การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18
18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัด ขอนแก่น

การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยางต้นแบบ

Design and Innovation of the Prototyped Rubber Shredder

ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ [1,2,*], สิทธา บุญโพธิ์อภิชาติ [1], ชญพันธุ์ วรรณโชติ [1], ณัฐวุฒิ จูฑศรีพานิช [1], สามขวัญ ตีรณัตถพงศ์ [1]
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [1]
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDIPT) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [2]
เลขที่ 50 ถนน พหลโยธิน เขต จตุจักร จังหวัด กรุงเทพฯ 10900
โทร 02- 9428555 ต่อ 1842 แฟกซ์ 02-9428571 Email: fengssr@ku.ac.th*

Supasit Rodkwan[1,2,*], Sittha Boonphoapichart, Chayapan Wannachot,Nuttavut Juphasripanitch, Samkwan Trirattanapong
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University [1]
Reseach and Development Institute of Industrial Production Technology (RDIPT) Faculty of Engineering
Kasetsart University [2]
50 Phaholyothin Rd., Jatujak, Bangkok, 10900, Thailand
Tel. 02-9428555 Ext. 1842 Fax. 02-9428571 Email: fengssr@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางพาราถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้เมื่อถูกใช้งานจนหมดอายุแล้วมักจะถูกนำไปทำลายทิ้งโดยไม่ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากยางเหล่านั้นได้สูงสุดและยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ซึ่งโดยความจริงแล้วผลิตภัณฑ์ยางสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยอาศัยกระบวนการนำยางมาผ่านเครื่องย่อยให้ได้เป็นเศษเล็กๆ ซึ่งขนาดของชิ้นงานที่ถูกบดออกมาจะขึ้นกับประสิทธิภาพเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต หลังจากนั้นชิ้นยางที่ถูกย่อยแล้วจะถูกนำไปผสมกับยางใหม่หรือสารเคมีต่างๆ เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยางหล่อดอกรถยนต์ อิฐบล็อกยาง แผ่นปูสนามเด็กเล่น แผ่นกันลื่นในห้องน้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเครื่องจักรที่ใช้ในการย่อยยางนี้เป็นเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นโครงการนี้จึงเป็นการเสนอการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยางต้นแบบ เพื่อให้สามารถผลิตได้ในประเทศและมีราคาถูกลง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพาราในประเทศทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเชิงพาณิชย์ โดยเครื่องย่อยที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ได้ออกแบบจากปัจจัยที่มีผลต่อการตัดเฉือนยาง ได้แก่ ชนิดของวัสดุ มุมการตัดของใบมีด ความเร็วรอบจานตัด ขนาดและคุณสมบัติของชิ้นงานที่นำมาย่อย รวมถึงกำลังของมอเตอร์ในการขับ จากการทดสอบตัดชิ้นยางโดยใช้มีดที่ทำมาจากเหล็ก AISI1020CD ทั้งสิ้น 141 ใบ โดยแต่ละใบมีมุมตัด 60 องศาและความเร็วรอบที่เพลาขับและเพลาตาม 50 และ 30 รอบต่อนาทีตามลำดับ โดยใช้ชิ้นงานตัวอย่าง ยางอัดดอก ยางรถจักรยาน และ ยางรถจักรยานยนต์นี้ พบว่าใน 1 รอบการทำงาน ขนาดของชิ้นงานหลังจากถูกย่อยแล้วมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานยางลดลงประมาณ 93 % สำหรับยางอัดดอกและยางรถจักรยาน และ 52 % สำหรับยางรถจักรยานยนต์ โดยมีอัตราเร็วเฉลี่ยในการตัดประมาณ 90 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องย่อยยางต้นแบบที่ออกแบบและประดิษฐ์ขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจเมื่อพิจารณาทั้งในด้านขนาดของชิ้นงานที่ลดลง และอัตราการกินชิ้นงาน

Abstract

Currently, the various applications of rubber products have been widely found. The wastes of these rubber products are often neglected without the recycling process leading to the environmental hazardous problem. Nevertheless, most rubber products can be recycled using the shredding process. The size of

* Corresponding

shredded rubber pieces depends on the design of the cutter knife and the capability of the shredder. After the recycling process, the shredded rubber is mixed with different kinds of chemicals in order to make the reclaimed rubber or other rubber products such as retread tires, rubber bricks, playground rubber pads, rubber mats in the restroom. However, the imported rubber shredders are usually expensive; consequently, in this research, the design and invention of the prototyped rubber shredder was proposed to response to the needs of the shredder in the domestic rubber recycling industry. The significant design factors used in the study are type, size, and property of rubber material, angle of cutting knife, cutting speed of a knife and power of a motor used. In this work, a total of 141 cutter knifes were used and they are made of the AISI 1020 CD material. Each knife has a cutting angle of 60 degrees and the revolution speeds of both shafts are 50 and 30 revolution per minute (rpm). The selected sample of rubber materials were retread tire pieces, bicycle tires, and motorcycle tires. It was found that, for a single cycle, the cross section area of the retread tire pieces and bicycle tires for was decreased in the amount of 93% after shredding process. In addition, the reduction of 52% in the cross section area of the motorcycle tires was discovered. The 90 kilograms per hour consumption rate of the designed shredder was also revealed. The promising results were shown considering the sized of the shredded rubber piece and the consumption rate of the designed shredder.

1. บทนำ

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้เมื่อถูกใช้งานจนหมดอายุแล้วก็มักจะถูกนำไปทำลายทิ้งโดยไม่ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากยางเหล่านั้นได้สูงสุดและยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ซึ่งโดยความจริงแล้วผลิตภัณฑ์ยางสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยอาศัยกระบวนการนำยางมาผ่านเครื่องย่อยให้ได้เป็นเศษเล็กๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วชิ้นงานที่ถูกบดออกมาจะมีขนาด ขึ้นกับประสิทธิภาพเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต หลังจากนั้นชิ้นยางที่ถูกย่อยแล้วจะถูกนำไปผสมกับยางใหม่หรือสารเคมีต่างๆ เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยางหล่อดอกรถยนต์ อิฐบล็อกยาง แผ่นปูสนามเด็กเล่น แผ่นกันลื่นในห้องน้ำ เป็นต้นเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้แก่ แผ่นกันลื่น แผ่นพื้นสนามเด็กเล่น (ดังแสดงในรูปที่ 1) ยางรองพื้น แผ่นปูพื้น ป้ายกันน้ำ บล็อกยางปูพื้น ผสมยางมะตอยทำพื้นถนน เป็นต้น กระบวนการในการปรับปรุงเทคนิคในการนำผลิตภัณฑ์จากยางกลับมาใช้ใหม่ได้ถูกคิดค้นและพัฒนามาเป็นเวลานานแล้ว อย่างไรก็ตามโดยเครื่องจักรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีราคาค่อนข้างสูงและส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยางต้นแบบนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพาราทั้งในเชิงพาณิชย์และสิ่งแวดล้อม [2]

รูปที่ 1 ตัวอย่างรูปประกอบของผลิตภัณฑ์ [1]

2. แนวคิดในการสร้างเครื่องจักรย่อยเศษยาง

แนวคิดของการตัดโดยใช้ใบมีดหมุนรอบเพลานั้นถูกคิดค้นครั้งแรกโดย Kurt Rosler ในปี ค.ศ.1960 ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับตัดยางรถยนต์ โดยเป็นการติดใบมีดบนจานตัดซึ่งหมุนอยู่บนเพลาโดยอาศัยการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของจานตัดที่อยู่บนเพลาสองเพลาวางขนานกัน หมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามและอาศัยแรงเฉือนเนื่องจากการขบกันระหว่างช่องว่างของใบมีดเป็นตัวแยกชิ้นส่วนของเศษยางให้ขาดออกจากกัน โดยจะออกแบบให้เกิดการตัดขึ้นสองครั้ง (Primary and Secondary Shredding) ซึ่งขนาดของเศษยางที่ได้จากการตัดแต่ละครั้งถูกกำหนดโดยระยะห่างของใบมีดที่ติดอยู่บนเพลาทั้งสองและจำนวนครั้งที่ป้อนเศษยางผ่านใบมีด และใบมีดที่ติดตั้งอยู่บนจานตัดนั้นสามารถถอดประกอบเพื่อสะดวกต่อการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนใบมีดใหม่

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างใบมีดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมย่อยยางรถยนต์ในต่างประเทศ และเศษชิ้นส่วนยางที่ผ่านการย่อยโดยเครื่องย่อยติดใบมีด ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 [1]

รูปที่ 2 ใบมีดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมย่อยยางรถยนต์ในต่างประเทศ [1]

รูปที่ 3 เศษชิ้นส่วนยางที่ผ่านการย่อยโดยเครื่องย่อยติดใบมีด [1]

3. การคำนวณและการออกแบบเครื่องย่อยยาง

3.1 การออกแบบเพลา

ที่เพลามีความเร็วรอบ 30 rpm, มอเตอร์ขนาด 7.5 hp = 5.595 KW

$$P = T\omega$$

$$5.595 \times 1000 = T \times 2\pi \times \frac{30}{60}$$

$$T = 1780 \quad \text{Nm}$$

$$= 1780000 \quad \text{Nmm}$$

เพลาทำจากเหล็ก AISI 1020CD และเซาะร่องลิ่ม

$$\tau = 0.3 \times 0.75 \times \sigma_y$$

$$= 0.3 \times 0.75 \times 390$$

$$= 87.75 \quad \text{MPa}$$

เพลาหมุนด้วยแรงกระตุกอย่างเบา C_t = 1.1 เพลารับแรงบิดอย่างเดียว

$$D^3 = \frac{16 C_t T}{\pi \tau}$$

$$= \frac{16 \times 1.1 \times 1780000}{87.75\pi}$$

$$D = 48 \quad \text{mm}$$

ดังนั้นใช้เพลาขนาด 50 mm

3.2 การออกแบบลิ่ม

ลิ่มทำมาจากเหล็กกล้า AISI 1020CD ดังนั้นจะได้ σ_y = 390MPa, กำหนด N = 2

และ $\tau_y = 0.6\sigma_y = 0.6 \times 390 = 234$ MPa

และ $\tau_d = \frac{234}{2} = 117$ MPa

ใช้ลิ่มขนาด b×h = 12mm×12mm ความยาว l = 431 mm

$$\tau = \frac{2T}{bld}$$

$$= \frac{2 \times 1780 \times 1000}{12 \times 431 \times 50}$$

$$= 18 \quad \text{N/mm}^2$$

ฉะนั้นเมื่อ $\tau < \tau_d$ ดังนั้นลิ่มที่เลือกมาใช้จึงใช้งานได้ตามต้องการ

3.3 การออกแบบเฟือง

เลือกใช้เฟืองเฉียงเพราะส่งกำลังได้ดี

ความเร็วรอบของเพลาขับ = 50rpm

ความเร็วรอบของเพลาตาม = 30rpm

, $\omega = 15$

ให้ฟันของ pinion = 24 ฟัน

ดังนั้นฟันของ $gear = \frac{50}{30} \times 24$

= 40 ฟัน

$$\psi = \pi\left(\frac{m_n \times 24}{\cos 15}\right) \times \left(\frac{50}{60}\right)$$

$$= 65.05 m_n \quad \text{m/s}$$

$$= 0.06505 m_n \quad \text{mm/s}$$

$$F_t = \frac{5595}{0.06505 m_n}$$

$$K_v = \frac{(3+\psi)}{3}$$

$$F_d = k_v F_t$$

$$= \frac{86010}{m_n} + 1860$$

$$N_e = \frac{N}{\cos^3 \omega} = \frac{24}{\cos^3 15} = 26.63, Y = 0.347$$

$$b = 2Pa = \frac{2\pi m_n}{\sin 15} = 24.27 m_n$$

ใช้วัสดุ ASTM25 $\sigma = 55, HB = 174$

$$F_b = \frac{\sigma b Y m_n}{K_f} = \frac{55 \times 25 m_n \times 0.347 m_n}{1.5} = 318 m_n^2$$

ใช้ค่า m_n =8 จะได้ F_b = 20352, F_d = 12611.25, $F_b > F_d$

Diameter pinion = $\frac{24 \times 8}{\cos 15} = 199$

Diameter gear = $\frac{40 \times 8}{\cos 15} = 331$

ระยะห่างระหว่าง pinon กับ gear = $\frac{199 + 331}{2} = 265$ mm

เพลาขับมีความเร็ว 50 rpm, เพลาตามมีความเร็ว 30 rpm มอเตอร์มีความเร็ว 1450 rpm,ใช้เฟืองโซ่ขนาด 20 ฟัน ความเร็วรอบที่ทางเข้าชุดทดเกียร์ 1260 rpm ดังนั้นขนาดเฟืองโซ่ = 23 ฟัน ใช้ชุดทดเกียร์อัตราทด 1:10 ดังนั้นความเร็วที่ทางออกของชุดทดเกียร์ 126 rpm ขนาดเฟืองโซ่ 23 ฟันไปขับเพลาขับที่มีความเร็วรอบ 50 rpm โดยใช้เฟืองโซ่ 57ฟัน

4. อุปกรณ์และวิธีการสร้างเครื่องย่อยยาง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องย่อยยาง

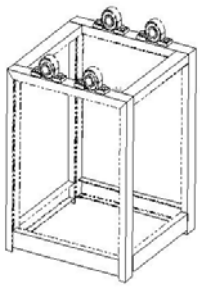
1. เหล็กรูปพรรณชนิดต่างๆ ได้แก่
   - 1.1 เหล็กรางน้ำขนาดความกว้าง 3 นิ้ว
   - 1.2 เหล็กแผ่นหนา 3 mm ขนาด 4 x 8 นิ้ว
   - 1.3 เหล็กเพลาขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว
   - 1.4 เหล็กท่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว รูเจาะ 2 นิ้ว ยาว 80 ซม.
   - 1.5 เหล็ก AISI1020CD ขนาด 12.7 x 25 x 1000 mm จำนวน 2 ท่อน และ ขนาด 16 x 25 x 1000 mm จำนวน 2 ท่อน
   - 1.6 เหล็กแผ่นหนา 2 ซม. พร้อมตัดด้วยแก๊สอัตโนมัติตามแบบที่เตรียมไว้จำนวน 21 แผ่น
   - 1.7 เหล็กเพลาขาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว จำนวน 2 ท่อน
2. แบร์ริ่งขนาด P-208 จำนวน 4 ตัว
3. มอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 1 เฟส ขนาด 7.5 แรงม้า จำนวน 1 ตัว
4. ชุดเกียร์ทดอัตราทด 1:10 จำนวน 1 ตัว
5. โซ่ขนาด 60-1 R จำนวน 1 กล่อง (10 ฟุต)
6. เฟืองโซ่ขนาด 20 ฟัน 23 ฟัน จำนวน 2 ตัว และ 57 ฟัน จำนวน 1 ตัว
7. ลิ่มขนาด 4 หุน (12 มม.) ยาว 1 เมตร
8. น็อตตัวเมีย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูน็อต 2 นิ้ว จำนวน 2 ตัว

4.2 วิธีการสร้างเครื่องย่อยเศษยาง

หลังจากได้ทำการออกแบบและคำนวณขนาดของชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักรแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการจัดหาซื้ออุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการสร้าง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องทำการศึกษาชนิดของวัสดุประเภทต่างๆที่มีขายในท้องตลาดทั้งในด้านของราคาและความเหมาะสม รวมถึงความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาปรับปรุงแบบในอนาคต เนื่องจากวัสดุบางชนิดมีราคาค่อนข้างสูงและหาได้ยาก หรือไม่สามารถทำให้ตรงตามแบบได้ในทางปฏิบัติ จึงต้องใช้เวลาในการปรับปรุงแบบที่เขียนไว้พอสมควร เมื่อทำการเลือกซื้ออุปกรณ์ที่ต้องใช้ได้ครบถ้วนก็เริ่มทำการสร้างเครื่อง โดยส่วนประกอบหลักๆของเครื่องจักรประกอบไปด้วย

1. ฐานเครื่องจักรรวมทั้งช่องป้อนและคายเศษยาง
2. ชุดส่งกำลัง
3. ชุดอุปกรณ์ใบตัด

ซึ่งในการสร้างจะเริ่มจากฐานก่อนโดยการตัดเหล็กรางน้ำและเชื่อมประกอบฐาน ซึ่งในการออกแบบโครงสร้างนั้นจะคำนึงถึงขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน และความแข็งแรงเป็นหลัก เนื่องจากน้ำหนักของชุดส่งกำลังและชุดอุปกรณ์ใบตัดมีน้ำหนักมาก ซึ่งขณะนี้บริเวณป้อนเศษยางและทางออกหลังการย่อยยังไม่ได้ประกอบเข้ากับฐาน เนื่องจากจะมีผลทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดตั้งชุดส่งกำลัง รูปแบบฐานเครื่องจักรและชุดฐานเครื่องจักรที่ประกอบสมบูรณ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 4 รูปแบบฐานเครื่องจักรที่ออกแบบ

รูปที่ 5 แสดงฐานเครื่องที่สมบูรณ์

ในส่วนของระบบการส่งกำลังนั้นจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 7.5 แรงม้า (ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6) ส่งกำลังเข้ากับชุดเกียร์ โดยวางชุดส่งกำลังที่บริเวณส่วนล่างของเครื่องจักรซึ่งทำเป็นร่องเลื่อน สำหรับปรับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง ก่อนส่งกำลังโดยใช้โซ่ ผ่านชุดเกียร์ขึ้นไปยังเพลาทั้งสอง โดยในการกำหนดขนาดอัตราทดชุดเกียร์และขนาดของเฟืองโซ่นั้น จะพิจารณาอัตราทดรอบของเพลาทั้งสองเป็นสำคัญ ซึ่งในที่นี้รอบของเพลาขับและเพลาตามได้ถูกเลือกเป็น 50 และ 30 รอบต่อนาที ตามลำดับ เพื่อให้ได้ค่าแรงบิดที่สูงเพียงพอที่จะใช้ในการตัดเฉือนยาง ตามวิธีการคำนวณที่แสดงไว้ก่อนหน้านี้แล้ว จะเห็นได้ว่าความเร็วรอบของใบตัดบนเพลาทั้งสองนั้นมีค่าไม่เท่ากันซึ่งทำได้โดยการทดเฟืองที่ปลายอีกด้านของเพลาทั้งนี้เพื่อให้เกิดแรงเฉือนขึ้นภายในชิ้นงานให้ได้มากที่สุดแต่ ในการสร้างนั้นความแตกต่างของรอบเพลาจะถูกกำหนด โดยระยะห่างของเพลาทั้งสอง ทำให้เกิดข้อจำกัดในการเลือกความแตกต่างที่เหมาะสมได้

รูปที่ 6 ชุดระบบการส่งกำลังของเครื่องจักร

ส่วนต่อมานับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการสร้างเครื่องย่อยเศษยางซึ่งคือส่วนของชุดตัด ทั้งในเรื่องของการออกแบบและการสร้างและประกอบ เนื่องจากลักษณะของการประกอบชิ้นงานส่วนใหญ่เป็นงานสวมซึ่งทำให้ง่ายแก่การถอดประกอบและเคลื่อนย้าย ในการสร้างนี้จึงต้องอาศัยความแม่นยำในการผลิตชิ้นส่วนและประกอบเป็นอย่างสูง โดยอุปกรณ์ที่สำคัญในส่วนนี้ประกอบไปด้วย

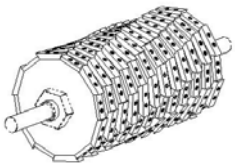
1. ฐานรองรับใบมีด
2. เพลาทั้งสอง
3. ใบมีดที่ทำจากเหล็ก AISI1020CD
4. แหวนรองใบตัดแต่ละใบ

ในการสร้างฐานรองรับใบมีดนั้น เริ่มจากการตัดแบบของฐานใบมีดลงบนแผ่นเหล็กบางเพื่อใช้นำเป็นแบบในการนำไปเข้าเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติก่อนหาขนาดเหล็กที่มีความหนาตามต้องการแล้วทำการตัดตามแบบที่ได้ทำเอาไว้ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

รูปที่ 7 การวาดแบบลงเหล็กแผ่นขนาดบางเพื่อทำแบบ

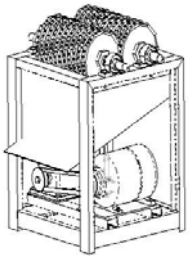
รูปที่ 8 ฐานมีดที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติ

ต่อจากนั้นนำเหล็กแผ่นมาแล้วตัดเป็น 12 เหลี่ยม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางจากมุมถึงมุมฝั่งตรงข้ามขนาด 250 mm. แล้วนำแบบไปเข้าเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติโดยแผ่นเหล็กที่ถูกตัดมีขนาด 20 mm. จำนวน23 แผ่น จากนั้นนำไปเซาะร่องลิ่ม โดยให้จานแต่ละจานมีร่องลิ่มแต่ละร่องต่างกันจานละ 5 องศา และเจาะรูทั้ง 12 ด้าน ด้านละ 2 รู สำหรับใส่นอตขนาด M 10×15 หัวจม เพื่อใช้ในการยึดจานตัดกับใบมีดเข้าด้วยกัน ฐานมีดแต่ละชิ้นจะถูกนำไปเจาะรูพร้อมนำไปเซาะร่องลิ่ม เพื่อนำไปสวมเข้ากับเพลาทั้งสองพร้อมทั้งติดใบมีดเข้าที่บริเวณขอบของฐาน โดยการเจาะรูแล้วทำการยึดด้วยน็อตหัวจมเพื่อให้สะดวกต่อการเปลี่ยนใบมีด การจัดเรียงใบมีดได้แสดงไว้ในรูปที่ 9 ในกรณีที่ใบมีดเกิดการสึกหรอขึ้น โดยแต่ละใบของฐานมีดนั้นจะทำมุมเยื้องกัน 5 องศา เพื่อให้ขณะที่เครื่องทำงาน มุมมีดที่เรียงตัวเยื้องกันนี้จะช่วยหมุนกวาดนำเศษยางด้านบนลงมาได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 9 แสดงการจัดเรียงใบมีดบนฐาน

เพลาทั้งสองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเท่ากันและทำการกลึงลดขนาดปลายลงมาตามแบบและทำการเซาะร่องลิ่มโดยใช้เครื่องกัด เพื่อทำการยึดตัวฐานมีดให้ยึดติดกับเพลา และที่สุดด้านปลายฐานมีดก็ทำการกลึงเกลียว เพื่อทำการยึดน็อตป้องกันไม่ให้ฐานมีดเกิดการเคลื่อนที่ในแนวแกนของเพลา โดยใบมีดที่ใช้นั้นทำจากเหล็ก AISI1020CD เนื่องจากเป็นเหล็กเกรดและสามารถพัฒนานำไปชุบแข็งเพื่อเพิ่มความแข็งแรงได้นอกจากนั้นยังหาได้ในท้องตลาดทั่วไป นำไปเข้าเครื่องเจียรนัยให้มีขนาดตามที่ต้องการและทำการเจาะรู โดยมีใบมีดใหญ่ทั้งหมดมีจำนวน 141 ใบตามจำนวนเหลี่ยมของฐานมีดและแต่ละใบมีมุมในการตัด 60 องศา ในส่วนของใบเล็กนั้นใช้เหล็กเส้นพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมนำมาตัด โดยใช้ไฟเบอร์ในการตัดโดยตัดตามแบบให้แต่ละชิ้นมีความยาวขนาด 6.5 mm. จำนวน 141 ชิ้นโดยทำชิ้นต้นแบบในการตัดขึ้นมาก่อนทั้งใบมีดใบเล็กและใบมีดใหญ่เพื่อสะดวกในการตัดและทำให้แต่ละชิ้นที่ตัดได้มีขนาดเท่ากัน และช่องว่างแต่ละช่องของฐานมีดโดยถูกรองไว้ด้วยแหวน ซึ่งทำจากเหล็กท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูท่อ เท่ากับของเพลาโดยมีขนาดความหนาเพียงพอที่จะให้ใบมีดซึ่งติดตั้งอยู่บนแต่ละเพลาวิ่งผ่านไปได้โดยไม่สัมผัสกัน รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงรูปแบบของเครื่องจักรและการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยางต้นแบบ โดยศึกษาผลการทำงานของเครื่องจักรเพื่อนำไปพัฒนาเครื่องจักรที่ใช้ในการย่อยยางหรือเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางต่อไปในอนาคต โดยปัจจัยซึ่งมีผลต่อการตัดเฉือนยาง ได้แก่ ชนิดของวัสดุและมุมการตัดของใบมีดที่ติดอยู่บนจานตัด ความเร็วรอบของจานตัด ขนาดและคุณสมบัติของชิ้นงานยางที่นำมาย่อย กำลังในการขับมอเตอร์โดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบใช้เหล็ก AISI1020CD ในการทำใบมีดซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 141 ใบซึ่งแต่ละใบจะมีมุมในการตัด 60 องศา และมีความเร็วรอบที่เพลาขับและเพลาตาม 50 และ 30 รอบต่อนาที ตามลำดับ ส่วนชิ้นงานยางที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ ยางอัดดอกแบบที่ 1 ยางอัดดอกแบบที่ 2 ยางอัดดอกแบบที่ 3 ยางรถจักรยาน ยางรถจักรยานยนต์ ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันออกไป โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 7.5 แรงม้า ชุดทดเกียร์และโซ่ ในการส่งกำลัง

ผลที่ได้จากการทำวิจัยนี้ในการตัดเฉือนชิ้นงานยางดังกล่าว 1 รอบการทำงาน พบว่าขนาดหลังจากชิ้นงานยางถูกย่อยแล้วขนาดพื้นที่ของชิ้นงานยาง ยางอัดดอกแบบที่ 1 ยางอัดดอกแบบที่ 2 ยางอัดดอกแบบที่ 3 ยางรถจักรยาน ยางรถจักรยานยนต์ มีขนาดพื้นที่ลดลง 90% 93% 93% 96% 52% ตามลำดับ (ในแต่ละชิ้น) นอกจากนั้นอัตราการย่อยชิ้นงานมีค่าเป็น 96, 96, 96, 90, 82 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องย่อยยางต้นแบบนี้สามารถทำงานได้ดีในระดับหนึ่งเมื่อเทียบระหว่างต้นทุนการสร้างกับราคาเครื่องจักรที่นำเข้าจากต่างประเทศ อย่างไรก็

ตามการที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมจริงเพื่อลดการนำเครื่องจักรจากต่างประเทศเข้าและนั้นคงยังต้องถูกนำปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้นดังข้อเสนอแนะที่กล่าวไว้ด้วยนี้

รูปที่ 6.1 ภาพเครื่องจักรย่อยเศษยาง

6. ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนา

ข้อเสนอแนะสามารถแบ่งเป็นข้อ ๆ ได้ ดังนี้

1. ควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาชนิดของวัสดุที่มีขายตามท้องตลาดซึ่งจะทำให้การออกแบบเป็นได้โดยเหมาะสมมากขึ้น

2. ควรพิจารณาถึงขั้นตอนและวิธีการสร้างขณะออกแบบด้วย พร้อมทั้งเลือกสถานที่การทำงานที่มีความพร้อมมากที่สุด เพื่อความสะดวกในการทำงานในกรณีที่เป็นไปได้

3. ควรศึกษาแหล่งในการเลือกซื้อวัสดุเพื่อ จะทำให้ไม่เสียเวลาในการหาวัสดุตามที่ต้องการ

4. ควรใช้ช่างฝีมือที่ชำนาญ เพื่อลดเวลาในการสร้างและปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดในขั้นตอนการผลิต

เนื่องจากเครื่องจักรที่ทางผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างไว้แล้วนั้นสามารถใช้ได้จริง แต่มีประสิทธิภาพดีพอเพียงระดับหนึ่ง ทั้งนี้ยังเกิดข้อบกพร่องในการประกอบเครื่องจักรบางประการจึงขอเสนอแนวทางปรับปรุงและพัฒนาเพื่อจะทำการปรับปรุงเครื่องย่อยยางให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นโดยให้มีขนาดของเศษยางที่ได้จากการย่อยที่เล็กลงกว่าในขณะนี้และก่อให้เกิดประโยชน์แก่ระดับรากหญ้าและใช้งานได้จริงในกลุ่มอุตสาหกรรมโดย

- ในระดับรากหญ้าต้องคำนึงถึง ราคา ความง่ายในการใช้งาน อายุการใช้งานของเครื่อง การดูแลรักษา และ การซ่อมแซม เป็นต้น
- ในระดับอุตสาหกรรมต้องปรับปรุงในด้านประสิทธิภาพให้เพียงพอแก่ความต้องการของผู้ประกอบการ มีความสามารถในการเดินเครื่องต่อเนื่องได้ยาว และ อายุการใช้งานของใบมีดตัดยาวนาน

และเพื่อเป็นประโยชน์แก่นักวิจัยในโครงการต่อเนื่อง (Phase 2) ต่อไปจึงสรุปข้อเสนอในการทำวิจัยไว้ ดังนี้

1. ควรทำการค้นคว้าและศึกษาเพิ่มเติมในเรื่อง รูปแบบการออกแบบระบบการตัด การวางตัวของใบมีด เช่น การการปรับรูปแบบการวางใบมีดเป็นแนวตั้ง หรือ เพิ่มเติมใบมีดในแนวตั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจัก เป็นต้น

2. ฐานมีดจากที่วางบิดกันเป็นมุม 5 องศานั้นมีปัญหาในเรื่องการติดของยางกับใบมีดในขณะเครื่องทำงานในบางครั้ง จึงควรทดลองแบบที่วางเป็นแนวเดียวกันเพื่อลดอัตราการเกิดข้อผิดพลาดนี้

3. ควรทำการชุบแข็งใบมีดเพื่อเพิ่มความทนทานของใบมีดให้มากขึ้นและมีความคมอยู่เสมอ

4. ควรทำสวิตซ์สลับไฟเพื่อกลับทิศทางการหมุนของใบมีดเพื่องานต่อการป้อนยางกลับหากยางไปติดระหว่างใบมีด

5. ควรมีการทดลองเปลี่ยนมุมใบมีดเพื่อหาความแตกต่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ฝ่ายอุตสาหกรรม(ฝ่าย 5) สำนักกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ในโครงการ SPR ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และคณะวิจัยขอขอบคุณ รศ. ดร. ธัญญะ เกียรติวัฒน์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในคำปรึกษาในการออกแบบเครื่องจักร

8. เอกสารอ้างอิง

1.Internet Resource: http://www.rbrubber.com

2.สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) “วารสารประชาคมวิจัย” ฉบับที่ 54, 2547