



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยาง

โดย อ.ดร. ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ และคณะ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

15 มิถุนายน 2547

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยาง

อ.ดร. ศุภสิทธิ์	รอดขวัญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์
นาย สิทธิ	บุญโพธิ์อภิชชาติ	คณะวิศวกรรมศาสตร์
นาย ชญพันธ์	วรรณโชติ	คณะวิศวกรรมศาสตร์
นาย ณัฐวุฒิ	จุฑาศรีพานิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์
นาย สามขวัญ	ธีรณัตถพงษ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุดโครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Abstract

Design of the Rubber Shredder for Recycling

Currently, various applications of rubber products have been widely found. The waste of these rubber products are often neglected without the recycling process leading to the environmental hazardous problem. In fact, most rubber products can be recycled through the shredding process. The size of 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 produce the reclaimed rubber or other rubber products such as retread tires, rubber bricks, playground rubber pads, rubber mats in the restroom. Nevertheless, 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 the type, size, and property of rubber material, the angle of cutting knife, the cutting speed of a knife and the power of a motor used. In this work, a total of 141 cutter knives 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. 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 production rate of the designed shredder was also revealed. The promising results were shown considering the size of the shredded rubber piece and the productivity of the designed shredder

.

บทคัดย่อ

โครงการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยาง

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

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
Abstract	
บทคัดย่อ	
สารบัญ	A
สารบัญรูป	C
สารบัญตาราง	D
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและหลักการ	
2.1 ประวัติและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยาง	4
2.2 แนวคิดในการสร้างเครื่องจักรย่อยยาง	4
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	
3.1 การออกแบบเพลลา	6
3.2 การออกแบบลิ้ม	6
3.3 การออกแบบเฟือง	7
บทที่ 4 วิธีการสร้าง	
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องย่อยยาง	9
4.2 วิธีการสร้างเครื่องย่อยยาง	9
บทที่ 5 ผลการวิจัย	
5.1 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการวิจัย	15
5.2 ผลลัพธ์ที่ได้	15
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการวิจัย	17
6.2 ข้อเสนอแนะ	18
6.3 แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนา	18
6.4 แนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์จริง	20

สารบัญ(ต่อ)

สารบัญ	หน้า
เอกสารอ้างอิง	21
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก 1 บทความสำหรับเผยแพร่	22
ภาคผนวก 2 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลของ โครงการไปใช้ประโยชน์	22
ภาคผนวก 3 ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์	22
ภาคผนวก 4 รายงานการเงิน	
ภาคผนวก ข แบบทางวิศวกรรมชิ้นส่วนเครื่องย่อยยาง	
แบบฐานใบมีด	23
แบบเพลายาว	24
แบบเพลาสั้น	25
แบบแหวนรองจานตัด	26
แบบเครื่องย่อยยาง	27
แบบฐานเครื่องจักร	28
แบบใบมีดยาว	29
แบบใบมีดสั้น	30

สารบัญรูป

สารบัญ

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างรูปประกอบของผลิตภัณฑ์	
รูปที่ 2.1 ใบมีดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมย่อยยางรถยนต์ใน ต่างประเทศ	หน้า
รูปที่ 2.2 เศษชิ้นส่วนยางที่ผ่านการย่อยโดยเครื่องย่อยติดใบมีด	1
รูปที่ 4.1 รูปแบบฐานเครื่องจักรที่ออกแบบ	
รูปที่ 4.2 แสดงฐานเครื่องที่สมบูรณ์	5
รูปที่ 4.3 ชุดระบบการส่งกำลังของเครื่องจักร	5
รูปที่ 4.4 การวาดแบบลงเหล็กแผ่นขนาดบางเพื่อทำแบบ	10
รูปที่ 4.5 ฐานมีดที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติ	11
รูปที่ 4.6 แสดงการจัดเรียงใบมีดบนฐาน	12
รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบของเครื่องจักรและการจัดวางอุปกรณ์ ต่างๆ	12 13
รูปที่ 6.1 ภาพเครื่องจักรย่อยเศษยาง	13
รูปที่ 6.2 ภาพเครื่องจักรในส่วนต่างๆ	14
	17
	19

สารบัญตาราง

สารบัญ	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 5.2 ผลการทดลอง	16
ตารางเปรียบเทียบวัสดุประสงค์	21

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้เมื่อถูกใช้งานจนหมดอายุแล้วก็มักจะถูกนำไปทำลายทิ้งโดยไม่ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากยางเหล่านั้นได้สูงสุดและยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ซึ่งโดยความจริงแล้วผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยอาศัยกระบวนการนำยางมาผ่านเครื่องย่อยให้ได้เป็นเศษเล็กๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วชิ้นงานที่ถูกบดออกมาจะมีขนาด ขึ้นกับประสิทธิภาพเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต หลังจากนั้นชิ้นยางที่ถูกย่อยแล้วจะถูกนำไปผสมกับยางใหม่หรือสารเคมีต่างๆ เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยางล้อรถจักรยานยนต์ อิฐบล็อกยาง แผ่นปูสนามเด็กเล่น แผ่นกันลื่นในห้องน้ำ เป็นต้นเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ แผ่นกันลื่น แผ่นปูสนามเด็กเล่น (ดังแสดงในรูปที่ 1.1) ยางรองพื้น แผ่นปูพื้น ป้ายกันน้ำ บล็อกยางปูพื้น ผสมยางมะตอยทำพื้นถนน เป็นต้น กระบวนการในการปรับปรุงเทคนิคในการนำผลิตภัณฑ์จากยางกลับมาใช้ใหม่ได้ถูกคิดค้นและพัฒนามาเป็นเวลานานแล้ว อย่างไรก็ตามโดยเครื่องจักรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีราคาค่อนข้างสูงและส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยางต้นแบบนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพาราทั้งในเชิงพาณิชย์และสิ่งแวดล้อม



แผ่นกันลื่น



แผ่นปูสนามเด็กเล่น

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างรูปประกอบของผลิตภัณฑ์ [3]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องจักรต้นแบบในการย่อยยาง
2. เป็นการนำผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้แล้วมาก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อสร้างนักวิจัยด้านอุปกรณ์เครื่องจักรในอุตสาหกรรมยาง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบ
2. ดำเนินการออกแบบเครื่องย่อยยาง เพื่อใช้ในการตัดย่อยยางเพื่อเป็นวัตถุดิบในการนำไปเป็นส่วนผสมในยางใหม่หรือยางดิบ
3. สร้างและทดสอบเครื่องย่อยยาง รวมทั้งดำเนินการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี
4. เสนอข้อควรปรับปรุงสำหรับการพัฒนาเครื่องย่อยยางในขั้นต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1. ได้เครื่องต้นแบบสำหรับบดย่อยยางที่มีราคาต่ำ
2. ช่วยลดการนำเข้าเครื่องย่อยยางจากต่างประเทศ
3. มีนักวิจัยที่สามารถประดิษฐ์เครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางได้

1.5 แผนการดำเนินงาน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอน การดำเนินงาน	เดือนที่ 1 ตุลาคม 2546	เดือนที่ 2 พฤศจิกายน 2546	เดือนที่ 3 ธันวาคม 2546	เดือนที่ 4 มกราคม 2547	เดือนที่ 5 กุมภาพันธ์ 2547	เดือนที่ 6 มีนาคม 2547	เดือนที่ 7 เมษายน 2547	เดือนที่ 8 พฤษภาคม 2547	เดือนที่ 9 มิถุนายน 2547
1. เสนอโครงการและ ประชุมเพื่อรวบรวม และสรุปข้อมูลที่ได้มา ทั้งหมด									
2. ปรับปรุงแนวคิด และออกแบบ		 							
3. สรุปแนวคิดและการ ออกแบบเป็นครั้งสุดท้าย		 							
4. สั่งซื้ออุปกรณ์ชิ้น ส่วน และดำเนิน การ สร้าง			 						
5. ทดสอบการทำงานของ เครื่อง					 				
6. ทดสอบด้วยวัสดุ จริง รวบรวมผล ทดสอบและวิเคราะห์						 			
7. แก้ไขปรับปรุงข้อ บกพร่อง							 		
8. สรุปผลและทำราย งานฉบับสมบูรณ์								 	

 ความคืบหน้าตามแผน ความคืบหน้าตามจริง

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและหลักการ

2.1 ประวัติและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยาง

นับตั้งแต่เจ้าพระยาวิชาญประดิษฐ์ (คอซิมบี๊ ณ ระนอง) นำยางพาราเข้ามาปลูกที่จังหวัดตรัง ในปี พ.ศ. 2443 ประเทศไทยได้ขยายการผลิตและการตลาดของยางพารา จากสวนยางที่มีอยู่เพียง 109,000 ไร่ และเป็นประเทศผู้ส่งยางออกจำหน่ายต่างประเทศเป็นอันดับที่สี่รองจากมาเลเซีย อินโดนีเซีย ศรีลังกา ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2477 – 2493 ได้ขยายการผลิต ส่งออกเป็นอันดับสามของโลกแทนศรีลังกา รวมทั้งยังสามารถผลิตยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางผึ่งแห้ง ยางเครพ น้ำยางข้น ส่งจำหน่ายตลาดในประเทศและต่างประเทศกว่า 40 แห่ง ซึ่งเชื่อว่า ความสำเร็จของการขยายการผลิตจะทำให้ประเทศไทยเป็นผู้นำในการผลิตและการจำหน่ายยางพาราของโลกในอนาคต [1], [2]

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มียอดการผลิตยางมากที่สุดในโลกแต่กลับมีรายได้เข้าประเทศน้อยกว่ามาเลเซียซึ่งมียอดการผลิตต่ำกว่าไทยถึง 4 เท่า เพราะมาเลเซียมีอุตสาหกรรมปลายน้ำของยางมากกว่าไทยนั่นเอง จึงเกิดปรากฏการณ์ที่ไทยผลิตยางได้มากที่สุดในโลกแต่มีรายได้ต่อตันยางต่ำที่สุดในโลก [4]

2.2 แนวคิดในการสร้างเครื่องจักรย่อยเศษยาง

แนวคิดของการตัดโดยใช้ใบมีดหมุนรอบเพลานั้นถูกคิดค้นครั้งแรกโดย Kurt Rosler ในปี ค.ศ.1960 ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับตัดยางรถยนต์ โดยเป็นการตัดใบมีดบนจานตัดซึ่งหมุนอยู่บนเพลาดโดยอาศัยการเคลื่อนที่สัมผัสของจานตัดที่อยู่บนเพลาสองเพลาวางขนานกัน หมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามและอาศัยแรงเฉือนเนื่องจากการขบกันระหว่างช่องว่างของใบมีดเป็นตัวแยกชิ้นส่วนของเศษยางให้ขาดออกจากกัน โดยจะออกแบบให้เกิดการตัดขึ้นสองครั้ง (Primary and Secondary Shredding) ซึ่งขนาดของเศษยางที่ได้จากการตัดแต่ละครั้งถูกกำหนดโดยระยะห่างของใบมีดที่ติดอยู่บนเพลาทิ้งสองและจำนวนครั้งที่ป้อนเศษยางผ่านใบมีด และใบมีดที่ติดตั้งอยู่บนจานตัดนั้นสามารถถอดประกอบเพื่อสะดวกต่อการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนใบมีดใหม่ รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างใบมีดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมย่อยยางรถยนต์ในต่างประเทศ และเศษชิ้นส่วนยางที่ผ่านการย่อยโดยเครื่องย่อยตัดใบมีด ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 [3]



รูปที่ 2.1 ไบโม่คที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมย่อยยางรถยนต์ในต่างประเทศ [3]



รูปที่ 2.2 เศษชิ้นส่วนยางที่ผ่านการย่อยโดยเครื่องย่อยติคไบโม่ค [3]

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

3.1 การออกแบบเพลา

ที่เพลามีความเร็วรอบ 30 rpm, มอเตอร์ขนาด 7.5 hp = 5.595 KW

$$\begin{aligned}
 P &= T\omega \\
 5.595 \times 1000 &= T \times 2\pi \times \frac{30}{60} \\
 T &= 1780 \quad \text{Nm} \\
 &= 1780000 \quad \text{Nmm}
 \end{aligned}$$

เพลาทำจากเหล็ก AISI 1020CD และเซาะร่องลิ้น

$$\begin{aligned}
 \tau &= 0.3 \times 0.75 \times \sigma_y \\
 &= 0.3 \times 0.75 \times 390 \\
 &= 87.75 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$

เพลาหมุนด้วยแรงกระตุกอย่างเบา $C_t = 1.1$ เพลารับแรงบิดอย่างเดียว

$$\begin{aligned}
 D^3 &= \frac{16C_t T}{\pi \tau} \\
 &= \frac{16 \times 1.1 \times 1780000}{87.75 \pi} \\
 D &= 48 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นใช้เพลาขนาด 50 mm

3.2 การออกแบบลิ้น

ลิ้นทำมาจากเหล็กกล้า AISI 1020CD ดังนั้นจะได้ $\sigma_y = 390 \text{ MPa}$, กำหนด $N = 2$

และ $\tau_y = 0.6 \sigma_y = 0.6 \times 390 = 234 \text{ MPa}$

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

ใช้ลิ้นขนาด $b \times h = 12 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ ความยาว $l = 431 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{2T}{bld} \\
 &= \frac{2 \times 1780 \times 1000}{12 \times 431 \times 50} \\
 &= 18 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ฉะนั้นเมื่อ $\tau < \tau_d$ ดังนั้นลิ้มที่เลือกมาใช้จึงใช้งานได้ตามต้องการ

3.3 การออกแบบเฟือง

เลือกใช้เฟืองเฉียงเพราะส่งกำลังได้ดี

ความเร็วรอบของเพลาขับ = 50rpm

ความเร็วรอบของเพลาตาม = 30rpm, $\omega = 15$

ให้ฟันของ pinion = 24 ฟัน

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นฟันของ gear} &= \frac{50}{30} \times 24 \\ &= 40 \text{ ฟัน}\end{aligned}$$

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}F_d &= k_v F_t \\ &= \frac{86010}{m_n} + 1860\end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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 ฟัน

ไปจับเพลาคับที่มีความเร็วรอบ 50 rpm โดยใช้เฟืองโซ่ 57 ฟัน

บทที่ 4

วิธีการสร้าง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องย่อยเศษยาง

1. เหล็กรูปพรรณชนิดต่างๆ ได้แก่
 - 1.1 เหล็กรางน้ำขนาดความกว้าง 3 นิ้ว
 - 1.2 เหล็กแผ่นหนา 3 mm ขนาด 4 x 8 นิ้ว
 - 1.3 เหล็กเพลาชาว 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 เหล็กเพลาชาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว จำนวน 2 ท่อน
2. แบร์ริงขนาด 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 ก่อ่ง (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

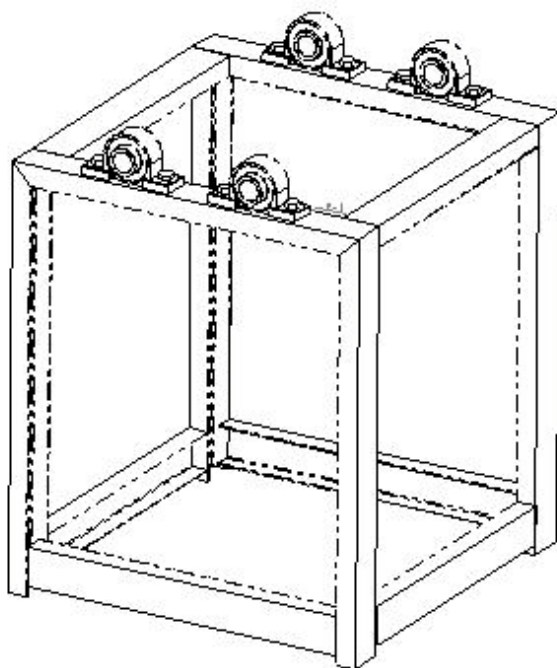
4.2 วิธีการสร้างเครื่องย่อยเศษยาง

หลังจากได้ทำการออกแบบและคำนวณขนาดของชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักรแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการจัดหาซื้ออุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการสร้าง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลประเภทต่างๆที่มีขายในท้องตลาดทั้งในด้านของราคาและความเหมาะสม รวมถึงความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาปรับปรุงแบบในอนาคต เนื่องจากวัสดุบางชนิดมีราคาค่อนข้างสูงและหาได้ยากหรือไม่สามารถทำให้ตรงตามแบบได้ในทางปฏิบัติ จึงต้องใช้เวลาในการปรับปรุงแบบที่เขียนไว้พอสมควรในส่วนของการละเอียดของขนาดชิ้นส่วนที่ใช้ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

เมื่อทำการเลือกซื้ออุปกรณ์ที่ต้องใช้ได้ครบถ้วนก็เริ่มทำการสร้างเครื่องโดยส่วนประกอบหลักๆของเครื่องจักรประกอบไปด้วย

1. ฐานเครื่องจักรรวมทั้งช่องป้อนและคายเศษยาง
2. ชุดส่งกำลัง
3. ชุดอุปกรณ์ใบตัด

ซึ่งในการสร้างจะเริ่มจากฐานก่อนโดยการตัดเหล็กทรงน้ำ และเชื่อมประกอบฐาน ซึ่งในการออกแบบโครงสร้างนั้นจะคำนึงถึงขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน และความแข็งแรงเป็นหลัก เนื่องจากน้ำหนักของชุดส่งกำลังและชุดอุปกรณ์ใบตัดมีน้ำหนักมาก ซึ่งขณะนี้บริเวณป้อนเศษยางและทางออกหลังการย่อยยังไม่ได้ประกอบเข้ากับฐานเนื่องจากจะมีผลทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดตั้งชุดส่งกำลัง รูปแบบฐานเครื่องจักรและชุดฐานเครื่องจักรที่ประกอบสมบูรณ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 รูปแบบฐานเครื่องจักรที่ออกแบบ



รูปที่ 4.2 แสดงฐานเครื่องที่สมบูรณ์

ในส่วนของการส่งกำลังนั้นจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 7.5 แรงม้า (ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3) ส่งกำลังเข้ากับชุดเกียร์โดยวางชุดส่งกำลังที่บริเวณส่วนล่างของเครื่องจักรซึ่งทำเป็นร่องเลื่อนสำหรับปรับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง ก่อนส่งกำลังโดยใช้โซ่ ผ่านชุดเกียร์ขึ้นไปยังเพลาทั้งสอง โดยในการกำหนดขนาดอัตราทดชุดเกียร์และขนาดของเฟืองโซ่นั้นจะพิจารณาอัตราทดรอบของเพลาทั้งสองเป็นสำคัญ ซึ่งในที่นี้รอบของเพลาขับและเพลาตามได้ถูกเลือกเป็น 50 และ 30 รอบต่อนาที ตามลำดับ เพื่อให้ได้ค่าแรงบิดที่สูงเพียงพอที่จะใช้ในการตัดเฉือนตามวิธีการคำนวณที่แสดงไว้ก่อนหน้านี้แล้ว จะเห็นได้ว่าความเร็วรอบของใบตัดบนเพลาทั้งสองนั้นมีค่าไม่เท่ากันซึ่งทำได้โดยการทดเฟืองที่ปลายอีกด้านของเพลาทั้งนี้เพื่อให้เกิดแรงเฉือนขึ้นภายในชิ้นงานให้ได้มากที่สุดแต่ในการสร้างนั้นความแตกต่างของรอบเพลาจะถูกกำหนดโดยระยะห่างของเพลาทั้งสอง ทำให้เกิดข้อจำกัดในการเลือกความแตกต่างที่เหมาะสมได้



รูปที่ 4.3 ชุดระบบการส่งกำลังของเครื่องจักร

ส่วนต่อมานับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการสร้างเครื่องย่อยเศษยางซึ่ง คือส่วนของชุดตัด ทั้งในเรื่องของการออกแบบและการสร้างและประกอบ เนื่องจากลักษณะของการประกอบชิ้นงานส่วนใหญ่เป็นงานสวมซึ่งทำให้ง่ายแก่การถอดประกอบและเคลื่อนย้าย ในการสร้างนี้จึงต้องอาศัยความแม่นยำในการผลิตชิ้นส่วนและประกอบเป็นอย่างสูง โดยอุปกรณ์ที่สำคัญในส่วนนี้ประกอบไปด้วย

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

ในการสร้างฐานรองรับใบมีดนั้น เริ่มจากการตัดแบบของฐานใบมีดลงบนแผ่นเหล็กบางเพื่อให้นำเป็นแบบในการนำไปเข้าเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติก่อนหาขนาดเหล็กที่มีความหนาตามต้องการแล้วทำการตัดตามแบบที่ได้ทำเอาไว้ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ โดยรายละเอียดมิตินั้นได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

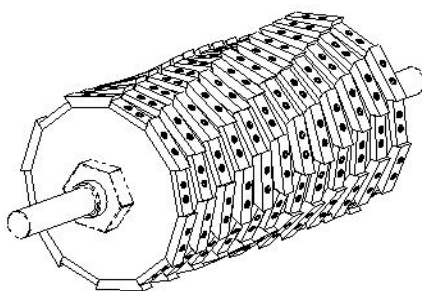


รูปที่ 4.4 การวาดแบบลงเหล็กแผ่นขนาดบางเพื่อทำแบบ



รูปที่ 4.5 ฐานมิดที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติ

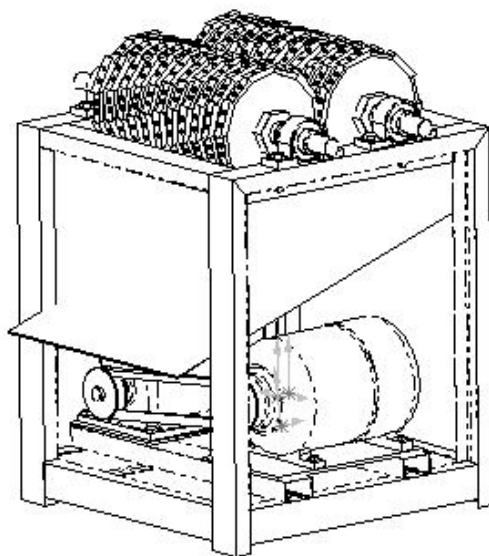
ต่อจากนั้นนำเหล็กแผ่นมาแล้วตัดเป็น 12 เหลี่ยมโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางจากมุมถึงมุมฝั่งตรงข้ามขนาด 250 mm. แล้วนำแบบไปเข้าเครื่องตัดแก๊สอัตโนมัติโดยแผ่นเหล็กที่ถูกตัดมีขนาด 20 mm. จำนวน 23 แผ่น จากนั้นนำไปเจาะรูกลึงโดยให้งานแต่ละงานมีรูกลึงแต่ละรูต่างกันงานละ 5 องศา และเจาะรูทั้ง 12 ด้าน ด้านละ 2 รู สำหรับใส่ขนาด M 10×15 หัวจมเพื่อใช้ในการยึดงานตัดกับใบมิดเข้าด้วยกัน ฐานมิดแต่ละชิ้นจะถูกนำไปเจาะรูพร้อมนำไปเจาะรูกลึงเพื่อนำไปสวมเข้ากับเพลาทังสองพร้อมทั้งติดใบมิดเข้าที่บริเวณขอบของฐานโดยการเจาะรูแล้วทำการยึดด้วยน็อตหัวจมเพื่อให้สะดวกต่อการเปลี่ยนใบมิด การจัดเรียงใบมิดได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.6 ในกรณีที่ใบมิดเกิดการสึกหรอขึ้น โดยแต่ละใบของฐานมิดนั้นจะทำมุมเอียงกัน 5 องศาเพื่อให้ขณะที่เครื่องทำงาน มุมมิดที่เรียงตัวเอียงกันนี้จะช่วยหมุนกวาดนำเศษขี้เลื่อยด้านบนลงมาได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 4.6 แสดงการจัดเรียงใบมิดบนฐาน

เพลาทังสองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเท่ากันและทำการกลึงลดขนาดปลายลงตามแบบและทำการเจาะรูกลึงโดยใช้เครื่องกัด เพื่อทำการยึดตัวฐานมิดให้ยึดติด

กับเพลาลูกเบี้ยวและที่ชุดด้านปลายฐานมิดก็ทำการกลึงเกลียวเพื่อทำการซีดน็อตป้องกันไม่ให้ฐานมิดเกิดการเคลื่อนที่ในแนวแกนของเพลาลูกเบี้ยวโดยใบมีดที่ใช้นั้นทำจากเหล็ก AISI1020CD เนื่องจากเป็นเหล็กเกรดและสามารถพัฒนานำไปชุบแข็งเพื่อเพิ่มความแข็งแรงได้นอกจากนั้นยังหาได้ในท้องตลาดทั่วไป นำไปเข้าเครื่องเจียรไนยให้มีขนาดตามที่ต้องการและทำการเจาะรู โดยมีใบมีดใหญ่ทั้งหมดมีจำนวน 141 ใบตามจำนวนเหลี่ยมของฐานมิดและแต่ละใบมีมุมในการตัด 60 องศา ในส่วนของใบเล็กนั้นใช้เหล็กเส้นพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมนำมาตัดโดยใช้ไฟเบอร์ในการตัดโดยตัดตามแบบให้แต่ละชิ้นมีความยาวขนาด 6.5 mm. จำนวน 141 ชิ้นโดยทำขึ้นต้นแบบในการตัดขึ้นมาก่อนทั้งใบมีดใบเล็กและใบมีดใหญ่เพื่อสะดวกในการตัดและทำให้แต่ละชิ้นที่ตัดได้มีขนาดเท่ากัน และช่องว่างแต่ละช่องของฐานมิดโดยถูกรองไว้ด้วยแหวนซึ่งทำจากเหล็กท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูท่อเท่ากับของเพลาลูกเบี้ยวโดยมีขนาดความหนาเพียงพอที่จะให้ใบมีดซึ่งติดตั้งอยู่บนแต่ละเพลาลูกเบี้ยวผ่านไปโดยไม่สัมผัสกัน รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบของเครื่องจักรและการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ

บทที่ 5

ผลการวิจัย

5.1 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการวิจัย

ทดลองโดยนำยาง 5 แบบ 3 ชนิด ที่แตกต่างกัน นำมาเข้าเครื่องย่อยเศษยาง เพื่อจับเวลาและวัดหาขนาดพื้นที่ที่ลดลงของยางแต่ละชนิด พร้อมทั้งนำมาเปรียบเทียบกับขนาดของยางก่อน เข้าเครื่องเพื่อหา เปอร์เซ็นที่ลดลงทั้งในในด้านกว้าง ยาว หยา และพื้นที่ ที่ลดลงของยางแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังคำนวณหาอัตราเร็วในการตัดชิ้นงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ดังที่ได้แสดงผลในตารางที่ 5.2

5.2 ผลลัพธ์ที่ได้

Output		สาเหตุที่ล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100 %) และการแก้ไขที่ได้ดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอ โครงการ / หรือจาก การปรับแผน	ผลสำเร็จ (%)	
1. ได้แบบการออกแบบเครื่องย่อยยาง	100	-
2. ได้เครื่องย่อยยางต้นแบบ 1 เครื่อง	90	เนื่องจากเกิดปัญหาในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน ได้เสนอข้อปรับปรุงไว้ในรายงานแล้ว
3. ได้นักวิจัยที่มีความสามารถในการประดิษฐ์เครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางได้	100	-

ตารางที่ 5.2 ผลการวิจัยจำแนกตามชนิดของยางที่ใช้

ชนิด	ขนาดก่อนเข้าเครื่อง (mm)			ขนาดโดยประมาณหลังเข้าเครื่อง (mm)			% ของขนาดที่ลดลง			% พื้นที่ที่ลดลง	ลักษณะหลังออก จากเครื่อง	อัตราเร็วในการตัด กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา			
1. ยางหล่อดอก แบบที่ 1												
	110	165	17.2	25	75	17.2	77	54	0	90		96
2. ยางหล่อดอก แบบที่ 2												
	190	245	15.4	46	75	15.4	76	69	0	93		96
3. ยางหล่อดอก แบบที่ 3												
	200	330	19.5	65	70	19.5	68	79	0	93		96
4. ยางรถจักรยาน												
	40.5	1570 ตาม เส้นรอบวง	3.3	40.5	55	3.3	0	96	0	96		90
5. ยางรถจักรยานยนต์												
	64	250	6	64	120	6	0	52	0	52		82

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยางต้นแบบ โดยศึกษาผลการทำงานของเครื่องจักรเพื่อนำไปพัฒนาเครื่องจักรที่ใช้ในการย่อยยางหรือเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางต่อไปในอนาคต โดยปัจจัยซึ่งมีผลต่อการตัดเฉือนยาง ได้แก่ ชนิดของวัสดุและมุมการตัดของใบมีดที่ติดอยู่บนจานตัด ความเร็วรอบของจานตัด ขนาดและคุณสมบัติของชิ้นงานยางที่นำมาย่อย กำลังในการขับเคลื่อนมอเตอร์

โดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบใช้เหล็ก AISI1020CD ในการทำใบมีดซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 141 ใบซึ่งแต่ละใบจะมีมุมในการตัด 60 องศา และมีความเร็วรอบที่เพลาชับและเพลาดำ 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 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องย่อยยางต้นแบบนี้สามารถทำงานได้ดีในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามการที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมจริงนั้นคงยังต้องถูกนำไปปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้นดังได้เสนอไว้ต่อไปในบทนี้



รูปที่ 6.1 ภาพเครื่องจักรย่อยยาง

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาชนิดของวัสดุที่มีขายตามท้องตลาดซึ่งจะทำให้การออกแบบเป็นไปได้โดยเหมาะสมมากขึ้น
2. ควรพิจารณาถึงขั้นตอนและวิธีการสร้างขณะออกแบบด้วยพร้อมทั้งเลือกสถานที่การทำงานที่มีความพร้อมมากที่สุด เพื่อความสะดวกในการทำงานในกรณีที่เป็นไปได้
3. ควรศึกษาแหล่งในการเลือกซื้อวัสดุเพื่อ จะทำให้ไม่เสียเวลาในการหาวัสดุตามที่ต้องการ
4. ควรใช้ช่างฝีมือที่ชำนาญเพื่อลดเวลาในการสร้างและปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดในขั้นตอนการผลิต

6.3 แนวทางการปรับปรุงและพัฒนา

เนื่องจากเครื่องจักรที่ทางผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างไว้แล้วนั้นสามารถใช้ได้จริง แต่มีประสิทธิภาพดีพอเพียงระดับหนึ่ง ทั้งนี้ยังเกิดข้อบกพร่องในการประกอบเครื่องจักรบางประการจึงขอเสนอแนวทางปรับปรุงและพัฒนาเพื่อจะทำการปรับปรุงเครื่องย่อยยางให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยให้มีขนาดของเศษยางที่ได้จากการย่อยที่เล็กลงกว่าในขณะนี้และก่อให้เกิดประโยชน์แก่ระดับรากหญ้าและใช้งานได้จริงในกลุ่มอุตสาหกรรมโดย

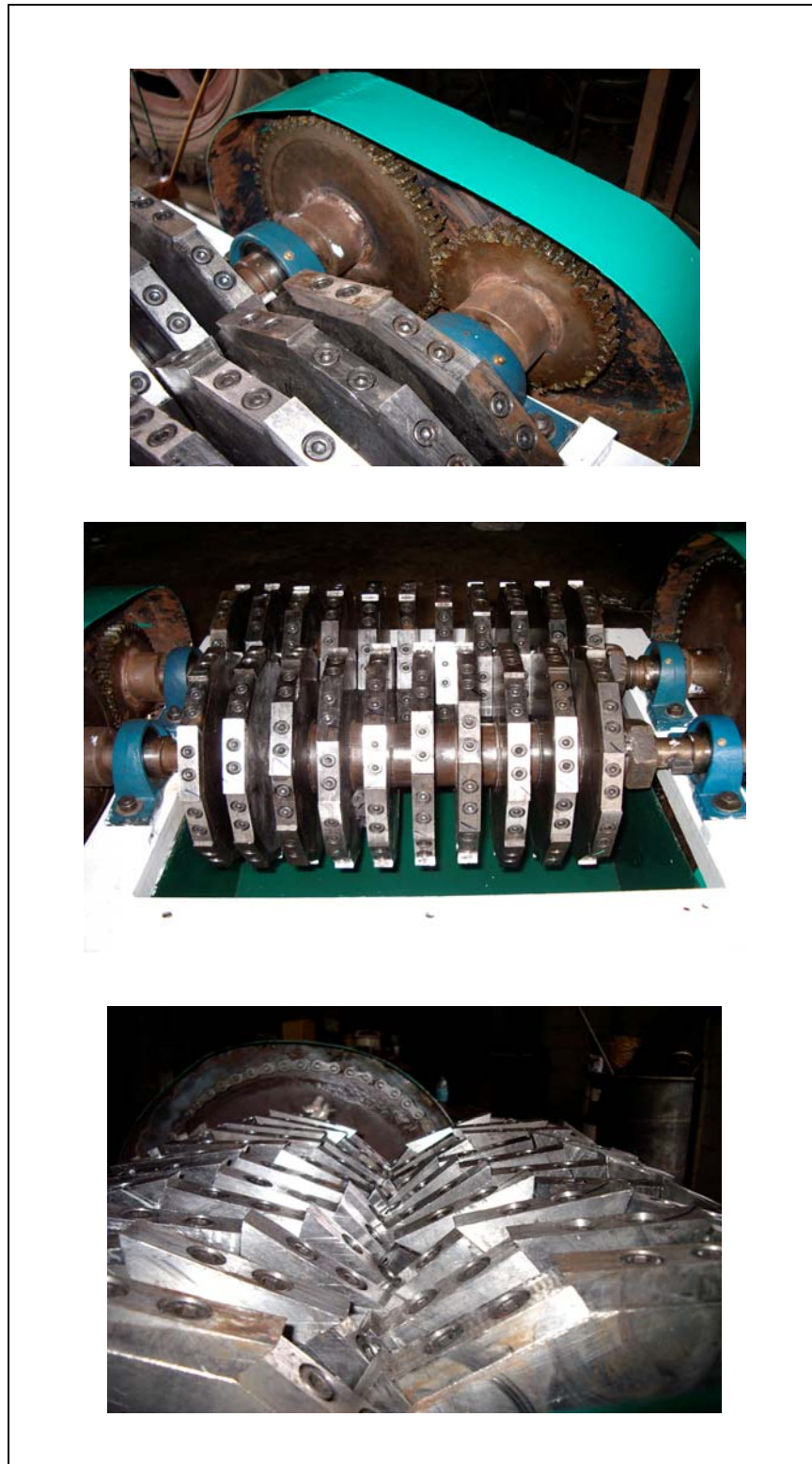
- ในระดับรากหญ้าต้องคำนึงถึง ราคา ความง่ายในการใช้งาน อายุการใช้งานของเครื่อง การดูแลรักษา และการซ่อมแซม เป็นต้น
- ในระดับอุตสาหกรรมต้องปรับปรุงในด้านประสิทธิภาพให้เพียงพอแก่ความต้องการของผู้ประกอบการ มีความสามารถในการเดินเครื่องต่อเนื่องได้ยาว และ อายุการใช้งานของใบมีดตัดยาวนาน

และเพื่อเป็นประโยชน์แก่นักวิจัยในโครงการต่อเนื่อง (Phase 2) ต่อไปจึงสรุปข้อเสนอในการทำวิจัยไว้ ดังนี้

1. ควรทำการค้นคว้าและศึกษาเพิ่มเติมในเรื่อง รูปแบบการออกแบบระบบการตัด การวางตัวของใบมีด เช่น การการปรับรูปแบบการวางใบมีดเป็นแนวตั้ง หรือ เพิ่มเติมใบมีดในแนวตั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร เป็นต้น
2. ฐานมีดจากที่วางบิดกันเป็นมุม 5 องศา นั้นมีปัญหาในเรื่องการติดของยางกับใบมีดในขณะเครื่องทำงานในบางครั้ง จึงควรทดลองแบบที่วางเป็นแนวเดียวกันเพื่อลดอัตราการเกิดข้อผิดพลาดนี้
3. ควรทำการชุบแข็งใบมีดเพื่อเพิ่มความทนทานของใบมีดให้มากขึ้นและมีความคมอยู่เสมอ

4. ควรทำสวิตช์สลับไฟเพื่อกลับทิศทางการหมุนของใบมีดเพื่องานต่อการป้อนอย่างกลับ
หากยางไปติดระหว่างใบมีด

โดยมีลักษณะดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 ภาพเครื่องจักรในส่วนต่างๆ

6.4 แนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์จริง

เนื่องจากเครื่องจักรต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานจริงจึงควรมีการนำไปทดลองให้กลุ่มอุตสาหกรรมและเกษตรกรเป้าหมายได้มีการทดสอบใช้งานจริงหลังจากได้มีการพัฒนาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในระดับที่สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ดังที่ได้เสนอไว้ในแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแล้ว เพื่อที่จะได้ทราบข้อปรับปรุงเพิ่มเติมทั้งในการ ใช้งาน ประสิทธิภาพ ราคา เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปรับปรุงในโครงการต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. ดร. บุญธรรม นิธิอุทัย, “ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และคุณสมบัติ” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต ปัตตานี, 2530
2. ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยียาง, “เทคนิคการออกสูตรยาง” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต ปัตตานี, 2530
3. Internet Resource: <http://www.rbrubber.com>
4. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) “วารสารประชาคมวิจัย” ฉบับที่ 54, 2547

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก 1. บทความสำหรับเผยแพร่

- การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยาง (อยู่ในระหว่างการส่งบทความเพื่อพิจารณาในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18)

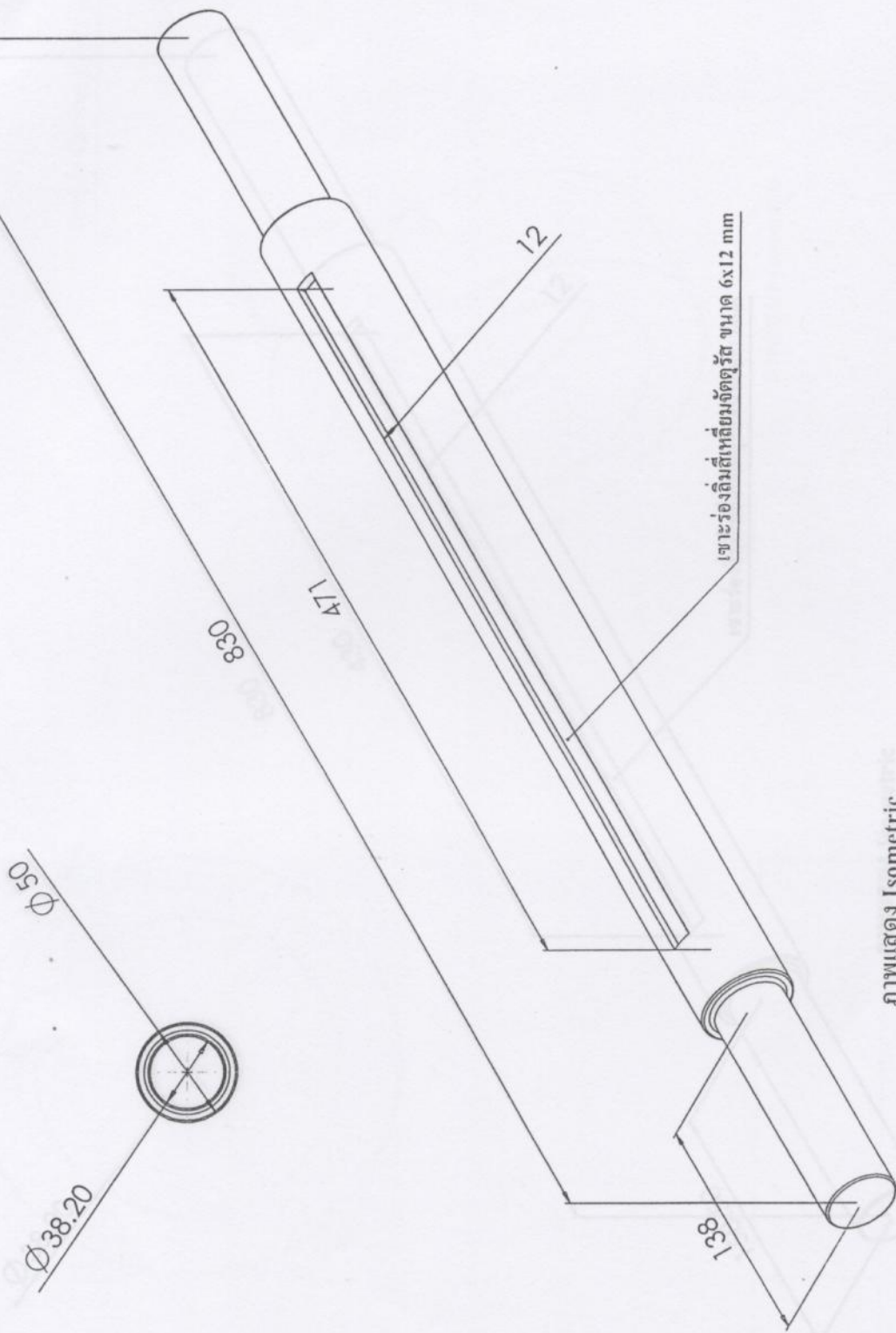
ภาคผนวก 2. กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลของโครงการไปใช้ประโยชน์

- เครื่องย่อยยางต้นแบบที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ สามารถนำไปพัฒนาเพื่อ และนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์โดย พบว่าสามารถช่วยลดขนาดพื้นที่ของชิ้นงานยาง ยางอัดดอกแบบที่ 1 ยางอัดดอกแบบที่ 2 ยางอัดดอกแบบที่ 3 ยางรถจักรยาน ยางรถจักรยานยนต์ มีขนาดพื้นที่ลดลง 90% 93% 93% 96% 52% ตามลำดับ (ในแต่ละชิ้น) นอกจากนั้นอัตราการย่อยชิ้นงานมีค่าเป็น 96, 96, 96, 90, 82 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้แล้วให้น้อยลงและยังสามารถขนส่งผลิตภัณฑ์ยาง เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้สะดวกขึ้น

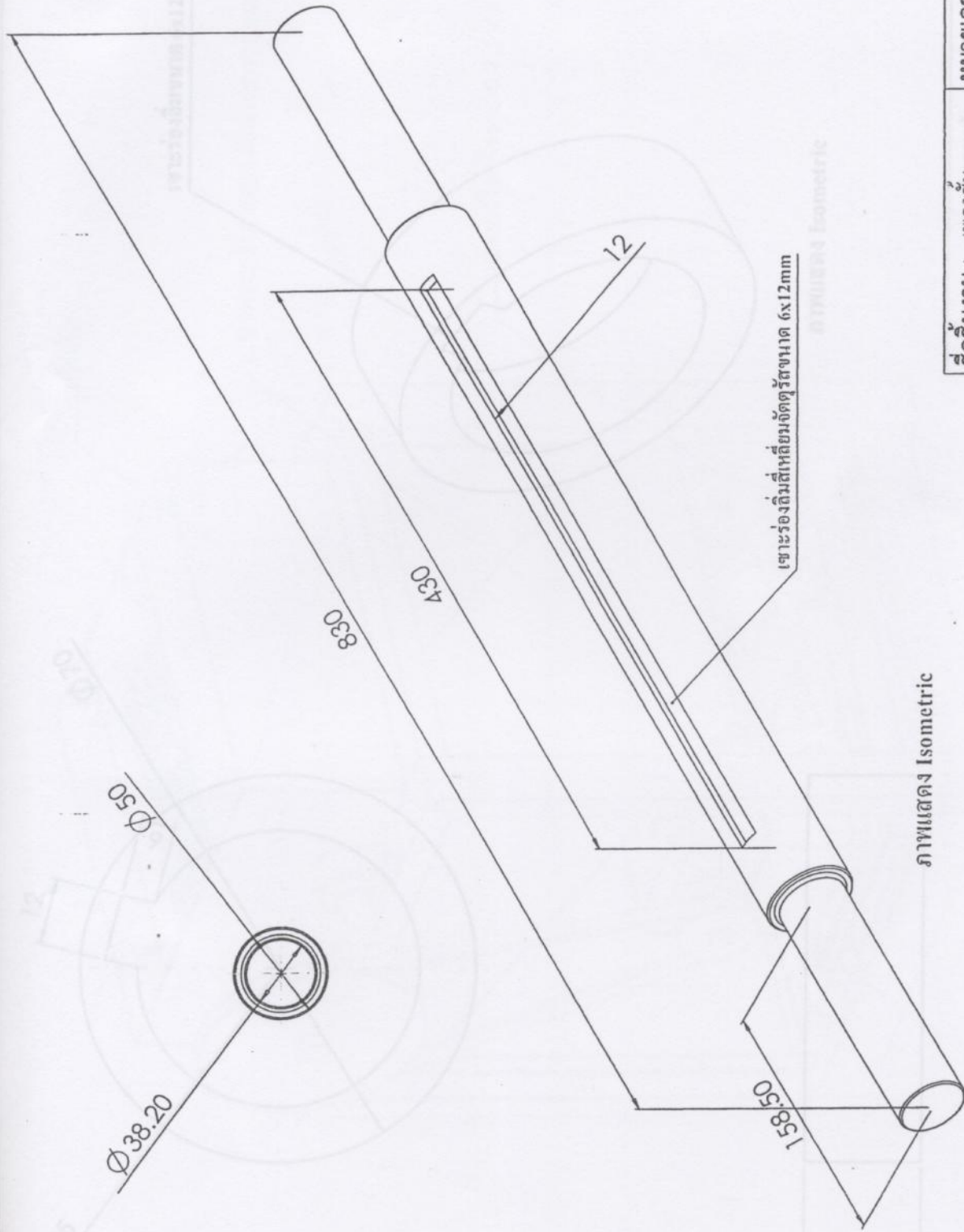
ภาคผนวก 3. ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

ผลที่ได้รับ	บรรลุมติวัตถุประสงค์ข้อที่
1. ได้เครื่องย่อยยางต้นแบบ	1. เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องจักรต้นแบบ
2.สามารถได้เครื่องย่อยยางที่สามารถย่อยชิ้นงานผลิตภัณฑ์ยางให้มีขนาดเล็กลงได้	2. เป็นการนำผลิตภัณฑ์ยางใช้แล้วมาก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และสิ่งแวดล้อม
3. สร้างบัณฑิตในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ที่มีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและผลิตเครื่องจักรในอุตสาหกรรมยาง	3. เพื่อสร้างนักวิจัยด้านอุปกรณ์เครื่องจักรในอุตสาหกรรมยาง

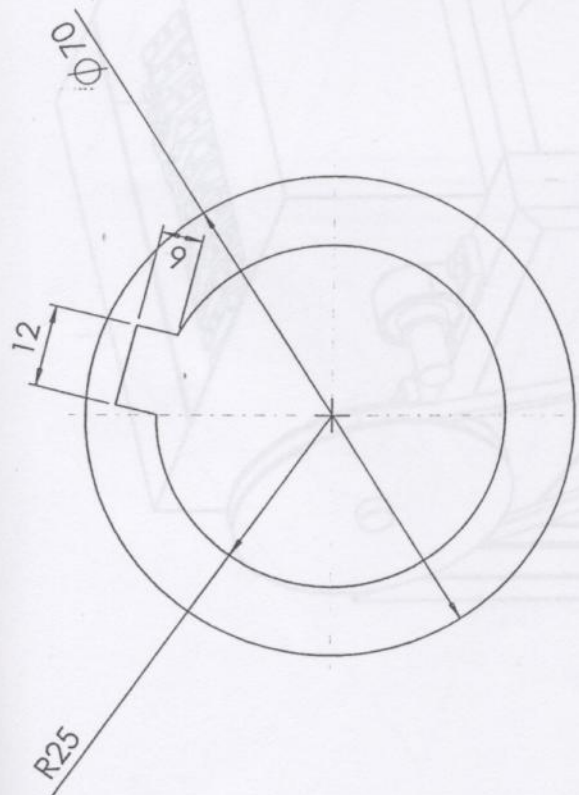
ภาคผนวก ข
แบบทางวิศวกรรมชิ้นส่วนเครื่องย่อยยาง



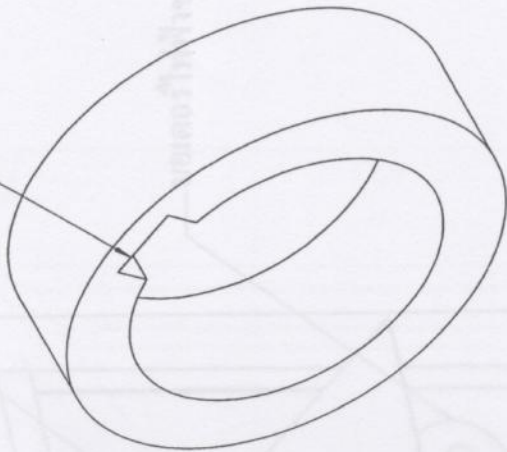
ชื่อชิ้นงาน :	เพลายาว	หมายเลขแบบ	1/2
ผู้เขียน :	นาย อังวุฒิ จูศรีพานิช		
ผู้ตรวจ :			
มาตราส่วน :	1 : 3	หน่วยเป็น	mm
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี			



ชื่อชิ้นงาน : เพลาต้น	หมายเลขแบบ 1/3
ผู้เขียน : นาย อัญวุฒิ อู่อศรีพานิช	
ผู้ตรวจ :	
มาตราส่วน : 1 : 3	หน่วยเป็น mm
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	



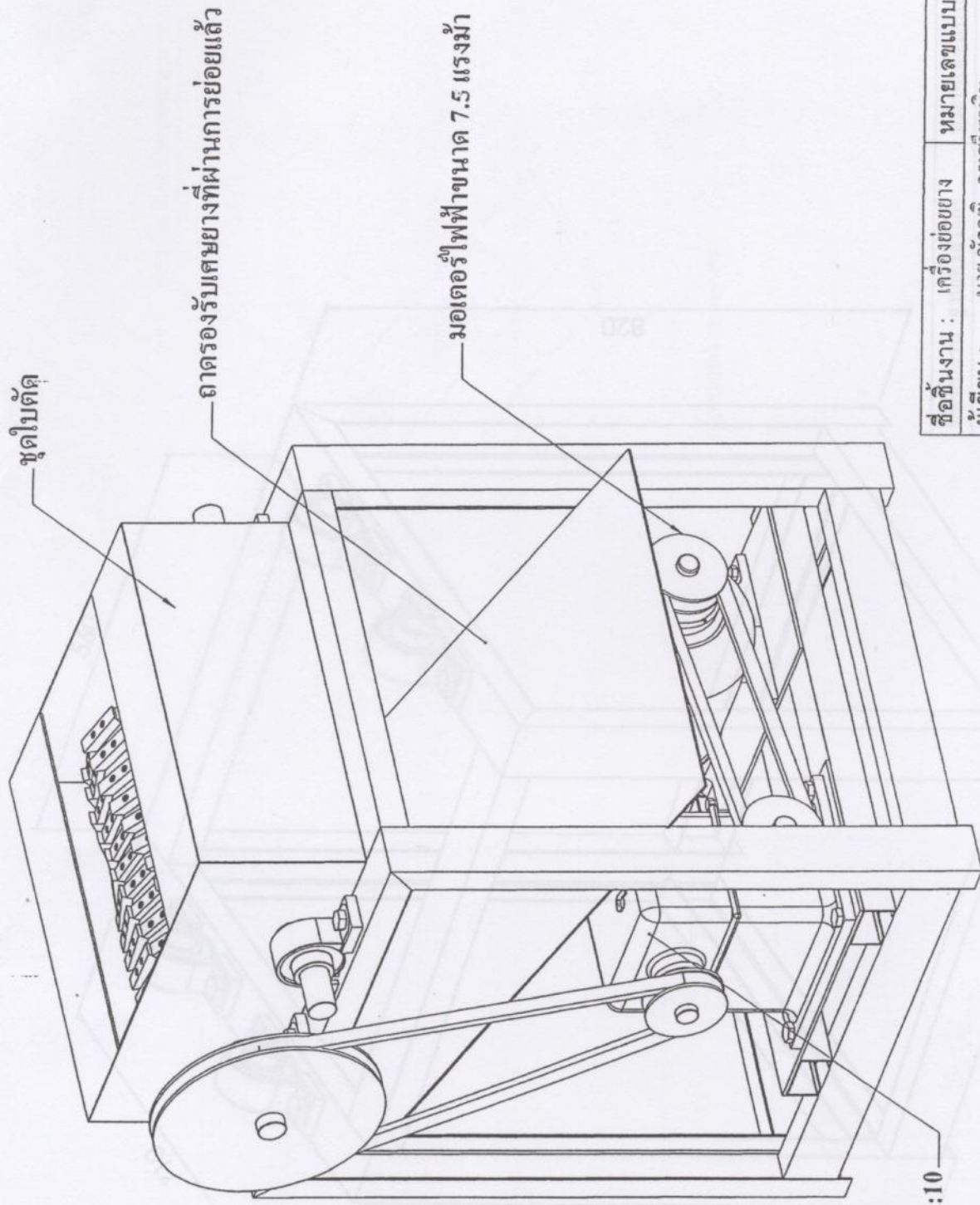
เซาร่องลิ้มขนาด 6x12 mm



ภาพแสดง Isometric

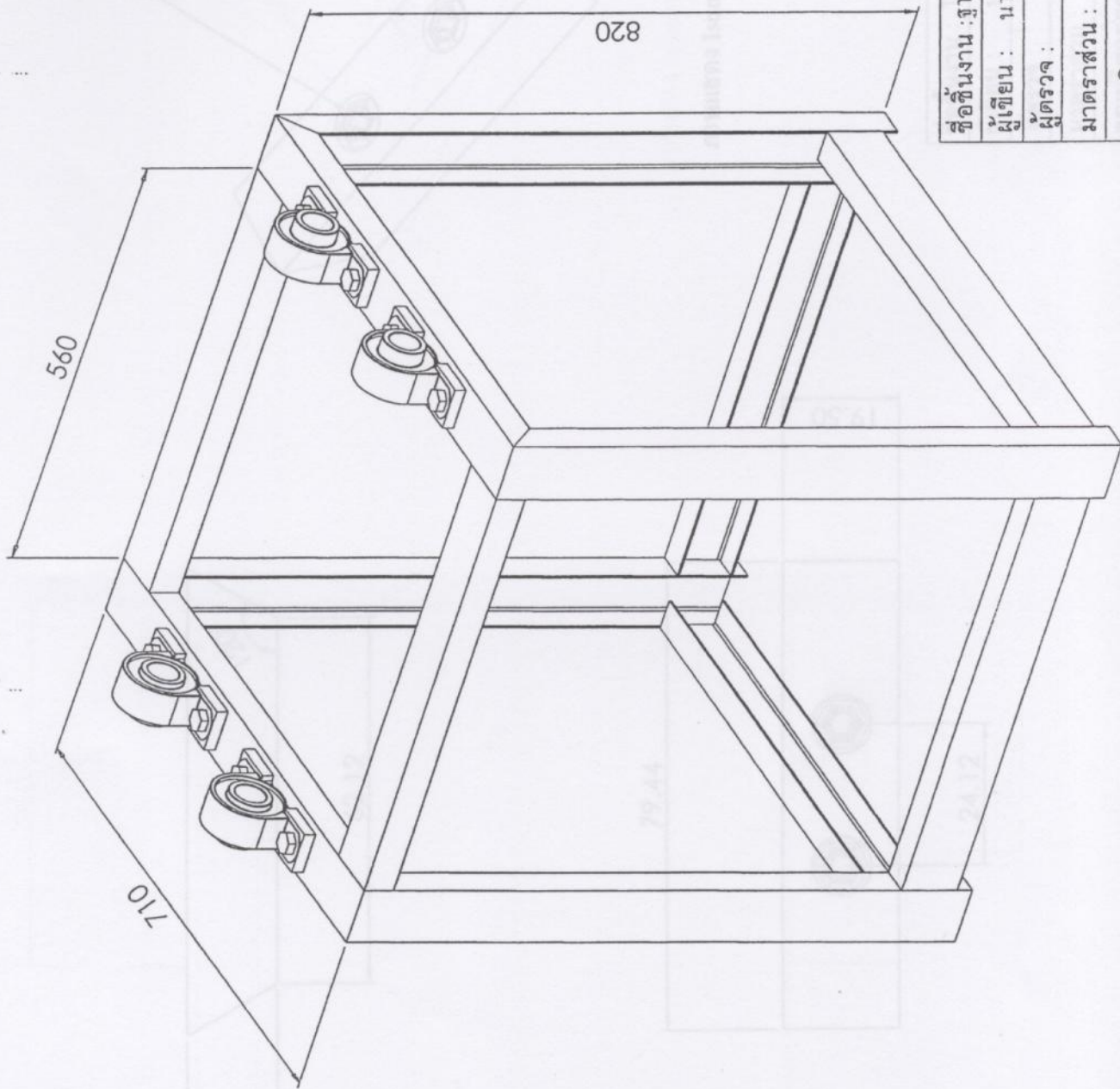


ชื่อชิ้นงาน : แหวนรองจานตัด	หมายเลขแบบ 1/4
ผู้เขียน : นพ. ภูมิ ภูมิ	ผู้ตรวจสอบ :
ผู้ตรวจ :	ผู้ตรวจ :
มาตราส่วน : 1 : 1	หน่วยเป็น mm
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	



ชุดเฟืองทด อัตราทด 1:10

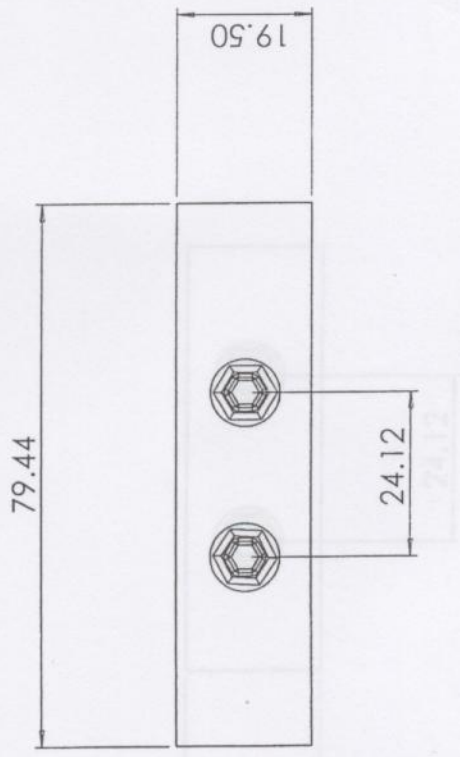
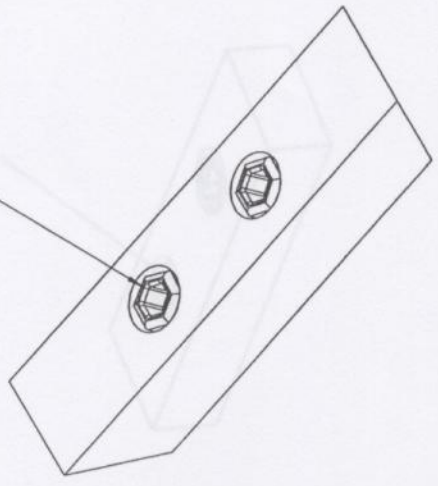
ชื่อชิ้นงาน :	เครื่องย่อยยาง	หมายเลขแบบ	1/5
ผู้เขียน :	นาย ธิวัทธิ อุจกวีพานิช		
ผู้ตรวจ :			
มาตราส่วน :	1 : 7.5	หน่วยเป็น	mm
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์			



ชื่อชิ้นงาน :ฐานเครื่องจักร	หมายเลขแบบ	1/6
ผู้เขียน : นายณัฐวุฒิ อัจฉริยพานิช		
ผู้ตรวจ :		
มาตราส่วน : 1 : 7	หน่วยเป็น mm	
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์		

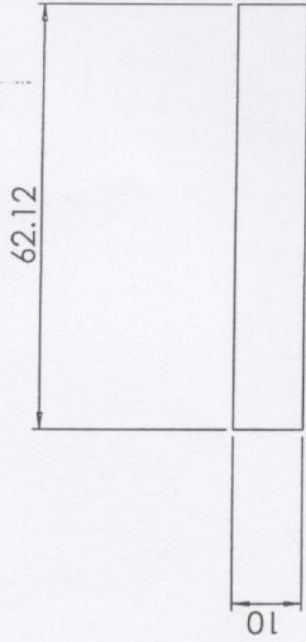


เจาะรูยึดน็อตหัวจมนขนาด M10



ภาพแสดง Isometric

ชื่อชิ้นงาน : ใบปีดยาว	หมายเลขแบบ 1/7
ผู้เขียน : นาย ณัฐวุฒิ อุทศิริพานิช	
ผู้ตรวจ :	
มาตราส่วน : 1 : 1	หน่วยเป็น mm
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	



เจาะรูยึดน็อตหัวขนาด M10



ภาพแสดง Isometric

ชื่อชิ้นงาน :	ใบมีดสั้น	หมายเลขแบบ	1/8
ผู้เขียน :	นาย อนุรักษ์ จุฑาศรีพันธ์		
ผู้ตรวจ :			
มาตราส่วน :	1 : 1	หน่วยเป็น mm	
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์			