

การพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้

The Development of Commercial Leaf and Branch Shredding Machine

อดุลย์ พุกอินทร์^{1*} พลิศภัทร์ คำฟู² สมเจตน์ บุญชื่น³ สุวัจชัย วัชรถาวรศักดิ์⁴ และผกามาศ พุกอินทร์⁵

^{1, 2, 3} อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

⁴ อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก

⁵ อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาการบัญชี วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรดิตถ์

Adul Phuk-in^{1*} Phalitphat Khumfu² Somjate bunchuen³

Suwaschai Watcharatavorasak⁴ and Pakamas Phuk-in⁵

^{1, 2, 3} Assistant Professor, Bachelor of Technology, Program in Industrial Technology,
Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

⁴ Professor, Bachelor of Technology, Program in Mold and Die Technology (Continuing Program)

⁵ Professor, Bachelor of Technology, Program in Accounting, Uttaradit Vocational College.

E-mail: Adun999@gmail.com, Tel. (055) 416625, Fax. (055) 416625

บทคัดย่อ

งานวิจัยเพื่อการพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้ในครั้งนี้ ได้ดำเนินการร่วมกับบริษัท ฮาเวสเตอร์เซลส์แอนด์ เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดแพร่ เป็นผู้ร่วมทุนวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดต้นทุนการผลิต และการนำเข้าชิ้นส่วนจากต่างประเทศ การพัฒนาเครื่องใช้วัสดุที่มีการผลิตจากการวิจัย โดยกรรมวิธีการหล่อ ขึ้นรูปเหล็กประกบกับใช้กับแบริ่งขนาด 6308 ที่มีความสามารถในการรับแรง และลดระยะเวลาในการขึ้นรูป การวิจัยได้มีการขึ้นรูปชิ้นส่วนโดยใช้กรรมวิธีการกลึง การไส การกัด และการเชื่อมประกอบ การพัฒนาเครื่อง สับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์นั้น ผู้ประกอบการมีความต้องการในพัฒนาการทำงานของระบบ โดยเพิ่มเครื่อง เจนเนอเรเตอร์ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า และผ่านกล่องควบคุมที่สามารถวัดปริมาณไฟฟ้าที่มีฟังก์ชัน การทำงานที่ใช้ระบบไฟฟ้าได้ การออกแบบการทดลอง พบว่า การสับย่อยไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2 ถึง 4 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 4 ถึง 6 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6 เซนติเมตรขึ้นไป โดยเครื่องสามารถย่อยได้ดี และการออกแบบการย่อยกิ่งไม้สดจะมีขนาดความหนาเฉลี่ย 1.91 เซนติเมตร และกิ่งไม้แห้งจะมีขนาดความหนาเฉลี่ย 1.90 เซนติเมตร

การวิจัยได้มีการนำเครื่องสับย่อยไม้ลงพื้นที่เป้าหมาย เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการ ร่วมวิจัยและการสร้างตลาดใหม่ โดยกำหนดพื้นที่ 2 แหล่ง คือ การถ่ายทอดเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ ณ สำนักงานเทศบาลตำบลหาดกรวด ตั้งอยู่ที่ตำบลหาดกรวด อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ มีค่าความพึงพอใจ เฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และการถ่ายทอดเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ ณ สำนักงานเทศบาลตำบลน้ำริด ตั้งอยู่ที่ ตำบลน้ำริด อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 การวิจัยจึงเป็นไปตาม วัตถุประสงค์การวิจัย

คำสำคัญ: เครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์, การออกแบบการสับย่อยไม้, ศักยภาพการผลิต, เหล็กชุดโครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้

Abstract

In this research, the commercial leaf and branch shredding machine was developed. The research was mutually conducted with Harvester Sales and Service (Thailand) Company Limited (the co-researcher) with the office located in Phrae Province. The leaf and branch shredding machine was focused on its usages, performance and efficiency. For the processing, machined was manufactured by casting flat brace for using with 6308 bearing which exhibits high strength property and could resist the compression. Besides, 6308 bearing was also easier to manufacture which consumed less time production. The samples were prepared using turning, shaving, etching and joining, respectively.

For development of commercial leaf and branch shredding machine, the entrepreneur's objection was system improvement by using generator which could generate electric current of 1,500 rounds per minute and electric potential of 220 volts. Both of current and potential were controlled via controlled box which could measure an occur quantity of electric. After the determination, it was found that the machine showed good results for mincing woods which could observe from the samples with diameter of 2-4 cm, 4.6 cm and more than 6 cm, respectively. Furthermore, the machine was examined with fresh and dry branches and it had been seen that the nearly closed average size of branched after shredding was 1.91 cm and 1.90 cm for fresh and dry branched, respectively.

In addition, the research group had distributed and instructed about shredding machine to the entrepreneur and cooperated to create the new market in 2 areas. Firstly, distribution the commercial leads and branch shredding technology to Hat Kruat Subdistrict Municipality, Hat Kruat Subdistrict, Muang District, Uttaradit. The total average value was 4.32. Secondly, distribution the commercial leads and branch shredding technology to to Nam Rid Subdistrict Municipality, Nam Rid Subdistrict, Muang District, Uttaradit. The total average value was 4.06. From the obtained evaluation values, it could be said that the research was accomplished and achieve the objectives.

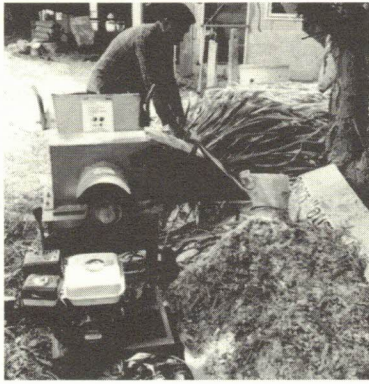
Keywords: Wood Chippers for Commercial Purpose, Wood Chipping Design, Productivity, Structural Steel of Wood Chipper.

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะนับว่าเป็นปัญหาที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นทั้งในระดับชุมชน ระดับประเทศ และระดับโลก เนื่องมาจากประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในชุมชนเมือง หรือเทศบาลอำเภอ เทศบาลตำบล เมื่อประชากรในชนบทหลังไหลเข้ามาหางานทำในชุมชนเมืองมากขึ้น และสิ่งที่ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ ขยะที่มีมากขึ้นตามไปด้วย รวมไปถึงเศษวัสดุที่ไม่ต้องการจากการตัดแต่งกิ่งและจากการตัดต้นไม้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของเมือง การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกสบาย การอยู่อาศัยอย่างหนาแน่นก็เป็นสาเหตุหนึ่ง หากใช้วิธีการกำจัดที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ย่อมก่อให้เกิดปัญหาตามมา (ขยะในสังคมไทย, 2562)

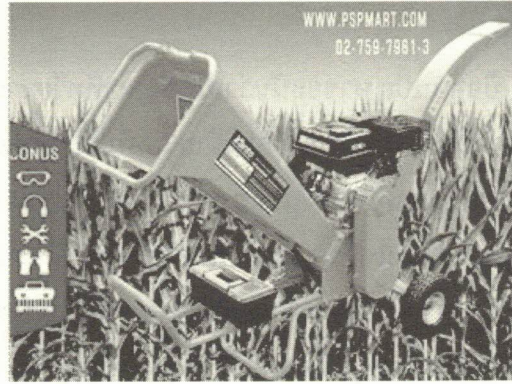
การวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาเครื่องจักรที่ใช้สับย่อยเศษไม้ กิ่งไม้ ที่เป็นเป้าหมายสำคัญของการบูรณาการที่สำคัญในการพัฒนาธุรกิจของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแบบก้าวกระโดดของบริษัทฮาวเอสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งอยู่ที่ 26/1-5 ตำบลในเวียง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ บริษัทเป็นตัวแทนจำหน่ายเครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบอาชีพ และใช้ในหน่วยงานราชการ โดยได้รับการเป็นตัวแทนจำหน่ายเครื่องจักรหลากหลายชนิด เช่น เครื่องเลื่อยตัดไม้ เครื่องปั่นไฟ เครื่องย่อย กิ่งไม้ และอื่นๆ บริษัทมีทุนจดทะเบียน 1,000,000 บาท มีมูลค่าการตลาดมากกว่า 15 ล้านบาทต่อปี ปัญหาที่ผู้ประกอบการพบ คือ บริษัทได้นำเข้าเครื่องจักรจากบริษัทต่างประเทศ เครื่องจักรที่นำเข้า เช่น เครื่องเลื่อยยนต์ เครื่องปั่นไฟฟ้า เครื่องสับย่อย และอื่นๆ จากปัญหาและความต้องการของผู้ประกอบการนี้ พบว่าผู้ประกอบการต้องการที่จะพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ โดยไม่พึ่งพาการนำเข้าเทคโนโลยีเครื่องจักรจากต่างประเทศ เนื่องจากประสบปัญหาวัสดุของเครื่องจักรไม่คงทน การซ่อมบำรุงของอะไหล่บางชิ้นต้องใช้เวลาการรออะไหล่เวลานาน และหาได้ยาก รูปแบบไม่ตรงตามความต้องการ และคุณภาพของสินค้าไม่ดี จึงมีแนวคิดกับกลุ่มผู้วิจัยในการพัฒนาเครื่องสับย่อยเศษไม้ ย่อยใบไม้ ย่อยกิ่งไม้ ที่เป็นของเหลือใช้ในพื้นที่ชุมชน เพื่อตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของกลุ่มเป้าหมายเดิม

การสำรวจ (Literature Review) หรือสำรวจเครื่องจักรที่มีอยู่ในปัจจุบัน การศึกษาข้อมูลเครื่องสับต่างๆ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เครื่องสับย่อยวัชพืชใช้เครื่องยนต์ 6.5 แรงม้า สามารถบดกิ่งไม้ขนาดความหนาไม่เกิน 2 นิ้ว มีความสามารถในการสับย่อยต้นกล้วย ลูกมะพร้าวสด-แห้ง ใผ่ กิ่งไม้ยางพารา ต้นหมาก หญ้าเนเปียร์ ต้นอ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง กิ่งปาล์ม ฟาง เปลือกหอยได้ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องสับย่อยที่มีจำหน่าย

ที่มา : <http://www.chipperthai.com>



ภาพที่ 2 เครื่องย่อยกิ่งไม้นำเข้าจากต่างประเทศ

ที่มา : <https://www.nanagarden.com>

เครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ ของบริษัทได้นำเข้าเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ โดยใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ขนาด 6.5 แรงม้า มีระบบสตาร์ทมือ ความสามารถในการย่อยกิ่งไม้ได้ 2-3 นิ้ว มีจำนวนใบมีด 2 ใบ (1 คู่) ความเร็วตัด 2,400 รอบต่อนาที ระบบการขับเคลื่อนผ่านมูเลย์ส่งกำลังด้วยสายพาน

ผู้ประกอบการและกลุ่มผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจะผสมผสานองค์ความรู้จากนักวิจัยในสาขาที่สามารถพัฒนาแนวความคิดนี้ได้ และจะทำการพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ โดยการออกแบบและพัฒนาเครื่องใหม่ให้สามารถทำงานให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ได้มากกว่าเครื่องที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และตอบสนองตลาดกลุ่มลูกค้าภาครัฐ กลุ่มภาคเกษตรกร และกลุ่มลูกค้าภาคเอกชน โดยการออกแบบให้มีระบบการสับย่อยไม้ที่หลากหลาย การออกแบบให้ทำการสับย่อยไม้ได้ปริมาณที่มากขึ้น และสามารถเคลื่อนย้ายได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องสับย่อยเศษวัสดุไม้ กิ่งไม้ สู่เชิงพาณิชย์
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสับย่อย โดยวิธีการทดลอง
- 2.3 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการที่ร่วมโครงการ

3. ขอบเขตของการวิจัย

โครงการวิจัย เพื่อพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้ให้สู่เชิงพาณิชย์ กลุ่มผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้

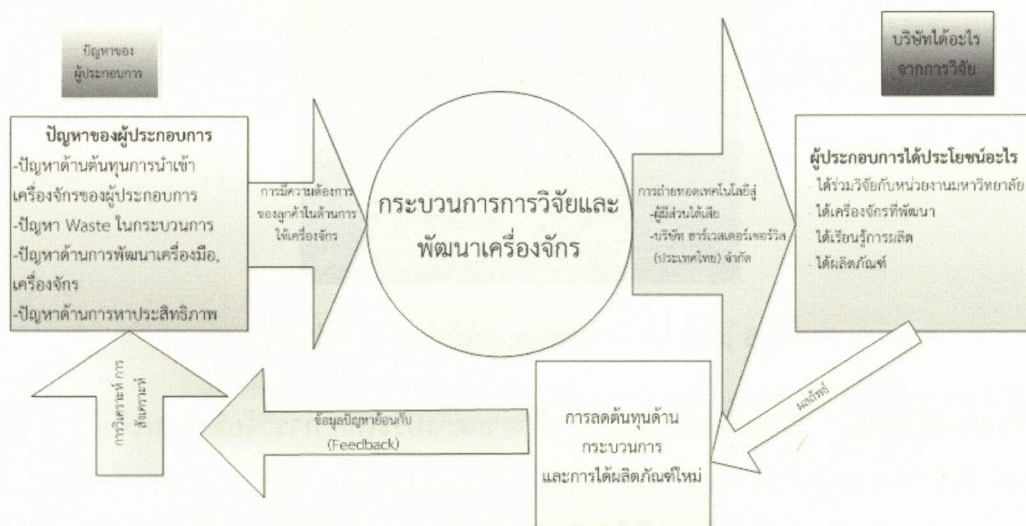
- 3.1 พัฒนาเครื่องสับย่อยไม้ โดย
 - 3.1.1 ใช้เครื่องยนต์ 2 จังหวะขนาด 14 แรงม้า เป็นต้นกำลัง
 - 3.1.2 การออกแบบการขึ้นรูปประกับแบร์ริง เป็นวัสดุอะไหล่ที่มีความแข็งแรง
 - 3.1.3 มีเครื่องเจนเนอเรเตอร์ประกอบเข้ากับเครื่องยนต์ และควบคุมแรงดันด้วยกล่องควบคุม
 - 3.1.4 ออกแบบชุดหัวสับย่อยไม้ที่พัฒนาขึ้นใหม่

3.2 ถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ และองค์ความรู้เพื่อการใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้เครื่องที่ได้พัฒนาของบริษัทฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด

3.3 ขอบเขตด้านพื้นที่ ได้แก่ การดำเนินโครงการวิจัยนี้กำหนดพื้นที่สำหรับดำเนินงานไว้เฉพาะ คือ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ พื้นที่บริษัทฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด โรงกลึงตุลย์ช่างกล ในการสร้าง ประกอบ ทดสอบ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีใช้พื้นที่สำนักงานเทศบาลตำบลหาดกรวด พื้นที่สำนักงานเทศบาลตำบลน้ำริดในการถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วม

4. กรอบความคิดในการวิจัย/สมมุติฐานการออกแบบและพัฒนา

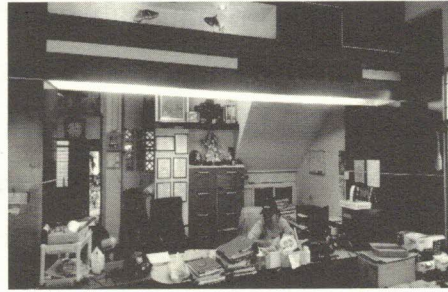
การดำเนินการวิจัยเริ่มตั้งแต่การศึกษาปัญหาความต้องการของผู้ประกอบการของลักษณะการทำงานของเครื่องสับย่อยไม้ในด้านปริมาณ ด้านคุณภาพสินค้า กลุ่มเป้าหมายการวิจัยพัฒนานี้ และนำมาพัฒนาเครื่องจักรให้เหมาะสมกับผู้ประกอบการที่ต้องการ โดยกำหนดการออกแบบการทดลอง และการเก็บข้อมูลสถิติอย่างเป็นระบบ รวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยี แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบความคิดในงานวิจัย

5. ศึกษาข้อมูล/การออกแบบเครื่อง

การสำรวจตลาดของบริษัทฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า การจัดจำหน่ายให้กับกลุ่มลูกค้าที่สั่งซื้อเครื่องจักรจากบริษัทที่มีการนำเข้าและจำหน่ายในหน่วยงานหลัก คือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย หน่วยงานเทศบาลเมือง หน่วยงานเทศบาลตำบล และองค์การบริหารส่วนตำบล ภาคเอกชน ภาคเกษตรกรรม และผู้ประกอบการอื่นๆ มียอดขายเครื่องสับย่อยไม้ 120 เครื่องต่อปี มีมูลค่าการตลาดมากกว่า 15 ล้านบาทต่อปี การวิเคราะห์ถึงผลลัพธ์ที่จะทำให้เกิดเศรษฐกิจที่ดีในชุมชน คือ การใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น ทำให้เกิดการจ้างงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น การเกิดมูลค่าการตลาด แสดงดังภาพที่ 4



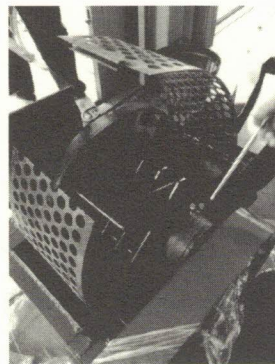
ภาพที่ 4 เครื่องจักรกลของบริษัท ฮาเวสเตอร์เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด

5.1 เครื่องสับย่อยไม้แบบเดิม การศึกษาข้อมูลเครื่องสับย่อยไม้แบบเดิมก่อนการพัฒนา มีปัจจัยเบื้องต้น คือ มีการนำเข้าชุดสับย่อยที่มีต้นทุนด้านราคาที่สูง วิธีการสร้างไม่เป็นไปตามความต้องการของบริษัท ประสิทธิภาพการทำงานด้อยคุณภาพ แสดงดังภาพที่ 5

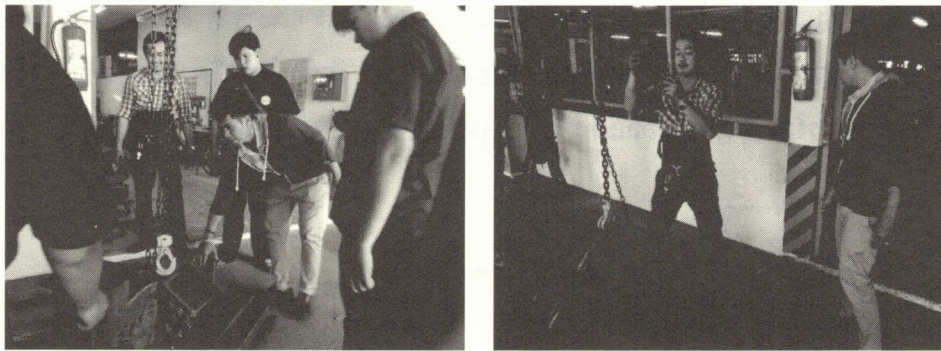


ภาพที่ 5 โครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้นำเข้าจากต่างประเทศ

จากภาพที่ 5 โครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้นำเข้าจากต่างประเทศ การวิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม ในส่วนของการตัดย่อยไม้ การออกแบบการทดลองส่วนของค่าความแข็งวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเครื่องสับย่อยไม้ ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ร่วมกับทีมวิจัยจากเครื่องต้นแบบ แสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 7



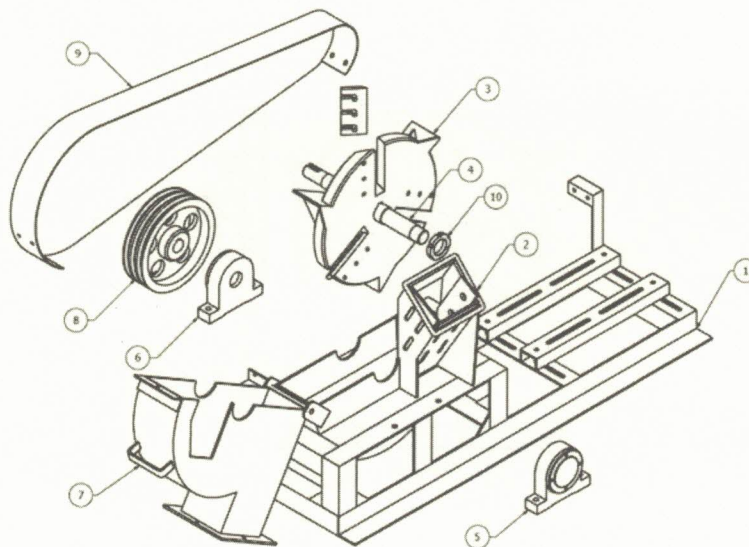
ภาพที่ 6 การถอดชุดใบตัดเครื่องสับย่อยแบบเดิม



ภาพที่ 7 การถอดและการวิเคราะห์ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ

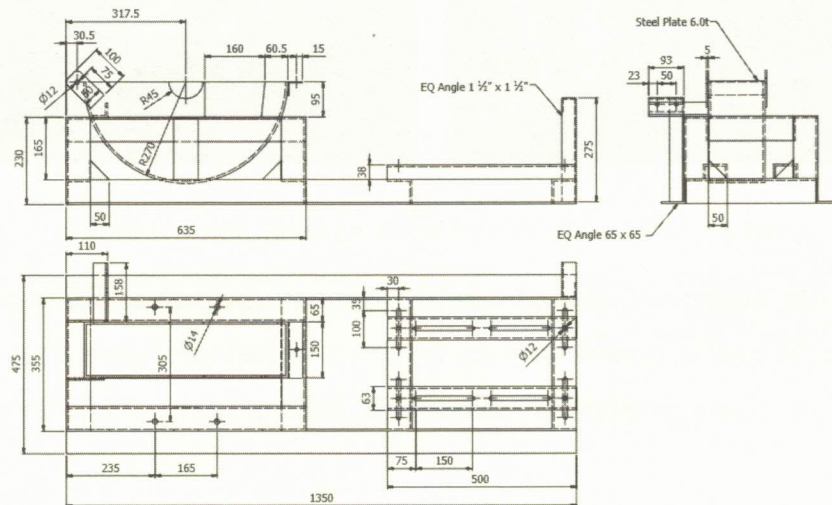
5.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้ การออกแบบเครื่องสับย่อยไม้ กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และการออกแบบเครื่องสับย่อยในส่วนต่างๆ คือ ส่วนของโครงสร้างหัวสับย่อย ส่วนการสับย่อย ส่วนขององศาของใบสับย่อย และส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีผลด้านประสิทธิภาพ และการเลือกใช้วัสดุตามรายละเอียดดังนี้

5.2.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องสับย่อย การออกแบบใช้ข้อมูลของการสับย่อยเดิมและความต้องการของผู้ประกอบการในการที่จะเลือกใช้เหล็กเหนียวที่เป็นวัสดุที่แข็งแรง และเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีการนำวัสดุโครงสร้างมาทดสอบเหล็กชุดโครงสร้างชั้นที่ 2 เหล็กชุดโครงสร้างชั้นที่ 7 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ $3,534 \text{ kgf/cm}^2$ เหล็กชุดโครงสร้างชั้นที่ 10 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ $2,709 \text{ kgf/cm}^2$ เหล็กชุดโครงสร้างชั้นที่ 1 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ $3,066 \text{ kgf/cm}^2$ แสดงการออกแบบโครงสร้าง ดังภาพที่ 8



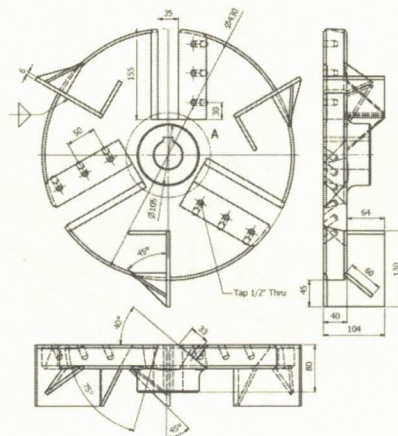
ภาพที่ 8 การออกแบบโครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้

การออกแบบชิ้นส่วนที่ 1 โครงสร้างรองรับฐานเครื่องต้นกำลัง และชุดหัวสับย่อย โดยการออกแบบใช้ เหล็กฉากขนาดความกว้าง 50.8 มิลลิเมตร และความยาว 50.8 มิลลิเมตร มีความยาวตัวโครงสร้าง 1,350 มิลลิเมตร ความกว้างโครงสร้าง 475 มิลลิเมตร ความสูงโครงสร้าง 230 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 9



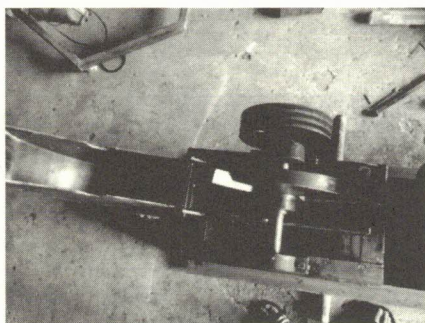
ภาพที่ 9 แบบโครงสร้างหัวสับย่อย

การออกแบบชิ้นส่วนที่ 3 โครงสร้างชุดหัวสับย่อย กลุ่มผู้วิจัยได้ออกแบบหัวสับที่มีลักษณะ ทรงกระบอก มีรูแกนเพลาสีร่อนลิ้มขนาด 16 มิลลิเมตร ขนาดความโตของชุดหัวสับย่อยเท่ากับ 430 มิลลิเมตร ขนาดความหนาเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีร่องใส่ใบสับย่อยจำนวน 3 ร่อง ขนาดองศาของร่อง เท่ากับ 50 องศา แต่ละร่องมีการตีปเกลียว $\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 3 รู ความโตของรูเพลาทเท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 10

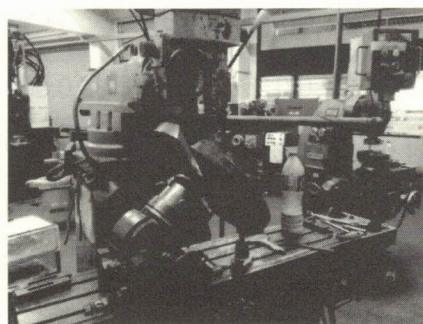
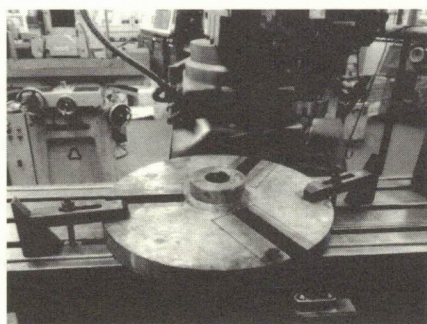


ภาพที่ 10 แบบโครงสร้างชุดหัวสับย่อย

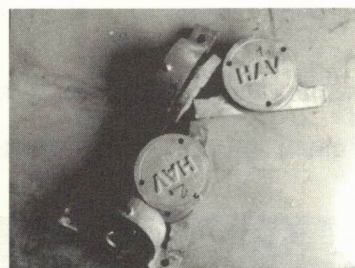
2.5.2 การพัฒนาสร้างเครื่องสับย่อยไม่ใช้การตัด และการเชื่อมประกอบจากเหล็กโครงสร้างฉาก ขนาด 50.8 x 50.8 มิลลิเมตร และการขึ้นรูปในส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 11 ถึงภาพที่ 13



ภาพที่ 11 โครงสร้างเครื่องสับย่อย



ภาพที่ 12 การขึ้นรูปชุดหัวสับย่อย



ภาพที่ 13 การหล่อขึ้นรูปประกบใช้กับแบริ่งขนาด 6308

การเลือกใช้วิธีการหล่อในการทำประกบแบริ่ง โดยการเทหล่อขึ้นรูปเหล็กประกบใช้กับแบริ่งขนาด 6308 โดยนักวิชาการด้านโลหะวิทยาในการวางแผนการหล่อเหล็กกับการวิจัยนี้ ได้ประกบที่เกิดจากการวิเคราะห์ออกแบบ การขึ้นรูปโมลตันแบบ และการหล่อ ส่งผลที่ดีให้กับผู้ประกอบการในการใช้งาน และได้ตรวจสอบปริมาณธาตุผสม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลปริมาณธาตุผสมตัวประกอบใช้กับแบร็งขนาด 6308

ทดสอบ	Fe %	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %
1	94.278	3.256	1.894	0.292	0.084	0.009	0.087	0.018	0.000
2	94.340	3.206	1.898	0.293	0.059	0.014	0.088	0.016	0.000
3	94.309	3.231	1.896	0.292	0.071	0.012	0.088	0.017	0.000
ค่าเฉลี่ย	94.309	3.231	1.896	0.293	0.071	0.011	0.087	0.017	0.000
ทดสอบ	Al %	Co %	Cu %	Ti %	V %	W %	Mg %	Sn %	B %
1	0.005	0.013	0.044	0.000	0.006	0.000	0.006	0.008	0.003
2	0.008	0.013	0.043	0.000	0.006	0.000	0.006	0.008	0.003
3	0.006	0.013	0.043	0.000	0.006	0.000	0.006	0.008	0.003
ค่าเฉลี่ย	0.01	0.013	0.26	0.000	0.006	0.000	0.006	0.008	0.003

จากตารางที่ 1 แสดงปริมาณธาตุผสมตัวประกอบใช้กับแบร็งขนาด 6308 ที่ได้จากการหล่อขึ้นรูป ผลจากการวิเคราะห์ธาตุผสมทำให้ทราบถึงวัสดุเหล็กหล่อที่สามารถขึ้นรูปได้ง่ายดูได้จากปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ที่มีค่าร้อยละ 94.309 และธาตุคาร์บอน (C) ที่มีค่าร้อยละ 3.231 ทำให้มีความแข็งแรง ลดระยะเวลาในการขึ้นรูปได้

เครื่องสับย่อยสามารถซ่อมบำรุงได้ง่ายจากการถอดประกอบด้วยการขันยึด ประกอบชุดฐานติดตั้งเข้ากับโครงที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 เครื่องสับย่อยไม้ที่พัฒนาและการสับย่อยไม้

6. การทดสอบเครื่องสับย่อยไม้ที่พัฒนา

6.1 การหาประสิทธิภาพเครื่องสับย่อยไม้ การออกแบบการทดลองได้ออกแบบการย่อยไม้ขนาดต่างๆ ที่มีขนาดน้อยกว่า 2 เซนติเมตร และมีขนาดตั้งแต่ 2 ถึง 4 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่กว่า 4 เซนติเมตร

จนถึง 6 เซนติเมตร และมีขนาดตั้งแต่ 6 เซนติเมตรขึ้นไป การทดสอบจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 10 กิโลกรัม ซึ่งทำการทดสอบกับกิ่งไม้สด ได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องสับย่อยกิ่งไม้ ดังแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบเครื่องสับย่อยกิ่งไม้สด

ครั้งที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)	ขนาดที่ย่อยได้ เฉลี่ย (เซนติเมตร)	มวลที่ย่อยได้ (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ (นาท)
1	<2	1.8	10	3
	2-4	1.9	10	3
	4-6	2.0	10	2
	>6	2.0	10	2
2	<2	1.8	10	3
	2-4	1.9	10	3
	4-6	2.0	10	2
	>6	2.0	10	2
3	<2	1.8	10	3
	2-4	1.8	10	2
	4-6	1.9	10	2
	>6	2.0	10	2
4	<2	1.8	10	3
	2-4	1.9	10	2
	4-6	2.0	10	2
	>6	2.1	10	2
5	<2	1.8	10	3
	2-4	1.8	10	3
	4-6	1.9	10	2
	>6	2.0	10	2
ค่าเฉลี่ย		1.91	10	2.4

6.2 การหาขนาดการย่อยของต้นไม้ที่ย่อยได้ การย่อยไม้ทั้งแบบสดและแบบแห้งมีขนาดของเศษไม้ที่ย่อยได้แตกต่างกัน ซึ่งการทดลองได้ใช้ไม้แห้งที่มีขนาดความโต 6 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร ทำการย่อยโดยใช้การขังมวล การจับเวลา และการหาค่าเฉลี่ยของเศษย่อยที่ได้จากการย่อย ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การย่อยไม้ชนิดสดและชนิดแห้ง

จากภาพที่ 15 แสดงภาพการทดสอบการย่อยไม้ชนิดสดและชนิดแห้ง พบว่า สามารถย่อยไม้สดจากการทดสอบที่ 1 จำนวน 10 ครั้ง มีขนาดความโต 6 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 41 วินาที ได้ขนาดของเศษไม้เฉลี่ยเท่ากับ 1.96 เซนติเมตร และการย่อยไม้แห้งจากการทดสอบที่ 2 จำนวน 10 ครั้ง มีขนาดความโต 6 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 45 วินาที ได้ขนาดของเศษไม้เฉลี่ยเท่ากับ 2.50 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลทดสอบการย่อยไม้สดและไม้แห้งการทดสอบที่ 1 และการทดสอบที่ 2

ลำดับการทดสอบที่	ชนิดของไม้	ขนาดความโต (เซนติเมตร)	ระยะเวลาในการย่อยไม้เฉลี่ย (วินาที)	ขนาดของเศษไม้เฉลี่ย (เซนติเมตร)
1 (10 ครั้ง)	ไม้สด	6	41	1.96
2 (10 ครั้ง)	ไม้แห้ง	6	45	2.50

6.3 ผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเจนเนอเรเตอร์ ที่เหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้านั้น มีความต้องการความเร็วรอบของตัวเจนเนอเรเตอร์ที่ 1,497-1498 รอบต่อนาที จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 217-220 โวลต์ และมีความถี่ไฟฟ้าที่ 49.8-50 Hz ของอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ ที่ใช้ในประเทศมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ และค่าความถี่ไฟฟ้าที่ 50 Hz และการวิจัยได้มีการเพิ่มโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้า

ลำดับที่	โหลด (W)	ความเร็วรอบ (RPM)	แรงดันไฟฟ้า (V)	ความถี่ (Hz)
1	100	1,499	220	50.0
2	200	1,499	218	49.9
3	300	1,499	217	49.8
4	400	1,499	217	50.0

ตารางที่ 4 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

ลำดับที่	โหลด (W)	ความเร็วรอบ (RPM)	แรงดันไฟฟ้า (V)	ความถี่ (Hz)
5	500	1,498	217	49.9
6	1,000	1,498	218	50.3
7	2,000	1,498	218	50.2
8	3,000	1,497	218	50.2
9	4,000	1,496	215	50.0
10	5,000	1,495	212	50.0

จากตารางที่ 4 ตารางการใช้พลังงานไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าก่อนต่อโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้ามีแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 218 โวลต์ (V) ความถี่ 50 Hz และมีความเร็วรอบในช่วง 1,497-1498 รอบต่อนาที จะทำให้การใช้งานที่ดีที่สุด และพบว่า เมื่อมีการต่อโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้ามากขึ้น จะมีค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เครื่องมีภาระที่มากขึ้น ความเร็วรอบจะตกลงเล็กน้อย แรงดันไฟฟ้าต่ำลง ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการทำงานของเจนเนอเรเตอร์ ควรปรับความเร็วรอบจากการเร่งเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น

7. สรุปผล

การพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ โดยใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรผลิตชิ้นส่วนต่างๆ จากการวิจัยร่วมกับบริษัทฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด ในด้านลักษณะการใช้งาน ประสิทธิภาพการใช้งาน ผลจากการวิเคราะห์ธาตุผสมทำให้ทราบถึงวัสดุเป็นเหล็กหล่อที่สามารถขึ้นรูปได้ง่ายดูได้จากปริมาณ ธาตุเหล็ก (Fe) ที่มีค่าร้อยละ 94.309 และธาตุคาร์บอน (C) ที่มีค่าร้อยละ 3.231 การออกแบบโครงสร้างให้เหล็กเหนียวและเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น การวิจัยได้มีการขึ้นรูปชิ้นส่วนโดยใช้กรรมวิธีการกลึง การไส การกัด และการเชื่อมประกอบ เป็นโครงสร้างที่สามารถรับแรงกระแทก และการทำงานที่มีแรงสั่นสะเทือนได้ โดยมีการนำวัสดุโครงสร้างมาทดสอบเหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 2 เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 7 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ $3,534 \text{ kgf/cm}^2$ เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 10 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ $2,709 \text{ kgf/cm}^2$ เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 1 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ $3,066 \text{ kgf/cm}^2$ ซึ่งเหล็กโครงสร้างนี้นำมาประกอบโดยใช้การขันยึดและการเชื่อม นอกจากนี้ในการพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์นั้น ผู้ประกอบการมีความต้องการในพัฒนาการทำงานของระบบ โดยใช้เครื่องเจนเนอเรเตอร์ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า และผ่านกล่องควบคุมที่สามารถวัดปริมาณไฟฟ้า มีฟังก์ชันการทำงานที่ใช้ระบบไฟฟ้าในโรงงานได้ จากการวิจัยได้ออกแบบการย่อยไม้ขนาดต่างๆ ที่มีขนาดน้อยกว่า 2 เซนติเมตร และมีขนาดตั้งแต่ 2 ถึง 4 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่กว่า 4 จนถึง 6 เซนติเมตร และมีขนาดตั้งแต่ 6 เซนติเมตรขึ้นไป การทดสอบๆ จำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 10 กิโลกรัม พบว่า โดยเครื่องสามารถย่อยกิ่งไม้สด

ที่มีขนาดเฉลี่ย 1.91 เซนติเมตร และการใช้เงินเนอเรเตอร์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามความต้องการของบริษัทที่มีความต้องการรอบของตัวเงินเนอเรเตอร์ที่มีโพลต์ 1,000-3,000 วัตต์ (W) ใช้ความเร็วรอบที่ 1,497-1,498 รอบต่อนาที ซึ่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 218 โวลต์ และมีค่าความถี่ไฟฟ้าที่ 50 Hz ซึ่งจะทำให้การใช้งานมีประสิทธิภาพสูงสุด

การวิจัยได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยนำเครื่องสับย่อยไม้ลงพื้นที่เป้าหมาย เพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการร่วมวิจัยประกอบกับการสร้างตลาดใหม่ยังกลุ่มเป้าหมาย โดยกำหนดพื้นที่ 2 แห่ง คือ การถ่ายทอดเครื่องสับย่อยไม้ยังสำนักงานเทศบาลตำบลหาดกรวด ตั้งอยู่ที่ตำบลหาดกรวด อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี จากการแจกแบบสอบถามหลังการถ่ายทอดได้ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.32 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.61 และการถ่ายทอดเครื่องสับย่อยไม้ยังสำนักงานเทศบาลตำบลน้ำริด ตั้งอยู่ที่ตำบลน้ำริด อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี จากการแจกแบบสอบถามหลังการถ่ายทอดได้ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.06 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.58 การวิจัยจึงเป็นไปตามวัตถุประสงค์

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากการสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี บริษัท ฮาเวสเตอร์ เซลส์ แอนด์ เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด สำนักงานเทศบาลตำบลหาดกรวด สำนักงานเทศบาลตำบลน้ำริด และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ในการสนับสนุนทุนวิจัยและความสะดวกในการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้จัดทำงานวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2560). รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย พ.ศ. 2559. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
- นานาการ์เด้น. เครื่องสับย่อยไม้. (2562). สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2562, จาก <https://www.nanagarden.com/>
- บรรเลง ศรีนิล, และประเสริฐ ก้วยสมบูรณ์. (2526). ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: อักษรวิทยา.
- วรวิทย์ อิงภากรณ์, และชาญ ฤกษ์งาน. (2536). การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ศุภวัฒน์ พุ่มระพันธ์, ชูชาติ พยอม, ศุภชัย แก้วจันทร์, และมานพ สารสุข. (2560). การพัฒนาเครื่องสับย่อยแบบข้ออิสระ. วารสารนิติวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 11(1), 24-35.
- อมรวิเลิศทริค. เครื่องสับย่อยไม้. (2562). สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2562, จาก <http://www.chipperthi.com>.
- Buddy Girl. ขยะในสังคมไทย. (2555). สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2562, จาก <http://www.Buddygirl.blogspot.com>.