; Hellstrom, Gulliksson, & Carlberg, 2010 ; Ismail & Ghazy, 2016) ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาและพัฒนาเครื่องทุ่นแรง เพื่อใช้ในการย่อยลดขนาดวัสดุธรรมชาติเช่น กิ่งไม้

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบ จัดสร้างและทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องย่อยไม้ โดยนำเอากิ่งไม้ที่ถูกตัดทิ้งไม่ได้ใช้ประโยชน์มาทำการย่อย โดยใช้เครื่องยนต์ทางการเกษตรเป็นต้นกำลัง เครื่องย่อยไม้จะผลิตขึ้นจากวัสดุที่หาได้ง่ายในพื้นที่ สามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ง่ายไม่มีความยุ่งยากในการใช้งาน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องย่อยไม้ ที่เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่

2.2 เพื่อศึกษาความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่เหมาะสมสำหรับการย่อยไม้

2.3 เพื่อวิเคราะห์อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องย่อยไม้ที่ออกแบบ

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบโดยมีข้อกำหนดดังนี้

3.1.1 โครงสร้างทำด้วยเหล็กแผ่น และเหล็กฉาก ส่วนตัวเครื่องติดตั้งบนล้อเลื่อนลากจูง สามารถเคลื่อนย้ายจุดติดตั้งได้ตามประสงค์ มีความกว้าง 40 ซม. ยาว 80 ซม. สูง 80 ซม. น้ำหนักไม่เกิน 400 กิโลกรัม

3.1.2 เครื่องยนต์คูโบต้า ขนาด 11 แรงม้า เป็นตัวต้นกำลัง

3.1.3 ส่งกำลังด้วยสายพานคู่

3.1.4 ชุดใบมีดตัด จำนวน 2 ใบ

3.2 ทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานกับไม้ 4 ชนิดคือ ไม้กระถิน ไม้ตะขบ ไม้สะเดา และไม้กระถินณรงค์ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และความยาว 45 ซม.

3.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบและหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการทำงาน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบเครื่องในส่วนสำคัญดังนี้

4.1 การออกแบบเพลา (วรพจน์ ศรีวงษ์คล, 2530) ได้ทำการออกแบบเพลาตาม ASME CODE เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร เนื่องจากเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลาหรือแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ความเสียหายส่วนใหญ่ที่เกิดเป็นผลจากความล้า แต่วิธีการออกแบบเป็นวิธีสถิติศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) เข้ามาเกี่ยวข้องในการคำนวณหาขนาดของเพลาสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau_d}[(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{\frac{1}{2}} \qquad (1)$$

เมื่อ

C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

d = ขนาดของเพลาที่ต้องการหา (m)

M = โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นในเพลา (N.m)

T = แรงบิดของเพลาที่เกิดขึ้น (N.m)

4.2 การออกแบบกำลังเพื่อเลือกใช้มอเตอร์ มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังเพื่อส่งกำลังไปยังอุปกรณ์ชุดต่าง ๆ เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ดังนั้นจึงต้องคำนวณกำลังจากส่วนต่าง ๆ ก่อนแล้วนำมารวมกันเพื่อให้ได้กำลังที่ต้องการ แล้วจึงเลือกใช้มอเตอร์ให้มีกำลังงานตามที่ต้องการ ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณกำลังหาได้จาก

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \quad (2)$$

โดยที่

P = กำลังของมอเตอร์ (watt)

T = แรงบิด (N.m)

n = ความเร็วรอบ (rpm)

4.3 การออกแบบขนาดของพลูเลย์ ในการออกแบบเพื่อสร้างเครื่องย่อยไม้จำเป็นต้องใช้ความเร็วรอบในการหมุนที่เหมาะสมสำหรับการย่อย แต่มอเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังในการส่งกำลังไปยังชิ้นส่วนต่างๆ ไม่สามารถปรับระดับความเร็วได้จึงจำเป็นต้องใช้การทดพลูเลย์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ สามารถคำนวณหาขนาดของพลูเลย์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราทด} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

เมื่อ n_1 = ความเร็วรอบของมอเตอร์

n_2 = ความเร็วรอบของเพลา

D_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพลูเลย์มอเตอร์

D_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพลูเลย์ตัวตาม

5. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

5.1 การสร้างเครื่องย่อยไม้

จัดสร้างเครื่องย่อยไม้ที่มีส่วนประกอบดังนี้

5.1.1 ฝาครอบชุดใบตัดไม้

5.1.2 ปากช่องป้อนท่อนไม้

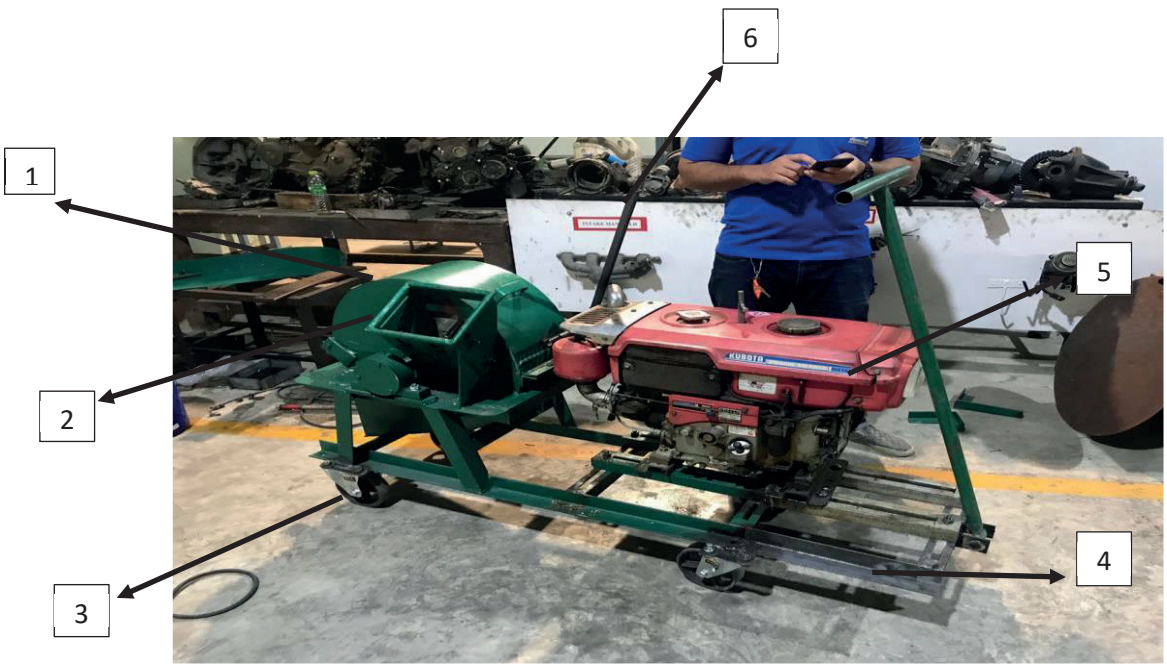
5.1.3 ล้อสำหรับเคลื่อนที่

5.1.4 โครงเครื่อง

5.1.5 เครื่องยนต์คูโบต้า

5.1.6 คันโยกสำหรับตึงสายพาน

ส่วนประกอบของเครื่องย่อยไม้ได้แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องย่อยไม้

ในการทดสอบเครื่องย่อยไม้ ได้พิจารณาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการย่อยไม้ ซึ่งได้แก่ ชนิดของไม้ ความเร็วรอบของเครื่องย่อยไม้ และเวลาที่ใช้ในการย่อย เริ่มทดสอบด้วยความเร็วรอบ 1150 รอบต่อนาที (rpm) เตรียมไม้แต่ละชนิดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วความยาว 45 ซม. ชั่งน้ำหนักท่อนไม้ก่อนนำเข้าเครื่องย่อย ป้อนท่อนไม้แล้วทำการจับเวลาการย่อย และชั่งน้ำหนักเศษไม้ที่ผ่านการย่อย ทำการทดสอบ 3 ครั้งต่อชนิดไม้ จากนั้นทดสอบที่ความเร็วรอบ 1800 rpm และ 2450 rpm ตามวิธีที่กล่าวข้างต้น ผลจากการย่อยดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 การไหลออกของกิ่งไม้ที่ถูกย่อย

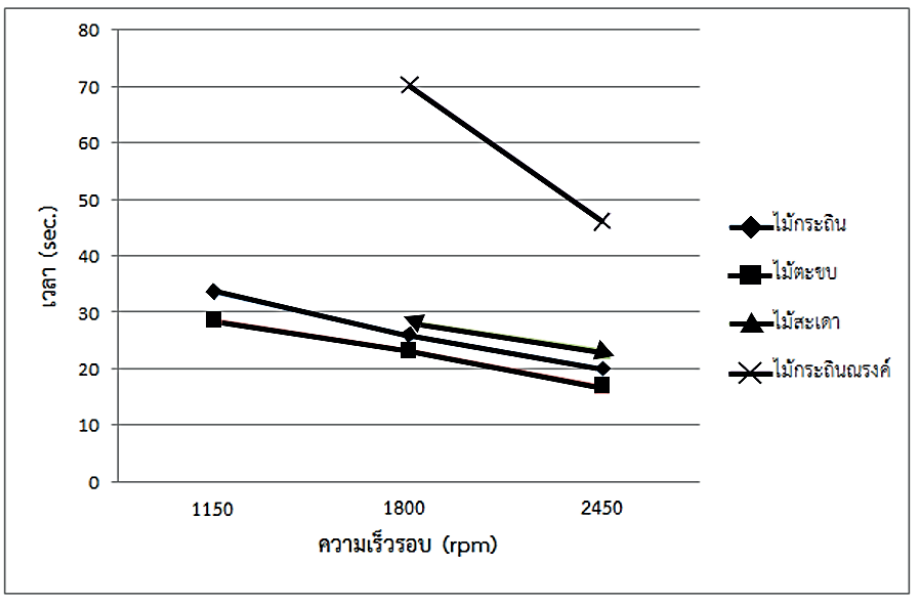
5.2 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบเป็นไปดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเครื่องย่อยไม้

	ไม้กระถิน			ไม้ตะขบ			ไม้สะเดา			ไม้กระถินณรงค์		
รอบเครื่อง (rpm)	1150	1800	2450	1150	1800	2450	1150	1800	2450	1150	1800	2450
น้ำหนักเฉลี่ยก่อนย่อย (g)	3616	3633	3616	3283	3316	3366	-	3633	3516	-	5100	4916
น้ำหนักเฉลี่ยหลังย่อย (g)	3566	3593	3570	3213	3270	3336	-	3576	3470	-	5023	4860
น้ำหนักเฉลี่ยที่สูญเสีย (g)	50	40	46	70	46	30	-	56	46	-	76	56
เวลาเฉลี่ยที่ทดสอบ (s)	33.57	25.97	19.96	28.52	23.23	16.89	-	28.27	23.20	-	70.30	46.28

จากการทดสอบพบว่าที่ความเร็วรอบ 1150 rpm ซึ่งเป็นความเร็วต่ำสุดของการทดสอบ ไม้สะเดาและไม้กระถินณรงค์ ไม่สามารถย่อยได้ เนื่องจากตอนป้อนไม้เข้าเครื่องย่อยเครื่องยนต์จะเกิดการกระตุกจนเครื่องยนต์ดับ ไม้ที่ใช้เวลาน้อยที่สุดในการย่อยทุกความเร็วรอบคือ ไม้ตะขบดังแสดงในภาพที่ 3 และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มจะทำให้เวลาในการย่อยลดลงและให้ความละเอียดของไม้ที่ถูกย่อยมากขึ้น โดยไม้กระถินณรงค์จะมีอัตราลดของเวลาที่ใช้ย่อยมากกว่าไม้ชนิดอื่นเมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 1800 rpm เป็น 2450 rpm



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับเวลาในการย่อยไม้ทั้ง 4 ชนิด

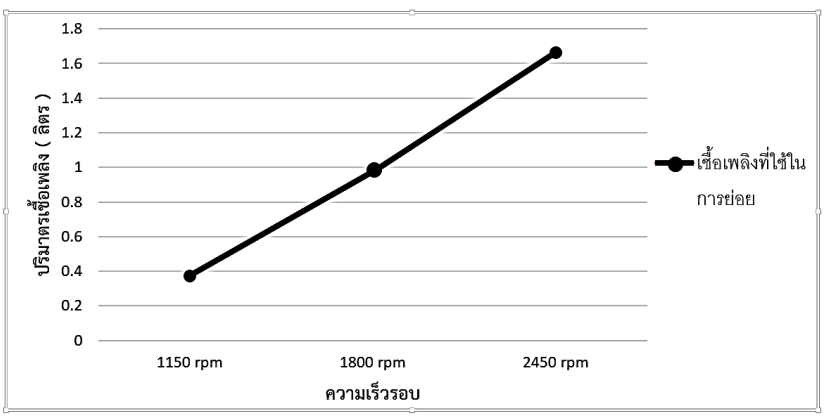
ผลการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องย่อยไม้ที่ทำงาน 1 ชั่วโมงได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และภาพที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วรอบต่ำจะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่าความเร็วรอบสูง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้กับการย่อยไม้ 1 ท่อนสำหรับไม้แต่ละชนิดจะพบว่า ไม้ตะขบจะใช้ปริมาณเชื้อเพลิงน้อยที่สุด ไม้กระถิน ไม้สะเดา และไม้กระถินณรงค์จะมีการสิ้นเปลืองมากขึ้นตามลำดับ
ดังแสดงในภาพที่ 5

ตารางที่ 2 ผลการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องย่อยไม้ที่ความเร็วรอบต่างๆ

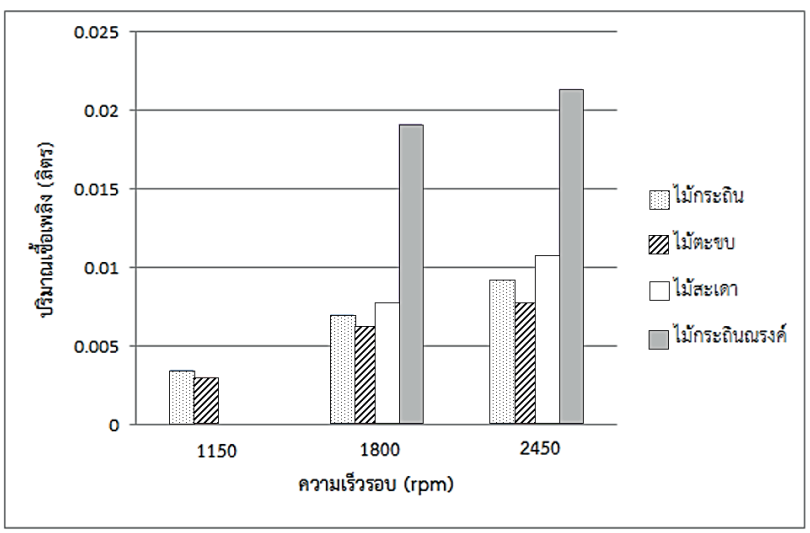
ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ครั้งที่	เชื้อเพลิงก่อนย่อย (ลิตร)	เชื้อเพลิงหลังย่อย (ลิตร)	เชื้อเพลิงที่ใช้ย่อย (ลิตร)	เวลาที่ใช้ในการย่อย (ชั่วโมง)
1150	1	2	1.58	0.42	1
	2	2	1.65	0.35	1
	3	2	1.62	0.38	1
	เฉลี่ย	2	1.61	0.38	1

ตารางที่ 2 ผลการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องย่อยไม้ที่ความเร็วรอบต่างๆ (ต่อ)

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ครั้งที่	เชื้อเพลิงก่อนย่อย (ลิตร)	เชื้อเพลิงหลังย่อย (ลิตร)	เชื้อเพลิงที่ใช้ย่อย (ลิตร)	เวลาที่ใช้ในการย่อย (ชั่วโมง)
1800	1	2	1.004	0.996	1
	2	2	1.01	0.99	1
	3	2	1.02	0.98	1
	เฉลี่ย	2	1.01	0.98	1
2450	1	2	0.34	1.66	1
	2	2	0.32	1.68	1
	3	2	0.34	1.66	1
	เฉลี่ย	2	0.33	1.66	1

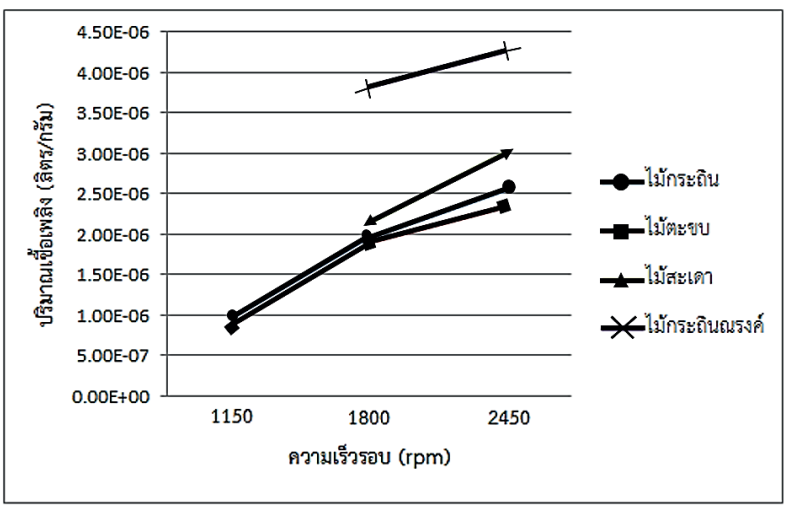


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้



ภาพที่ 5 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการย่อยไม้ชนิดต่างๆ

เมื่อพิจารณาปริมาณเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นโดยเทียบกับน้ำหนักไม้แต่ละชนิดที่ทำการย่อยพบว่า สำหรับไม้กระถินและไม้ตะขบเมื่อความเร็วรอบเพิ่มจาก 1800 rpm เป็น 2450 rpm ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จะมีอัตราลดลงเมื่อเทียบกับการเพิ่มความเร็วรอบจาก 1150 rpm เป็น 1800 rpm ดังแสดงในภาพที่ 6 แสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องที่ความเร็วรอบสูงจะดีกว่าความเร็วรอบต่ำเมื่อทำการย่อยไม้



ภาพที่ 6 อัตราการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงในการย่อยไม้ชนิดต่างๆ

6. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดสอบ

การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยไม้สามารถทำได้ตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้และทำการทดสอบการทำงานของเครื่องย่อยไม้กับไม้ 4 ชนิดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วยาว 45 ซม. ที่ความเร็วรอบ 1150 rpm เครื่องไม่สามารถย่อยไม้สะเดาและไม้กระถินณรงค์ได้โดยเครื่องจะเกิดการกระตุกจนเครื่องยนต์ดับไป ส่วนไม้กระถินและไม้ตะขบสามารถย่อยได้เป็นอย่างดี เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเป็น 1800 rpm และ 2450 rpm เครื่องสามารถย่อยไม้ได้ทุกชนิดที่ทำการทดสอบ โดยไม้กระถินจะใช้เวลาย่อยน้อยที่สุดต่อมาคือไม้ตะขบ ไม้สะเดาและไม้กระถินณรงค์ตามลำดับ และเมื่อความเร็วรอบมากขึ้นวัสดุที่ได้จากการย่อยจะมีความละเอียดมากขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นโดยเทียบกับน้ำหนักไม้แต่ละชนิดที่ทำการย่อยพบว่า ไม้กระถิน ไม้ตะขบ ไม้สะเดาและไม้กระถินณรงค์มีการใช้เชื้อเพลิงในการย่อยสูงขึ้นตามลำดับโดยความเร็วรอบที่ให้อัตราการสิ้นเปลืองดีที่สุดอยู่ที่ 1800 รอบต่อนาที โดยคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลือง 0.98 ลิตรต่อชั่วโมงและประสิทธิภาพของเครื่องที่ความเร็วรอบสูงจะดีกว่าความเร็วรอบต่ำเมื่อทำการย่อยไม้

6.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

6.2.1 เพิ่มอุปกรณ์ช่วยดันป้อนท่อนไม้เข้าเครื่องย่อย เพื่อป้องกันการกระเด็นของท่อนไม้ขณะป้อนไม้เข้าเครื่องย่อย

6.2.2 เพิ่มขนาดของพูลเลย์เครื่องยนต์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบชุดตัดที่เร็วขึ้น ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพในการย่อยไม้ที่ดีขึ้น

6.2.3 แก้ปัญหาเสียงดังขณะเครื่องทำงาน เนื่องจากเมื่อใส่ไม้เข้าไปในช่องป้อนจะเกิดการกระเด็นของไม้ไปตีกับช่องป้อนทำให้เกิดเสียงดังได้

6.2.4 เกิดการฟุ้งกระจายของเศษไม้ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นขณะที่เครื่องทำงาน

7. เอกสารอ้างอิง

1. โชคอนันต์ พันหลวง, สมมิตร นวลมา และอนุรักษ์ เทศสวัสดิ์. (2554). *เครื่องย่อยใบไม้กิ่งไม้*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
2. นภารัตน์ ไวยเจริญ, ศรัญญา ปานพืช, รอกิ มะแซ และ วรรณวิมล ศรีคง. (2561). การจัดการมูลฝอยจากตลาดสดและเศษวัสดุสีเขียวภายในมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 14*(3), 33–43.
3. พรชัย แย้มบาน, จรัญ ทวยจันทร์ และทรงศักดิ์ ลือจันดา. (2560). การพัฒนาเครื่องย่อยกิ่งไม้ใบไม้, *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา, 1*(1), 16-26.
4. วรพจน์ ศรีวงษ์คล. (2530). *ออกแบบเครื่องจักรกล 1*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.
5. Hellstrom, L. M., Gulliksson, M., & Carlberg, T. (2010). A laboratory wood chipper for chipping under realistic conditions, *Experiment Mechanics,* 10 pages. DOI: 10.1007/s11340-010-9452-1.
6. Ismail, Z. E. & Ghazy, M. I. (2016). Influence of drum chipper setting on the wood chips performance, *Misr Journal of Agriculture Engineering, 33*(4), 1293 – 1312.