

การพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องย่อยยางต้นแบบ

Development and Improvement of the Prototype Rubber Recycling Machine

สมศักดิ์ ตั้งวิบูลย์พาณิชย์¹ นวพล โฆมานะสิน² สาโรช ชินคำ³ ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ^{4*}

^{1,2,3,4}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร 0-2942-8555 ต่อ 1803 *Email: fengssr@ku.ac.th

Somsak Tangwiboonphanit¹ Navapol Komanasin² Saroch Chinkum³ Supasit Rodkwan^{4*}

^{1,2,3,4}Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

50 Phaholyothin Road, Ladyaw, Jatujak, Bangkok, Thailand 10900

Tel. 0-2942-8555 Ext. 1803 *Email: fengssr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางพาราถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้เมื่อถูกใช้งานจนหมดอายุแล้วมักจะถูกนำไปทำลายทิ้งโดยไม่ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากยางเหล่านั้นได้อย่างสูงสุด และยังก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ ทำได้โดยนำเศษยางที่ใช้แล้วมาบดตัดผ่านเครื่องย่อยให้ได้เป็นชิ้นที่มีขนาดเล็กลง หลังจากนั้นชิ้นยางที่ถูกย่อยแล้วจะถูกนำไปผสมกับยางใหม่รวมถึงสารเคมีต่างๆ เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น อิฐบล็อกยาง แผ่นปูสนามเด็กเล่น แผ่นกันลื่นในห้องน้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามโดยส่วนใหญ่เครื่องจักรที่ใช้ในการย่อยยางนี้ เป็นเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นโครงการนี้จึงเป็นการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องย่อยยางต้นแบบ เพื่อให้สามารถผลิตได้ในประเทศและมีราคาที่ต่ำลง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพาราในประเทศ ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเชิงพาณิชย์ โดยโครงการนี้ได้ดำเนินการในสองส่วนคือ ส่วนของการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องย่อยยางต้นแบบที่คณะผู้จัดทำโครงการได้พัฒนาขึ้นมาก่อนแล้ว และส่วนของการออกแบบเครื่องย่อยยางที่พัฒนามาจากเครื่องต้นแบบเดิม ซึ่งในส่วนแรกได้ทำการติดตั้งชุดรีเลย์ควบคุมทิศทางการหมุนของชุดใบมีดและทำการชุบแข็งใบมีดให้ทนต่อการสึกหรอมากขึ้น และในส่วนที่สองได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยยางขึ้นมาใหม่ โดยจะเรียกว่า ชุดเครื่องย่อยยาง TAP-MC ซึ่งมีปัจจัยในการออกแบบที่มีผลต่อการตัดเฉือนยาง ได้แก่ ชนิดของวัสดุ มุมการตัดของใบมีด ความเร็วรอบจานตัด มุมการเรียงของใบมีด ขนาดและคุณสมบัติของชิ้นงานที่นำมาย่อย รวมถึงกำลังของมอเตอร์ ในการสร้าง

เครื่องนี้ใช้มอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า ขับเครื่องย่อยยาง 2 ชุด ชุดแรกเป็นชุดใบมีด ใช้ใบมีดที่ทำมาจากเหล็กหัวแดง (S45C) ชุบแข็งโดยผ่านกระบวนการคาร์โบไนไตรดิง (Carbonitriding) จำนวน 90 ใบ มุมตัด 60 องศา และติดตั้งจานจำนวน 15 จานซึ่งประกอบอยู่บนเพลาสองตัว โดยความเร็วรอบที่เพลาชับและเพลาดำเป็น 50 และ 30 รอบต่อวินาทีตามลำดับ ส่วนชุดที่สองเป็นชุดลูกกลิ้งสองลูกหมุนบดเข้าหากัน โดยใช้ความเร็วรอบที่เพลาชับและเพลาดำเท่ากันกับชุดที่ 1

คำหลัก: เครื่องย่อยยาง

Abstract

Currently, 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. In the recycling process, the waste rubber products are shredded into small pieces using rubber recycling machine and shredded rubber can be mixed with other compositions in making reclaimed rubber or other rubber products such as rubber bricks, playground rubber pads, rubber mats using in the restroom. However, the imported rubber recycling machines are usually expensive; consequently, in this research, the design and improvement of the prototype rubber recycling machine was proposed to response to the needs of the machine in the domestic rubber product industry both in the environment and in the commercial viewpoints. In this research, two tasks were performed; the improvement in performance of

the prototyped rubber recycling machine which was developed earlier in the past project and the design and development of the new rubber recycling machine. In the first part, the relay switch was installed to control the direction of the machine shaft rotation and the cutter knives were strengthened through carbonitriding process for additional wear resistance. For the latter, newly developed recycling machined name "TAP-MC" was design and fabricated using various factors such as are type, size, and property of rubber material, angle and pattern of the cutting knife, cutting speed of a knife and power of a motor used. The motor of 10 hp was used to power two sets of recycling steps designed. The first set consists of 90 cutter knives and each has a 60 degree cutting angle attached on 15 disks installed on the two shafts with the rotational speeds of both shafts of 50 and 30 revolutions per minute. The second set uses two rollers rotated in the opposite direction with the similar speed as of the first set.

Keywords: Rubber Recycling Machine

1. บทนำ

กระบวนการในการปรับปรุงการนำผลิตภัณฑ์จากยางกลับมาใช้ใหม่ ได้ถูกพัฒนามาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว และได้มีการสร้างเครื่องจักรขึ้น เพื่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ [1], [2] อย่างไรก็ตามเครื่องจักรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีราคาค่อนข้างสูงและส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ได้มีการนำเสนอโครงการวิจัยและประดิษฐ์ เครื่องย่อยยางต้นแบบขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 และได้ทำการทดลองโดยใช้ชิ้นงานตัวอย่าง ได้แก่ ยางอัดดอก ยางรถจักรยาน และ ยางรถจักรยานยนต์ พบว่าในหนึ่งรอบการทำงาน ขนาดของชิ้นงานหลังจากถูกย่อยแล้ว จะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานยางลดลงประมาณ 93% สำหรับยางอัดดอกและยางรถจักรยาน และ 52% สำหรับยางรถจักรยานยนต์ โดยมีอัตราเร็วเฉลี่ยในการตัดประมาณ 90 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาทั้งในด้านขนาดของชิ้นงานที่ลดลง และอัตราการย่อยชิ้นงานที่สามารถย่อยได้ จะเห็นได้ว่าเครื่องย่อยยางต้นแบบที่ออกแบบและประดิษฐ์ขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง [3] ในส่วนของงานวิจัยนี้ มีแนวความคิดที่จะออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยยางต้นแบบให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น และได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อหาข้อบกพร่องและหาแนวทางการพัฒนาเครื่องย่อยยางต้นแบบ โดยสามารถสรุปแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องย่อยยางต้นแบบในประเด็นของการออกแบบและปรับปรุงชุดใบมีด การปรับปรุงระบบส่งกำลัง การทำสวิตช์สลับไฟเพื่อกลับทิศทางการหมุนของใบมีดในกรณีที่มีเศษยางติดอยู่ และการทำการศึกษาดูแลต่างๆในการทำงานของเครื่องย่อยยาง โดยทางผู้จัดทำโครงการคาดหวังว่า การทำโครงการครั้งนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางทั้งในเชิงพาณิชย์และสิ่งแวดล้อม และยังสามารถผลิตเครื่องย่อยยางที่มีประสิทธิภาพดี และมีต้นทุนการผลิตต่ำสามารถผลิตเครื่องจักรได้ใน

ประเทศ ตลอดจนเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างความเข้มแข็งให้แก่อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพาราของประเทศต่อไป



รูปที่ 1 เครื่องย่อยยางต้นแบบ [3]

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีนำผลิตภัณฑ์ยางเหลือใช้มาก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในเชิงพาณิชย์ และสิ่งแวดล้อม
2. เพื่อให้ได้มาซึ่งเครื่องย่อยยางที่มีประสิทธิภาพดี และต้นทุนในการผลิตต่ำ สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ รวมถึงเพื่อปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องย่อยยางต้นแบบที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น
3. เพื่อเป็นการส่งเสริมให้บัณฑิตและนักวิจัยในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ ได้มีการนำหลักการออกแบบ และทฤษฎีที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในการสร้างอุปกรณ์เครื่องจักรในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ มีดังนี้

3.1.1 เหล็กรูปพรรณชนิดต่างๆ ได้แก่

- เหล็กฉากหน้าขนาด 3 นิ้ว $\times$ 1 1/2 นิ้ว ความยาว 560 มิลลิเมตร จำนวน 8 ท่อน และความยาว 1000 มิลลิเมตร จำนวน 4 ท่อน และความยาว 1450 มิลลิเมตร จำนวน 4 ท่อน
- เหล็กหัวแดง (S45C) ขนาด 19 มิลลิเมตร $\times$ 20 มิลลิเมตร $\times$ 140 มิลลิเมตร จำนวน 90 แท่ง
- เหล็กแผ่นรูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 240 มิลลิเมตร หน้า 19 มิลลิเมตร จำนวน 15 แผ่น
- เหล็กเพลยาว (G3123) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร ความยาว 790 มิลลิเมตร จำนวน 2 ท่อน และความยาว 850 มิลลิเมตร จำนวน 2 ท่อน
- ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 190 มิลลิเมตร หน้า 10 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร จำนวน 2 ท่อ
- เหล็กแผ่นกลมเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 180 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 55 มิลลิเมตร หน้า 10 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น
- เหล็กเหนียวขนาด 3/8 นิ้ว ความยาว 63 มิลลิเมตร จำนวน 4 แท่ง, ความยาว 50 มิลลิเมตร จำนวน 2 แท่ง

3.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 1 เฟส ขนาด 10 แรงม้า จำนวน 1 ตัว

3.1.3 ชุดทดเกียร์อัตรา 1:10 จำนวน 1 ตัว

3.1.4 แบร็ริงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 3/4 นิ้ว จำนวน 8 ตัว

- 3.1.5 โซขนาด 60-1 R ความยาว 10 ฟุต จำนวน 2 กล่อง
- 3.1.6 เฟืองโซขนาด TB-20 (20 ฟัน มีตุ้ม) จำนวน 1 ตัว ขนาด TB-23 จำนวน 1 ตัว ขนาด TB-23 ฟันคู่ จำนวน 1 ตัว และขนาด TB-57 จำนวน 2 ตัว
- 3.1.7 เฟืองทดโมดูล 6 ขนาด 40 ฟัน จำนวน 2 ตัว และโมดูล 6 ขนาด 24 ฟัน จำนวน 2 ตัว
- 3.1.8 ชุดวงจรรีเลย์ 1 ชุด
- 3.1.9 น็อตตัวเมียขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร
- 3.1.10 น็อตขนาด M14 จำนวน 16 ตัว ขนาด M12 จำนวน 8 ตัว
- 3.1.11 เครื่องเจียระไน
- 3.1.12 เครื่องเชื่อม
- 3.1.13 เครื่องตัดเหล็ก
- 3.1.14 เครื่องมือช่าง

3.2 วิธีการ

3.2.1 วิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องย่อยยางต้นแบบ

3.2.1.1 การติดตั้งชุดรีเลย์

ชุดรีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเข้าไปกับเครื่องย่อยยางต้นแบบ เพื่อให้ตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์หากมีการติดขัดของชุดใบมีด ขณะทำการย่อย และยังสามารถควบคุมให้ชุดใบมีดหมุนกลับทิศทาง เพื่อให้เศษยางหลุดออกมาได้ ทำให้เครื่องย่อยยางสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตำแหน่งและแผงวงจรชุดรีเลย์

3.2.1.2 การเจียระไนลับคมและชุบแข็งใบมีด

เนื่องจากใบมีดที่ใช้ในเครื่องย่อยยางต้นแบบเกิดความสึกหรอได้ง่ายเมื่อใช้เป็นระยะเวลาหนึ่ง จึงได้ทำการเจียระไนลับคมและชุบแข็งใบมีด โดยผ่านกระบวนการคาร์บอนไนไตรดิง (Carbonitriding) ให้มีความแข็งอยู่ในช่วง 58-60 HRC ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 (ซ้าย) ใบมีดก่อนการเจียระไนลับคมและชุบแข็ง
(ขวา) ใบมีดหลังการเจียระไนลับคมและชุบแข็ง

3.2.2 การพัฒนาและสร้างชุดเครื่องย่อยยาง TAP-MC

ชุดเครื่องย่อยยางที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ ประกอบไปด้วยชุดเครื่องย่อยยาง 2 ชุด ได้แก่ เครื่องย่อยยางชุดที่ 1 ชุดใบมีด เป็นกระบวนการฉีกฉีก และเครื่องย่อยยางชุดที่ 2 ชุดลูกกลิ้ง เป็นกระบวนการบด

ในการออกแบบและการคำนวณขนาดวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นระบบส่งกำลังของเครื่องย่อยยางทั้ง 2 ชุดนั้น สามารถใช้ข้อมูลเดียวกันได้บางส่วน เนื่องจากที่มีการใช้มอเตอร์ 10 แรงม้า และความเร็วรอบของเพลลาของเครื่องย่อยยางทั้ง 2 ชุดเท่ากัน คือเพลลาขับและเพลลาตามมีความเร็วรอบเป็น 50 รอบต่อนาทีและ 30 รอบต่อนาทีตามลำดับ

3.2.2.1 กระบวนการฉีกและตัด

กระบวนการฉีกและตัดจะเป็นกระบวนการย่อยยางในขั้นแรก โดยให้ชิ้นยางผ่านเครื่องย่อยยางชุดที่ 1 ชุดใบมีด ซึ่งทำหน้าที่ฉีกและตัดชิ้นยางเป็นหลักทำให้ชิ้นยางมีขนาดเล็กกลง เครื่องย่อยยางชุดที่ 1 จะมีหลักการทำงานเหมือนกับเครื่องย่อยยางต้นแบบ กล่าวคือ อาศัยการเคลื่อนที่สัมผัสของจานตัดที่ติดใบมีด หมุนอยู่บนเพลลาสองเพลลาซึ่งวางขนานกัน หมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามและอาศัยแรงเฉื่อยเนื่องจากการชนกัน ระหว่างช่องว่างของใบมีดเป็นตัวแยกชิ้นส่วนของเศษยางให้ขาดออกจากกัน ทำให้ชิ้นยางมีขนาดเล็กกลง ต่อจากนั้นยางที่ถูกฉีกฉีกแล้วจะถูกส่งเข้าสู่ชุดเครื่องย่อยยางชุดที่ 2 ซึ่งเป็นกระบวนการบดต่อไป

ในส่วนของการประกอบชุดใบมีดกับจานและเพลลานั้น เพลลาขับจะมีจานใบมีดจำนวน 7 จาน ส่วนเพลลาตามจะมีจานใบมีดจำนวน 8 จาน รวมทั้งสิ้นจำนวน 15 จาน โดยจานใบมีดของทั้งสองเพลลานั้นจะวางสลับกัน แต่ละจานจะประกอบไปด้วยใบมีดจำนวน 6 ใบ รวมทั้งสิ้น 90 ใบ ดังที่แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องย่อยยางชุดที่ 1 ชุดใบมีด ของชุดเครื่องย่อยยาง TAP-MC

ในส่วนของลักษณะของใบมีดและมุมของคมตัดจะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 5 โดยการปรับเปลี่ยนรูปร่างของใบมีดใหม่นั้น จะช่วยให้พื้นที่ผิวสัมผัสของการตัดเพิ่มขึ้น และสามารถลดผลกระทบจากความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประกอบใบมีดกับจานหรือเพลลาได้ ทำให้เพิ่มความเสถียรในการถอดประกอบใบมีดเพื่อนำไปเจียระไนอีกด้วย



รูปที่ 5 แบบของใบมีดที่ใช้ในเครื่องย่อยยางชุดที่ 1

นอกจากนั้นชุดเครื่องย่อยยางนี้ได้ถูกออกแบบให้สามารถทำการย่อยยางโดยชุดใบมีดแต่ละชุดที่สัมผัสกับยางจะรับภาระการทำงานเท่ากัน เนื่องจากการเปลี่ยนลักษณะการวางใบมีดใหม่ และยังช่วยลดปัญหาการติดขัดของเครื่องขณะทำงานลงได้

ในการทดสอบการย่อยของชุดใบมีดนี้ได้ป้อนยางรถยนต์ชนิดไม่มีการเสริมใยเหล็ก (Bias Tire) ที่มีชั้นผ้าใบหนา 4 ชั้น ซึ่งมีขนาดกว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร หนา 15 มิลลิเมตร แล้วทำการวัดขนาดของชิ้นยางที่ผ่าน การย่อยโดยเครื่องย่อยยางเป็นจำนวน 1, 3 และ 6 รอบการทำงาน โดยจะทำการวัดขนาดที่ยาวที่สุดของชิ้นยาง เพื่อที่จะหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชิ้นยางที่ได้จากการย่อยด้วยชุดใบมีดโดยแบ่งตามช่วงของขนาด

3.2.2.2 กระบวนการบด

ในกระบวนการบดนั้นเป็นการบดและอัดเศษยางที่ได้จากกระบวนการฉีกและตัด โดยในกระบวนการนี้ จะให้เศษยางผ่านเครื่องย่อยยางชุดที่ 2 โดยชุดเครื่องย่อยยางชุดนี้ประกอบไปด้วยลูกกลิ้งเกลี้ยง 2 ลูก หมุนขบกันที่ความเร็วรอบต่างกันในทิศทางตรงกันข้าม อยู่บนเพลาคู่วางขนานกัน ดังแสดงในรูปที่ 6 ทำงานโดยอาศัยแรงอัดเนื่องจากการขบกัน และอาศัยการเคลื่อนที่สัมผัสของลูกกลิ้งเพื่อบดเศษยางให้มีขนาดเล็กลง

ในการทดสอบการย่อยของชุดลูกกลิ้งป้อนเศษยางที่ได้จากการย่อยของชุดใบมีด โดยคัดชิ้นเศษยางที่มีขนาดโดยเฉลี่ยกว้าง 20 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร แล้วทำการวัดขนาดของชิ้นยางที่ผ่านการย่อย โดยชุดลูกกลิ้ง 1, 3 และ 6 รอบการทำงาน โดยจะทำการวัดขนาดที่ยาวที่สุดของชิ้นยาง เพื่อที่จะหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชิ้นยางที่ได้จากการย่อยด้วยชุดลูกกลิ้งโดยแบ่งตามช่วงของขนาด



รูปที่ 6 เครื่องย่อยยางชุดที่ 2 ชนิดลูกกลิ้ง ของชุดเครื่องย่อยยาง TAP-MC

4. ผลการวิจัย

สำหรับการทดสอบการย่อยยางของชุดใบมีด ขนาดของชิ้นยางเฉลี่ยก่อนเข้าสู่ชุดใบมีดจะมีขนาดดังตารางที่ 1 และเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชิ้นยางที่ได้จากการย่อยด้วยชุดใบมีดโดยแบ่งตามช่วงของขนาดจะมีค่าดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ขนาดของชิ้นยางเฉลี่ยก่อนเข้าสู่ชุดใบมีด

กว้าง x ยาว x หนา (มิลลิเมตร)	
150 x 200 x 15	

ตารางที่ 2 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของชิ้นยางที่ได้จากการย่อยด้วยชุดใบมีดโดยแบ่งตามช่วงของขนาด

ช่วงของขนาดชิ้นยาง	จำนวนรอบการทำงาน		
	1 รอบ 	3 รอบ 	6 รอบ 
60.0mm ขึ้นไป	51.19	14.23	1.12
50.0mm-60.0mm	21.42	25.47	2.42
40.0mm-50.0mm	9.20	23.72	6.54
30.0mm-40.0mm	0.00	12.55	24.15
20.0mm-30.0mm	12.03	13.97	35.05
10.0mm-20.0mm	5.53	7.53	26.42
5.0mm-10.0mm	0.45	1.28	1.76
0.0mm-5.0mm	0.18	1.25	2.54

สำหรับการทดสอบการย่อยยางของชุดลูกกลิ้ง ขนาดของชิ้นยางเฉลี่ยก่อนเข้าสู่ชุดลูกกลิ้งจะมีขนาดดังตารางที่ 3 และเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชิ้นยางที่ได้จากการย่อยด้วยชุดลูกกลิ้ง โดยแบ่งตามช่วงของขนาดจะมีค่าดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ขนาดของชิ้นยางเฉลี่ยก่อนเข้าสู่ชุดลูกกลิ้ง

กว้าง x ยาว x หนา (มิลลิเมตร)	
20 x 20 x 10	

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชิ้นยางที่ได้จากการย่อยด้วยชุดลูกกลิ้งโดยแบ่งตามช่วงของขนาด

ช่วงของขนาดชิ้นยาง	จำนวนรอบการทำงาน		
	1 รอบ 	3 รอบ 	6 รอบ 
30.0mm ขึ้นไป	41.70	15.00	12.32
20.0mm-30.0mm	23.69	11.20	14.37
10.0mm-20.0mm	20.25	33.14	20.70
5.0mm-10.0mm	10.96	21.53	10.56
0.0mm-5.0mm	3.40	19.13	42.05

5. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

โครงการนี้เป็นการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องย่อยยางต้นแบบ เพื่อให้สามารถผลิตได้ในประเทศและมีราคาต่ำลงในอนาคต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพาราในประเทศ ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเชิงพาณิชย์ โดยโครงการนี้ได้ดำเนินการในสองส่วนคือ ส่วนของการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องย่อยยางต้นแบบที่คณะผู้จัดทำโครงการได้พัฒนาขึ้นมาก่อนแล้ว และส่วนของการออกแบบเครื่องย่อยยางที่พัฒนามาจากเครื่องต้นแบบเดิม ซึ่งในส่วนแรกได้ทำการติดตั้งชุดรีเลย์ควบคุมทิศทางการหมุนของชุดใบมีดและทำการซัพพอร์ตใบมีดให้ทนต่อการสึกหรอมากขึ้น

ในส่วนที่สองได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยยางขึ้นมาใหม่ โดยจะเรียกว่า ชุดเครื่องย่อยยาง TAP-MC ดังแสดงในรูปที่ 7 และจากการทดสอบย่อยเศษยาง จะเห็นว่าเครื่องย่อยยาง TAP-MC ที่ออกแบบและพัฒนาในโครงการวิจัยนี้ สามารถทำการย่อยยางรถยนต์ชนิดที่เป็นผ้าใบไม่มีการเสริมใยเหล็ก (Bias Tire) โดยตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ คือ จำนวนรอบการทำงานของชุดย่อยและชุดบด มุมการตัดของใบมีด ขนาดและคุณสมบัติของชิ้นงานที่นำมาย่อย รวมถึงกำลังของมอเตอร์ โดยการสร้างเครื่องนี้ใช้มอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า ขับเครื่องย่อยยาง 2 ชุด ชุดแรกเป็นชุดใบมีด ใช้ใบมีดที่ทำมาจากเหล็กหัวแดงชุบแข็งโดยผ่านกระบวนการคาร์บอนไนไตรดิง (Carbonitriding) ให้มีความแข็ง 58-60 HRC จำนวน 90 ใบ มุมตัด 60 องศา และติดอยู่บนจานจำนวน 15 จานซึ่งประกอบอยู่บนเพลาสองตัว โดยความเร็วรอบที่เพลาชับและเพลาดำเป็น 50 และ 30 รอบต่อนาทีตามลำดับ ส่วนชุดที่สองเป็นชุดลูกกลิ้งสองลูกหมุนบดเข้าหากัน โดยใช้ความเร็วรอบที่เพลาชับและเพลาท่อกันกับชุดที่ 1 ซึ่งเครื่องย่อยยางชุดที่ 1 จะทำหน้าที่ฉีกและตัดชิ้นงาน และในเครื่องย่อยยางชุดที่ 2 จะทำหน้าที่บดอัดเศษยางที่ได้จากเครื่องย่อยยางชุดที่ 1 ให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งพบว่าเมื่อจำนวน

รอบดังกล่าวเพิ่มขึ้น ขนาดเฉลี่ยของชิ้นยางที่สามารถย่อยได้ใน 1, 3, และ 6 รอบการทำงาน ของชุดใบมีดจะมีค่า 53.06 มิลลิเมตร, 43.07 มิลลิเมตร, 23.47 มิลลิเมตรตามลำดับ และขนาด เฉลี่ยของชิ้นยางที่สามารถย่อยได้ใน 1, 3, และ 6 รอบการทำงาน ของชุดลูกกลิ้งจะมีค่า 18.08 มิลลิเมตร, 15.11 มิลลิเมตร, 12.86 มิลลิเมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ทั้งชุดใบมีดและชุดลูกกลิ้งของเครื่องย่อยยาง TAP-MC มีประสิทธิภาพที่ดี และมีแนวโน้มที่จะสามารถย่อยยางให้มีขนาดเล็กลงไป หากมีการเพิ่มจำนวนรอบการทำงานให้มากขึ้น ดังนั้นเครื่องย่อยยางนี้สามารถนำไปเป็น เครื่องต้นแบบเพื่อพัฒนาในการใช้ในอุตสาหกรรมจริงต่อไป



รูปที่ 7 เครื่องย่อยยาง TAP-MC (ชนิดลูกกลิ้ง และชนิดชุดใบมีด)

6. กิตติกรรมประกาศ

- ขอขอบคุณ ฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5) สำนักกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว) ในโครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา (SPR) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้
- ขอขอบคุณครูช่าง และช่างเทคนิค ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการช่วยเหลือ และคำแนะนำในการทำโครงการ
- ขอขอบคุณแผนกวิศวกรรม สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDIP) สำหรับการสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการทำโครงการ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Internet Resource: <http://www.rbrubber.com>
- [2] Internet Resource: <http://www.rubberecycle.com>
- [3] สิทธิธา บุญโพธิ์อภิชาติ และคณะ “การออกแบบและ ประดิษฐ์เครื่องย่อยยาง” โครงการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2547