

9

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องย่อยเศษฟองน้ำ

SPRONG SHREDDING MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นายนิรุทธ์ ร่วมกระโทก รหัสประจำตัว 44015385

2. นายบุญธรรม บัวลา รหัสประจำตัว 44015386

3. นายพิชิต เปลี่ยนสี รหัสประจำตัว 44015395



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. จำลอง ปราบแก้ว)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องย่อยเศษฟองน้ำ

นายนิรุทธ์ ร่วมกระโทก 44015385

นายบุญธรรม บัวลา 44015386

นายพิจิตต์ เปลี่ยนสี 44015395

ศศ. จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการนำเสนอวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือจากอุตสาหกรรมการทำเบาะรถยนต์ ที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ และยังก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม จากแนวความคิดว่าหากนำเศษฟองน้ำเหล่านี้มาย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาใช้แทนนุ่นในอุตสาหกรรมทำหมอน หรือตุ๊กตา เหล่านี้เป็นต้น ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบ และสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำนี้โดยใช้ดอกสว่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. เป็นตัวหมุนตัดด้วยความเร็วรอบประมาณ 1000 รอบต่อนาทีซึ่งสามารถย่อยเศษฟองน้ำได้ในอัตรา 308 กรัมต่อนาที ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1.12 แรงม้า และขนาดความหนาของเศษฟองน้ำที่ย่อยเสร็จแล้ว 3-8 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPRONG SHREDDING MACHINE

Niroot Ruamkrathok

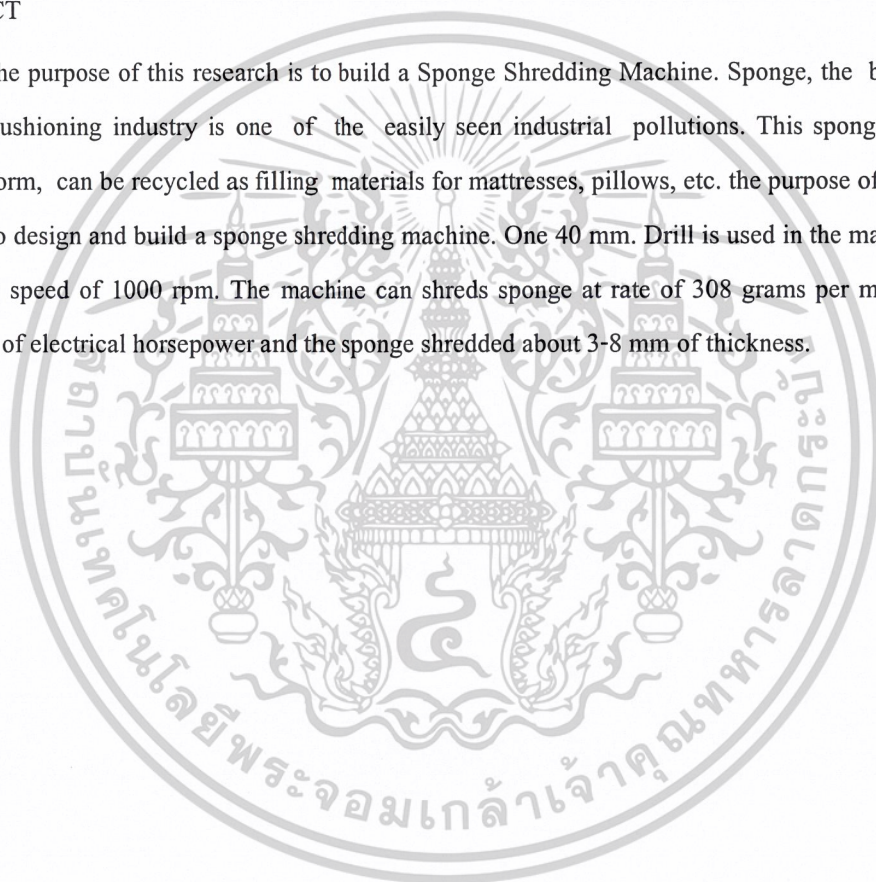
Boontham Buala

Pichit Plianse

Assist.Prof. Chamlong Prabkeo Advisor

ABSTRACT

The purpose of this research is to build a Sponge Shredding Machine. Sponge, the by-product from the cushioning industry is one of the easily seen industrial pollutions. This sponge, if in a shredded form, can be recycled as filling materials for mattresses, pillows, etc. the purpose of project is therefore to design and build a sponge shredding machine. One 40 mm. Drill is used in the machine and runs at the speed of 1000 rpm. The machine can shreds sponge at rate of 308 grams per minute, use about 1.12 of electrical horsepower and the sponge shredded about 3-8 mm of thickness.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลงได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่าย บุคคลแรกที่จะกล่าวถึงซึ่งมีส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ คือ อาจารย์จำลอง ปรานแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาที่ดี และความช่วยเหลือเสมอมา รวมทั้งคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า ต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้อบรมเลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งยังให้โอกาสในการศึกษาตามสมควร จึงทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณค่า และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII

1.บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 ชนิดของขยะ	1
1.3 การลดปริมาณขยะ	2
1.4 วัตถุประสงค์	3
1.5 คำจำกัดความ	3
1.6 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก	4
1.7 ประเภทของพลาสติก	4
1.7.1 เทอร์โมเซตติง	4
1.7.2 เทอร์โมพลาสติก	5
1.8 เกี่ยวกับวัสดุฟองน้ำที่ทำการศึกษาวิจัย	6
1.8.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของฟองน้ำ	7
1.9 ขอบเขตของงานวิจัย	8
1.10 วิธีดำเนินงาน	8
1.11 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8

2.การออกแบบและการคำนวณ

2.1 ส่วนประกอบและหลักการทำงาน	9
2.2 การทำงาน	10
2.3 วัสดุที่ใช้ทำตัวเครื่อง	11
2.4 ทฤษฎีการคำนวณ	12
2.4.1 การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์	12
2.4.2 การออกแบบและเลือกสายพาน	13
2.4.2.1 เกี่ยวกับสายพานลิ่ม	13
2.4.2.2 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่ม	13
2.4.2.3 การคำนวณสายพาน	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การออกแบบเพลาลูกกลิ้ง	16
2.4.3.1 วัสดุเพล	16
2.4.3.2 ขนาดของเพล	16
2.4.3.3 การออกแบบเพลตามมาตรฐาน ASME	16
2.4.3.4 การคำนวณเพล	18
2.4.4 การคำนวณและออกแบบแบริ่ง	22
2.4.4.1 ชนิดของบอลแบริ่ง	24
2.4.4.2 มิติมาตรฐานของโรลลิงแบริ่ง	24
2.4.4.3 อายุการใช้งานของแบริ่ง	25
2.4.4.4 การประเมินค่าอายุการใช้งานและแรง	26
2.4.4.5 แรงสมมูล	26
2.5. การคำนวณขนาดเฟืองของลูกกลิ้ง	28
3. การทดสอบ	29
3.1 จุดประสงค์ของการทดสอบ	29
3.2 วิธีการทดสอบ	29
3.3 เครื่องมือวัด	29
3.4 ผลการทดสอบ	30
4. สรุปและบทวิจารณ์	33
4.1 แนวทางพัฒนาต่อ	33
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก	34
ภาคผนวก ข	39
บรรณานุกรม	47

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดระบุของเพลตามาตรฐาน ISO / R 775-1969

17

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าตัวประกอบความถี่

18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

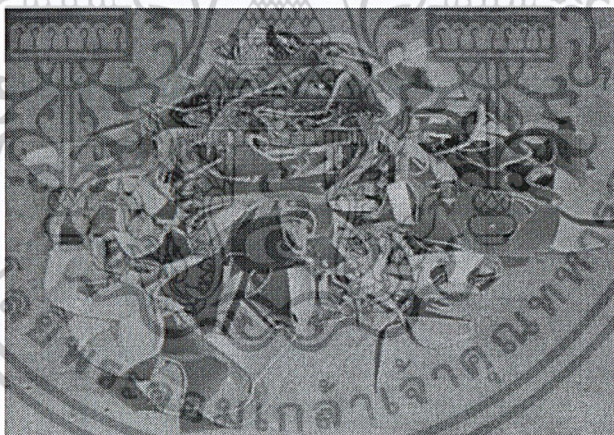
	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงเศษฟองน้ำที่มาจากอุตสาหกรรมเบาะรถยนต์	1
รูปที่ 1.2 แสดงภาพขยายโครงสร้างของฟองน้ำโพลียูรีเทน	7
รูปที่ 1.3 แสดงผลิตภัณฑ์จากฟองน้ำโพลียูรีเทน	7
รูปที่ 1.4 แสดงเศษฟองน้ำที่ต้องการย่อย	7
รูปที่ 1.5 แสดงค่าแรงเฉือนจากการทดสอบแรงดึงฟองน้ำขนาดความกว้าง 40 ม.ม. และหนา 8 ม.ม.	8
รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ	9
รูปที่ 2.2 แสดงชุดย่อยเศษฟองน้ำ	10
รูปที่ 2.3 แสดงเศษฟองน้ำที่ย่อยเสร็จแล้ว	10
รูปที่ 2.4 แสดงหน้าตัดสายพานลิ่ม และล้อสายพาน	14
รูปที่ 2.5 แสดงแผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดตัดของสายพานลิ่ม	14
รูปที่ 2.6 แสดงเพลายูกายใต้แรงต่าง ๆ	17
รูปที่ 2.7 แสดงเพลายูกายที่อยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ	19
รูปที่ 2.8 แสดงกราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ตัดของแรงในแนวดิ่ง	20
รูปที่ 2.9 แสดงกราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ตัดของแรงในแนวระดับ	21
รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ	30
รูปที่ 3.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับน้ำหนัก	31
รูปที่ 3.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	31
รูปที่ 3.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรที่ย่อยได้	31
รูปที่ 3.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับปริมาตรที่ย่อยได้จำเพาะ	32
รูปที่ 3.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับน้ำหนักที่ย่อยได้จำเพาะ	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัญหาขยะนั้นมีความสำคัญและทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเกิดความเสียหายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จังหวัดบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก และจังหวัดศูนย์กลางความเจริญในภูมิภาคต่าง ๆ โดยสัดส่วนของขยะกำจัดยากในปี พ.ศ. 2540 มีปริมาณขยะที่เกิดจากชุมชนทั่วประเทศทั้งสิ้นประมาณ 37, 102 ตันต่อวัน (www.onep.go.th) ในจำนวนนี้เป็นขยะในเขตกรุงเทพมหานครประมาณร้อยละ 24 ของปริมาณขยะทั้งประเทศ ประมาณร้อยละ 35 เป็นขยะในเขตเมือง และประมาณร้อยละ 41 เป็นขยะในเขตชนบท และขยะประเภทที่กำจัดได้ยากนั้นส่วนหนึ่งมาจากอุตสาหกรรมเบะรยนต์ โดยส่วนใหญ่เป็นฟองน้ำ ซึ่งจากคุณสมบัติของฟองน้ำจะย่อยสลายโดยธรรมชาติได้ยาก ซึ่งถ้านำไปกำจัดโดยวิธีการเผาหรือฝังกลบก็จะทำให้เกิดเป็นปัญหามลภาวะ แต่เราสามารถนำเศษขยะฟองน้ำเหล่านี้กลับมาใช้ซ้ำ(reuse)ได้ โดยต้องย่อยให้มีขนาดเล็กแล้วสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนหรือฝ้ายที่ใช้ในอุตสาหกรรมทำที่นอน หรือทำตุ๊กตาได้



รูปที่ 1.1 แสดงเศษฟองน้ำที่มาจากอุตสาหกรรมเบะรยนต์

1.2 ชนิดของขยะแบ่งตามลักษณะได้ 8 ประเภท ดังนี้

1. ขยะเปียก หมายถึง ขยะที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์และมีความชื้นค่อนข้างสูง ได้แก่ เศษอาหาร เศษผัก เศษเนื้อ เศษผลไม้ อาหารเหลือทิ้งเป็นต้น ขยะประเภทนี้เกิดการย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว ส่วนมากมาจากบ้านเรือน โรงอาหาร ภัตตาคาร ตลาด ฯลฯ ขยะประเภทเปียกเป็นตัวการสำคัญให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน แหล่งอาหารของสัตว์นำโรค และแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขยะแห้ง หมายถึง เศษวัสดุต่าง ๆ ที่เหลือใช้จากบ้านเรือนและแหล่งธุรกิจ และไม่ใช่วัสดุหรือภาชนะบรรจุที่ได้แก่ เศษยาง เศษรองเท้า กระดาษ ภาชนะแตก ขยะนี้มีความชื้นในตัวต่ำและย่อยสลายได้ช้า ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น แต่ถ้ามีการสะสมมากและอยู่กระจัดกระจายทั่วไป ทำให้เกาะกรงรังเป็นที่อยู่ของสัตว์นำโรค เป็นเชื้อเพลิง และไปอุดตันท่อหรือรางระบายน้ำได้

3. ขากสั้ว หมายถึง ขากสั้วทุกชนิดที่ตายแล้วแต่ไม่รวมถึง ขากที่ขึ้นส่วนของสัตว์ที่ทิ้งจากโรงงาน ขากสั้วเหล่านี้เน่าได้ง่าย นอกจากก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวันแล้ว ยังสร้างความอูจาดตาแก่ผู้พบเห็นอีกด้วย

4. ขากรถยนต์ หมายถึง ขากหรือชิ้นส่วนของรถยนต์เก่า ๆ ที่ไม่ใช่แล้วเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ยาก ก่อให้เกิดความไม่น่าดู เสี่ยงพื้นที่ในการใช้ประโยชน์

5. ขยะจากโรงงานอุตสาหกรรม หมายถึง วัสดุใด ๆ ที่เหลือใช้จากปัจจัยการผลิตรวมถึงของเสียที่เป็นของแข็ง ที่เกิดจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ขยะจำพวกนี้มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ๆ และจะส่งผลกระทบต่อโรงงานและชุมชนบริเวณรอบ ๆ โรงงาน

6. ขยะจากการก่อสร้างและสิ่งรื้อถอน หมายถึง เศษวัสดุ สิ่งของ เช่น เศษคอนกรีต กระเบื้อง เศษไม้ ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากการก่อสร้าง ตกแต่งซ่อมแซม รื้อถอน อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ทำให้กรังรัง และเกิดอุบัติเหตุได้

7. ตะกอนน้ำโสโครก หมายถึง ของแข็งหรือตะกอนที่แยกจากน้ำในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เช่น ตะกอนจากถังกรอง บ่อตกตะกอน ตะกอนที่เกิดจากการชะลอกท่อระบายน้ำเป็นต้น สามารถนำไปทำปุ๋ยได้

8. ขยะอันตราย หมายถึง ขยะที่มีลักษณะเป็นพิษก่อให้เกิดอันตราย เมื่อไม่มีการนำไปกำจัด หรือก่อให้เกิดความยุ่งยากในการเก็บขนและกำจัด เช่น กระป๋องทินเนอร์ สารฆ่าแมลง ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่รถยนต์ ฯลฯ ขยะหรือของเสียอันตรายเหล่านี้บางชนิดต้องระวังเป็นพิเศษเพราะมีลักษณะเป็นขยะติดเชื้อที่มีอันตรายสูง

1.3 การลดปริมาณขยะ

1. การนำผลิตภัณฑ์มาใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นการนำวัสดุของใช้แล้วกลับมาใช้ในรูปแบบเดิม หรือนำมาซ่อมแซมใช้ หรือนำมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ

2. การนำกลับมาผลิตใหม่ (Recycling) เป็นการแยกวัสดุที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำออกจากขยะ และรวบรวมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าขึ้นใหม่ หรือที่รู้จักกันว่า "รีไซเคิล" (Recycle) ขึ้นตอนนี้เป็นการนำวัสดุของใช้แล้วมาใช้ใหม่เช่นกัน แต่ต่างจากขั้นตอนการนำมาใช้ซ้ำ คือขั้นตอนนี้ต้องมีการนำวัสดุผ่านกระบวนการผลิตออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ขึ้นใหม่ เช่น กระป๋อง อะลูมิเนียม หรือขวดแก้ว ต้องมีการหลอมและผ่านกระบวนการเป็นกระป๋องหรือขวดใบใหม่ วัสดุที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตใหม่ได้แก่ กระดาษ ชนิดต่าง ๆ ขวดแก้ว กระป๋อง อะลูมิเนียม พลาสติก เศษเหล็ก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และขยะที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมการทำเบาะรถยนต์นั้น คือ เศษฟองน้ำ เศษฟองน้ำเป็นวัสดุที่เหลือใช้จากกรรมวิธีการทำเบาะรถยนต์ และไม่สามารถใช้ให้เกิดประโยชน์ได้แล้ว ยังมีปัญหาในการกำจัดอีกด้วย เพราะเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ช้า หากนำไปทำลายโดยการฝังดินหรือการเผาทำลาย จะเกิดปัญหาคอสภาพแวดล้อม ดินถูกปนเปื้อน และเกิดมลพิษต่ออากาศ

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการนำเอาเศษฟองน้ำมาใช้ซ้ำ โดยการย่อยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุที่เติมในหมอน ที่นอน ซึ่งเป็นวัสดุทดแทนจากการใช้ใยมะพร้าว หรือนุ่น และยังเป็นการลดปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นแก่ชุมชนได้อีกด้วย

ในการออกแบบสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ ซึ่งใช้ดอกสว่านขนาด 40 ม.ม. เป็นตัวตัด การตัดเส้นเศษฟองน้ำเกิดจากดอกสว่านหมุนเหมือนเศษฟองน้ำกับแท่นรองรับ ลักษณะคล้าย ๆ กับกรรไกรตัดผ้า ทำให้เศษฟองน้ำถูกตัดขาดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 3 ม.ม. โดยขนาดของเศษที่ตัดถูกควบคุมด้วยความเร็วป้อน (feed) ของลูกกลิ้งป้อน และใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนกลไกทั้งหมดของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ การออกแบบไม่ได้คำนึงถึงผลของความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสีของคมตัดดอกสว่านกับแท่นรองรับ เพราะเศษฟองน้ำมีความเหนียวมาก หากระยะห่างระหว่างคมตัดดอกสว่านกับแท่นรองรับมากเกินไป การตัดเส้นจะไม่เกิดขึ้น แต่ผลของความร้อนที่เกิดขึ้นคงจะไม่ทำให้ดอกสว่านหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำเสียหายได้

1.4 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ ออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ เพื่อใช้เป็นวัสดุที่เติมในหมอน และที่นอน ฯลฯ

1.5 คำจำกัดความของคำต่าง ๆ

เนื่องจากในปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะมีคำต่าง ๆ ที่ใช้ซึ่งความหมายอาจจะไม่ชัดเจนและมีบางคำที่ทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ดังนั้นเพื่อให้มีความเข้าใจตรงกันของความหมายของคำ

- | | |
|----------------|---|
| ก. การใช้ซ้ำ | หมายถึง เป็นการนำวัสดุของใช้แล้วกลับมาใช้ในรูปแบบเดิม หรือนำมาซ่อมแซมใช้ หรือนำมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ |
| ข. การรีไซเคิล | หมายถึง เป็นการนำวัสดุของใช้แล้วมาใช้ใหม่เช่นกัน แต่ต่างจากขั้นตอนการนำมาใช้ซ้ำ คือขั้นตอนนี้ต้องมีการนำวัสดุผ่านกระบวนการผลิตออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ เช่น กระป๋องอะลูมิเนียม หรือขวดแก้วต้องมีการหลอมและผ่านขบวนการเป็นกระป๋องหรือขวดใบใหม่ |
| ค. ขยะ | หมายถึง สิ่งของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและอุปโภคซึ่งเสื่อมสภาพจนใช้การไม่ได้หรือไม่ต้องการใช้แล้ว บางชนิดเป็น |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งหรือกากของเสีย มีผลเสียต่อสุขภาพทางกายและจิตใจ เป็น
แหล่งเพาะเชื้อโรคทำให้เกิดมลพิษ

ง. มูลฝอย

หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก
ภาชนะที่ใส่อาหาร ถ้ำ มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่
เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น ๆ

1.6 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก

ปี พ.ศ.2382 ชาร์ล คูตเยีย ได้ค้นพบกรรมวิธีผลิตยางแข็งจากยางธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้ในการทำ
รองเท้ายาง แต่ยางที่ผลิตได้ในระยะแรก ๆ นั้นมีความยืดหยุ่นน้อย จึงทนต่อการฉีกขาดได้ไม่ดีนัก ทำให้
ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางในขณะนั้นคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร

ต่อมาในปี พ.ศ.2412 ช่างพิมพ์ชาวอเมริกันชื่อ เจ. ดับ บลิว ไฮเอท ได้ค้นพบพลาสติกชนิดแรก
คือ เซลลูลอยด์ (Celluloid or Cellulose Nitrate) โดยการนำเอาไพรอกซีน ซึ่งได้จากฝ้ายกับกรดไนตริกนำ
มาผสมกับการระบรู ทำเป็นลูกบิลเลียดแทนแบบเดิมซึ่งทำจากงาช้าง หลังจากนั้นต่อมาจึงถึงได้มีการค้น
พบพลาสติกขึ้นมาอีกหลายชนิด

จะเห็นได้ว่า พลาสติกเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยสารโมเลกุลที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือได้จากการ
สังเคราะห์สารประกอบไฮโดคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยธาตุหลัก คือ คาร์บอน ออกซิเจน คลอรีน ฯลฯ

1.7 ประเภทของพลาสติก

พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เทอร์โมเซตติง (Thermosetting)
2. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

1.7.1 เทอร์โมเซตติง

เทอร์โมเซตติงหรือพลาสติกแข็ง เป็นพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยความร้อนและจะใช้แรงดันหรือไม่ใช้
แรงดันก็ได้ ความร้อนจะทำให้พลาสติกอ่อนตัวเพื่อให้สามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการ พลาสติกชนิดนี้ไม่
สามารถนำไปหลอมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ประเภทของเทอร์โมเซตติงและการใช้งาน คือ

1. อามิโน (Amino) แบ่งออกเป็น

1.1 เมลามีน (Melamine) นิยมใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น ถาด ถ้วย ชาม แผ่นฟอไมก้าปูโต๊ะ

ฯลฯ

1.2 ยูเรีย (Urea) ชนิดของเหลวใช้ทำกาว น้ำยาเคลือบผิว อุปกรณ์ไฟฟ้า ด้ามจับเครื่องมือ ฯลฯ

2. อีพ็อกซี่ (Epoxy) ใช้ทำกาวเพราะมีคุณสมบัติติดแน่นได้ดีกับวัสดุต่าง ๆ ทำเป็นวัสดุเคลือบผิว ใช้ทำ
ไฟเบอร์กลาส ฯลฯ

3. ฟีนอลิก (Phenolic) หรือที่รู้จักกันดีในรูปของเบคเคอร์ไลท์ ฟีนอลิกเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ติดไฟ
ได้ช้าและดับได้เอง ใช้ทำหม้อหุงห่อ ทุกระทุษ อุปกรณ์ไฟฟ้า ถาดบรรจุสารเคมี และฟีนอลิกยังสามารถทำ
เป็นโฟมได้ โฟมฟีนอลิกนิยมใช้ทำเป็นท่อนลอยน้ำ และใช้เสริมความแข็งแรงในปีกเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โพลีเอสเตอร์ (Polyester) นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสมากที่สุด เช่น ถังน้ำหนักใหญ่ เรือเร็ว หินอ่อนเทียม เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ

หมายเหตุ โพลีเอสเตอร์มีชนิดที่เป็นเทอร์โมพลาสติกด้วย ได้แก่ พลาสติกใยทอผ้า เป็นต้น

5. ซิลิโคน (Silicone) ซิลิโคนทนกรดและด่างได้เกือบทุกชนิด มีคุณสมบัติไม่ติดกับวัสดุอื่นง่าย ไม่ว่าจะเป็นพลาสติกด้วยกัน ยาง แก้ว หรือโลหะ จึงเหมาะสำหรับทำเป็นนํ้ายาถอดแบบหรือยางแม่แบบ ทำยางปูพื้นกันลื่น ติส้นบนผิวถนน

6. ยูเรเทน หรือ โพลียูเรเทน (Urethane or Polyurethane) มีทั้งในรูปของแข็ง ของเหลว และฟองน้ำ นิยมนำมาใช้ในรูปของโฟมหรือฟองน้ำ เช่น ฟองน้ำ เบาะรถยนต์ เบาะเฟอร์นิเจอร์ และยังนิยมใช้ทำนํ้ายาเคลือบผิววัสดุต่าง ๆ ใช้ทำกาว หนังเทียม ขนแปรง ล้อสเก็ต

1.7.2 เทอร์โมพลาสติก

เทอร์โมพลาสติกหรือพลาสติกอ่อน จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีขณะให้ความร้อน ดังนั้นพลาสติกชนิดนี้จึงไม่แข็งตัวอยู่อย่างถาวร หมายความว่าสามารถหลอมละลายเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ประเภทของเทอร์โมพลาสติก และการใช้งาน คือ

1. อะคริลิก (Acrylics) นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ป้ายร้านค้า ป้ายโฆษณา กระจกหรือเลนส์ แวนดา โคมไฟ เฟอร์นิเจอร์ ถาด ถ้วย กระป๋องใส ทำเส้นใย ใช้ทำพรม ทำสี ฯลฯ

2. โพลีอะไมด์ (Polyamides) หรือที่รู้จักกันในชื่อของไนลอน ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่น เฟือง แบร้ง ค้อนพลาสติก ชิ้นงานที่ต้องรับน้ำหนักและแรงเสียดทานสูง ทำเส้นใยทอผ้า ร่มชูชีพ ถุงเท้า สายเอ็นตกปลา ฯลฯ

3. โพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE) มีน้ำหนักเบาเมื่ออยู่ในรูปของแผ่นบาง สามารถพับงอได้ มีปริมาณการใช้สูงที่สุดในกลุ่มของพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก นิยมใช้ทำถุงบรรจุอาหาร เสื้อผ้า ตุ๊กตา ดอกไม้พลาสติก ภาชนะในครัวเรือน ขวดบรรจุสินค้า ฉนวนหุ้มสายเคเบิล แผ่นกันความชื้น ใช้เคลือบตะแกรงโลหะใส่ของต่าง ๆ โพลีเอทิลีนยังสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

3.1 ชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) เป็นพลาสติกที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย ใช้ทำถุงพลาสติกบรรจุอาหาร (ถุงเย็น)

3.2 ชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) ใช้ทำพวกขวดพลาสติก เชือกพลาสติก ฯลฯ

4. โพลีโพรพิลีน (Polypropylene) มีคุณสมบัติคล้ายกับโพลีเอทิลีน แต่มีคุณภาพดีกว่า ทนทาน และแข็งแรง ทนความร้อนได้ดีกว่า ใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ถุงบรรจุอาหารร้อน พลาสติกหุ้มซองบุหรี่ เชือกปอพลาสติก เป็นต้น

5. โพลีสไตรีน (Polystyrene, PS) เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบาที่สุด มีความคงรูปได้ดี แต่เปราะ สามารถทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ มีทั้งใส ไม่มีสี ฝ้า ทึบ และเป็นฉนวนไฟฟ้า ใช้ทำกล่องบรรจุอาหารชนิดใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรงสีฟัน ของเด็กเล่น ถ้วยบรรจุเครื่องดื่ม แผงตู้โทรทัศน์ ไฟท้ายรถยนต์ ฯลฯ นอกจากนี้ยังใช้ทำโฟม ซึ่งรู้จักกันในชื่อ สไตโรโฟม ใช้ทำป้ายและสิ่งประดับในงานต่าง ๆ

6.เอบีเอส (Acrylonitrile-butadiene-styrene) เป็นพลาสติกที่ได้รับการปรับปรุงจากพลาสติกสไตรีน ในปี พ.ศ.2491 ใช้ทำหมวกกันน็อก หน้าตู้เย็น เครื่องรับโทรทัศน์ แผงเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

7.โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride,PVC)ซึ่งรู้จักกันในชื่อของ พี.วี.ซี. เป็นพลาสติกที่ทนต่อสารเคมี ไม่สกปรกง่าย ใช้ทำท่อน้ำประปา (ท่อเอสลอน) กระเบื้องยางปูพื้น สายยาง เปลือกสายไฟ หมวกเทียม ฯลฯ

8.โพลีไวนิลอะซิเตท (Polyvinyl Acetate,PVA)โดยทั่วไปแล้วจะเรียกว่า พี.วี.เอ. เป็นพลาสติกเหลวที่ละลายน้ำได้ ใช้ทำกาวลาเทกซ์ ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป

9.เซลลูโลส หรือเซลลูลอยด์ (Cellulose or Celluloid)ใช้ทำฟิล์มภาพยนตร์ ดินระเบิด แลกเกอร์ หมวกนักกีฬาอเมริกันฟุตบอล หูโทรศัพท์ ของเด็กเล่น อุปกรณ์ไฟฟ้า ฯลฯ

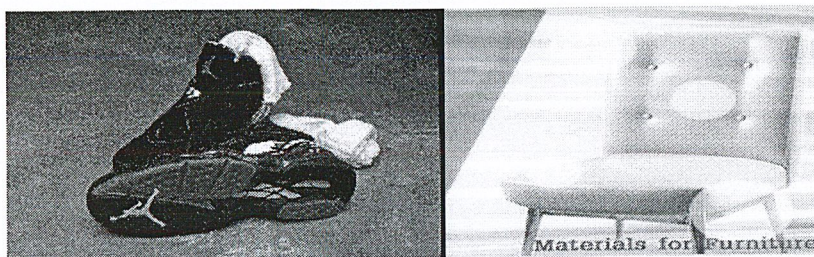
1.8 เกี่ยวกับวัสดุฟองน้ำที่ทำการศึกษาค้นคว้า

วัสดุฟองน้ำที่ทำการศึกษาค้นคว้าเป็นพลาสติกในกลุ่มเทอร์โมเซตติง ชนิด ฟองน้ำยูรีเทน หรือ ฟองน้ำโพลียูรีเทน ต่อไปจะเรียกสั้น ๆ ว่าฟองน้ำ มีลักษณะเป็นรูพรุน มีความยืดหยุ่นตัวสูง นุ่มนวล เหนียว ใช้ทำเบาะรถยนต์ เบาะรถจักรยานยนต์ เพอร์นิเจอร์ กระเป๋า รองเท้า อุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น

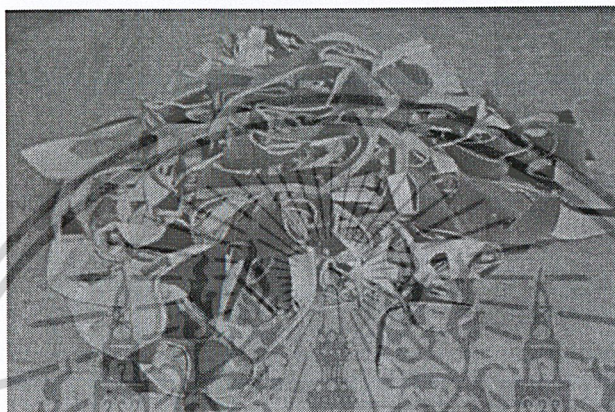


รูปที่ 1.2 แสดงภาพขยายโครงสร้างของฟองน้ำโพลียูรีเทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



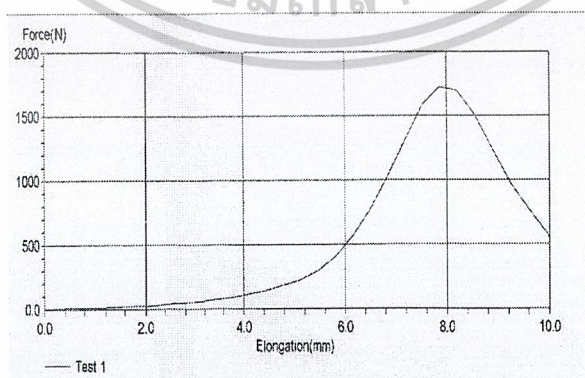
รูปที่ 1.3 แสดงผลิตภัณฑ์จากฟองน้ำโพลียูรีเทน



รูปที่ 1.4 แสดงเศษฟองน้ำที่ต้องการย่อย

1.8.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของฟองน้ำ

โดยให้ความสนใจเกี่ยวกับแรงเฉือนที่เพียงพอจะตัดเฉือนวัสดุให้ขาด เพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกขนาดของมอเตอร์ ชนิดของใบมีด เป็นต้น ค่าแรงเฉือนหาได้จากการทดสอบแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Testrometer Machine, UTM ในลักษณะเฉือนคู่ และความหนาแน่นของเศษฟองน้ำประมาณ 76.25 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 1.5 แสดงค่าแรงเฉือนจากการทดสอบแรงดึงฟองน้ำขนาดความกว้าง 40 ม.ม. และหนา 8 ม.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำขึ้นมา โดยอ้างอิงถึงหลักของการออกแบบเครื่องจักรกล เช่นการหาขนาดของมอเตอร์ที่เหมาะสม ฯลฯ โดยมีจุดประสงค์หลักคือให้สามารถย่อยเศษฟองน้ำได้ และมีขนาดความหนาของชิ้นที่ตัดแล้วประมาณ 3-8ม.ม. แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาถึงผลของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นขณะเครื่องทำงาน

1.10 วิธีดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงการนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย หลักการออกแบบเครื่องจักรกล คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุที่ต้องการย่อย ข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นส่วนประกอบย่อยที่มีขายและหาซื้อได้ง่าย เช่น สายพาน พูลล์ ลูกปืน เหล็ก ฯลฯ จากนั้นก็จะนำเอาข้อมูลที่ได้ศึกษามาทั้งหมด มาออกแบบสถาปัตยกรรมของตัวเครื่อง และสุดท้ายคือขั้นตอนการสร้าง ซึ่งก็ได้มีการปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์

1.11 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากเศษฟองน้ำเหลือใช้เหล่านี้
2. เป็นทางเลือกใหม่สำหรับวัสดุทำหมอน ที่นอน ฯลฯ

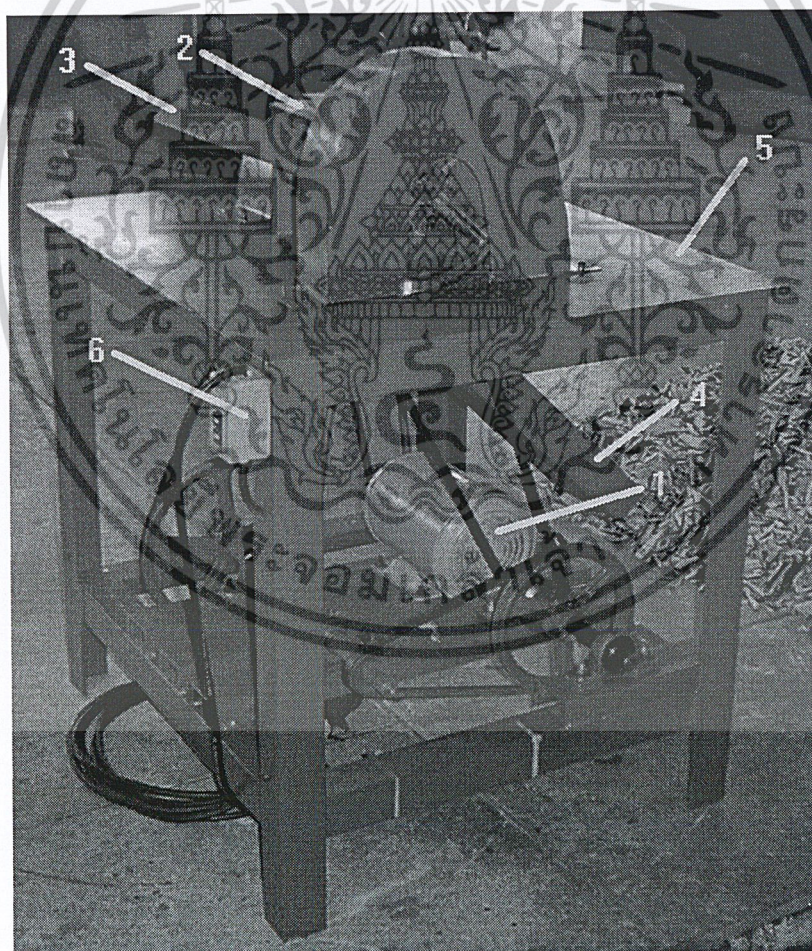
บทที่ 2

การออกแบบเครื่องย่อยวัสดุฟองน้ำ

การออกแบบเครื่องย่อยวัสดุฟองน้ำ จะอาศัยหลักการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสม โดยอาศัยหลักการออกแบบทางวิศวกรรมเครื่องกล โดยเริ่มจากศึกษาถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของฟองน้ำ โดยการนำไปทดสอบหาค่าความเค้นดึง ความเค้นเฉือน เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดขนาดของมอเตอร์ต้นกำลังและอุปกรณ์อื่นๆ

2.1 ส่วนประกอบของเครื่อง

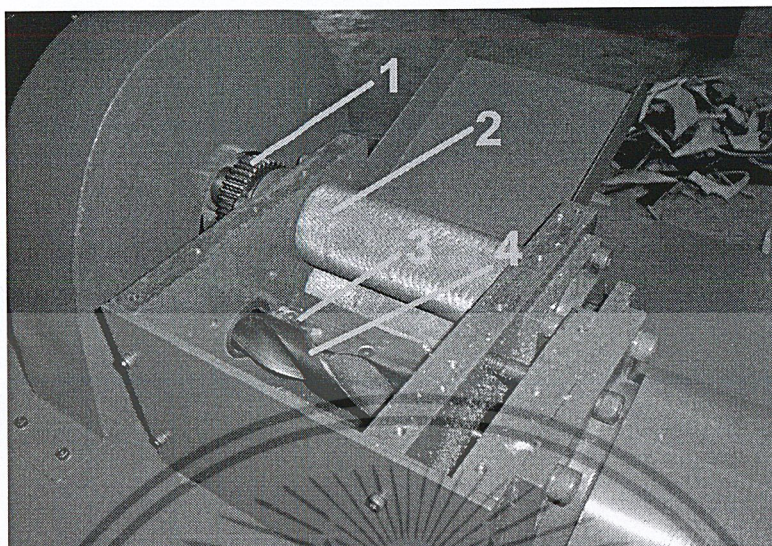
จากที่ได้มีการออกแบบเครื่องย่อยเศษฟองน้ำจนกระทั่งได้สร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำเสร็จแล้ว โดยโครงสร้างมีขนาดความกว้าง 0.8ม.ความยาว 0.8ม.และความสูง 1ม.ทำจากเหล็กฉากขนาด 3 นิ้ว หนา 5 ม.ม ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส 380 โวลต์ ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง และใช้สายพานในการส่งถ่ายกำลังดังแสดงในรูปที่ 2.1



1.มอเตอร์ 2.ชุดย่อยเศษฟองน้ำ 3.รางป้อน 4. รางลำเลียงออก 5. โครงสร้าง 6. สวิตช์ควบคุม

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องย่อยฟองน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

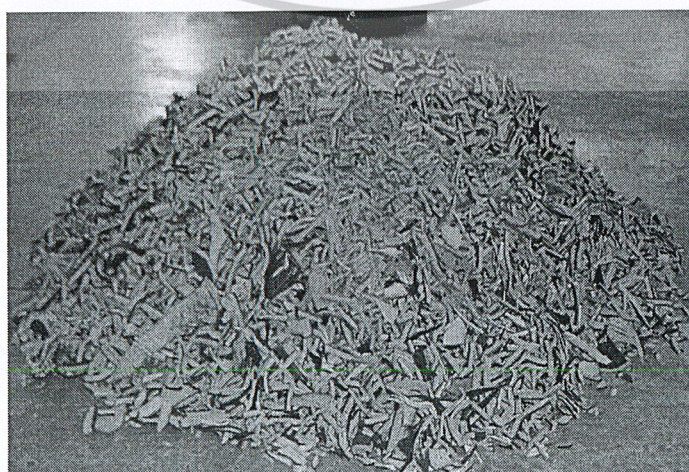


1.เฟืองขับเคลื่อน 2. ลูกกลิ้งป้อน 3. ฐานรองตัด 4. มีดตัด

รูปที่ 2.2 แสดงชุดย่อยเศษฟองน้ำ

2.2 หลักการทำงาน

เริ่มต้นด้วยการเปิดสวิตช์ควบคุม (หมายเลข 6 รูปที่ 2.1) ไปตำแหน่งเปิด (On) เมื่อเครื่องย่อยเศษฟองน้ำทำงาน ให้น้ำเศษฟองน้ำใส่เข้าไปในรางป้อน (หมายเลข 3 รูปที่ 2.1) จากนั้นลูกกลิ้งป้อน (หมายเลข 2 รูปที่ 2.2) จะดึงเศษฟองน้ำเข้าไปโดยอัตโนมัติ และตัวลูกกลิ้งป้อนนี้จะควบคุมความเร็วป้อนให้เหมาะสม จากนั้นเศษฟองน้ำจะถูกย่อยโดยการหมุนตัดของใบมีด (หมายเลข 4 รูปที่ 2.2) รับกับฐานรองตัด (หมายเลข 3 รูปที่ 2.2) เศษฟองน้ำที่ย่อยเสร็จแล้วดังแสดงในรูปที่ 2.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 แสดงเศษฟองน้ำที่ย่อยเสร็จแล้ว

2.3 วัสดุที่ใช้ทำตัวเครื่อง

1. ใบมีด ใช้ดอกสว่าน ขนาด 40 ม.ม. ยาวประมาณ 180 ม.ม.เป็นใบมีดตัด โดยดอกสว่านที่ใช้เป็นเหล็กกล้ารอบสูง หรือที่เรียกว่าเหล็กกล้าไฮสปีด (High Speed Steel, HSS)

เหล็กกล้ารอบสูง เป็นเหล็กกล้าที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับงานเครื่องมือตัด กลึง กัด เจาะ ไส ซึ่งเดิมใช้เหล็กกล้าคาร์บอนสูง ซึ่งมีข้อเสียมาก เช่น ไม่สามารถทนความร้อนที่เกิดจากการเสียดสี รักษาความคมได้ไม่นาน อายุการใช้งานสั้น และไม่สามารถใช้ความเร็วตัดสูง ๆ ได้

ธาตุหลักที่ผสมในเหล็กกล้าความเร็วสูง คือ ทังสเตน (Tungsten) ในสมัยแรก ๆ จะผสมทังสเตนประมาณ 6% ซึ่งสามารถชุบแข็งได้โดยใช้ลมเป่า หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ซึ่งภาษาตลาดเรียกว่า “เหล็กกลม” ต่อมาได้มีการพัฒนา และปรับปรุงโดยผสมธาตุโครเมียมลงไปในเรื่องเหล็ก และในขณะเดียวกัน ก็ลดจำนวนคาร์บอน จาก 2% เป็น 0.6-0.8% ทำให้สามารถทนความร้อนได้โดยที่ความแข็งแรงไม่เปลี่ยนแปลง สามารถใช้ความเร็วตัดได้สูงถึง 18 เมตร ต่อ นาที ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ปลายของมีดกลึงร้อนจัดจนเป็นสีแดง แต่ความแข็งแรงของมีดก็ยังคงสภาพเดิม

ต่อมามีการปรับปรุงขึ้นไปอีก โดยการผสมทังสเตน 18% โครเมียม 4% และวานาเดียม 1% โดยเรียกว่าเหล็กกล้ารอบสูง 18-4-1 หลังจากนั้นได้มีการปรับปรุงเพิ่มขึ้นอีกโดยการผสมโมลิบดีนัมเข้าไปด้วย ซึ่งจะมีส่วนผสมของ ทังสเตน 6% โมลิบดีนัม 6% โครเมียม 4% และวานาเดียม 1% หรือเรียกตามส่วนผสมว่า เหล็กกล้ารอบสูงชนิด 6-6-4-1 เหล็กกล้ารอบสูงทั้งสองชนิดที่กล่าวมาแล้วนั้น มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากโมลิบดีนัม นั้นมีคุณสมบัติในการชุบแข็งได้ดีกว่าทังสเตนถึงสองเท่าตัว ดังนั้น เมื่อผสมโมลิบดีนัมแล้วจะสามารถลดปริมาณทังสเตนลงได้ เช่น เมื่อเติมโมลิบดีนัม 6% จะเท่ากับผสมทังสเตน 12% นั้นหมายความว่า เหล็กกล้ารอบสูง 18-4-1 มีคุณสมบัติเท่ากับเหล็กกล้ารอบสูง 6-6-4-1 ดังนั้น พอสรุปได้ว่า เหล็กกล้ารอบสูง เมื่อขึ้นรูปแล้ว ก่อนนำไปใช้งานจะต้องชุบแข็งก่อน อุณหภูมิชุบแข็งประมาณ 950-1,300 องศาเซลเซียสหรือ แล้วแต่ส่วนผสม แต่เพื่อให้ถูกต้องในการชุบแข็งจึงควรทำตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ เหล็กชนิดนี้มักจะชุบแข็งด้วยลมหลังจากเผาให้อุณหภูมิตามต้องการ

2. เหล็กกล้ากลึง และเหล็กลอย ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) ที่มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.3-0.7% มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ใช้ทำรางรถไฟ เพลารถจักรกล เพื่อง ห่วงล้อ หรือชิ้นงานที่ต้องการความแข็งแรง สามารถชุบแข็งได้ถ้ามีคาร์บอน 0.5 % ขึ้นไป หากต่ำกว่านั้นจะชุบแข็งได้เฉพาะผิวงาน

สำหรับเหล็กลูกกลึง และเหล็กลอยใช้เหล็กกล้าคาร์บอน ปานกลาง AISI 1045 หรือที่เรียกกันว่า “เหล็กหัวแดง” ซึ่งมีคาร์บอนผสมอยู่ 0.45%

3. เหล็กโครงสร้างต่าง ๆ ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) ที่มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.3% มีคุณสมบัติเหนียวแต่ไม่แข็งแรงนัก สามารถนำไป กลึง กัด เจาะ ไส ได้ง่าย ใช้ทำเหล็กคัตโครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างต่าง ๆ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ไม่สามารถนำมาชุบผิวแข็งได้ ถ้าต้องการชุบแข็งต้องใช้วิธีเติมคาร์บอนที่ผิวก่อน เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่มีขายอยู่ทั่วไป เช่น เหล็กฉาก เหล็กแผ่น เป็นต้น

2.4 ทฤษฎีการคำนวณ

2.4.1 การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์

$$W_p = \frac{2\pi FrN}{60} \quad (2.1)$$

เมื่อกำหนดให้ W_p = กำลังของมอเตอร์ (Watt)

N = ความเร็วรอบ (rpm)

F = แรงเฉือน (N)

r = รัศมีขอบใบมีด (0.02 m)

จากการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมประมาณ 1,000 รอบต่อนาที และจากการทดสอบ แรงเฉือนของฟองน้ำขนาดความกว้าง 40 มม. และหนา 8 มม. ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine, UTM ในลักษณะเฉือนคู่ ได้ค่าแรงเฉือนสูงสุดประมาณ 1,723 นิวตัน (N)

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad (2.2)$$

เมื่อกำหนดให้ τ = ความเค้นเฉือน $\left(\frac{N}{m^2}\right)$

A = พื้นที่ที่ถูกเฉือน (m^2)

$$\tau = \frac{1,723N}{2\left(\frac{40 \times 8}{10^6}\right)m^2}$$

$$\therefore \tau = 2692187.5 \quad \frac{N}{m^2}$$

โดยเฉลี่ยแล้วความกว้างของเศษฟองน้ำที่ต้องการย่อยประมาณ 30 มม. โดยที่ความหนาคงที่ประมาณ 8 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_p = (2\pi) \frac{\text{rad}}{\text{rev}} \frac{\left(\frac{2,692,187.5 \times 30 \times 8}{10^6} \right) N(0.02) m(1,000) \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{60 \frac{\text{sec}}{\text{min}}}$$

$$= 1,353.241 \text{ Watts}$$

$$\therefore W_p = 1,813 \text{ hp}$$

เลือกมอเตอร์ไฟฟ้า ชนิด 3 เฟส 380 โวลต์ ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนกลไกทั้งหมดของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ

2.4.2 การออกแบบและเลือกสายพาน

2.4.2.1 เกี่ยวกับสายพานลิ้ม

เลือกใช้สายพานในการส่งกำลังเพราะว่า สายพานมีความปลอดภัยในตัวเองขณะส่งกำลัง หมายถึง ขณะทำงานเมื่อมีการกะเกิน สายพานจะมีการลื่นไถล นั่นเอง ประกอบกับสายพาน มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย การบำรุงรักษาง่าย จึงเลือกใช้สายพานชนิดสายพานลิ้ม

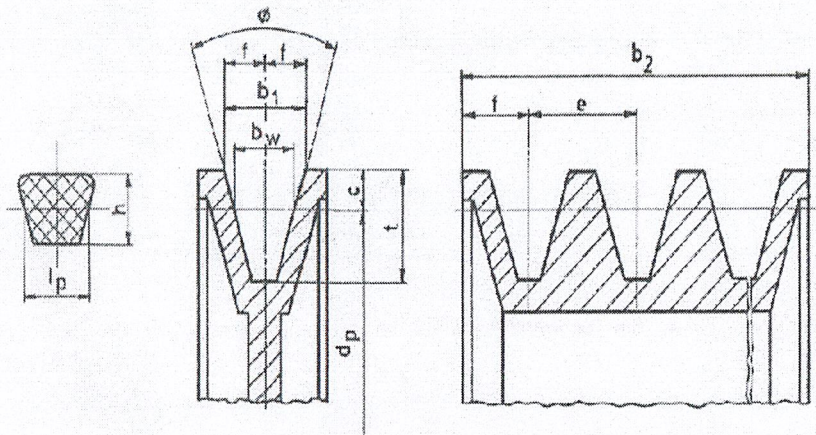
สายพานลิ้มใช้ส่งกำลังได้มากโดยต้องการแรงดึงขั้นต่ำในสายพานน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการยืดเกาะกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียบ กับร่องรูปลิ้มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพาน ซึ่งเป็นผลให้สายพาน ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้มีส่วนสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขั้นต่ำต่ำ เหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานน้อย

การส่งกำลังด้วยสายพานลิ้ม มีข้อดีคือ เงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ดี นอกจากนี้ยังมีขนาดกะทัดรัด ประสิทธิภาพดี และแรงของเพลาลังไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการส่งกำลังด้านอุตสาหกรรมทั่วไป สายพานชนิดนี้สามารถส่งกำลังได้โดยมีอัตราทดสูง ประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1

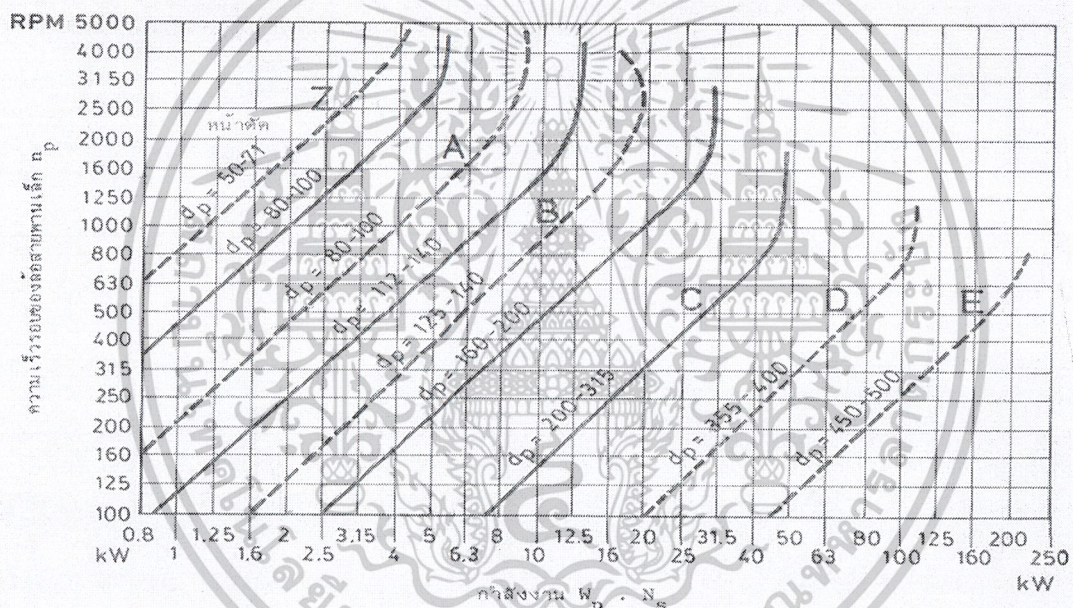
3.4.2.2 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ้ม

สายพานลิ้มมีการกำหนดขนาดโดยใช้ความกว้างพิทช์ (Pitch Width) และความหนาของสายพาน โดยใช้รหัสตัวอักษร สายพานลิ้มแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สายพานลิ้มแบบแคบ (Narrow V-belt) และสายพานลิ้มแบบธรรมดา สำหรับสายพานลิ้มแบบธรรมดามีขนาดความหนาโดยแทนด้วยรหัสตัวอักษร คือ Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้เลือกใช้สายพานลิ้มแบบธรรมดา

รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ้ม และล้อสายพาน ดังแสดงในรูป 2.4 และขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางภาคผนวก ก. 1 และ ตารางภาคผนวก ก. 2



รูปที่ 2.4 แสดงหน้าตัดสายพานลิ่ม และล้อสายพาน



รูปที่ 2.5 แสดงแผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดตัดของสายพานลิ่ม

3.4.2.3 การคำนวณสายพาน

ตำแหน่งจากมอเตอร์ไปยังชุดใบมีด

สำหรับเครื่องย่อยเศษฟองน้ำนี้ ต้องการส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า ชนิด 3 เฟส 380 โวลต์ ความเร็วรอบ 1,482 รอบ ต่อ นาที ขนาด 2 แรงม้า ล้อสายพานของมอเตอร์ขนาด 43 ม.ม. (เส้นผ่าศูนย์กลางใน) ส่งกำลังไปยังชุดใบมีดที่มีความรอบ 1,000 รอบต่อนาที ขนาดล้อสายพาน 94 ม.ม. (เส้นผ่าศูนย์กลางใน) และระยะห่างระหว่างล้อสายพานตัวเล็กกับตัวใหญ่ 575 ม.ม. เลือกขนาดหน้าตัดสายพานโดยใช้รูปที่ 3.5 และตัวประกอบใช้งาน N_s จากตารางภาคผนวก ก. 4

กำลังที่ต้องการส่ง $w_p = 2$ แรงม้า (1.492 kw)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.2$

$$\therefore W_p N_s = 1.492 (1.2) = 1.79 \text{ kw}$$

จากรูปที่ 3.5 เลือกสายพานหน้าตัด A

ความยาวพิตช์ ของสายพานลิ้ม

$$L_p \approx 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad (2.3)$$

เมื่อกำหนดให้ L_p = ความยาวพิตช์ของสายพานลิ้ม

C = ระยะระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพาน

D_p = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายพานตัวใหญ่

d_p = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายพานตัวเล็ก

จำนวนเส้นของสายพานลิ้ม

$$z = \frac{W_p N_s}{P_r N_a N_l} \quad (2.4)$$

เมื่อกำหนดให้ z = จำนวนเส้นของสายพานลิ้ม

W_p = กำลังที่ต้องการส่งถ่าย

N_s = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตารางภาคผนวก ก. 4

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัสหาค่าได้จากตารางภาคผนวก ก.3

N_l = ตัวประกอบไขความยาวสายพาน หาค่าได้จาก ตารางภาคผนวก ก.5

P_R = กำลังที่สายพานหนึ่งเส้นส่งได้ หาค่าได้จาก ตารางภาคผนวก ก.5

$$L_p \approx 2(575) + 1.57(94 + 43) + \left(\frac{94 - 43}{4(575)} \right)^2$$

$$\approx 1,150 + 215.09 + 1.1308$$

$$\approx 1,366m.m.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง ภาคผนวก ก. 5 เลือกสายพานหน้าตัด A ที่มีความยาวพิตช์ $L_p = 1,4332 \text{ m.m.}$

ความยาวพิตช์ที่มีใช้ $L_p = L_i + 30 \text{ m.m.}$

$$\therefore L_i = 1,432 - 30 = 1,402 \text{ m.m.}$$

เลือกค่า L_i ที่ใกล้เคียง $1,422 \text{ m.m.}$

$$\therefore L_p = 1,422 + 30 = 1,452 \text{ m.m.}$$

จากตารางภาคผนวก ก. 3

$$N_a \approx 0.989$$

จากตารางภาคผนวก ก. 5

$$N_l \approx 0.96$$

เนื่องจากข้อจำกัดในด้านปฏิบัติในการเลือกขนาดของล้อสายพานตัวเล็ก จึงเลือกขนาดของล้อสายพานตัวเล็ก 43 ม.ม. ซึ่งไม่มีในตารางภาคผนวก ก. 5 จึงหาค่ากำลังที่สายพานหนึ่งเส้นส่งได้ โดยการเฉลี่ยค่านอกตาราง จะได้

$$P_R \approx 0.62$$

$$z = \frac{1.79kw}{(0.62)kwI(0.96)(0.989)}$$

$$\therefore z \approx 3 \text{ เส้น}$$

ในการส่งกำลังที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด สามารถคำนวณได้ตามคำแนะนำบริษัทผู้ผลิต ซึ่งคำนวณออกมาได้ สายพานลิ่มหน้าตัด A จำนวน 3 เส้น แต่ในทางปฏิบัติมีความยุ่งยากในการทำร่องของล้อสายพานซึ่งมีจำนวนมากเกินไป จึงเลือกใช้สายพานลิ่มหน้าตัด B มีความยาวพิตช์ 56 นิ้ว เพียง 1 เส้นในการส่งกำลัง

2.4.3 การออกแบบเพลาลูกกลิ้ง

2.4.3.1 วัสดุเพลาลูกกลิ้ง

สำหรับเพลาลูกกลิ้งของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำนี้ ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ที่มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.45% หรือที่เรียกกันว่า “เหล็กหัวแดง” มีค่าความแข็งแรงทางแรงดึง 675.71

$$\frac{MN}{m^2} \text{ (สำหรับเหล็กที่ร้อน)}$$

2.4.3.2 ขนาดของเพลลา

เพื่อให้เพลลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (nominal size) ใน ISO / R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของเบร้งที่ใช้รองรับเพลลา ด้วย ขนาดระบุของเพลลาได้จากตารางที่

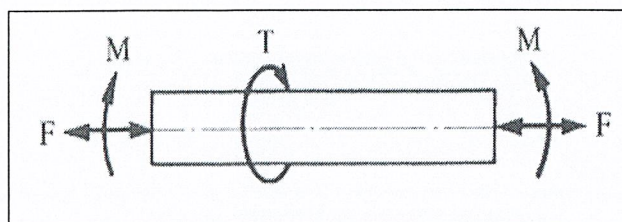
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดระบุของเพลลาตามมาตรฐาน ISO / R 775-1969

2.4.3.3 การออกแบบเพลลาตามมาตรฐาน ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลลาซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) ถึงแม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตาม วิธีการออกแบบเพลลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

วิธีการดังกล่าวใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลลาให้พิจารณา รูปที่ 3.6 ให้เพลลาเป็นแบบเพลลากลมกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน และภายนอกเท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลลามีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 แสดงเพลลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเพลากลมตันแล้ว การคำนวณหาขนาดของเพลามาตรฐานของ ASME คือ

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

เมื่อกำหนดให้ d = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของเพล

τ = ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

T = โมเมนต์บิด

M = โมเมนต์ดัด

สำหรับเพลที่ใช้งานธรรมดาทั่ว ๆ ไป การออกแบบเพลามาตรฐานของ ASME ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$$\tau_d = 55 \frac{N}{mm^2} \text{ สำหรับเพลที่ไม่มีร่องลึ้ม}$$

$$\tau_d = 41 \frac{N}{mm^2} \text{ สำหรับเพลที่มีร่องลึ้ม}$$

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายูนิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลาทวน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าตัวประกอบความล้า

2.4.3.4 การคำนวณเพล

ในการคำนวณไม่ได้คิดแรงอันเนื่องมาจากการส่งกำลังด้วยเฟืองฟันตรงไปยังลูกกลิ้งอีกตัวหนึ่ง เพราะมีความยุ่งยากในการหาค่าของแรงที่เกิดขึ้นกับฟันเฟือง

สำหรับความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่เหมาะสม 28 รอบต่อนาที น้ำหนักของลูกกลิ้งและล้อสายพานเป็น 0.7 ก.ก. และ 1.2 ก.ก. ตามลำดับ และประสิทธิภาพทางกลประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_n \omega_n = \text{Constant} \quad (2.6)$$

$$T = \frac{0.5(1.12 \times 746) \frac{N.m}{\text{sec}}}{(2\pi) \frac{\text{rad}}{\text{rev}} \left(\frac{28}{60} \right) \frac{\text{rev}}{\text{sec}}}$$

$$= 142.475 \text{ N.m}$$

$$\therefore T_{\text{เพลาลูกกลิ้ง}} = 142.475 \text{ N.m}$$

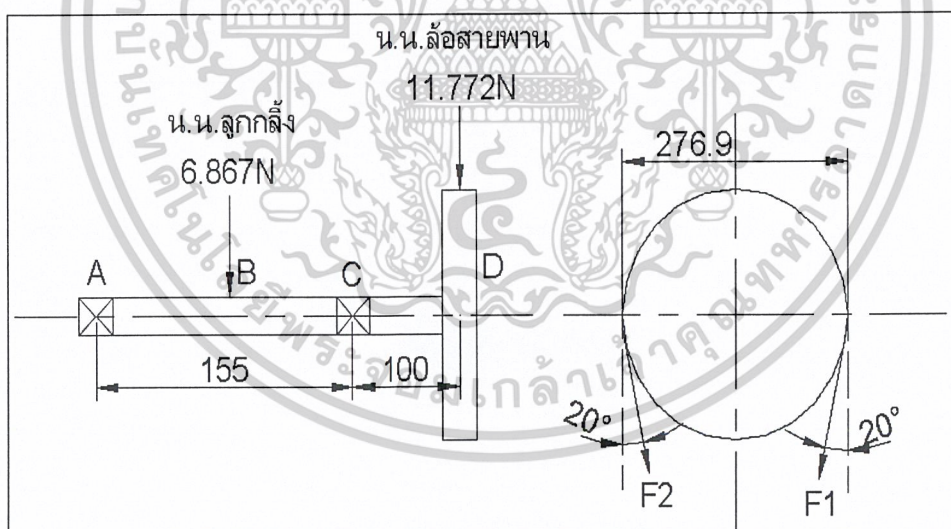
กำหนดอัตราส่วนความตึงแรงดึงสายพาน $\frac{F_1}{F_2} = 5$

$$(F_1 - F_2)N \left(\frac{0.02769}{2} \right) m = 142.475 \text{ N.m}$$

$$F_1 = \frac{(142.475) \text{ N.m}(2)}{(0.02769) \text{ m}(4)}$$

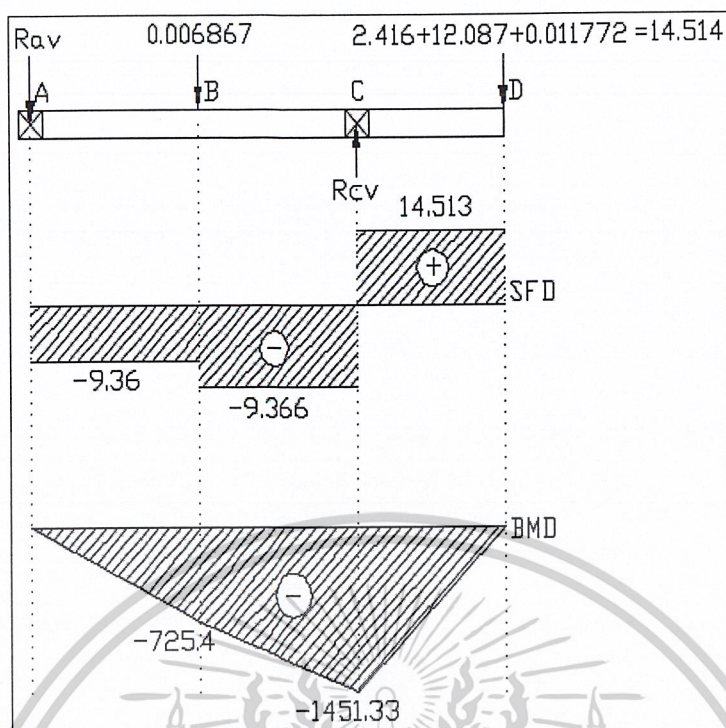
$$\therefore F_2 = 2.572 \text{ kN}$$

$$\therefore F_1 = 12.863 \text{ kN}$$



รูปที่ 2.7 แสดงเพลาลูกกลิ้งที่อยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2. 8 แสดงกราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของแรงในแนวดิ่ง

จากรูปที่ 3.8 ผลรวมของแรงในแนวดิ่งเท่ากับศูนย์จะได้ว่า

$$-R_{av} + R_{cv} = 14.514 \text{ kN}$$

$$[\sum M_A = 0]$$

$$R_{cv}(155) - 0.006867(77.5) - 14.514(255) = 0$$

$$\therefore R_{cv} = 23.88 \text{ kN}$$

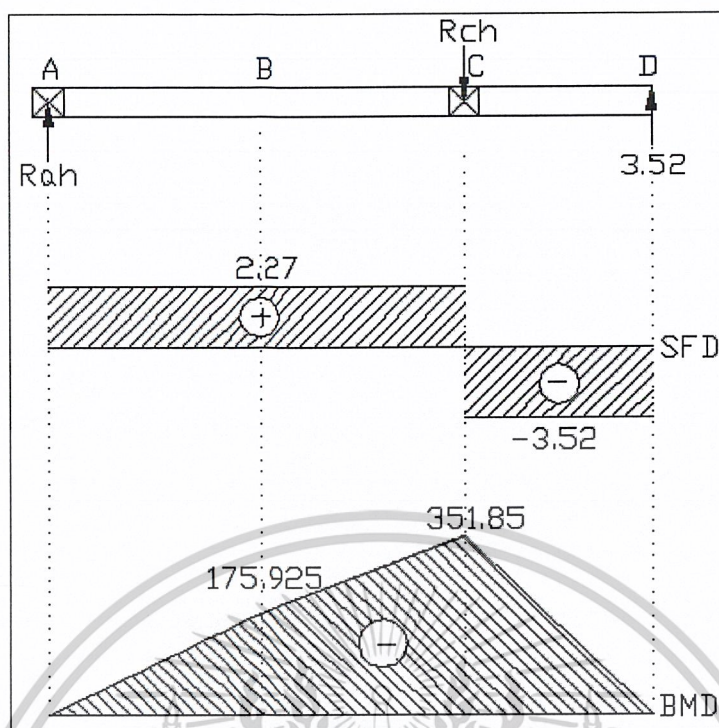
$$\therefore R_{av} = 9.36 \text{ kN}$$

$$M_{BV} = -9.36(77.5) = -725.4 \text{ kN.m}$$

$$M_{CV} = -9.36(155) - 0.006867(77.5) = -1451.33 \text{ kN.m} (M_{\max})$$

$$M_{DV} = -9.36(255) - 0.006867(177.5) + 23.88(100) = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงกราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ตัดของแรงในแนวระดับ

จากรูปที่ 3.9 ผลรวมของแรงในแนวระดับเท่ากับศูนย์

$$-R_{ah} + R_{ch} = 3.52 \text{ kN}$$

$$[\sum M_A = 0]$$

$$3.52(255) - R_{ch}(155) = 0$$

$$\therefore R_{ch} = 5.79 \text{ kN}$$

$$\therefore R_{ah} = 2.27 \text{ kN}$$

$$M_{BH} = 2.27(77.5) = 175.925 \text{ kN.m}$$

$$M_{CH} = 2.27(155) = 351.85 \text{ kN.m}$$

$$M_{DH} = 2.27(255) - 5.79(100) = 0$$

จะเห็นว่าโมเมนต์สูงสุดเกิดขึ้นที่จุด C ดังนั้นจึงรวมโมเมนต์โดยวิธีทางเวกเตอร์จะได้ว่า

$$M = \sqrt{M_{cv}^2 + M_{ch}^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \sqrt{1452.33^2 + 351.85^2}$$

$$= 1493.371 \text{ kN.mm}$$

โมเมนต์บิดเนื่องจากการส่งกำลังด้วยสายพาน

$$T = 142.475 \text{ kN.mm}$$

สำหรับเพลามีร่องลิ้น

$$\tau_d = 41 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

จากตาราง 2.2 $C_m = 1.0, C_t = 1.0$

$$d^3 = \frac{16(10^3)}{41\pi} [(142.475)^2 + (1493.371)^2]$$

$$= 186346.62 \text{ mm}^3$$

$$\therefore d = 57.11 \text{ mm}$$

เลือกเพลามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 มม. เป็นเหล็ก AISI 1045 หรือที่เรียกว่า "เหล็กหัวแดง" นั่นเอง

2.4.4 การคำนวณและออกแบบแบริ่ง

แบริ่งมีหน้าที่รับแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวแกน และเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการส่งกำลัง ทำได้โดยการให้แบริ่งมีความเสียดทานน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียพลังงานกลกลายเป็นความร้อนในน้ำมันให้น้อยที่สุด

แบริ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. เจอร์นัลแบริ่งหรือประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ เพลาซึ่งเรียกว่า เจอร์นัล และส่วนที่รองรับเพลา เรียกว่า แบริ่ง
2. โรลลิงแบริ่ง หรือบอลแบริ่ง (rolling bearings) หมายถึง แบริ่งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (sliding contact) เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่ออีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้ทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอนติฟริกชันแบริ่ง (antifriction bearings) ตัวอย่างเช่นบอลแบริ่ง (ball bearings) หรือดิสก์แบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการใช้โรลลิงแบร์ริงกันอย่างแพร่หลายทั่วไป สมาคมผู้ผลิตโรลลิงแบร์ริง (AFBMA : Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) จึงได้วางมาตรฐานการกำหนดขนาดและลักษณะที่ใช้ในการเลือกแบร์ริงเหล่านี้ขึ้น จากมาตรฐานนี้ทำให้ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรสามารถเลือกแบร์ริงจากแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตหนึ่ง และทำการเปลี่ยนแบร์ริงนี้โดยการเลือกจากอีกผู้ผลิตหนึ่งได้โดยที่แบร์ริงที่เลือกจากผู้ผลิตทั้งสองยังคงมีขนาดเท่ากัน ถึงแม้สมาคม AFBMA ได้วางมาตรฐานวิธีการเลือกแบร์ริงตามความต้องการของการรับแรงและอายุการใช้งานเอาไว้ แต่ก็ยังมีผู้ผลิตที่มีการวางมาตรฐานการเลือกแบร์ริงของตนเองแตกต่างออกไปจากของ AFBMA แต่อย่างไรก็ตามแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตก็มีข้อมูลเพียงพอที่จะให้การเปลี่ยนค่ามาเปรียบเทียบกับค่า AFBMA ได้

ข้อดีของโรลลิงแบร์ริงเปรียบเทียบกับจอร์นแบร์ริง

1. มีความเสียดทานขณะสตาร์ทน้อย (low starting torque) จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง
2. ง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขมันหรือจาระบี มาจากโรงงานแล้วเกือบจะไม่ต้องดูแลรักษาเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย
3. ใช้ปริมาตรสารหล่อลื่นน้อย
4. ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (axial space) น้อย
5. สามารถรับแรงรูด (thrust load) และแรงในแนวรัศมี (radial load) ได้พร้อมกัน ยกเว้นโรลลิงแบร์ริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรง (straight roller bearing) สำหรับจอร์นแบร์ริงรับแรงได้เฉพาะในแนวรัศมีเท่านั้น
6. สามารถที่จะทราบได้ว่าแบร์ริงกำลังจะเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดังซึ่งผิดไปจากปกติ
7. มีเคลียร์รันช์น้อยมากจึงเหมาะสมที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เพื่องและลูกเบี้ยว เป็นต้น
8. สามารถใช้รองรับเพลลาในตำแหน่งใด ๆ เช่น ใช้รองรับเพลลา ซึ่งวางเรียงเป็นมุมกับแนวระดับ เป็นต้น
9. ทำการติดตั้งได้ง่าย

ข้อเสียของโรลลิงแบร์ริงเปรียบเทียบกับจอร์นแบร์ริง

1. ใช้เนื้อที่ทางด้านรัศมี (radial load) มากกว่า
2. โดยปกติแล้วราคาแพงกว่า
3. ขณะทำงานจะมีเสียงดังกว่า เนื่องจากการสัมผัสระหว่างผิวของลูกกลิ้งและวงแหวนข้างในบางขณะ
4. อายุการใช้งานสั้นกว่า ทั้งนี้เนื่องจากความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าสูงและกระทำซ้ำกัน (repeated load) จึงทำให้วัสดุเกิดความล้า
5. เมื่อมีแรงกระแทกทำให้อายุการใช้งานลดลงได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.1 ชนิดของบอลเบริง

โดยทั่วไปแล้วโรลลิงเบริงจะแบ่งออกเป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ บอลเบริงซึ่งมีลูกกลิ้ง (rolling element) เป็นรูปทรงกลม และโรลเลอร์เบริง (rolling bearing) ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกระบอกตรง (straight roller) หรือรูปทรงกระบอกเรียวก็ได้ (tapered roller) โดยปกติแล้วเบริงเหล่านี้จะรับแรงได้ พวกนี้ยังแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ดังที่ได้แสดงไว้ในรูป ซึ่งกล่าวถึงคุณลักษณะของเบริงแต่ละชนิดโดยสังเขป ดังต่อไปนี้

บอลเบริงชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก (single – row deep – groove) เป็นเบริงชนิดที่มีการใช้งานมากที่สุด ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับกลิ้งทรงกลม ดังรูป สามารถรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมีและในแนวแกน (แรงรุน)

บอลเบริงชนิด angular contact ดังรูป เป็นเบริงที่ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกนซึ่งมีค่าสูง ๆ โดยมีมุมสัมผัส (contact angle) ต่าง ๆ กัน เมื่อมุมสัมผัสเพิ่มขึ้นเบริงก็สามารถที่จะรับแรงในแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลงในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงในแนวแกนสองทิศทางก็ให้ใช้แบบมีลูกกลิ้งสองแถว (double row) หรือใช้เบริงสองอันหันหน้าเข้าหากันบอลเบริงชนิดปรับแนวได้เอง (self – aligning) ออกแบบสำหรับใช้ในกรณีที่เพลาอาจจะมีการเอียงแนวเป็นมุมค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูป และเป็นแบบปรับแนวได้เองภายใน ซึ่งอาศัยผิวทรงกลมของวงแหวนนอกในการช่วยปรับมุม ส่วนเบริงในรูปที่ เป็นการปรับแนวได้เองภายนอก สามารถปรับมุมได้สูงมาก โดยการเอียงระนาบผิวด้านนอกวงแหวนนอกให้รับกับผิวหน้าของตัวเบริง (bearing houseng) บอลเบริงกันรุนปรับแนวเองได้ (self – aligning thrust) ดังรูป ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกน ในกรณีผิดพลาดอาจมีการเอียงแนวเกิดขึ้น

2.4.4.2 มิติมาตรฐานของโรลลิงเบริง

การกำหนดมาตรฐานของเบริงทำให้ผู้ผลิตสามารถที่จะผลิตเบริงได้ราคาถูกลงทำให้การออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก และทำให้การดูแลรักษาตลอดจนการเก็บเบริงสำรองมาสามารถกระทำได้ง่ายขึ้นด้วยเหตุนี้เองทางสมาคม AFBMA ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์มาตรฐานของเบริงชนิดต่าง ๆ จึงร่วมกับสมาคมเกี่ยวกับโรลลิงเบริงอื่น ๆ จัดทำมาตรฐานเข้ากับขององค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) มาตรฐานนี้จะบอกถึงมิติภายนอกของเบริง คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก – ภายใน และความหนาส่วนมิติภายในเบริงให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตจะออกแบบ

มาตรฐานดังกล่าวนี้จะเห็นได้จากรูป ซึ่งประกอบด้วยอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลางเรียงเบอร์จาก 8 9 0 1 2 3 และ 4 โดยอนุกรมที่ 8 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุด และอนุกรมที่ 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุด ส่วนความหนาบอกได้ด้วยอนุกรมความหนา เรียงเบอร์ จาก 8 0 1 2 3 4 5 และ 6 โดยที่อนุกรมที่ 8 บางที่สุด และอนุกรมที่ 6 หนาที่สุด ดังนั้นมาตรฐานของเบริงจึงบอกได้โดยรวมเบอร์ของอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลางกับอนุกรมความหนาเข้าด้วยกัน เรียกว่า อนุกรมมิติ โดยที่เลขตัวแรกแทนอนุกรมความหนา และเลขตัวที่สองแทนอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่น เบริงที่อยู่ในอนุกรมมิติ 03

หมายถึงเบริงที่อนุกรมความหนา 0 และอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เป็นต้น จากรูป จะเห็นได้ว่าผู้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบเครื่องจักรกลสามารถที่จะเลือกใช้แบร้งที่มีความหนาตามความต้องการได้ โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเปลี่ยนไปเป็นขนาดต่าง ๆ กัน ในทางกลับกันถ้ากำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (คือการกำหนดอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง) ก็สามารถที่จะเลือกแบร้งที่มีความหนาต่าง ๆ กันได้

2.4.4.3 อายุการใช้งานของแบร้ง

แบร้งที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลิ้นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่นหรือผงต่าง ๆ และไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่ามากจนเกินความสามารถที่แบร้งจะรับไว้ได้แล้วแบร้งจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นวัสดุแบร้งเท่านั้น ดังจะเห็นได้ว่าแบร้งที่เสียจะมีเศษผลโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย ดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นใน ลูกกลิ้งหรือวงแหวนจึงมีค่าสูงเข้าใกล้ความเค้นของเฮิร์ซ (ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการหาและที่มาของความเค้นเฮิร์ซ ซึ่งต้องใช้ทฤษฎีทางอีลาสติซิตี) ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนรอบวงแหวนวัสดุที่รับแรงของแบร้งจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่มีค่าความเค้นนี้สูงสุดแล้วกลับมาเป็นศูนย์ (repeated stress) อยู่ตลอดเวลาเนื่องจากค่าความเค้นนี้สูงกว่าขีดจำกัดความทนทาน (endurance limit) ของวัสดุแบร้ง ดังนั้นจึงเกิดการเสียหายขึ้น โดยความล้าซึ่งก็แสดงว่าอายุใช้งานของแบร้งมีระยะเวลาจำกัด ขึ้นอยู่กับค่าของความเค้นที่กระทำซ้ำ จากผลการทดลองของ Lundberg ใช้เป็นพื้นฐานในการประเมินค่ามาตรฐานของ AFBMA พบว่าอายุใช้งาน L แปรผันเป็นสัดส่วนกลับแรงในแนวรัศมี P (ในกรณีที่มีทั้งแรงในแนวรัศมีและแรง P จะเป็นแรงในแนวรัศมีสมมูล (equivalent radial load) ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไปนั่นคือ

$$L = \frac{1}{P^k} \quad (2.7)$$

โดยค่าคงที่ $k = 3$ สำหรับบอลแบร้ง

$k = 10/3 \approx 3.33$ สำหรับโรลเลอร์แบร้ง

อายุใช้งาน L นี้มักจะนับเป็นจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วรอบของเพลาอันหนึ่ง หรือนับเป็นจำนวนล้านรอบ m_r (equivalent radial load) จะได้ว่า

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^k \quad (2.8)$$

จะเห็นได้ว่าถ้าแรงลดลงหนึ่งเท่าแล้ว อายุใช้งานของบอลแบร้งจะเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ

$$\frac{L_1}{L_2} = 2^3 = 8 \text{ เท่า}$$

สำหรับโรลเลอร์แบร้ง อายุการใช้งานจะเพิ่มขึ้นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{L_1}{L_2} = 2^{3.33} = 10.06 \text{ เท่า}$$

ดังนั้นผู้เลือกใช้โรลลิงแบร์ริงจึงต้องระมัดระวังในการคำนวณหาขนาดของแรงที่กระทำต่อ แบร์ริงให้ใกล้เคียงที่กับความจริงที่สุด

2.4.4.4 การประเมินค่าอายุการใช้งานและแรง

ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการผลิตและควบคุมคุณภาพของโรลเลอร์แบร์ริงอย่างทันสมัยแต่ปรากฏว่าแบร์ริงชนิดเดียวกันที่ผลิตออกมาภายใต้วิธีการและเครื่องมือขึ้นเดียวกันจะมีอายุการใช้งานแตกต่างกันไปมากทั้งนี้อาจจะเนื่องจากความยากลำบากในการควบคุมความกลมของลูกกลิ้งและความเรียบของผิวหน้า ลูกกลิ้งเป็นต้น ดังนั้นอายุการใช้งานที่ทางผู้อ้างอิงจึงมีรากฐานมาจากการใช้หลักวิชาการทางด้านสถิติเข้าช่วยทางสมาคมAFBMAจึงได้ตั้งนิยามและวิธีการเลือกแบร์ริงขึ้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้ คือ

1. อายุการใช้งานของโรลลิงแบร์ริงหมายถึงจำนวนรอบ หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่ ซึ่งแบร์ริงหมุนได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนหรือลูกกลิ้ง
2. แรงสถิตย์ประเมิน (basic static load rating) หมายถึง แรงในแนวนอนที่ทำให้เกิดระยะยุบตัวของลูกกลิ้งและวงแหวนรวมกันเท่ากับ 0.0001 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง และใช้แทนด้วยค่า C_0 ค่าของ C_0 สำหรับแบร์ริงอนุกรมต่าง ๆ ดูได้จากตาราง ค่า C_0 นี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแบร์ริง จำนวนแถวของลูกกลิ้งในแบร์ริง จำนวนลูกกลิ้งต่อแถว มุมสัมผัสตลอดจนขนาดของลูกกลิ้งและวงแหวน
3. แรงพลวัตประเมิน (Basic dynamic capacity) ของโรลลิงแบร์ริง หมายถึง แรงที่จะทำให้เกิดแนวนอนซึ่งแบร์ริงที่มีลักษณะเหมือนกันจำนวนหนึ่งจะรับได้ โดยมีอายุประเมิน L_{10} เท่ากับหนึ่งล้านรอบเมื่อวงแหวนอันในเป็นตัวหมุน และวงแหวนตัวนอกอยู่นิ่งและใช้แทน C แรงพลวัตประเมินนี้มีค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดของแบร์ริง เพื่อให้รับแรงและอายุการใช้งานตามที่ต้องการที่แสดงไว้ในแค็ตตาล็อก (คือแรงในแนวนอนที่ทำให้อายุประเมินเท่ากับหนึ่งล้านรอบ) หรือในทางกลับกันเลือกแบร์ริงจากแค็ตตาล็อกแล้วเปลี่ยนให้รับแรงได้เท่าตามการใช้งานจริง และดูว่าอายุการใช้งานประเมินจะได้ตามอายุการใช้งานจริงหรือไม่สามารถทำได้

2.4.4.5 แรงสมมูล

ในการใช้งานจริงโรลลิงแบร์ริงอาจจะรับทั้งแรงในแนวนอนและแนวแกนและวงแหวนในหรือนอกจะเป็นอันที่หมุนก็ได้ซึ่งก็แล้วแต่ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อีกประการหนึ่งแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตก็กำหนดให้เฉพาะอายุประเมินในเทอมของแรงในแนวนอนเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนสมมูล (equivalent force) เพื่อที่จะได้ใช้ในการเลือกแบร์ริงจากแค็ตตาล็อกได้ สมาคม AFBNA ได้กำหนดนิยามของแรงสมมูลไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงสมมูลหมายถึง แรงในแนวนอนซึ่งให้กระทำต่อโรตริงแบร์ริงโดยที่วงแหวนวงในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้ว จะทำให้แบร์ริงมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุการใช้งานของแบร์ริงที่รับแรงจริงซึ่งอาจจะมีทั้งแรงในแนวนอนและแนวแกนพร้อมกัน และให้คำนวณได้สมการ

$$P = XVF_r + YF_a \quad (2.9)$$

หรือ $P = VF_r$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^K \quad (2.10)$$

โดยที่ P = แรงสมมูล

Fr = แรงในแนวนอน

Fa = แรงในแนวแกนหรือแรงรูน

V = ตัวประกอบการหมุน (rotation factor) มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุน และ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกหมุน ถ้าเป็นบอลแบร์ริงชนิด self aligning ให้ใช้ค่าเท่ากับ 1 เสมอ

X = ตัวประกอบแรงในแนวนอน (radial load factor)

Y = ตัวประกอบแรงรูน (thrust load factor)

ค่าแรงสมมูลที่ใช้ในการเลือกขนาดแบร์ริง ให้ใช้ค่าที่ได้จากสมการ 2.15 และ 2.16 แล้วแต่ค่าไหนจะมากกว่า สำหรับบอลแบร์ริงกันรูนและโรลเลอร์แบร์ริงกันรูนแล้วให้คำนวณค่าแรงสมมูลจากสมการ 2.15 โดยให้ V = 1 ส่วน straight roller bearing นั้นจะใช้รับเฉพาะแรงในแนวนอนเท่านั้น จึงคำนวณแรงสมมูลจากสมการ 2.16 ค่า X และ Y สำหรับแบร์ริงบางชนิดแสดงอยู่ในตาราง และตาราง

ข้อสังเกต : ค่าของ X, Y และ c สำหรับแรงหรือ contact angle นอกเหนือจากตารางให้หาค่าโดยการประมาณแบบเชิงเส้น

1. co เป็นแรงสถิตยประเมน : i เป็นจำนวนแถวของลูกกลิ้ง (สำหรับ deep groove ให้ i เท่ากับ 1 เสมอ)

2. สำหรับ single row bearing เมื่อ $F_a / VFr < e$ ให้ $X = 1$ และ $Y = 0$ เมื่อคำนวณหาแรง สมมูลของแบร์ริงซึ่งเป็น single – row angular contact ball bearing ติดตั้งแบบหันหน้าชนกันและหันหลังชนกัน ให้ถือว่า single – row angular contact ball bearing ถ้าติดตั้งแบบเรียงตามกันให้ถือว่าแต่ละอันเป็น single – row angular contact ball bearing

3. ให้ถือว่า single – row angular contact ball bearing มีความสมมาตร (symmetry)

4. ค่า F_a / Co สูงขึ้นอยู่กับการออกแบบแบร์ริง

5. สำหรับ $e = 0$: $F_a = 0$ และ $X = 1$

เลือกใช้ Ball Bearing เพราะมีความเสียดทานในการเคลื่อนที่ต่ำ ประกอบกับยังสามารถรับแรงรูน และแรงในแนวนอนได้

เลือกใช้ Single- Row Deep- Groove Ball Bearing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับชุดมีดตัดใช้ อนุกรมมิติ 02 ขนาดรูสว่าม 70 mm

$$\therefore L_{10} = 165701.8 \text{ mr}$$

สำหรับชุดป้อนใช้ อนุกรมมิติ 02 ขนาดรูสว่าม 25 mm

$$\therefore L_{10} = 30743.5 \text{ mr}$$

2.5 การคำนวณขนาดเฟืองของลูกกลิ้ง

เลือกใช้เฟืองตรงเพราะไม่ทำให้เกิดแรงในแนวแกนและหาซื้อง่ายตามท้องตลาดเลือกวัสดุทำ

เฟือง SAE 6145 $\sigma = 465 \frac{N}{mm^2}$ สมมติให้แรงกระทำที่ปลายฟัน $Y = 0.327$ โมดูล $m = 2$ ความเร็วรอบ

ของลูกกลิ้ง 11 RPM กำหนดจำนวนฟันเป็น 35 ฟัน อัตราทด $m_w = 1$ และสำหรับแรงกระทำราบเรียบ

สม่ำเสมอ $N_s = 1$

$$F_b = \frac{\sigma b Y m}{K_f} \quad (2.11)$$

$$F_d = K_v F_t \quad (2.12)$$

เมื่อกำหนดให้

F_b = แรงกระทำในทิศทางตั้งฉากกับรัศมี (N)

F_d = แรงพลวัต (N)

M = โมดูลของเฟือง (mm, m)

b = ความหนาของเฟือง (mm)

σ = ความเค้นใช้งาน $\left(\frac{N}{m^2} \right)$

Y = ตัวประกอบรูปแบบของลูอิส

K_f = ค่าคงที่

N_s = ตัวประกอบใช้งาน

K_v = ค่าคงที่

$\therefore$ ความหนาของเฟือง(b) = $\approx 59 \text{ mm}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดสอบ

3. การทดสอบ

3.1 จุดประสงค์ของการทดสอบ

1. เพื่อหาความเร็วตัดที่ดีที่สุด
2. เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ

3.2 วิธีการทดสอบ

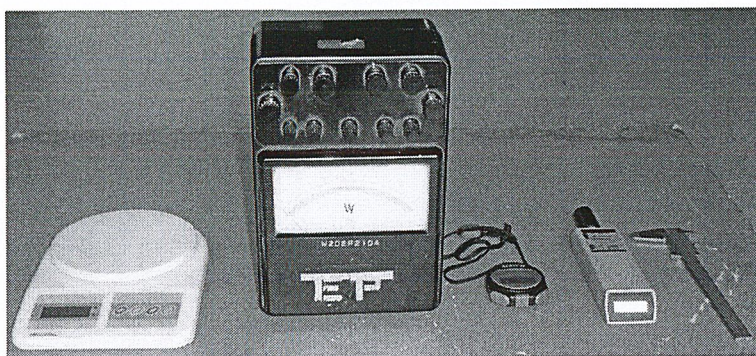
วิธีการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จะทำการวัดอัตราการย่อยได้ที่ความเร็วรอบตัดใด ๆ โดยวัดเป็นกรัมที่ย่อยได้ด้วยตาชั่งในหนึ่งนาทิต และจะมีการเปลี่ยนความเร็วรอบตัดทั้งหมด 5 ครั้ง การเปลี่ยนความเร็วรอบตัดทำได้โดยการเปลี่ยนขนาดพูลเล่ของมอเตอร์
2. ขณะทดสอบย่อยเศษฟองน้ำที่ความเร็วรอบตัดใด ๆ จะมีการวัดกำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปด้วยวัตต์มิเตอร์ โดยจะคิดเป็นแรงม้า
3. เมื่อได้ข้อมูลจากการทดสอบแล้ว จากนั้นจะนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังนี้
 - 3.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับน้ำหนักที่ย่อยได้
 - 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า
 - 3.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรที่ย่อยได้
 - 3.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับปริมาตรที่ย่อยได้จำเพาะ
 - 3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับน้ำหนักที่ย่อยได้จำเพาะ

3.3 เครื่องมือวัด

1. นาฬิกาจับเวลา ใช้สำหรับจับเวลาในการทดสอบย่อยเศษฟองน้ำ
2. วัตต์มิเตอร์ ใช้สำหรับวัดกำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปที่รอบตัดใด ๆ
3. เครื่องมือวัดรอบ ใช้สำหรับวัดรอบหมุนของ
 - 3.1. รอบหมุนของชุดใบมีด
 - 3.2. รอบหมุนของลูกกลิ้งป้อน
 - 3.3. รอบหมุนของมอเตอร์
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้สำหรับวัดปริมาณที่ย่อยได้เป็นกรัมที่รอบตัดใด ๆ
5. เวอเนียร์คาลิเปอร์ ใช้สำหรับวัดขนาดของเศษที่ย่อยเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ

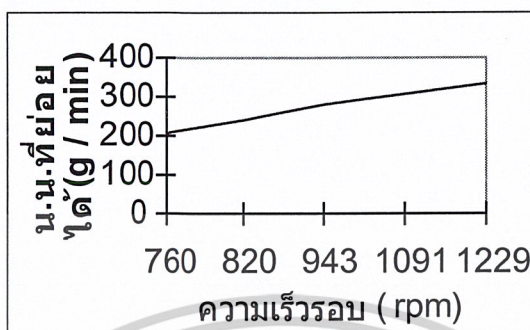
3.4 ผลการทดสอบ

รอบมอเตอร์ (rpm)	1482				
รอบใบมีด (rpm)	760	820	943	1091	1229
รอบปั๊ม (rpm)	19	22	25	29	30
น.น. ที่ย่อยได้ (g/min)	205	240	282	305	332
กำลังไฟฟ้า (hp)	0.804	0.938	1.072	1.139	1.340
ปริมาตรที่ย่อย ได้ (L/min)	2.688	3.1475	3.698	4.10	4.354
น.น. ที่ย่อยได้ จำเพาะ (g/min.hp)	254.97	255.86	263.05	267.77	247.76
ปริมาตรที่ย่อย ได้ (L/min.hp)	3.243	3.355	3.449	3.599	3.249

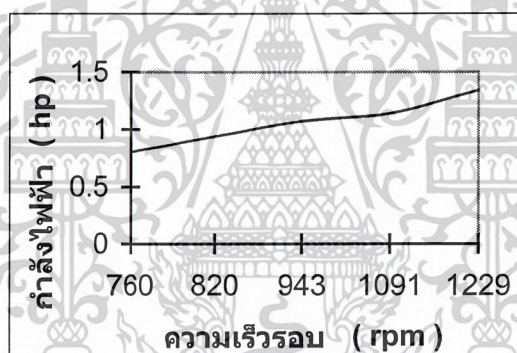
ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

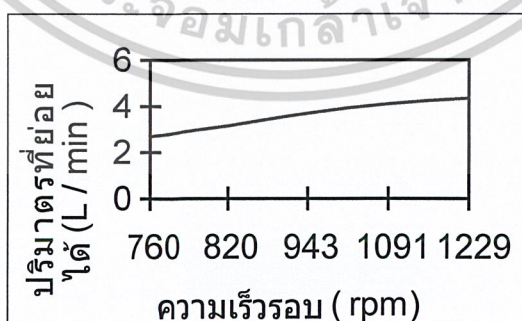
จากการทดสอบที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จะนำข้อมูลทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 4.1 มานำเสนอ
ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ต่าง ๆ คือ



รูปที่ 3.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับน้ำหนักร

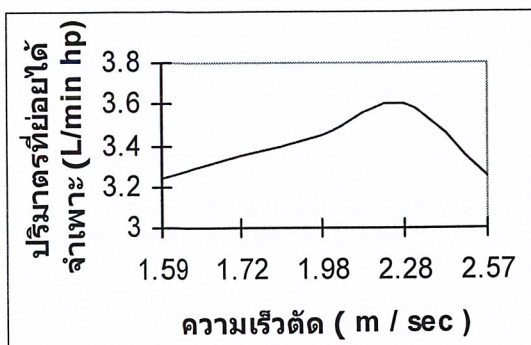


รูปที่ 3.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า

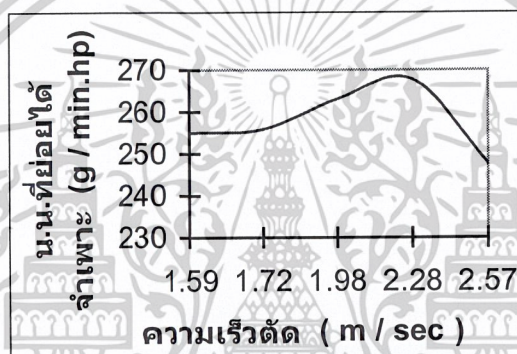


รูปที่ 3.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรที่่อยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับปริมาตรที่ย่อยได้จำเพาะ



รูปที่ 3.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับน้ำหนักที่ย่อยได้จำเพาะ

$$\text{น้ำหนักที่ย่อยได้จำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักที่ย่อยได้ที่รอบใด ๆ (g / min)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่รอบนั้น (hp)}}$$

$$\text{ปริมาตรที่ย่อยได้จำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาตรที่ย่อยได้ที่รอบใด ๆ (L / min)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่รอบนั้น (hp)}}$$

$$\text{ความเร็วตัด} = \frac{2\pi Nr}{60} \quad (3.1)$$

เมื่อกำหนดให้

r = รัศมีของใบมีด (0.02 m.)

N = ความเร็วรอบ (rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปและบทวิจารณ์

4. สรุปและบทวิจารณ์

จากการทดสอบปรากฏว่า เครื่องย่อยเศษฟองน้ำสามารถทำงานได้ดี โดยสามารถย่อยเศษฟองน้ำได้ตามจุดประสงค์ ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

1. ขนาดเศษฟองน้ำที่ย่อยเสร็จแล้วประมาณ 3-8 มม.
2. จากรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 จะได้ความเร็วรอบที่ดีที่สุดประมาณ 1000 รอบต่อนาที ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1.12 แรงม้า น้ำหนักที่ย่อยได้ประมาณ 308 กรัมต่อนาที และคิดเป็นปริมาตรที่ย่อยได้ประมาณ 3.8 ลิตรต่อนาที
3. เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจะทำให้ น้ำหนักที่ย่อยได้ ปริมาตรที่ย่อยได้ และกำลังไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้น

4.1 แนวทางพัฒนาต่อ

1. การปรับแต่งระยะห่างระหว่างแผ่นรองตัด (หมายเลข 1) กับใบมีด ดังแสดงในรูปข้างล่าง ควรปรับปรุงเพื่อให้่ายต่อการปรับแต่ง (แบบเดิมเมื่อจะทำการปรับแต่งระยะห่างระหว่างแผ่นรองตัดกับใบมีดจะต้องคลายสกรูยึดตัวฐานด้านล่าง และขันตัวฐานรองตัดเข้าหาใบมีด)
2. พื้นที่สัมผัสของแผ่นรองตัด (หมายเลข 1) กับใบมีดควรมีได้น้อยที่สุดเพราะจะเกิดปัญหาเรื่องความร้อนเนื่องจากการเสียดสีขณะเครื่องทำงาน
3. ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อเดินเครื่องไปได้สักระยะหนึ่งคือ ระยะห่างระหว่างแผ่นรองตัดกับใบมีดจะมากขึ้น เป็นเหตุให้การตัดเศษฟองน้ำไม่ขาด เป็นไปได้ไหมที่จะทำสปริงดันแผ่นรองตัดให้ชิดกับใบมีดตลอดเวลา
4. ศูนย์กลางของใบมีดตัดควรจะทำให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น เพื่อลดเสียงดังขณะเครื่องทำงานและความทนทานของใบมีด
5. ควรลดความเร็วรอบตัดลงเพราะความเร็วรอบตัดสูง ๆ จะมีปัญหาเรื่องความร้อนเนื่องจากการเสียดสีขณะเครื่องทำงาน อาจจะเพิ่มช่วงการตัดให้กว้างขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการย่อยได้
6. ใช้ใบมีดที่มีคมตัดมากขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการย่อยได้ และใบมีดควรจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่าเดิมมาก เพื่อป้องกันการเลยข้ามใบมีดไปของเศษฟองน้ำ

ภาคผนวก ก
ตารางข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ตาราง ก.1 แสดงขนาดขอบสายพานลิ้ม และล้อสายพาน ตามมาตรฐาน
ISO / R 52-1957 (E) และ (ISO / R 256-1962 (E)

ขนาด เส้น มม

หน้าตัดสายพาน		Y	Z	A	B	C	D	E	
i_p		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
h		4	6	8	11	14	19	25	
b_w		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
b_1		6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40	
c		1.6	2	2.8	3.5	4.8	9.1	12	
e		8 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7	
f		6 ± 0.5	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2	
t_{min}		7	11	14	18	24	28	33	
32°	สำหรับ เส้นค่าน ศูนย์กลาง พิคซ์ d_p	≤ 63	—	—	—	—	—	—	
34°		—	63 – 80	90 – 118	140 – 190	224 – 315	—	—	
36°		63	—	—	—	—	≤ 500	≤ 630	
38°		—	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630	
b_2	จำนวน ร่องบน ล้อสาย พาน	1	12	16	20	25	34	48	58
		2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
		3	28	40	50	63	85	122	147
		4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
		5	44	64	80	101	136	196	236
		6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
		7	60	88	110	139	187	270	325
		8		100	125	158	212.5	307	369.5
		9		112	140	177	238	344	411
		10		124	155	196	263.5	381	458.5
		11		136	170	215	289	418	503
		12		148	185	234	314.5	455	547.5
d_{pmin}		28	50	80	125	200	355	500	

ตาราง ก.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิคซ์ d_p ของล้อสายพานลิ้มตามมาตรฐาน
ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R 253-1962(E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	2000
31.5	67	112	190	315	560	1060	2240
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	
45	80	132	224	400	670	1400	
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
56	95	160	265	475	800	1800	

ตาราง ก.3 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_u สำหรับสายพานลิ้ม *

$\frac{D_p - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส $\alpha =$	N_a
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

* ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตารางอาจหาได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

ตาราง ก.4 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
	<u>มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase.</u> <u>มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound</u> <u>เครื่องยนต์สันดาปภายใน: ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูง</u> <u>กว่า 600 rpm</u>			<u>มอเตอร์กระแสสลับ: high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring.</u> <u>มอเตอร์กระแสตรง: series wound และ compound wound.</u>		
	<u>เครื่องยนต์สันดาปภายใน: ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เฟลาเมน คลัตช์</u>					
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	> 16	≤ 10	10-16	> 16
<u>งานเบา :</u> เครื่องกวาดของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบทอย-โข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
<u>งานหนัก :</u> เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเสียด และเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6

ตาราง ก.5 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิมน้ำตัด "A" ต่อเส้น P_R (เป็น kw) สำหรับสายพาน

ยาว $L_p = 1732 \text{ mm}$ และส่วนโค้งลำผัส $\alpha = 180^\circ$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d _p (mm)	m _s	ความเร็วรอบของล้อหมุนเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600
		ภาระขณะในการส่งกำลังต่อเส้น P _R (kW)										
71	1.00	0.39	0.45	0.50	0.55	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	≥3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.59	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	≥3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.75	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.89	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.15	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.25	1.46	1.73	2.13	2.38	2.57	2.74
	≥3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	≥3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.63	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.66	1.95	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.25	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	≥3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.93	2.27	2.68	3.26	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.75	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	≥3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.25	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	≥3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N₁

L _p	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1602	1732	1832	2032
N ₁	0.81	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	1.01	1.03
L _p	2272	2532	2832	3182	4032	5032						
N ₁	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ความยาวฟิล์มที่ใช้ L_p = L_i + 30(mm)

L _i	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

ตาราง ก.6 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม

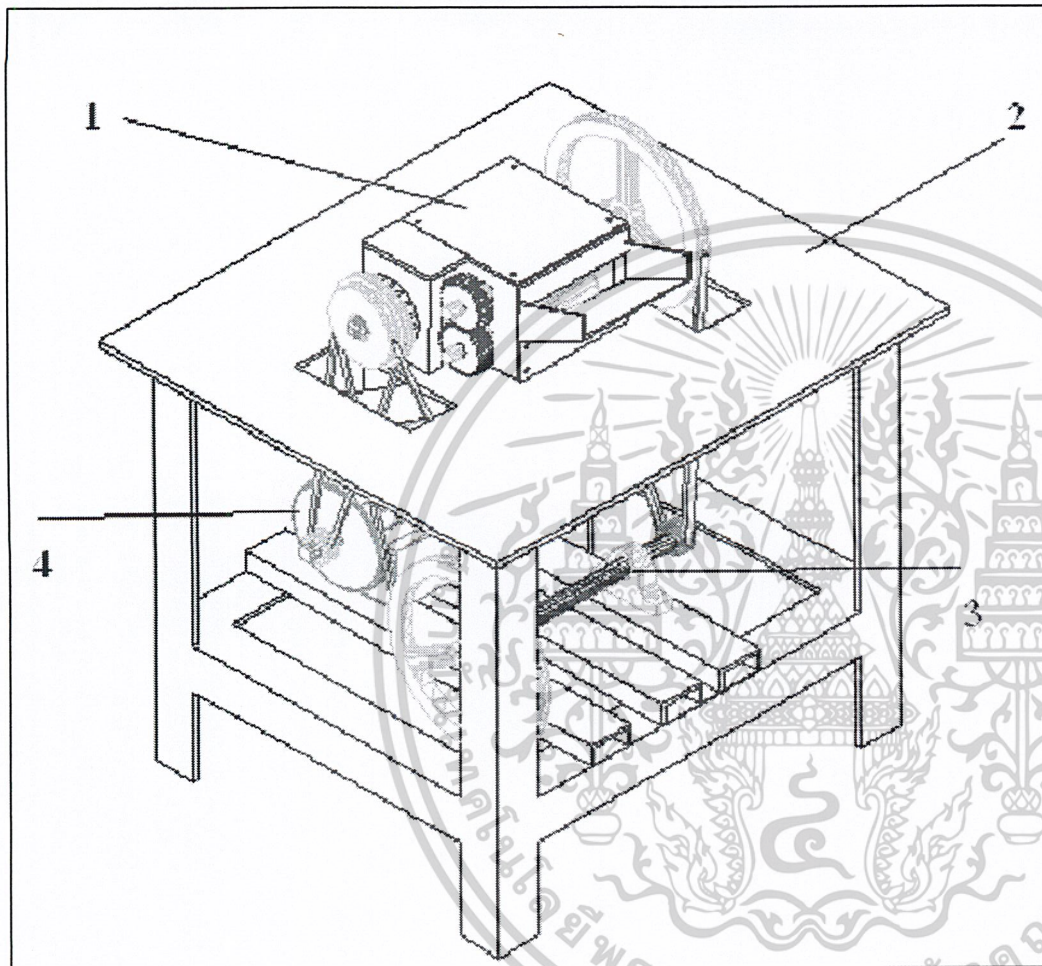
(ชิ้นงานทดสอบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 25 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. in 2 in., %	Reduction in Area, %	Hardness, BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
1020	HR	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR&turned	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	76	51	32	61	149	-
1040	HR	91	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	-
	N	85	50	28	55	170	60
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	-
1050	HR	105	67	15	-	-	-
	CD	114	104	9	-	-	54
	A	92	43	24	40	187	-
	N	109	62	20	39	217	-
1095	HR	142	83	18	38	295	-
	A	95	38	13	21	192	-
	N	147	73	10	14	293	-
1118	HR	75	50	35	55	140	-
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	207	-
3140	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	-
4130	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HRA	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	-
4340	HRA	101	69	21	45	207	45
	CDA	110	99	16	42	223	50
	N	185	126	11	41	363	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1	ชุดย่อยชิ้นงาน
2	มอเตอร์ส่งกำลัง
3	ชุดเฟลาอย
4	โครงสร้าง

PART NAME: เครื่องขุดพองน้ำ

DRAWN BY: PICHIT

DATE: APRIL 8, 2004

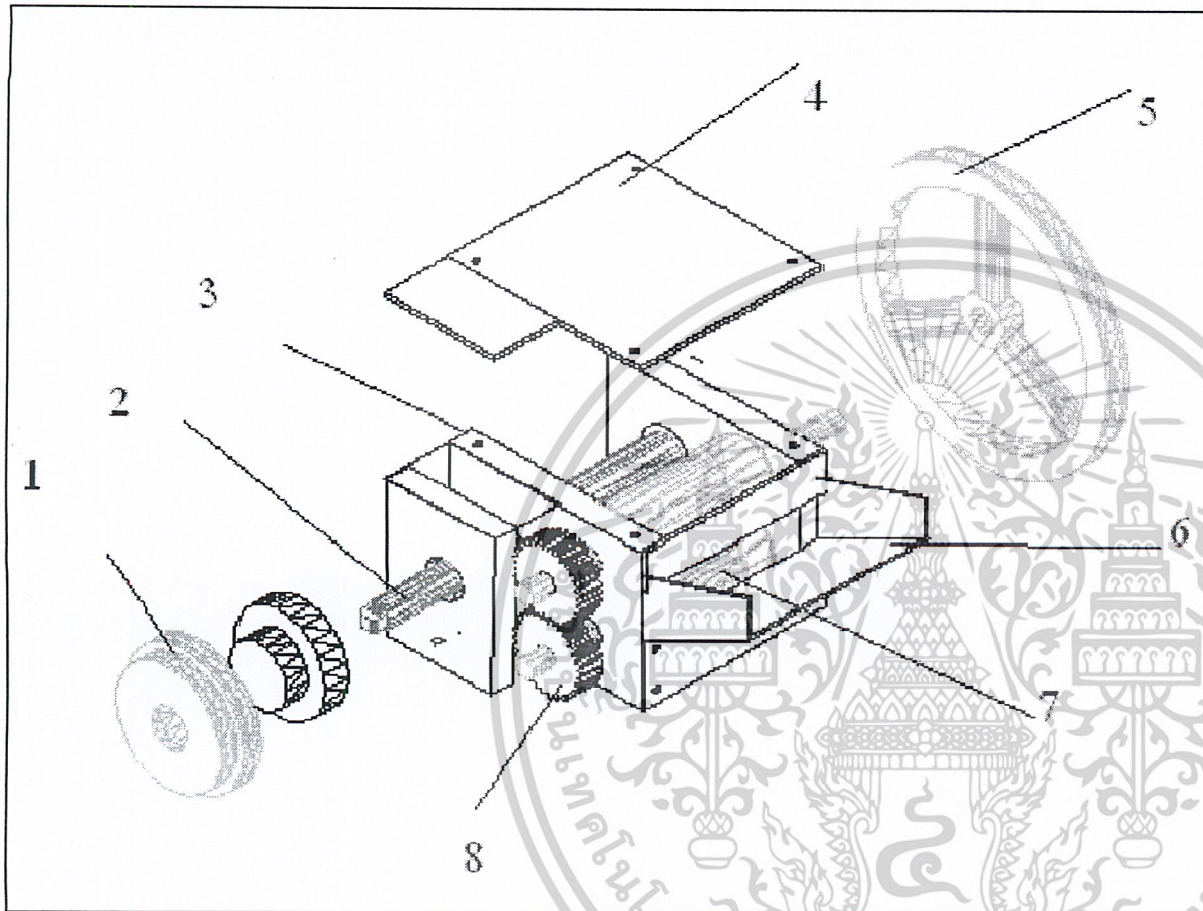
SCALE: 1:2

KING MONGKUT'S INSTITUTE
OF TECHNOLOGY LADKRABANG

SHEET:

QUANTITY:
1 PCS.

SI



1	พูลเลย์ขับเคลื่อน
2	ใบมีดตัด
3	Housing
4	ฝาปิดด้านบน
5	พูลเลย์ขับเคลื่อนลูกกลิ้งป้อน
6	รางป้อนชิ้นงาน
7	ลูกกลิ้งป้อน
8	เฟืองขับเคลื่อนลูกกลิ้งป้อน

PART NAME: ชุดย่อยชิ้นงาน

DRAWN BY: PICHIT

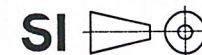
DATE: APRIL 8, 2004

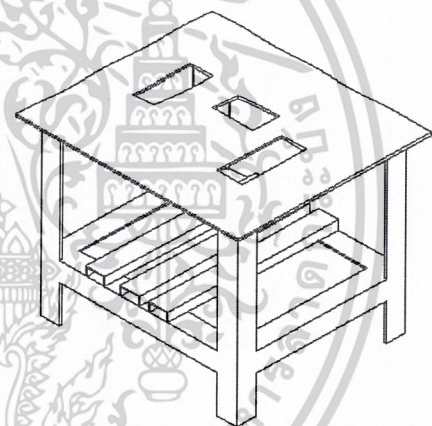
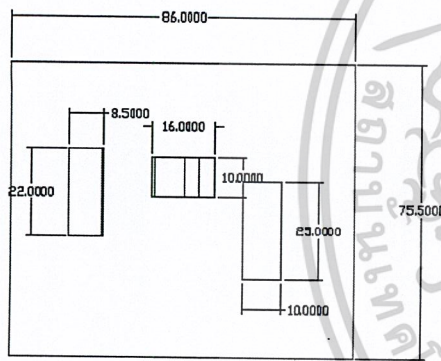
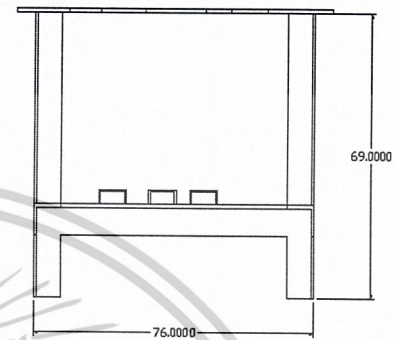
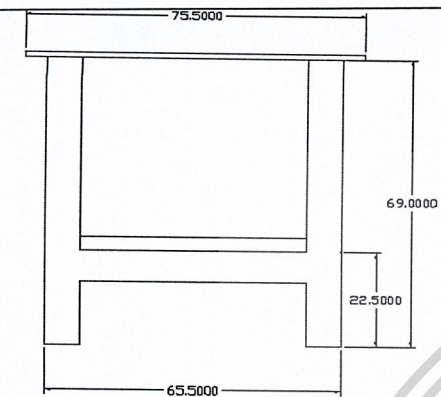
SCALE: 1:2

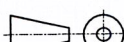
KING MONGKUT'S INSTITUTE
OF TECHNOLOGY LADKRABANG

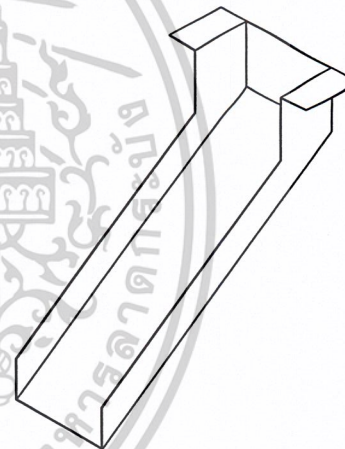
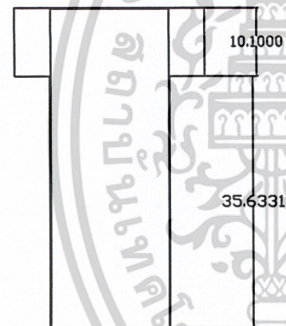
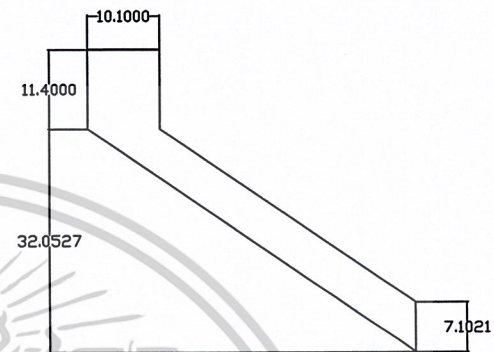
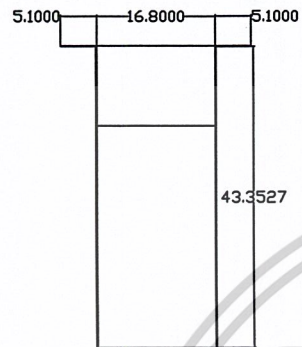
SHEET:

QUANTITY:
1 PCS.

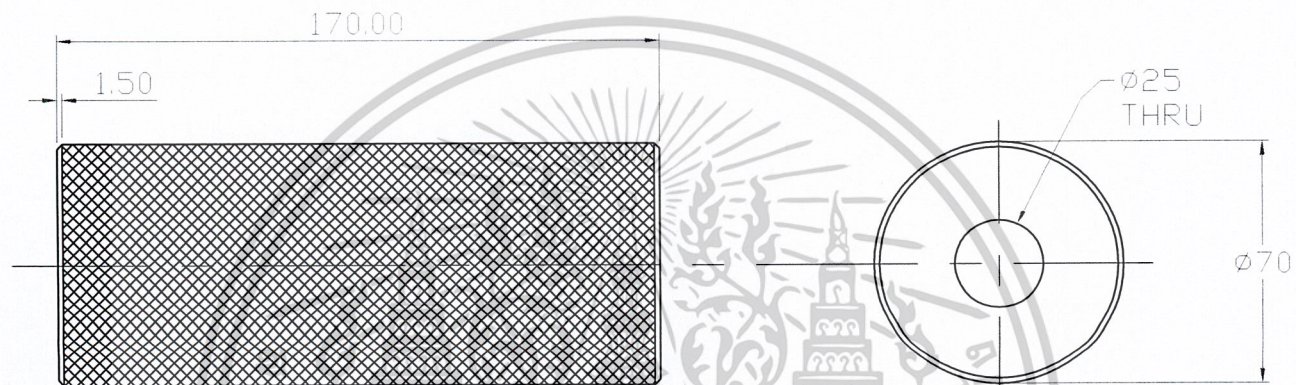


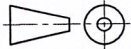


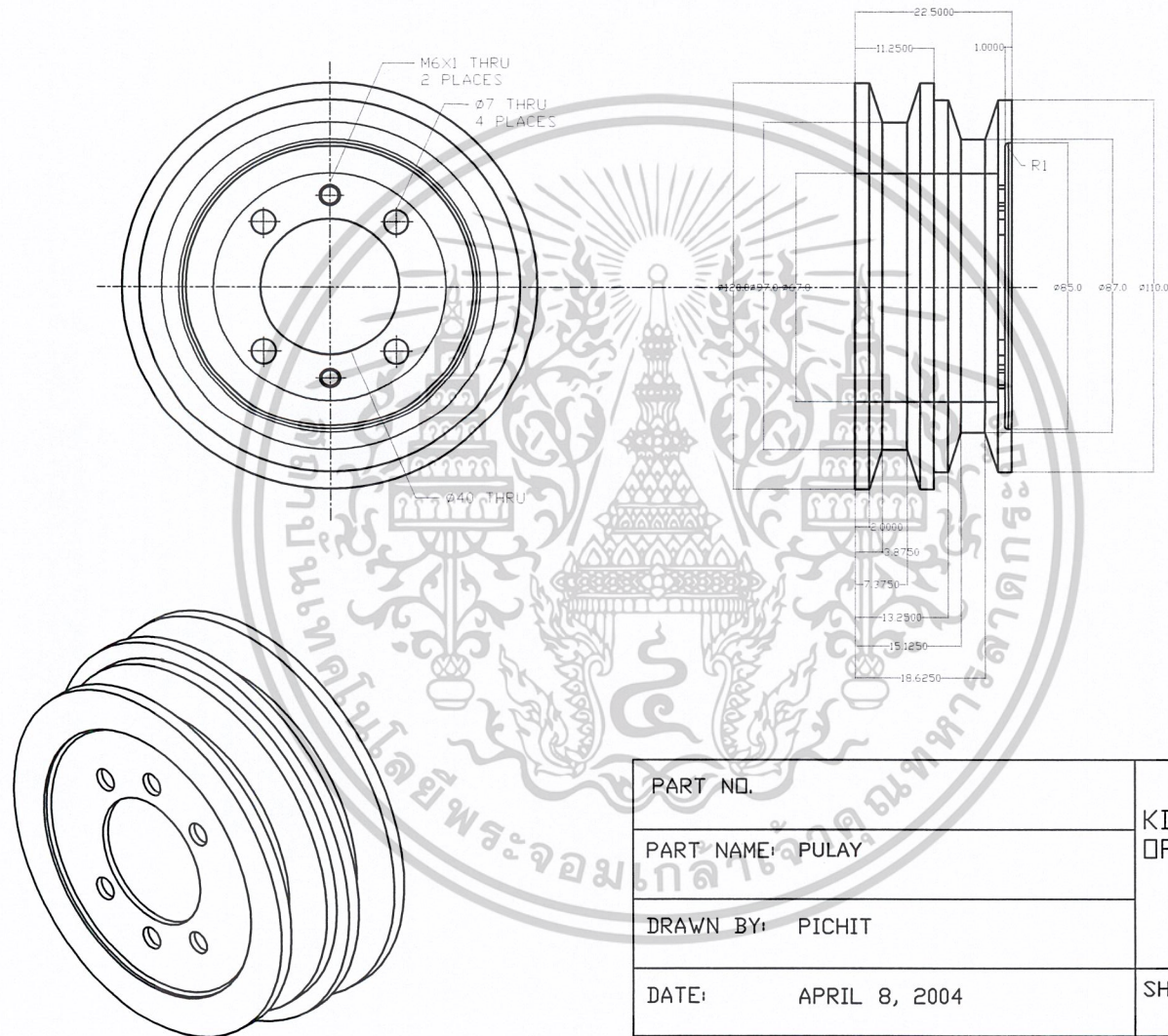
PART NAME: โต๊ะวาง		KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
DRAWN BY: PICHIT			
DATE: APRIL 8, 2004	SHEET:	SI 	
SCALE: 1:2	QUANTITY: 1 PCS.		

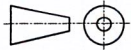


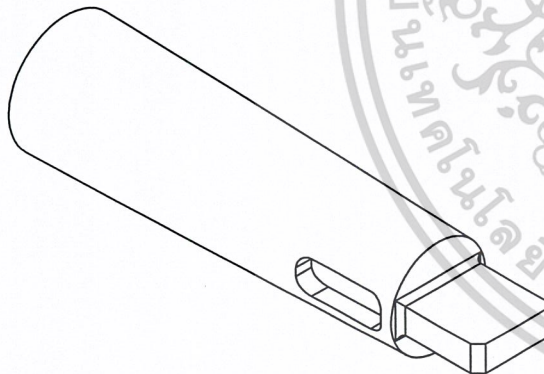
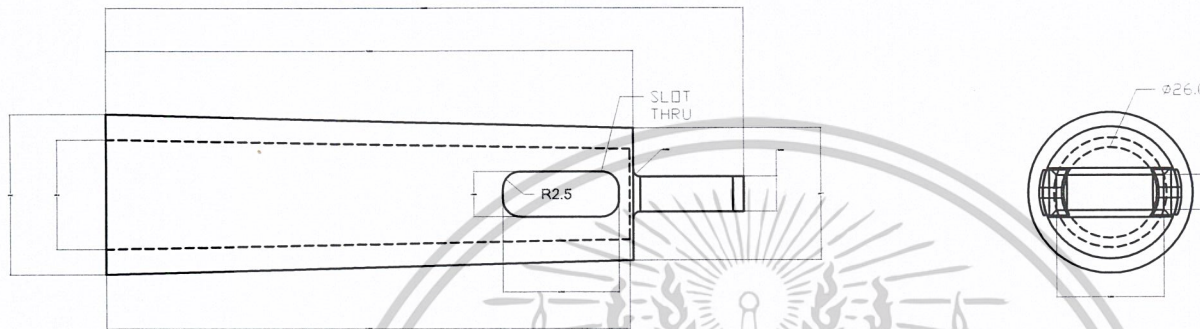
PART NAME: ร้างลำเลียงออก		KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
DRAWN BY: PICHIT			
DATE:	APRIL 8, 2004	SHEET:	SI
SCALE:	1:2	QUANTITY:	
		1 PCS.	

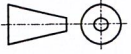


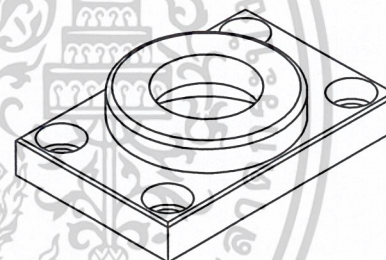
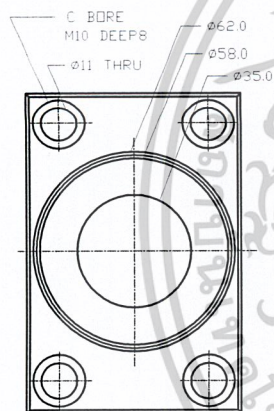
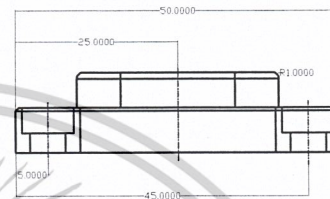
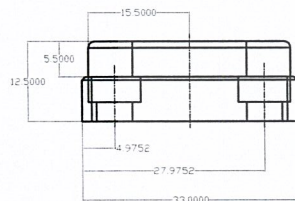
PART NAME: ROLLING	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
DRAWN BY: PICHIT		
DATE: APRIL 8, 2004	SHEET:	SI 
SCALE: 1:2	QUANTITY: 2 PCS.	

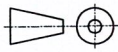


PART NO.	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		
PART NAME: PULAY			
DRAWN BY: PICHIT			
DATE: APRIL 8, 2004	SHEET:	SI 	
SCALE: 1:2	QUANTITY: 1 PCS.		



PART NO.	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		
PART NAME: HANDLE DRILL			
DRAWN BY: PICHIT			
DATE: APRIL 8, 2004	SHEET:	SI 	
SCALE: 1:2	QUANTITY: 1 PCS.		



PART NO.	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		
PART NAME: Bearing Housing			
DRAWN BY: PICHIT			
DATE: APRIL 8, 2004	SHEET:	SI 	
SCALE: 1:2	QUANTITY: 1 PCS.		

บรรณานุกรม

- [1] วรวิทย์ อิงภากรณ์,ชาญ ถนัดงาน,“การออกแบบเครื่องจักรกล”,เล่มที่ 1-2,ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), ปี พ.ศ.2541
- [2] บรรเลง ศรีนิล,ประเสริฐ ก๊วยสมบุญ,“ตารางงานโลหะ”,ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [3] J.L.Meriam ,L.G. Kraige,“Engineering Mechanics Dynamics”,4th.ed.,John Wiley & Sons , Inc., 1998 , pp.17-26
- [4] R.C. Hibbeler , “Mechanics of Material ”, 4th.ed., Prentice Hall, 1999, pp. 24-40
- [5] www.gmi.co.th
- [6] www.thai.net/garbage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้