

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องย่อยเศษวัสดุทำเบาะรถยนต์
SPONGE SHREDDING MACHINE



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **61713**
วันเดือนปี **2.1.ก.ค. 2549**

b. 1159
i.

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องย่อยเศษวัสดุทำเบาะรถยนต์

SPONGE SHREDDING MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นาย สมเกียรติ ก้อนศรีษะ รหัสประจำตัว 45015433
2. นาย สิทตพงษ์ โชติเนตร รหัสประจำตัว 45015439
3. นาย เสถียรวุฒิ กุสาวลี รหัสประจำตัว 45015444



(รศ. จำลอง ปราบแก้ว) อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องย่อยเศษวัสดุทำเบาะรถยนต์

นายสมเกียรติ ก้อนศรีษะ 45015433

นายสิทธิพงษ์ โชติเนตร 45015439

นายเสกสรรค์ กุสาวดี 45015444

รศ. จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นกรณีเสนอวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือจากอุตสาหกรรมการทำรถยนต์ ที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ต่อได้และถ้ากำจัดไม่ถูกวิธีจะทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม การกำจัดจะใช้วิธีการบดกลบอย่างเดียว ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายและพื้นที่ในการกำจัดสูง จากแนวความคิดที่ว่าหากนำเศษฟองน้ำเหล่านี้มาทำให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ โดยนำมาใช้แทนนุ่นในอุตสาหกรรมทำที่นอน และตุ๊กตา เหล่านี้เป็นต้น จึงได้มีการออกแบบ และสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 เฟส 380 โวลต์ เป็นต้นกำลังของเครื่อง ใช้สายพานแบบลิ้มในการส่งกำลัง และใช้ มีคัท (Milling cutter) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม ยาว 80 มม ต่อเรียงบนเพลาลังมีความยาวรวม 240 มม เป็นตัวหมุนตัด

SPONGE SHREDDING MACHINE

Somkeat Konsrisa

Sittapong Chotinet

Sedtawut Kusawadee

Asso. Prof. Chamlong Prabkeao

Advisor

ABSTRACT

This project is presented the design and building of sponge grinder. In addition, the sponge is the waste from seat car manufacturing. These waste is useless and pollution if the method of waste elimination is in the wrong way. By landfill is take too much cost and area. The idea is to grind sponge into a crumb for other application. For example, it's replace kapok in bed set, dolls manufacturing, etc. The waste sponge grinder consisted of 3 phases moter, 380 voltage source, V-belt and 100 millimeter diameter 80 millimeter length milling cutter laid on 240 millimeter total length shamt as used for rotary cutting.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลงได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่าย บุคคลแรกที่จะกล่าวถึงซึ่งมีส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ คือ อาจารย์จำลองปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาที่ดี และความช่วยเหลือเสมอมา รวมทั้งคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า ต้องขอขอบคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้อบรมเลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งยังให้โอกาสในการศึกษาตามสมควร จึงทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณค่า และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
1. บทนำ	
1 ความสำคัญและที่มา	i
2 การลดปริมาณขยะ	1
3 วัตถุประสงค์	2
4 เกี่ยวกับวัสดุฟองน้ำที่ทำการศึกษาโครงการ	2
5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ	4
1. การออกแบบเฟลตามโค้ดของ AMSE	4
2. ความแข็งเกร็งทางด้านการบิด	5
3. เฟืองตรง	6
4. ความเค้นในฟันของเฟืองตรง	7
5. โรสลิ่งแบร์ริง	8
6. ชนิดของแบร์ริง	10
7. ความเสียหายของโรสลิ่งแบร์ริง	12
8. อายุการใช้งานแบร์ริง	12
9. การประเมินค่าอายุการใช้งานและแรง	13
10. แรงสมมูล	14
11. สายพาน	14
3 การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเศษขยะ	19
1. แนวคิดเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบ	19
2. การทดสอบหาแรงเฉือน	19
3. ความเร็วป้อน	20
4. ใบมีดตัด	22

5. มอเตอร์	22
6. สายพานและล้อสายพาน	24
7. การออกแบบเพลาลูกกลิ้ง	27
8. การออกแบบและการคำนวณแปร่ง	29
9. ระบบความปลอดภัย	30
4. การทดสอบ	31
1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ	31
3. ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ	31
4. ผลการทดสอบ	32
5. สรุปและบทวิจารณ์	38
5.1 ข้อเสนอแนะในการใช้งานเครื่องช่วยแยกฟองน้ำ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด	38
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	39
ภาคผนวก ข	57
ภาคผนวก ค	63
บรรณานุกรม	68



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าตัวประกอบความถี่	5
ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	12
ตารางที่ 2.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ d_p ของด้อยสายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R 253-1962 (E)	15
ตารางที่ 2.4 ตัวประกอบ k_1	16
ตารางที่ 2.5 ค่าตัวประกอบ k_2	17
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทำงานของเครื่องข่อยเศษเบาะ	34



สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1	แสดงเศษฟองน้ำที่มาจากอุตสาหกรรมเบาะรถยนต์	1
รูปที่ 2.1	เพลายู่ภายใต้แรงต่าง ๆ	4
รูปที่ 2.2	การเรียกชื่อส่วนของเฟือง	6
รูปที่ 2.3	ตัวประกอบเรขาคณิตที่ใช้ทำตัวประกอบรูปแบบของลูอิส	7
รูปที่ 2.4	ส่วนต่าง ๆ ของบอลแบร์ริง	8
รูปที่ 2.5	บอลแบร์ริงชนิดต่าง ๆ	10
รูปที่ 2.6	โรลเลอร์เบร์ริงชนิดต่าง ๆ	11
รูปที่ 2.7	หน้าตัดสายพานลิ้มและล้อสายพาน	15
รูปที่ 3.1	แสดงการทดลองย่อยเศษวัสดุที่ทำจากเบาะกับเครื่องเจาะ	19
รูปที่ 3.2	การจับชิ้นงานตัวอย่างเศษวัสดุเพื่อทดสอบแรงเฉือน	19
รูปที่ 3.3	การทดสอบหาแรงเฉือนของวัสดุทำเบาะ โดยใช้เครื่อง UTM	20
รูปที่ 3.4	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือน	20
รูปที่ 3.5	แสดงโครงสร้างภายนอก	21
รูปที่ 3.6	แสดงแบบส่วนประกอบภายใน	21
รูปที่ 3.7	แสดงโครงสร้างที่สมบูรณ์ของเครื่องย่อยเศษเบาะรถยนต์	22
รูปที่ 3.8	แสดงมีดตัด	22
รูปที่ 3.9	แสดงลักษณะการตัดเคลื่อนของมีดตัด	24
รูปที่ 3.10	แสดงส่วนประกอบของชุดลูกกลิ้ง	27
รูปที่ 3.11	แสดงเพลาคกรอบ 1 อยู่ภายใต้แรง	27
รูปที่ 3.12	แสดงแรงและโมเมนต์บนเพลาค	29
รูปที่ 4.1	แสดงการทำงานของเครื่องย่อยเศษเบาะรถยนต์	31
รูปที่ 4.2	แสดงอัตราการป้อนที่ 39 เมตรต่อนาที	32
รูปที่ 4.3	แสดงอัตราการป้อนที่ 34 เมตรต่อนาที	32
รูปที่ 4.4	แสดงอัตราการป้อนที่ 19 เมตรต่อนาที	33
รูปที่ 4.5	แสดงอัตราการป้อนที่ 15 เมตรต่อนาที	33
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงอัตราการย่อยฟองน้ำ	35
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ไฟฟ้า	35
รูปที่ 4.8	ฟองน้ำผสมกับผ้ากำมะหยี่	36
รูปที่ 4.9	ฟองน้ำผสมกับหนังเทียม	36
รูปที่ 4.10	ฟองน้ำผสมกับผ้าสักหลาด	37
รูปที่ 4.11	ฟองน้ำผสมกับผ้าไนลอน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1 ความสำคัญและที่มา

ปัญหาขยะนั้นมีแนวโน้มว่าจะรุนแรงมากขึ้น และทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเกิดความเสียดังต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจังหวัดบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก และจังหวัดศูนย์กลางความเจริญในภูมิภาคต่าง ๆ โดยสัดส่วนของขยะกำจัดยากในปี พ.ศ. 2540 มีปริมาณขยะที่เกิดจากชุมชนทั่วประเทศทั้งสิ้นประมาณ 37, 102 ตันต่อวัน (www.onep.go.th) ในจำนวนนี้เป็นขยะในเขตกรุงเทพมหานครประมาณร้อยละ 24 ของปริมาณขยะทั้งประเทศ ประมาณร้อยละ 35 เป็นขยะในเขตเมือง และประมาณร้อยละ 41 เป็นขยะในเขตชนบท และขยะประเภทที่กำจัดได้ยากนั้นส่วนหนึ่งมาจากอุตสาหกรรมเบาหรือขยะ โดยส่วนใหญ่เป็นฟองน้ำ ซึ่งจากคุณสมบัติของฟองน้ำจะย่อยสลายโดยธรรมชาติได้ยาก ซึ่งถ้านำไปกำจัดโดยวิธีการเผาจะทำให้เป็นปัญหามลภาวะฝุ้งกลบก็จะสิ้นเปลืองเนื้อที่มาก แต่เราสามารถนำเศษขยะฟองน้ำเหล่านี้กลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) ได้ โดยต้องย่อยให้มีขนาดเล็กแล้วสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนนุ่นหรือผ้าที่ใช้ในอุตสาหกรรมทำที่นอนหรือทำตุ๊กตาได้



รูปที่ 1.1 แสดงเศษฟองน้ำที่มาจากอุตสาหกรรมทำเบาะรถยนต์

2 การลดปริมาณขยะ

1. การนำผลิตภัณฑ์มาใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นการนำวัสดุของใช้แล้วกลับมาใช้ในรูปแบบเดิมหรือนำมาซ่อมแซมใช้ หรือนำมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ
2. การนำกลับมาผลิตใหม่ (Recycling) เป็นการแยกวัสดุที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำออกจากขยะและรวบรวมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าขึ้นใหม่ หรือที่รู้จักกันว่า “รีไซเคิล (Recycle)” ขั้นตอนนี้เป็น การนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุของใช้แล้วมาใช้ใหม่เช่นกัน แต่ต่างจากขั้นตอนการนำมาใช้ซ้ำ คือขั้นตอนนี้ต้องมีการนำวัสดุผ่านกระบวนการผลิตออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ เช่น กระจปอง อะลูมิเนียม หรือขวดแก้วต้องมีการหลอมและผ่านกระบวนการเป็นกระจปองหรือขวดใบใหม่ วัสดุที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตใหม่ ได้แก่ กระจคาย ชนิดต่าง ๆ ขวดแก้ว กระจปอง อะลูมิเนียม พลาสติก เศษเหล็ก เป็นต้น

ขยะที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมการนำเบาะรถยนต์นั้น คือ เศษฟองน้ำ เศษฟองน้ำเป็นวัสดุที่เหลือใช้จากกรรมวิธีการทำเบาะรถยนต์ และไม่สามารถใช้ให้เกิดประโยชน์ได้แล้ว ยังมีปัญหาในการกำจัดอีกด้วย เพราะเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ช้า หากนำไปทำลายโดยการฝังดินหรือการเผาทำลาย จะเกิดปัญหาคือสภาพแวดล้อม ดินถูกปนเปื้อน และเกิดมลพิษต่ออากาศ

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาดังการนำเอาเศษฟองน้ำมาใช้ซ้ำ โดยการย่อยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุที่เติมในหมอน ที่นอน ซึ่งเป็นวัสดุทดแทนจากการใช้ใยมะพร้าว หรือนุ่น และยังเป็นการลดปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นแก่ชุมชน ได้อีกด้วย

ในการออกแบบสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ ซึ่งใช้มีดตัดของเครื่องกัดเพลานอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 ม.ม. ยาว 80 ม.ม.เป็นตัวตัด การตัดเฉือนเศษฟองน้ำเกิดจากมีดตัดหมุนเฉือนเศษฟองน้ำกับฐานรองรับ ลักษณะคล้าย ๆ กับกรรไกรตัดผ้าทำให้เศษฟองน้ำถูกตัดขาดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 2-6 ม.ม. โดยขนาดของเศษที่ตัดถูกควบคุมด้วยความเร็วป้อน (Feed) ของลูกกลิ้งป้อน และใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนกลไกทั้งหมดของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ การออกแบบไม่ได้คำนึงถึงผลของความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสีของคมตัดของมีดตัดกับฐานรองรับ เพราะเศษฟองน้ำมีความเหนียวมาก หากระยะห่างระหว่างคมตัดมีดตัดกับฐานรองรับมากเกินไป การตัดเฉือนจะไม่เกิดขึ้น แต่ผลของความร้อนที่เกิดขึ้นคงจะไม่ทำให้มีดตัดหรืออุปกรณ์อื่นๆ ของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำเสียหายได้

3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อลดจำนวนขยะที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมทำเบาะรถยนต์
2. เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้เศษวัสดุเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3. เพื่ออำนวยความสะดวกแก่โรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่นอนและ ตุ๊กตา ในหมอน และที่นอน ฯลฯ

4 เกี่ยวกับวัสดุฟองน้ำที่ทำการศึกษาโรงงาน

วัสดุฟองน้ำที่ทำการศึกษาวิจัยเป็นพลาสติกในกลุ่มเทอร์โมเซตติง ชนิด ฟองน้ำยูรีเทน หรือฟองน้ำโพลียูรีเทน ต่อไปจะเรียกสั้น ๆ ว่า ฟองน้ำ มีลักษณะเป็นรูพรุน มีความยืดหยุ่นตัวสูง นุ่มนวล เหนียว ใช้ทำเบาะรถยนต์ เบาะรถจักรยานยนต์ เฟอร์นิเจอร์ กระจเป้า รองเท้า อุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น โดยฟองน้ำที่ทำการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 4 ชนิดด้วยกัน ซึ่งฟองน้ำทั้ง 4 ชนิดนี้จะมีคุณสมบัติทางความเหนียวที่แตกต่างกันเรียงตามลำดับความเหนียวจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ฟองน้ำที่ผสมติดกับผ้าในลอน ฟองน้ำที่ผสมติดกับหนังเทียม ฟองน้ำที่ผสมติดกับผ้ากำมะหยี่และฟองน้ำที่ผสมติดกับผ้าสักหลาด

งานวิจัยนี้จะสร้างเครื่องข่อยเศษฟองน้ำขึ้นมา โดยอ้างอิงถึงหลักของการออกแบบเครื่องจักรกล เช่นการหาขนาดของมอเตอร์ที่เหมาะสม อัตราการป้อนที่เหมาะสม ฯลฯ โดยมีจุดประสงค์หลักคือให้สามารถข่อยเศษฟองน้ำได้ และมีขนาดความหนาของชั้นที่ตัดแล้วประมาณ 2-6 มิลลิเมตร โดยจะทำการทดสอบหาอัตราการป้อนและความเร็วตัดที่เหมาะสมเพื่อให้เครื่องมีประสิทธิภาพสูงสุด

5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากเศษฟองน้ำเหลือใช้เหล่านี้
2. เป็นทางเลือกใหม่สำหรับวัสดุทำหมอน ที่นอน ฯลฯ
3. เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่โรงงานอุตสาหกรรม



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการออกแบบ

ในการออกแบบเครื่องย่อยเศษเบาะรถยนต์เราจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม และวัสดุที่หาได้ง่ายเพื่อประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย

1. การออกแบบเพลตามัดค้ำของ AMSE

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิขึ้นบนเพลลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static Design Method) ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลลาให้พิจารณาเพลลาในรูปที่ 2.1 ให้เพลลาเป็นแบบกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d_o ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลลามีดังต่อไปนี้คือ



รูปที่ 2.1 เพลลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

$$\text{ความเค้นดึงหรือกด} \quad \sigma_a = \frac{4F}{\pi(d_o^2 - d_i^2)} \quad (2.1)$$

เพลลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจาก นั้นแรงที่กระทำยังอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้ ดังนั้นเพลลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตยศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue Factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

$$\begin{aligned} \text{ถ้าให้} \quad C_m &= \text{ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการค้ำ} \\ C_t &= \text{ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด} \end{aligned}$$

$$\text{ความเค้นค้ำ} \quad \sigma_b = \frac{32C_m M d}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \quad (2.2)$$

$$\text{ความเค้นเฉือน} \quad \tau_{xy} = \frac{16C_t T d}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \quad (2.3)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \alpha u + \sigma b \tag{2.4}$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[\tau_{xy}^2 + \left[\frac{\sigma}{2} \right]^2 \right]^{1/2} \tag{2.5}$$

ขนาดเพลลา

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau (1 - K^4)} \left[(C_r T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{1/2} \tag{2.6}$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำซึ่งหาได้จากตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_r
เพลลาอยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
เพลลาหมุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 - 3.0	1.5 - 3.0

นอกจากนี้ได้คของ ASME ซึ่งได้ระบุไว้ว่าเพลลาซึ่งมีใช้ในงานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

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

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

แต่ถ้ากำหนดควัดสุดของเพลลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะ หรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการดังนี้ (โดยเลือกค่าน้อยมาคำนวณ)

$$\tau \sigma = 0.3 \sigma y \text{ หรือ } \tau d = 0.18 \sigma u \tag{2.7}$$

และถ้าเพลลามีร่องลึ้มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าในสมการที่ (2.7)

2. ความแข็งแรงทางด้านการบิด

สำหรับเพลลาที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น Rad จะหาค่าได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \tag{2.8}$$

ถ้ารับเพลากลมตัน $J = \frac{\pi}{32} d^4$ ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \tag{2.9}$$

ถ้าเป็นพลากลมกลวง

$$\theta = \frac{584TL}{(1 - K^4)Gd^4} \tag{2.10}$$

3. เฟืองตรง

เฟืองตรง (Spur Gear) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในเครื่องจักรกลทั่วไป โดยใช้ทำหน้าที่ส่งกำลังและการหมุนจากเพลานิ่งไปยังอีกเพลานิ่งที่ขนานกันส่วนมากเฟืองขับ (Driving Gears) จะมีขนาดเล็กกว่าเฟืองตาม แต่การใช้งานบางโอกาสก็อาจใช้เฟืองใหญ่เป็นเฟืองขับก็ได้ เนื่องจากกว่าเฟืองที่ผลิตและใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ยังคงใช้ระบบหน่วยอังกฤษอยู่เป็นส่วนมาก ในการให้คำจำกัดความเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของเฟืองให้พิจารณารูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเรียกชื่อส่วนของเฟือง

อัตราทด (Velocity Ratio) m คืออัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับต่อความเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม ถ้าให้ “1” และ “2” แทนเฟืองขับและเฟืองตามลำดับ จากความรู้ทางด้านกลศาสตร์จะได้ว่า

$$m_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

โดยที่ ω = ความเร็วเชิงมุม, rad/s
 n = ความเร็วรอบ, rpm

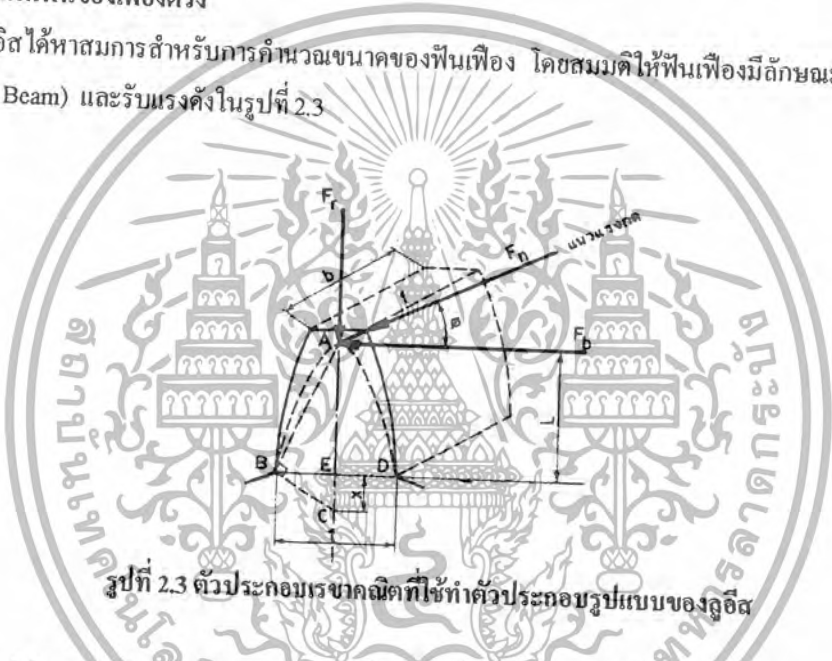
d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์, mm หรือ in.
 N = จำนวนฟัน

อัตราส่วนเฟือง (Gear Ratio) m_g คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนฟันของเฟืองต่อจำนวนฟันของพีเนียน ถ้าพีเนียนเป็นตัวขับแล้ว

$$m_g = m_w = \frac{N2}{N1}$$

4. ความเค้นในฟันของเฟืองตรง

ลูอิส ได้หาสมการสำหรับการคำนวณขนาดของฟันเฟือง โดยสมมติให้ฟันเฟืองมีลักษณะเป็นคานยื่น (Cantilever Beam) และรับแรงดัดในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวประกอบเรขาคณิตที่ใช้ทำตัวประกอบรูปแบบของลูอิส

ถ้าคิดให้แรงกระทำที่ปลายฟันแรง F_n จะตั้งฉากกับผิวของฟันไปตามแนวแรงกด ซึ่งสามารถแยกออกเป็นสองแรงตั้งฉากกันคือ F_b และ $-F_r$ สมมติให้แรงนี้กระจายออกไปสม่ำเสมอตลอดความหนาของฟัน b และให้คำนวณหาความเค้นแรงของฟัน โดยที่ไม่คิดแรงกดในแนวรัศมี F_r

จากสมการความเค้นในคาน

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{Mc}{I} = \frac{(F_b L)(l/2)}{bt^3/12} \\ &= \frac{6F_b L}{bt^2} \\ \text{หรือ} \quad &= F_b = \frac{\sigma b l^2}{6L} \end{aligned}$$

ในการออกแบบคานที่ดี ความเค้นควรจะเท่ากันตลอดทุกหน้าตัดของคาน ถ้าให้ฟันเฟืองในรูป 2.3 มีความเค้นดัดที่ ($\sigma =$ ค่าคงที่) และเนื่องจากความหนาของเฟือง b เท่ากันตลอด ดังนั้นสมการ จะเขียนได้เป็น

$$L = (\text{ค่าคงที่}) (l^2)$$

จากสมการ จะเห็นได้ว่า ฟันเฟืองจะต้องมีรูปร่างเป็นพาราโบลา ดังเส้นประรูป 2.3 แต่ในเฟืองอินวอลูต เนื้อของโลหะจะเพิ่มขึ้นจากรูปพาราโบลาโค้งในรูป ดังนั้นในฟันเฟืองที่ใช้งานอยู่จริง ความเค้นสูงสุดจะเกิดขึ้นที่หน้าตัด BED

จากรูปสามเหลี่ยมคล้าย ABE และ BCE จะได้ว่า

$$\frac{x}{t/2} = \frac{t/2}{L} \quad \text{หรือ} \quad L = \frac{t^2}{4x}$$

เมื่อแทนค่า L นี้ลงในสมการจะได้ว่า

$$F_b = cb \left(\frac{2x}{3p} \right) p$$

โดยที่ P เป็นเชอควิลลาพิคซ์ และค่า $\frac{2x}{3p}$ เรียกว่า ตัวประกอบรูปแบบลูอิส (Lewis Form Factor) ใช้

แทนด้วย y จึงทำให้เขียนสมการได้เป็น

$$F_b = cby p$$

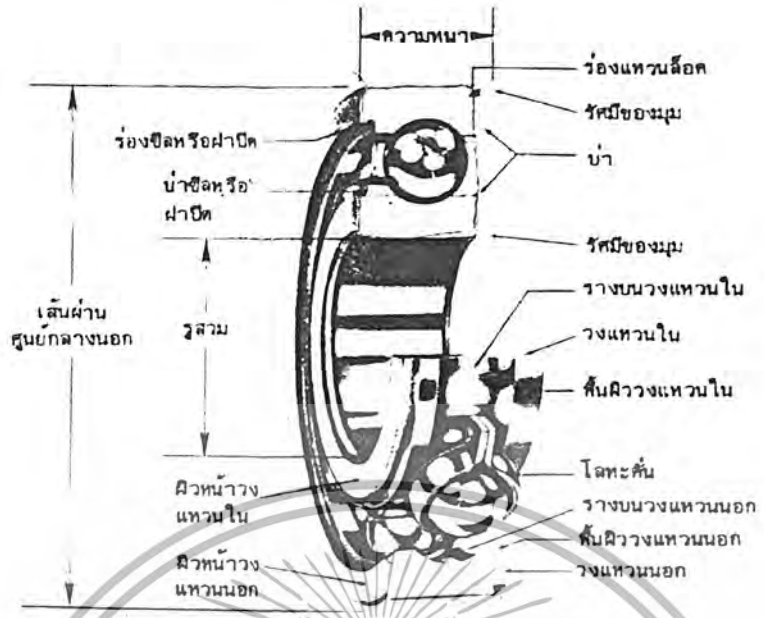
เนื่องจากเฟืองในระบบหน่วยอังกฤษใช้บอกด้วยโคเอมิทริลพิคซ์ P ซึ่ง $P = \pi / p$ ดังนั้นจึงเขียนสมการได้เป็น

$$F_b = \frac{cbY}{P}$$

ในทางปฏิบัติมักจะออกแบบเฟืองให้มีอัตราส่วนการขบอยู่ระหว่าง 1.2 ถึง 1.6 ดังนั้นในขณะที่แรงกระทำอยู่ที่ปลายฟันเฟืองหนึ่ง ฟันคู่ถัดไปก็ยังมีสัมผัสกันอยู่ ฉะนั้นแรงทั้งหมดจึงมิได้กระทำที่ปลายฟันเฟืองเพราะมีฟันคู่อื่นช่วยรับแรงอยู่ด้วย ในขณะที่เฟืองหมุนไปแรงที่ปลายฟันจะค่อย ๆ เคลื่อนลงมาจนเกือบถึงกลางฟัน ฟันอีกคู่หนึ่งจึงผละออกจกกัน ด้วยเหตุนี้เองแรงทั้งหมดจึงกระทำต่อฟันเฟืองใกล้กับกลางฟัน (ยกเว้นในกรณีที่ $m_c \leq 1$) จากการทำงานของฟันเฟืองดังกล่าวมานี้ทำให้ไม่สามารถที่จะตัดสันลงไปได้ว่า เมื่อใดความเค้นในฟันเฟืองจึงมากที่สุด สำหรับการออกแบบเฟืองเพื่อใช้งานทั่วไปแล้ว มักจะสมมติให้แรงทั้งหมดกระทำที่ปลายฟัน ส่วนชิ้นงานที่ต้องคำนึงถึงขนาดและน้ำหนักเป็นสำคัญแล้ว มักจะใช้การคำนวณโดยคิดให้แรงกระทำใกล้กับกลางฟันเฟือง

5. โรลลิ่งแบร์ริง

โรลลิ่งแบร์ริง (Rolling Bearings) หมายถึง แบร์ริงชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนแบร์ริงที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (Sliding Contact) เนื่องจากแบร์ริงชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้น จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่น่าสนใจไปในช่วงการอุตสาหกรรมว่า แอนติฟริกชันแบร์ริง (Antifriction Bearing) ตัวอย่างเช่น บอลแบร์ริง (Ball Bearing) หรือคลັบลูกปืน ดังรูป 2.4 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่าน ไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



รูปที่ 2.4 ส่วนต่างๆ ของบอลเบริง

เนื่องจากการใช้โรลลิ่งเบริงกันอย่างแพร่หลายทั่วไป สมาคมผู้ผลิตโรลลิ่งเบริง (AFBMA : Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) จึงได้วางมาตรฐานการกำหนดขนาดและหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกเบริงเหล่านี้ขึ้น จากมาตรฐานนี้ทำให้ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรสามารถเลือกเบริงจากแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตหนึ่ง และทำการเปลี่ยนเบริงนี้ โดยการเลือกจากอีกผู้ผลิตหนึ่งได้

ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกใช้โรลลิ่งเบริง ผู้ออกแบบก็ควรที่จะพิจารณาลักษณะข้อดีและข้อเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับเจอร์นัลเบริงดังต่อไปนี้ คือ

ข้อดีของโรลลิ่งเบริงเปรียบเทียบกับเจอร์นัลเบริง

1. มีความเสียดทานขณะสตาร์ทน้อย (low starting torque) จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง
2. ง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขมันหรือจาระบี มาจากโรงงานด้วยแล้วเกือบจะไม่ต้องดูแลรักษาเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย
3. ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย
4. ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (axial space) น้อย
5. สามารถรับแรงรูน (Thrust load) และแรงในแนวรัศมี (radial load) ได้พร้อมกัน ยกเว้น โรลลิ่งเบริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรง (straight roller bearing) สำหรับเจอร์นัลเบริงรับแรงได้เฉพาะในแนวรัศมีเท่านั้น
6. สามารถที่จะทราบได้ว่าเบริงกำลังจะเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดังซึ่งผิดไปจากปกติ
7. มีเคลือบรันช์น้อยมากจึงเหมาะสมที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เฟืองและลูกเบี้ยว เป็นต้น
8. สามารถใช้รองรับเพลลาในตำแหน่งใด ๆ เช่น ใช้รองรับเพลลา ซึ่งวางเรียงเป็นมุมกับแนวระดับ เป็นต้น

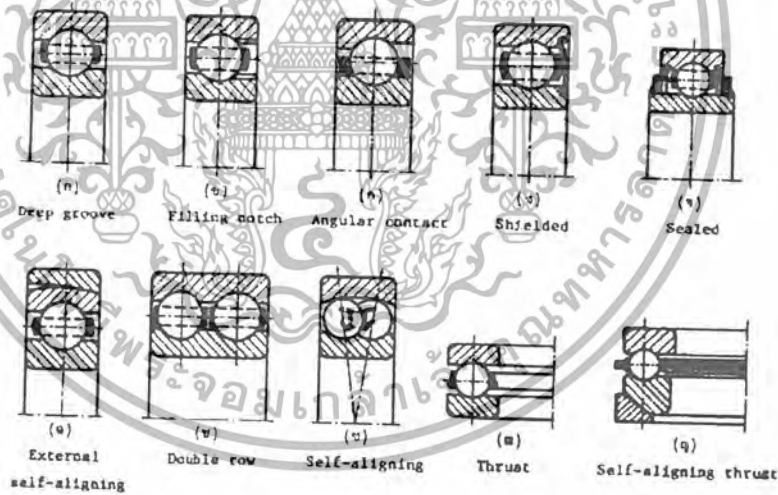
9. ทำการติดตั้งได้ง่าย

ข้อเสียของโรลลิ่งแบร์ริงเปรียบเทียบกับเจอร์นัลแบร์ริง

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

6. ชนิดของแบร์ริง

โดยทั่วไปแล้วโรลลิ่งแบร์ริงจะแบ่งออกเป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ บอลแบร์ริงซึ่งมีลูกกลิ้ง (rolling element) เป็นรูปทรงกลม และโรลเลอร์แบร์ริง (rolling bearing) ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกระบอกตรง (straight roller) หรือรูปทรงกระบอกเรียว (tapered roller) ก็ได้ โดยปกติแล้วแบร์ริงเหล่านี้จะรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมี และแรงรุนได้ ยกเว้น โรลเลอร์แบร์ริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงเท่านั้น แบร์ริงทั้งสองพวกนี้ยังแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ดังที่ได้แสดงไว้ในรูป 2.4 และ 2.5 ซึ่งกล่าวถึงคุณลักษณะของแบร์ริงแต่ละชนิดโดยสังเขป ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.5 บอลแบร์ริงชนิดต่าง ๆ

บอลแบร์ริงชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก (single - row deep - groove) เป็นแบร์ริงชนิดที่มีการใช้งานมากที่สุด ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับกลิ้งทรงกลม ดังรูป 2.4 (ก) สามารถรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมีและในแนวแกน (แรงรุน) อัตราส่วนของแรงในแนวแกนต่อแรงในแนวรัศมีที่รับได้ประมาณ 0.70 และสามารถรับการเอียงแนวของเพลาได้ประมาณ $\pm 0^{\circ}15'$

สำหรับแบริ่งชนิดนี้และแบริ่งชนิดที่จะได้กล่าวต่อไปก็ยังมีการใช้แผ่นโลหะปิด (Shield) ไว้ระหว่างช่องว่างของวงแหวนเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกรวมทั้งช่วยรักษาปริมาณของไขมันไม่ให้รั่วไหลออกมาจากแบริ่ง ดังรูป 2.4 (ง) ส่วนรูป 2.4 (จ) ก็เป็นการใช้แผ่นโลหะปิดเพื่อจุดประสงค์เดียวกันแต่เป็นการปิดแบบคายนว (Sealed)

บอลแบริ่งชนิด angular contact ดังรูป 2.4 (ค) เป็นแบริ่งที่ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกนซึ่งมีค่าสูง ๆ โดยมีมุมสัมผัส (contact angle) ต่าง ๆ กัน เมื่อมุมสัมผัสเพิ่มขึ้นแบริ่งก็สามารถที่จะรับแรงในแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลง ในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงในแนวแกนสอง ทิศทางก็ให้ใช้แบบมีลูกกลิ้งสองแถว (double row) ดังรูป 2.4(ข) หรือใช้แบริ่งสองอันหันหน้าเข้าหากัน

บอลแบริ่งชนิดปรับแนวได้เอง (self-aligning) ออกแบบสำหรับใช้ในกรณีที่เพลลาอาจจะมีการเอียงแนวเป็นมุมค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูป 2.4(ฉ) และ 2.4(ช) แบริ่งในรูป 2.4(ช) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายใน

บอลแบริ่งกันรุน (Thrust Ball Bearing) ดังรูป 2.4 (ฉ) ออกแบบสำหรับรับแรงในแนวแกน โดยเฉพาะบอลแบริ่งกันรุนปรับแนวเองได้ (self-aligning thrust) ดังรูป 2.4 (ช) ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกน ในกรณีผิดพลาดอาจมีการเอียงแนวเกิดขึ้น



รูปที่ 2.6 โรลเลอร์แบริ่งชนิดต่าง ๆ

Cylindrical หรือ Straight Roller Bearing ประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอกกลมตรง ดังรูป 2.5(ก)โรลเลอร์แบริ่งแบบนี้รับแรงในแนวรัศมีได้มากกว่าบอลแบริ่ง เพราะมีพื้นที่ที่รับแรงมากกว่า แต่ไม่สามารถจะรับแรงในแนวแกนได้ ในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงทั้งสองแนวซึ่งมีค่ามากก็ควรจะใช้ Tapered – Roller ดังในรูป 2.5 (จ) และ 2.5(ฉ)

Spherical Roller Thrust Bearing ดังรูป 2.5(ข) และ Tapered – Roller Thrust Bearing ดังรูป 2.5(ค) มีประโยชน์สำหรับใช้รับแรงในแนวแกนที่มีค่ามากและในที่ซึ่งอาจมีการเอียงแนวได้บ้าง

นี้คือแบบรี้ง (Needle Bearing) หรือคัลบลูกปืนเข็ม ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ Straight Roller Bearing แต่เหมาะสำหรับใช้ในที่ซึ่งมีเนื้อที่ในแนวรัศมีจำกัด

7. ความเสียดทานของโรลลิ่งแบร์ริง

ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

ชนิดของแบร์ริง	ขณะเริ่มทำงาน		ขณะทำงาน	
	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน
บอลแบร์ริง	0.0025	0.0060	0.0015	0.0040
Spherical Roller Bearing	0.0030	0.1200	0.0018	0.0080
Cylindrical Roller Bearing	0.0020	-	0.0011	-

สมการทางทฤษฎีใช้สำหรับคำนวณหาค่ากำลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความเสียดทาน ซึ่งควรทราบไว้คือ

$$W_p = \frac{2\pi nT}{60} = \frac{\pi f F_c d n}{60} \tag{2.11}$$

$$W_p = \frac{\pi n T}{60} = \frac{\pi f F_o d n}{60} \tag{2.12}$$

โดยที่

- W_p = กำลังงานเป็น W
- T = โมเมนต์บิดเนื่องจากความเสียดทานเป็น Nm
- n = ความเร็วรอบของเพลลาเป็น rpm
- d = ขนาดรูสวน (Bore) ของแบร์ริงเป็น m
- F_c = แรงที่กระทำกับแบร์ริงในแนวรัศมีเป็น N
- F_o = แรงที่กระทำกับแบร์ริงในแนวแกนเป็น N
- f = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

8. อายุการใช้งานแบร์ริง

แบร์ริงที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่นหรือผงต่าง ๆ และไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่ามากจนเกินความสามารถที่แบร์ริงจะรับไว้ได้แล้ว แบร์ริงจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นวัสดุแบร์ริงเท่านั้น คงจะเห็นได้ว่าแบร์ริงที่เสียจะมีเศษผลโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย จากผลการทดลองของ Lundberg และ Palmgren ซึ่งได้ใช้เป็นพื้นฐานในการประเมินค่ามาตรฐานของ AFBMA พบว่าอายุใช้งาน L แปรผันเป็นสัดส่วนกลับแรงในแนวรัศมี P ในกรณีที่มีทั้งแรงในแนวรัศมีและรุนแรง P จะเป็นแรงในแนวรัศมีสมมูล (equivalent radial load) ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไปนั่นคือ

$$L \propto \frac{1}{P^k} \quad (2.13)$$

โดยค่าคงที่ $K = 3$ สำหรับบอลแบริ่ง
 $K = 10/3 \approx 3.33$ สำหรับโรลเลอร์แบริ่ง

อายุใช้งาน L นี้มักจะนับเป็นจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วรอบของเพลานั่นหนึ่ง หรือนับเป็นจำนวนล้านรอบ mr (Millions of Revolution) จากสมการ (2.15) จะได้ว่า

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^k \quad (2.14)$$

9. การประเมินค่าอายุการใช้งานและแรง

ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการผลิตและควบคุมคุณภาพของ โรลเลอร์แบริ่งอย่างทันสมัย แต่ปรากฏว่าแบริ่งชนิดเดียวกันที่ผลิตออกมาภายใต้วิธีการและเครื่องมือขึ้นเดียวกันจะมีอายุการใช้งานแตกต่างกันไปมาก ทางสมาคม AFBMA จึงได้ตั้งนิยามและวิธีการเลือกแบริ่งขึ้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้ คือ

1. อายุการใช้งานของโรลลิ่งแบริ่งหมายถึงจำนวนรอบ หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่ ซึ่งแบริ่งหมุนได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนหรือลูกกลิ้ง
2. อายุประเมิน (Rating Life) ของโรลลิ่งแบริ่งจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ หมายถึงจำนวนรอบ (หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่) ซึ่งแบริ่ง 90% จากจำนวนนี้สามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้า และใช้แทนด้วยอายุใช้งาน L_{10}
3. แรงสถิตยประเมิน (basic static load rating) หมายถึง แรงในแนวรัศมีทำให้เกิดระยะขยุบตัวของลูกกลิ้งและวงแหวนรวมกันเท่ากับ 0.0001 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง และใช้แทนด้วยค่า C_0 ค่าของ C_0 สำหรับแบริ่งอนุกรมต่างๆ ดูได้จาก ภาคผนวก ตาราง ก.4 ตาราง ก.5 ตาราง ก.6 ค่า C_0 นี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแบริ่ง จำนวนแถวของลูกกลิ้งในแบริ่ง จำนวนลูกกลิ้งต่อแถว มุมสัมผัสตลอดจนขนาดของลูกกลิ้งและวงแหวน

4. แรงพลวัตประเมิน (Basic dynamic capacity) บางครั้งอาจเรียกว่า สมรรถนะแรงพลวัต (Basic Dynamic Capacity) ของโรลลิ่งแบริ่ง หมายถึง แรงที่จะทำให้เกิดแนวรัศมีซึ่งแบริ่งที่มีลักษณะเหมือนกันจำนวนหนึ่งจะรับได้ โดยมีอายุประเมิน L_{10} เท่ากับหนึ่งล้านรอบ เมื่อวงแหวนอันในเป็นตัวหมุนและวงแหวนตัวนอกอยู่นิ่ง และใช้แทน C ซึ่งได้แสดงอยู่ใน ภาคผนวก ตาราง ก.4 ตาราง ก.5 ตาราง ก.6

แรงพลวัตประเมิน C นี้ เป็นค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดของแบริ่ง เพื่อให้รับแรงและมีอายุการใช้งานตามที่ต้องการ

ให้ L_{10} เป็นอายุใช้งานจริงซึ่งมีหน่วยเป็นล้านรอบ (mr) และ P เป็นแรงในแนวรัศมีที่แบริ่งจะต้องรับขณะใช้งานจริง

10. แรงสมมูล

แรงสมมูลหมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งให้กระทำต่อโรลลิงแบร์ริงโดยที่วงแหวนวงในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้ว จะทำให้แบร์ริงมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุการใช้งานของแบร์ริงที่รับแรงจริงซึ่งอาจจะมีทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนพร้อมกัน และให้คำนวณได้สมการ

$$P = XVF_r + YF_a \tag{2.15}$$

หรือ $P = VF_r$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^k \tag{2.16}$$

- โดยที่ P = แรงสมมูล
- F_r = แรงในแนวรัศมี
- F_a = แรงในแนวแกนหรือแรงรูน
- V = ตัวประกอบการหมุน (rotation factor) มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุนและ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกหมุน ถ้าเป็นบอลแบร์ริงชนิด self aligning ให้ใช้ค่าเท่ากับ 1 เสมอ
- X = ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี (radial load factor)
- Y = ตัวประกอบแรงรูน (thrust load factor)

11. สายพาน

การส่งกำลังทางกลจาก เฟลาอันหนึ่งไปยังเฟลาอันหนึ่ง อาจทำได้สามวิธี คือ โคยโซ่เฟือง ใช้สายพาน หรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (Flexible) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งกำลังโคยโซ่เฟืองข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระชุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งาน ไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเฟลาที่อยู่ห่างกันมากๆ

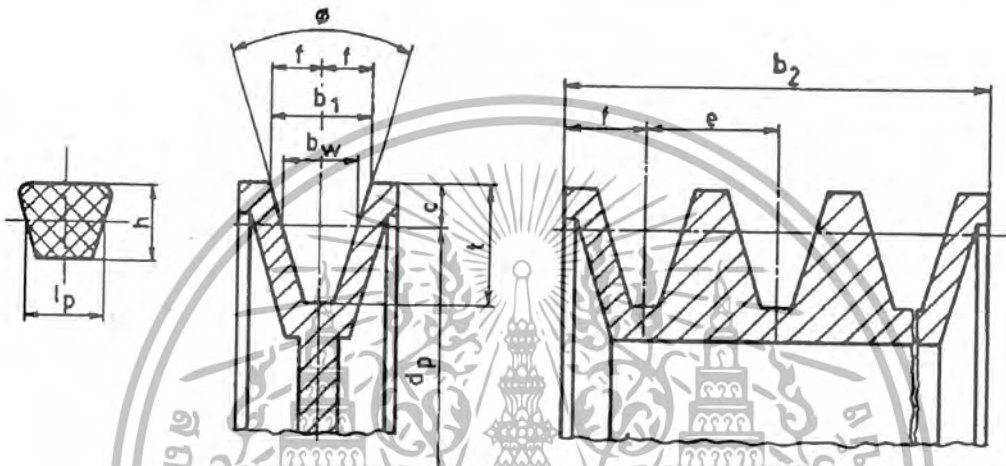
11.1 สายพานลิ้ม

สายพานลิ้มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เร็ว กับร่องรูปลิ้มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขั้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่ไม่มีเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย

การจับด้วยสายพานลิ้ม มีข้อดีคือ เงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระชุกได้นอกจากนั้นยังมีขนาดกระทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบบริงของเฟลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไปจึงมักใช้ในการจับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานได้โดยมีอัตราสูงประมาณ 7 : 1 หรืออาจใช้สูงถึง 10 : 1

11.2 ขนาดสายพานและล้อสายพาน

สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (Pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (Narrow V-belts) มีขนาด SPZ SPA SRB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดาที่มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน ดูได้จากรูป 2.6 ส่วนขนาดต่าง ๆ ดูได้จากภาคผนวก ก.13 และตาราง 2.3



รูปที่ 2.7 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

ตาราง 2.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานลิ่มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975 (E) และ ISO/R 253-1962 (E)

ขนาดเป็น mm

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	

11.3 กดศาสตร์ของสายพานลิ่ม

กำลังที่ส่งได้โดยสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = z(F_1 - F_2)v \tag{2.17}$$

โดยที่ v = ความเร็วของสายพาน เป็น m/s

Z = จำนวนสายพาน

ความยาวพิคซ์โดยประมาณของสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$L_p \cong 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \tag{2.18}$$

ในกรณีที่ทราบความยาวพิคซ์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางก็ทำได้โดยสมการ

$$C \cong p + \sqrt{p^2 - q} \tag{2.19}$$

โดยที่ $p = 0.25 L_p - 0.393(D_p + d_p)$

$q = 0.125(D_p - d_p)^2$

11.4 การทำให้เกิดแรงดึงชั้นคั้นในสายพานลิ่ม

การทำให้เกิดแรงดึงชั้นคั้นจะช่วยทำให้การขับเคลื่อนสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงชั้นคั้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการไถส แต่ถ้อออกแรงดึงชั้นคั้นมากเกินไป จะทำให้ขอบสายพานยึดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองรับสายพานจะรับแรงมากเกินไป ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงชั้นคั้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน และแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง คือ

$$F = F_1 - F_2 = \frac{W_p}{K}$$

ให้แรงดึงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F \frac{e^{\alpha} + 1}{e^{\alpha} - 1}$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = K_1 \cdot F \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \tag{2.20}$$

โดยที่ k_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานซึ่งหาค่าได้จากตาราง 2.5 แล้วใช้แรงนี้เป็นแรงดึงชั้นคั้น

ตาราง 2.4 ตัวประกอบ k_1

k_1	สภาวะการ ทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

แรงจันชั้นต้นในสายพานเท่ากับ

$$F_1 = (k_1 F + z k_2 V^2) \sin \frac{\alpha}{2} \tag{2.21}$$

ตาราง 2.5 ค่าตัวประกอบ k_2

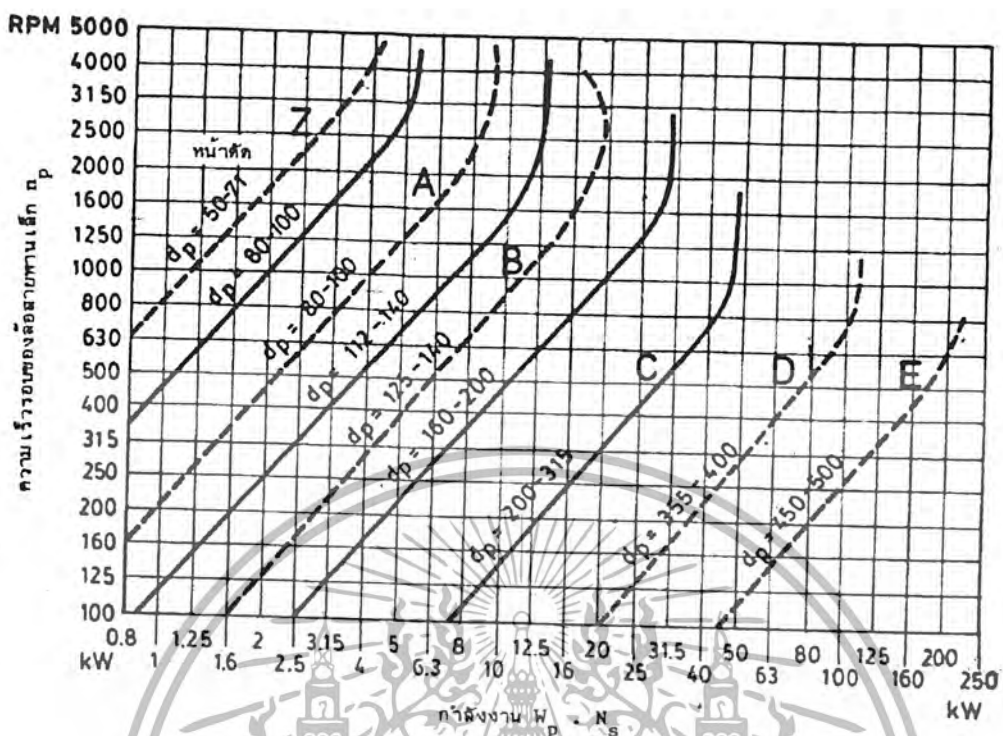
หน้าตัดสายพาน	k_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

11.5 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ้ม

ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรจะเล็กกว่าที่กำหนดไว้ใน ภาคผนวก ตาราง ก.13 แต่ข้อควรระวังก็คือ ขณะใช้งานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 m/s จำนวนเส้นของสายพานลิ้มหาได้จากสมการ

$$Z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_1} \tag{2.22}$$

- โดยที่
- Z = จำนวนเส้นของสายพานลิ้ม
 - W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง
 - N_s = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จาก ภาคผนวก ตาราง ก.14
 - N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากภาคผนวก ตาราง ก.15
 - N_1 = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน หาค่าได้จากภาคผนวก ตาราง ก.16 P_R = กำลังที่สายพานลิ้มหนึ่งเส้นส่งได้ หาค่าได้จากภาคผนวก ตาราง ก.16



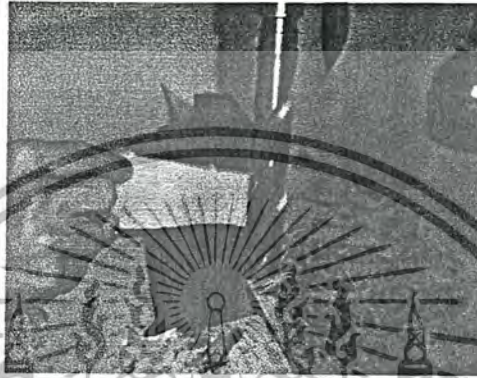
รูปที่ 2.7 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานล้น

หมายเหตุ ค่าตัวแปรสามารถหาได้เพิ่มเติมจาก หนังสือ การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1-2 (Machine Design) ของ คร. วรวิทย์ อิงภากร

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเศษเบาะ

1. แนวคิดเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบ อาศัยหลักการหมุนของมีดตัดที่มีลักษณะคล้ายดอกสว่านหรือดอกกัดเหล็ก จึงได้ทำการทดลองย่อยเศษวัสดุกับเครื่องเจาะ ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 3.1 จากการทดสอบปรากฏว่าสามารถย่อยเศษเบาะรถยนต์ได้ดี จึงอาศัยหลักการดังกล่าวออกแบบตัวเครื่องย่อยเศษเบาะรถยนต์ โดยวางตำแหน่งของมีดตัดให้อยู่แนวอนหมุนตัดเฉือนฟองน้ำกับฐานรองตัด



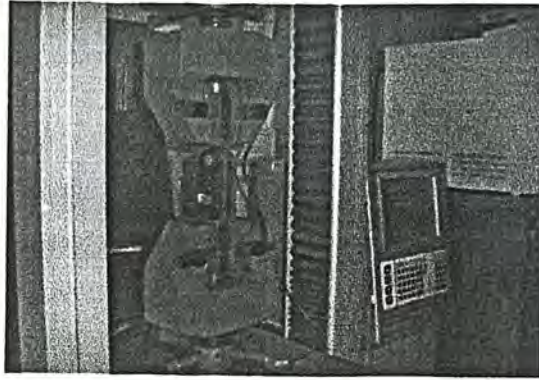
รูปที่ 3.1 แสดงการทดลองย่อยเศษวัสดุจากเบาะกับเครื่องเจาะ

2. การทดสอบหาแรงเฉือน

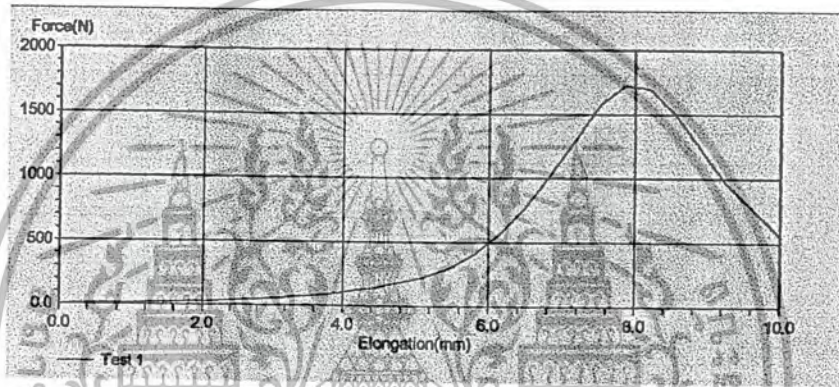
การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ จำเป็นจะต้องทราบค่าแรงเฉือนของวัสดุเสียก่อน ในการหาแรงเฉือนวัสดุนี้ ได้ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Testometric ขึ้นทดสอบและวิธีการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ส่วนผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.4 ค่าแรงเฉือนของเศษเบาะที่ทดสอบได้ประมาณ 1723 N



รูปที่ 3.2 การจับชิ้นงานตัวอย่างเศษวัสดุเพื่อทดสอบแรงเฉือน



รูปที่ 3.3 การทดสอบหาแรงเฉือนของวัสดุทำเบาะโดยใช้เครื่อง UTM.

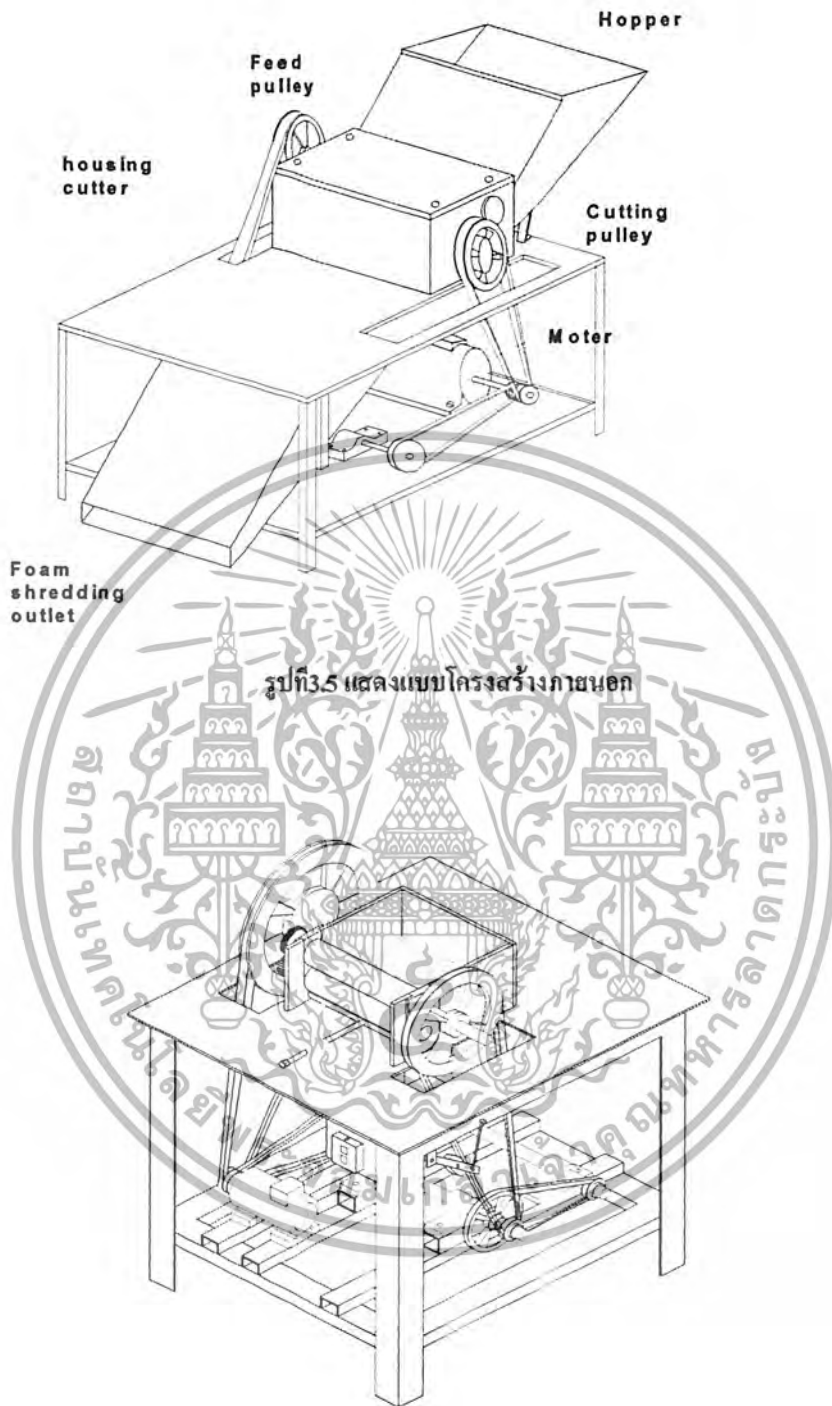


รูปที่ 3.4 แสดงผลการทดสอบแรงเฉือน

ประมาณพื้นที่ที่โคนเฉือนเฉลี่ยสูงสุด 80mm × 8mm และจากการทดลองกับเครื่อง Drilling Machine

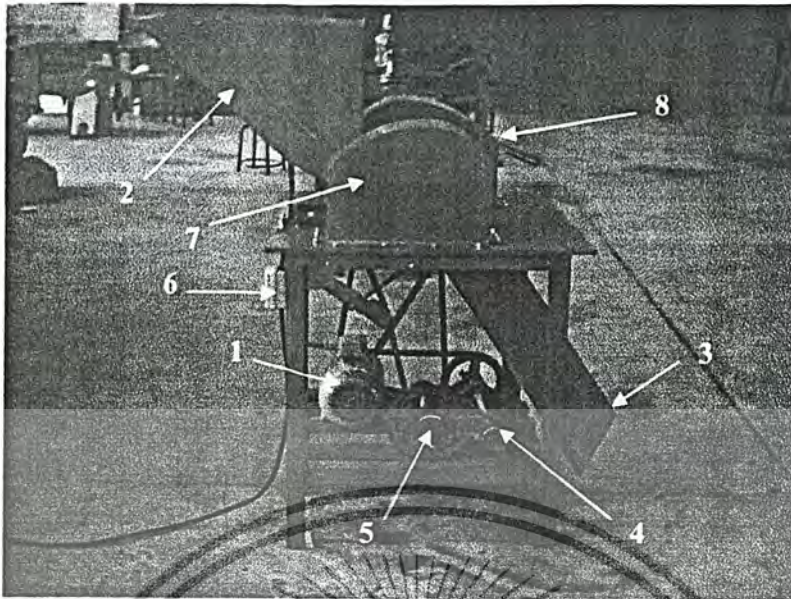
3. ความเร็วป้อน

ความเร็วป้อน คือ ความเร็วของชิ้นงานที่เคลื่อนที่เข้าหามิตดัมมีหน่วยเป็นเมตรต่อนาที ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อขนาดของชิ้นงานที่ถูกตัด และถ้าหากว่าความเร็วป้อนมากเกินไปอาจทำให้ชิ้นงานที่ได้อาจจะยังไม่ละเอียดพอ หรือไม่ก็เศษเบาะพันรอบไบมีดตัดได้ ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบเพื่อหาอัตราการป้อนที่เหมาะสม



รูปที่ 3.6 แสดงแบบผ่านประกอบภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1). มอเตอร์ (2).Hopper (3).รางส่ง (4).เพลลาตรอบชุด 1 (5).เพลลาตรอบชุด 2 (6).สวิทช์
(7).ชุดลูกกลิ้ง (8).ชุดมีดตัด

รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างที่สมบูรณ์ของเครื่องย่อยเศษเบาะรถยนต์

4. ใบมีดตัด



รูปที่ 3.8 แสดงมีดตัด

ใช้ใบมีดตัดของเครื่องตัดเพลลาตอน (Milling cutter) ใช้สามตัวต่อเรียงบนเพลลาเดียวกันเป็นแถวยาว แต่ละตัวมีความยาว 80 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร คมตัด 14 ฟัน ความยาวรวมของใบมีดสามตัวยาว 240 มิลลิเมตร เหตุผลที่เลือกใช้ Milling cutter เป็นใบมีดตัด เพราะมีข้อดีหลายประการคือ

- แม้อูณหภูมิสูงก็ยังคงสภาพความแข็งแรงอยู่
- สัมประสิทธิ์ในการเสียดทานต่ำ
- รักษาสภาพรูปทรงคงที่แม้อูณหภูมิสูงและมีการเสียดสีมาก
- มีความเหนียวพอแม้จะถูกแรงกระแทก

5. มอเตอร์

เลือกใช้มอเตอร์ชนิด 3 เฟส 380 โวลต์ และการคำนวณหาขนาดมอเตอร์ดำเนินถึงทอร์กที่เกิดขึ้นบนเพลลาของมีดตัดเป็นสำคัญ เพราะมีดตัดต้องการแรงในการตัดเฉือนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ ตำแหน่งอื่นๆ ในเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ

กำลังของมอเตอร์ที่ต้องการสามารถหาได้จากสูตร

$$W_p = \frac{2\pi \cdot N \cdot F \cdot r}{60} \quad (3.1)$$

โดยที่ W_p = กำลังของมอเตอร์ (Watt)

N = ความเร็วรอบของเพลาที่มีคัต (รอบต่อนาที)

F = แรงที่ใช้ในการเหวี่ยงของใบมีค (N)

r = รัศมีของใบมีคคัต (0.05 m.)

จากการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของมีคคัตคือ 411 รอบต่อนาที

อ้างอิงการทดสอบของโครงการของเครื่องช่วยเศษฟองน้ำโครงการ 1 แรงเหวี่ยงของฟองน้ำขนาด

ความกว้าง 40 มิลลิเมตร และความหนา 8 มิลลิเมตร ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine, UTM ในลักษณะของการเหวี่ยง มีค่าแรงเหวี่ยงสูงสุดประมาณ 1,723 N.

$$\tau = \frac{F_1}{2A_1} \quad (3.2)$$

โดยที่ τ = ความเค้นเหวี่ยง (N/m^2)

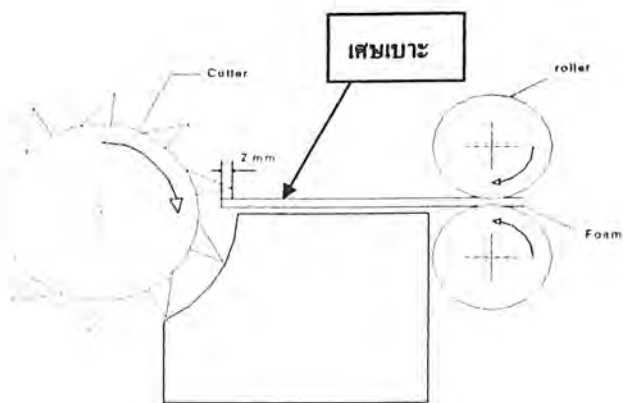
F_1 = แรงเหวี่ยงที่ได้จากเครื่องทดสอบ (N)

A_1 = พื้นที่หน้าตัดที่ถูกเหวี่ยง (m^2)

จากสมการ (3.2) จะได้

$$\tau = \frac{1723}{2 \left(\frac{40 \times 8}{10^6} \right)}$$

$$\therefore \tau \cong 2692187.5 \text{ N/m}^2$$



รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะการตัดเนื้อของมัตตัด

ลักษณะของใบมีดเป็นแบบคมตัดเฉียง ซึ่งมีคมมีดสัมผัสกับฐานรองตัด 6 ฟัน ตลอดเวลา ให้คมตัดที่ใช้ตัดเนื้อฟองน้ำต่อพื้นหนา 1.5 มิลลิเมตร ฟองน้ำหนา 8 มิลลิเมตร ออกแบบให้มีคมสามารถตัดฟองน้ำที่มีความหนา 3 ชั้น โดยเฉลี่ยขณะทำงาน

$$\begin{aligned} \text{ตั้งน้ันพื้นที่ฟองน้ำที่ถูกตัด } A &= \frac{1.5 \times 8 \times 3 \times 6}{10^6} \\ A &= 2.16 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \text{แรงที่ต้องการใช้ในการตัดเนื้อ} \\ F &= \tau \cdot A \\ &= 2692187.5 \times 2.16 \times 10^{-4} \\ F &= 581.51 \text{ N.} \end{aligned} \tag{3.3}$$

แทนค่าในสมการ (3.1)

$$\begin{aligned} W_p &= 2 \times \pi \times \frac{411}{60} \times 581.51 \times 0.05 \\ &= 1251.4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

ในการออกแบบกำหนดให้มีค่าความปลอดภัย = 1.2

$$\therefore W_p = \frac{1.2 \times 1251.4}{746} = 2.0 \text{ hp.}$$

เลือกมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า 3 เฟส 380 โวลต์ เป็นต้นกำลังของเครื่องข่อยเศษฟองน้ำทั้งหมด

6. สายพานและล้อสายพาน

เหตุผลที่เลือกใช้สายพานในการส่งกำลังก็เพราะว่าการออกแบบและการสร้างทำได้ง่ายและที่สำคัญก็คือในการทำงานสายพานจะมีความปลอดภัยในตัวเอง เพราะขณะทำงานเมื่อภาระเกินกำลัง สายพานจะมีการไถลบนล้อสายพานนั่นเองรวมถึงสายพานมีราคาถูก หาซื้อง่าย การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก และสายพานที่ใช้จะเป็นแบบสายพานลิ่มทั้งหมด เพราะสายพานลิ่มสามารถที่จะส่งกำลังได้มาก ต้องการแรงคึงขันต้นน้อย การทำงานเงียบ และสามารถรับแรงกระตุกได้ดี

6.1 สายพานส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังเพลามัตตัด

กำลังที่ต้องการส่ง 1.492 kw
 ความเร็วรอบมอเตอร์ 1410 rpm
 เส้นผ่านศูนย์กลางพิศ์ของล้อสายพานมอเตอร์ 85 ม.ม.
 เส้นผ่านศูนย์กลางพิศ์ของล้อสายพานเพลามีคัต 300 ม.ม.
 ล้อสายพานทั้งสองห่างกัน 615 ม.ม.

จาก ภาคผนวก ตาราง ก.14 เลือก $N_1 = 1.2$

$$\text{ดังนั้น } W_p \cdot N_1 = 1.492 \times 1.2 = 1.79 \text{ kw}$$

จากรูปที่ 2.8 เลือกสายพานหน้าคัต A

แต่สำหรับสายพานที่ใช้ในเครื่องย่อยเศษฟองน้ำจะเป็นแบบหน้าคัต B ทั้งหมด เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากรุ่นที่ เพื่อลดค่าใช้จ่าย และสายพาน B ยังสามารถส่งผ่านแรงได้สูงกว่าแบบหน้าคัต A อีกด้วย

ความยาวพิศ์ของสายพาน

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad (3.4)$$

$$L_p = 1853.2 \text{ m.m.}$$

จาก ภาคผนวก ตาราง ก.16 เลือกใช้สายพาน B ที่มีความยาวพิศ์ 1843 ม.ม. จำนวนของสายพานลิ้มที่ต้องใช้ในการส่งกำลัง

$$Z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_p \cdot N_o \cdot N_1} \quad (3.5)$$

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{300 - 85}{615} = 0.35$$

จากตารางภาคผนวก ก.15 $N_1 = 0.95$

จากตารางภาคผนวก ก.15 $N_2 = 0.95$

จากตารางภาคผนวก ก.16 $P_r = 0.91$

จากสมการ (3.5) ได้

$$Z = \frac{1.492 \times 1.2}{0.91 \times 0.95 \times 0.95}$$

$$= 2.18 \text{ เส้น}$$

ดังนั้นเลือกใช้สายพานหน้าคัต B จำนวน 2 เส้น

$$\text{จากสมการ } \alpha = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D_p - d_p}{2C} \right) \text{ rad}$$

$$= \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{300 - 85}{2 \times 615} \right)$$

$$\alpha = 160^\circ$$

$$\text{ความเร็วสายพาน } V = \pi \cdot d_p \cdot n = \pi \times \frac{85}{1000} \times \frac{1410}{60}$$

$$V = 6.27 \quad \text{m/s}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = \frac{W_p}{V} = \frac{1492}{6.27} = 237.96 \quad \text{N}$$

จากตาราง 2.6 $K_1 = 1.5$

จากตาราง 2.7 $K_2 = 0.385$

แรงดึงขั้นต้นในสายพานหาได้จากสมการ

$$F_i = (K_1 \cdot F + ZK_2V^2) \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$= (1.5(237.96) + 2(0.385)(6.27)^2) \sin \frac{160}{2}$$

$$\therefore F_i = 381.3 \quad \text{N}$$

3.3.2 สายพานส่งกำลังจากมอเตอร์ไปเฟลาทกรอบ 1

$$D_p = 170 \quad \text{ม.ม.}$$

$$d_p = 90 \quad \text{ม.ม.}$$

$$C = 345 \quad \text{ม.ม.}$$

$$L_p = 1093 \quad \text{ม.ม.}$$

$$Z = 1 \quad \text{เส้น}$$

3.3.3 สายพานส่งกำลังจากเฟลาทกรอบ 1 ไปเฟลาทกรอบ 2

$$D_p = 190 \quad \text{ม.ม.}$$

$$d_p = 71 \quad \text{ม.ม.}$$

$$C = 177 \quad \text{ม.ม.}$$

$$L_p = 793 \quad \text{ม.ม.}$$

$$z = 1 \quad \text{เส้น}$$

3.3.4 สายพานส่งกำลังจากเฟลาทกรอบ 2 ไปยังเฟลาทลูกกลิ้ง

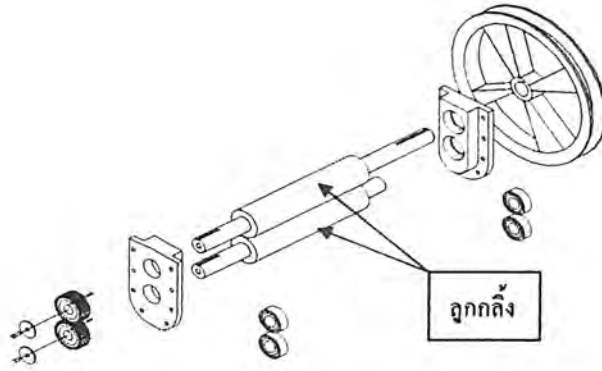
$$D_p = 224 \quad \text{ม.ม.}$$

$$d_p = 71 \quad \text{ม.ม.}$$

$$c = 627 \quad \text{ม.ม.}$$

$$L_p = 793 \quad \text{ม.ม.}$$

$$z = 1 \quad \text{เส้น}$$



รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของชุดลูกกลิ้ง

7. การออกแบบเพลาลูกกลิ้ง

ลูกกลิ้งจะทำหน้าที่ป้องกันเศษฟองน้ำเข้าสู่มีดตัดและขณะเดียวกันก็จะทำหน้าที่รั้งเศษฟองน้ำไม่ให้เข้าหา มีดเร็วเกินไป ขณะที่ มีดตัดเคลื่อนเศษฟองน้ำ เพราะ ว่าความเร็วป้อนจะต่ำกว่าความเร็วตัดจะทำให้เกิดการดึงเศษ ฟองน้ำเนื่องจากตัวใบมีดเอียง

วัสดุที่ทำเพลาลูกกลิ้งใช้เป็นเหล็กชนิดเดียวกันหมด ส่วนขนาดของเพลามีลัดจะถูกกำหนดโดย ขนาดรูสวมของมีดตัดจึงไม่จำเป็นต้องคำนวณหาขนาด

7.1 เพลาทรงรอบ 1

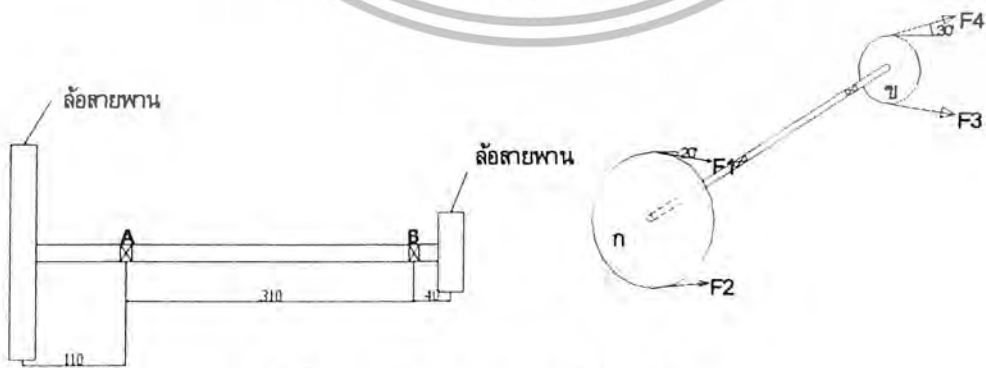
เมื่อเพลายู่ภายใต้แรงกระทำตามารณเขียน free body ได้ดังรูปที่ 3.2

น้ำหนักของเพลาดังกล่าวได้น้อยมากเมื่อเทียบกับแรงภายนอกจึงไม่นำมาพิจารณา เพลาทรงรอบหนึ่งใช้ส่งผ่าน แรงจากมอเตอร์และหมุนด้วยความเร็วรอบ 705 rpm

$$T_n \omega_n = \text{constant} \tag{3.6}$$

$$T = \frac{1492}{2 \times \pi \times 705 / 60}$$

$$= 20.21 \text{ N.m}$$



รูปที่ 3.11 แสดงเพลาทรงรอบ 1 อยู่ภายใต้แรง

พิจารณาข้อสายพาน ก.

$$F = F_1 - F_2 = \frac{Wp}{V} \quad (3.7)$$

$$F_1 - F_2 = 237.96 \text{ N}$$

$$F_1 + F_2 = K_1 F \sin \frac{\alpha}{2} \quad (3.8)$$

$$F_1 + F_2 = 1.5 \times 237.9 \times \sin 80 = 351.43 \text{ N}$$

แก้สมการ (3.7) และ (3.8) ได้

$$F_1 = 294.69 \text{ N}$$

$$F_2 = 56.73 \text{ N}$$

พิจารณาข้อสายพาน ข.

$$F_3 - F_4 = \frac{Wp}{\pi d_p n} \quad (3.9)$$

$$F_3 + F_4 = K_1 (F_3 - F_4) \sin \frac{\alpha}{2} \quad (3.10)$$

แก้สมการ (3.9) และ (3.10) ได้

$$F_3 = 645.65 \text{ N}$$

$$F_4 = 115.22 \text{ N}$$

จากแรงภายนอกทำให้เกิดโมเมนต์บนเพลาดังรูปที่ 3.12

จากรูปที่ 3.12 ได้ $M = \sqrt{36.3^2 + 8.95^2} = 37.38 \text{ N.m}$

เพลามีร่องลิ่ม คำนวณ

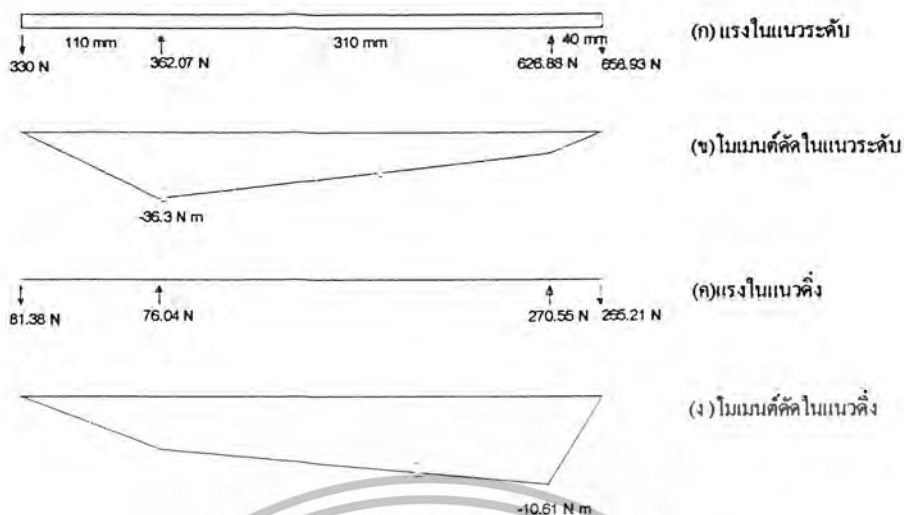
$$\tau_d = 55 \text{ N/mm}^2$$

$$C_m = 1.5, C_t = 1$$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } d^3 &= \frac{16}{\pi \tau} \left((C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right)^{1/2} \\ &= \frac{16 \times 1000}{\pi \times 55} \left((1 \times 20)^2 + (1.5 \times 37.38)^2 \right)^{1/2} \\ &= 5512.45 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\therefore d = 17.66 \text{ mm}$$

ขนาดของเพลาทรงรอบ 1 ที่ต้องการ = 18 ม.ม. แต่สำหรับเพลานในเครื่องย่อยฟองน้ำใช้โรลลิงแบร์ริงขนาด
รูสวน 25.4 ม.ม. จึงเลือกใช้เพลานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ม.ม. รวมถึงเพลาทรงรอบ 2 ด้วย



รูปที่ 3.12 แสดงแรงและโมเมนต์บนเพลา

8. การออกแบบและการคำนวณแบริ่ง

ใช้แบริ่งชนิด โรลลิ่งแบริ่งหรือเรียกอีกอย่างว่า บอลแบริ่งทั้งหมด

- แบริ่งรองรับเพลามีคดัด เลือกใช้แบบประค้ำข้างทั้งสองด้านเพราะในออกแบบ โครงสร้างกำหนดให้สามารถถอดใบมีดตัดออกจากด้านข้างด้านเดียว และใบมีดมีขนาดใหญ่ประกอบด้วยเพลาก็มีขนาดใหญ่ จำเป็นต้องเลือกแบริ่งขนาดใหญ่จึงเลือกแบริ่งรูสวน 32 มม.

- แบริ่งรองรับเพลาลูกกลิ้ง แบริ่งใช้เพื่อรองรับในแนวรัศมีเป็นส่วนใหญ่ ชั่วแรงแม่แนวรัศมีสูงสุด 2.9 kN และแรงแรง 0.3 kN

การคำนวณ เลือกใช้บอลแบริ่งชนิด Single-row deep groove

ให้มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 9500 ชั่วโมง

วงแหวนในหมุน

เพลาลูกกลิ้งด้วยความเร็วรอบ 88 รอบต่อนาที

มีแรงกระแทกเล็กน้อย

ทดลองเลือกใช้บอลแบริ่งอนุกรมมิติ 03 มีขนาดรูสวน 25 มม. จาก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

$$C_0 = 10.64 \text{ kN}, C = 16.29 \text{ kN}$$

$$\frac{iF_a}{C_0} = \frac{0.3}{10.64} = 0.028$$

$$\frac{F_a}{V.F_r} = \frac{0.3}{1 \times 2.9} = 0.1$$

$$X = 0.56, Y = 1.99$$

$$\begin{aligned} P &= XVF_r + YF_a \\ &= (0.56)(1)(2.9) + (1.99)(0.3) \\ &= 2.22 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ } P = VF_r$$

$$P = (1)(2.9)$$

$$P = 2.9 \text{ kN}$$

ใช้แรงสมมูล 2.9 kN ในการคำนวณหาอายุการใช้งาน

$$N_r = 1.5, K = 3 \text{ สำหรับบอลเบริง}$$

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

$$= \left(\frac{16.29}{1.5 \times 2.9} \right)^3 = 52.52 \text{ mr}$$

$$\text{ฉะนั้น } L_{10} = \frac{52.52 \times 10^6}{88 \times 60} = 9,946 \text{ hr}$$

จากการคำนวณหาขนาด ชั่วโมงที่ได้จากการคำนวณมากกว่าที่ออกแบบถือว่าใช้ได้ จึงเลือกอนุกรม 03 ขนาดรูสวม 25 ม.ม. เดินผ่านศูนย์กลางภายนอก 62 ม.ม. หน้า 17 ม.ม. จำนวน 4 ตัว

- แบริ่งรองรับเพลาค่าตั้งทั้งหมดกำหนดให้ใช้ขนาดรูสวม 25 ม.ม. หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าแบบ ตึกคา อนุกรมมิติ 03 ทั้ง 4 ตัว

9. ระบบความปลอดภัย

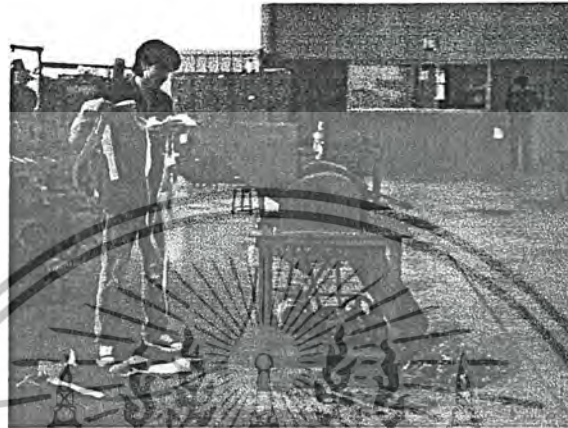
- การป้องกันการลุดกิ้งหนีมือขณะป้อนเศษฟองน้ำ กรวยสำหรับใส่เศษฟองน้ำ (Hopper) ถูกออกแบบให้มีความยาวมากกว่าแขนของคน โดยที่แขนของคนเราจะยาวประมาณ 550 ม.ม. โดยเฉลี่ยแต่ hopper ยาว 735 ม.ม. นั่นก็หมายความว่ามือจะไม่สามารถยื่น ไปถึงลูกกลิ้งได้เลยที่ตำแหน่งทำงานปกติ
- ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านบนของเครื่องจะถูกปิดหมุดเพื่อความปลอดภัยขณะทำงาน
- สายพานที่ขับเพลาลูกกลิ้งจะตั้งให้ย่อนกว่าการใช้งานปกติให้โผล่ตัวตัวได้ง่ายเมื่อลูกกลิ้งรับภาระเกิน เพื่อป้องกันใบมีดตัดเสียหายเนื่องจากป้อนเศษฟองน้ำมากเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เพลากองตัว และป้องกันไม่ให้แบริ่งรับภาระเกินด้วย

บทที่ 4

การทดสอบ

1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

1. เพื่อหาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด
2. เพื่อทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ



รูปที่ 4.1 แสดงการทำงานของเครื่องย่อยเศษเบาะรถยนต์

การทำงานของเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ หลังจากใส่เศษฟองน้ำเข้าไปใน hopper จากนั้นฟองน้ำจะถูกลูกกลิ้งหนีบป้อนเข้าหามีคตัด ซึ่งอัตราการป้อนและความเร็วตัดจะต้องสัมพันธ์กันถึงจะให้ ได้มาซึ่งขนาดที่ต้องการหลังการย่อยเราจึงต้องทำการทดสอบและปรับปรุงเพื่อให้ ได้ขนาดเศษตามต้องการ จากนั้นจึงทำการทดสอบหาความสามารถในย่อยฟองน้ำแต่ละชนิดและกำลังไฟฟ้าที่ใช้

2. ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

1. ในการทดสอบการทำงานของเครื่องย่อยฟองน้ำแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ
 - การทดสอบเพื่อหาอัตราการป้อนเศษฟองน้ำที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ ได้ขนาดเศษที่ผ่านการย่อยมีขนาดตามที่ต้องการ
 - การทดสอบเพื่อหาอัตราการย่อยของเครื่อง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ความเร็วรอบคัตของใบมีคตัด
2. วิธีการทดสอบ
 - 2.1 หาอัตราการป้อนที่เหมาะสม
 - ทำได้โดยการเปลี่ยนอัตราคัตของชุดขับเพลาลูกกลิ้งจนให้ได้ขนาดของเศษที่พอใจ โดยให้ความเร็วตัดคงที่ตลอด
 - เมื่อได้อัตราการป้อนที่เหมาะสมแล้วให้เปลี่ยนรอบมอเตอร์โดยเริ่มจากช้าแล้วค่อยเพิ่มความเร็วจนการปรับเปลี่ยนรอบมอเตอร์จะปรับที่อินเวอร์เตอร์ เมื่อได้ความเร็วที่ต้องการให้บันทึกค่าไว้จากนั้นนำไปคำนวณหาอัตราระหว่างมอเตอร์และเพลามีคตัดที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่

ไม่มีตัวปรับรอบ เพื่อหาขนาดของล้อสายพาน

2.2 หาอัตราการย่อยของเครื่องสำหรับฟองน้ำแต่ละชนิด

- วัตถุประสงค์การย่อยที่ความเร็วรอบตัดที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 2.1 บันทึกน้ำหนักที่ย่อยได้ต่อหน่วยเวลา และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปของฟองน้ำแต่ละชนิด

- นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบมอเตอร์กับน้ำหนักที่ย่อยได้ ความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ อัตราการย่อยกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้

น้ำหนักที่ย่อยได้จำเพาะ = $\frac{\text{น้ำหนักที่ย่อยได้ที่รอบใดๆ (kg/hr)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่รอบนั้นๆ (hp)}}$

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่รอบนั้นๆ (hp)

ปริมาตรที่ย่อยได้จำเพาะ = $\frac{\text{ปริมาตรที่ย่อยได้ที่รอบใดๆ (L/hr)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่รอบนั้นๆ (hp)}}$

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่รอบนั้นๆ (hp)

อัตราการป้อน = πDN

โดยที่ N = ความเร็วรอบเพลลา (rpm)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง (m)

ความเร็วตัด = πDN

โดยที่ N = ความเร็วรอบเพลลา (rpm)

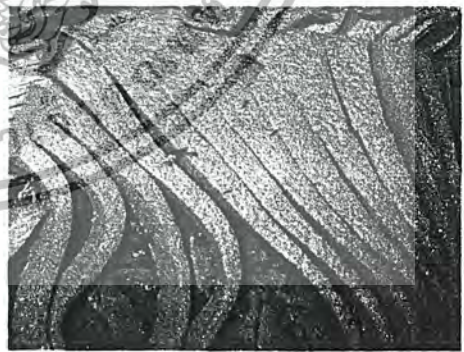
r = รัศมีของใบมีดตัด (0.05 m.)

3. ผลการทดสอบ

3.1 ผลการทดสอบหาอัตราการป้อน ที่ความเร็วเพลลาตัด 411 รอบต่อนาที



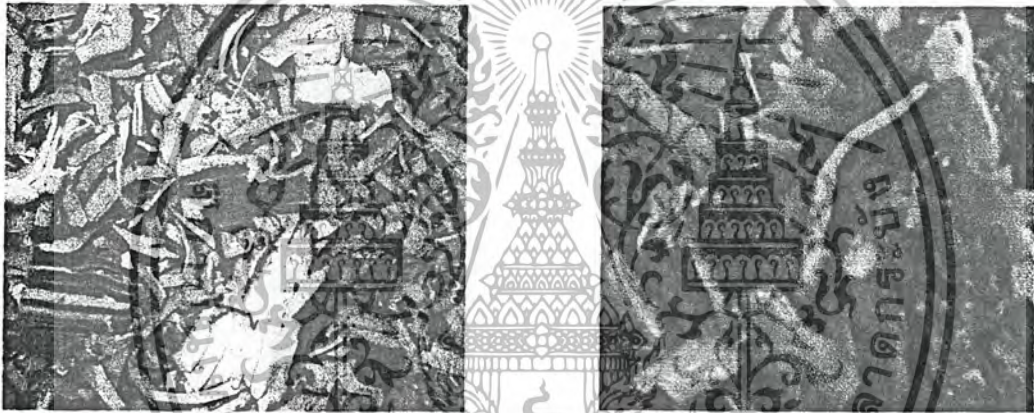
รูปที่ 4.2 แสดงอัตราการป้อนที่ 39 เมตรต่อนาที



รูปที่ 4.3 แสดงอัตราการป้อนที่ 34 เมตรต่อนาที



รูปที่4.4 แสดงอัตราการใช้ 19 เมตรต่อนาที



รูปที่4.5 แสดงอัตราการใช้ 15 เมตรต่อนาที

3.2 ผลการทดสอบหาอัตราการใช้ของเครื่อง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ และความเร็วตัด

หลังจากทำการทดสอบหาความเร็วตัดที่เหมาะสมใช้วิธีปรับรอบมอเตอร์ผ่าน อินเวอร์เตอร์ พบว่าความเร็วรอบมีค่าตัดที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 411 รอบต่อนาที ถ้าความเร็วมากเกินไปคมมีค่าตัดอาจได้รับความเสียหายได้

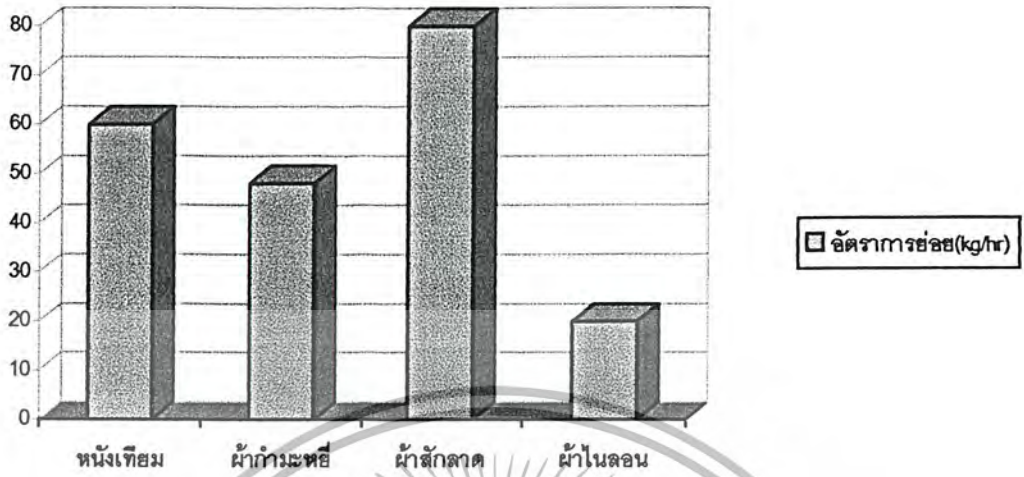
$$\begin{aligned} \text{ความเร็วตัด} &= 2 \times \pi \times 411 \times 0.05 \\ &= 129 \text{ เมตรต่อนาที} \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทำงานของเครื่องข่อยเศษฟองน้ำ

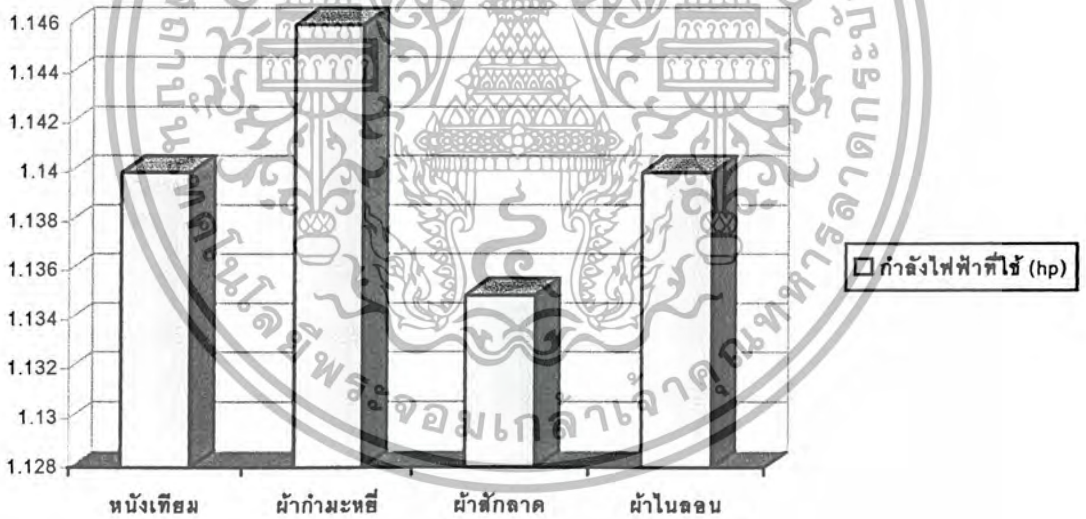
ชนิดของ ฟองน้ำ	ฟองน้ำผสม กับ หนังเทียม	ฟองน้ำผสม กับ ผ้ากำมะหยี่	ฟองน้ำผสม กับ ผ้าสักหลาด	ฟองน้ำ ผสม กับ ผ้าไนลอน
อัตราการข่อยได้ (kg / hr)	60	48	80	20
อัตราการข่อยได้ (m ³ / hr)	1.034	0.827	1.379	0.345
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (hp)	1.140	1.146	1.135	1.140
อัตราการข่อยได้ จำเพาะ (kg / hr hp)	52.631	41.885	70.484	17.544
อัตราการข่อยได้ จำเพาะ (m ³ / hr hp)	0.907	0.722	1.215	0.303

หมายเหตุ ฟองน้ำที่ผสมกับไนลอนต้องผ่านการข่อย 2-3 รอบเพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ

รูปที่4.6 กราฟแสดงอัตราการย่อยของฟองน้ำแต่ละชนิด

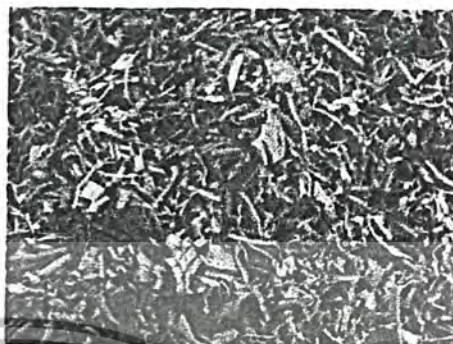
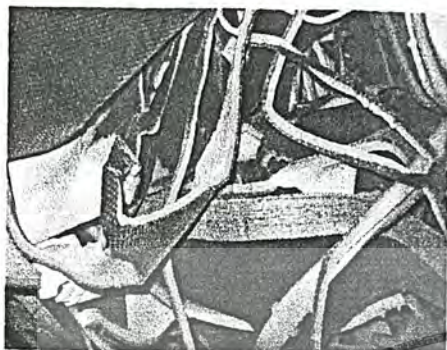


รูปที่4.7 กราฟแสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

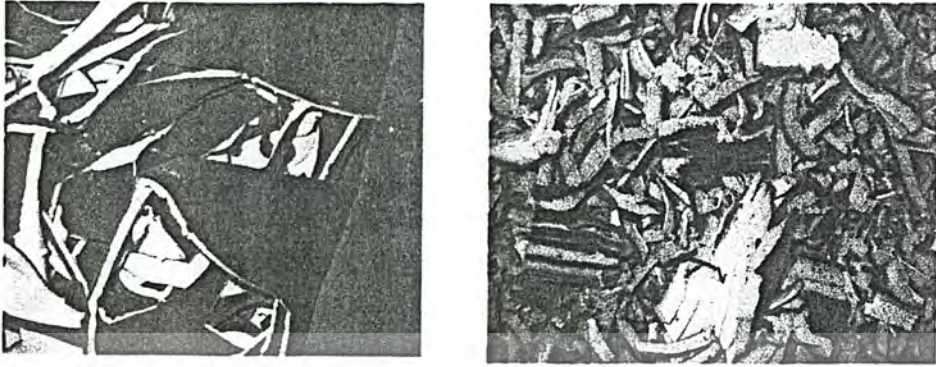
รูปแสดงฟองน้ำชนิดต่างก่อนและหลังย่อย



รูปที่ 4.8 ฟองน้ำผสมสานกับผ้ากำมะหยี่



รูปที่ 4.9 ฟองน้ำผสมสานกับหนังเทียม



รูปที่ 4.10 ฟองน้ำผสมสานกับผ้าสักหลาด



รูปที่ 4.11 ฟองน้ำผสมสานกับผ้าไนลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปและบทวิจารณ์

1 สรุปและบทวิจารณ์

จากการทดลองเครื่องย่อยเศษฟองน้ำผลปรากฏว่าเครื่องย่อยสามารถทำงานได้ดีขนาดของเศษเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้คือเครื่องให้เศษเฉลี่ยขนาด 2-6 มิลลิเมตร มีอัตราการย่อยเฉลี่ย 52 กิโลกรัมต่อชั่วโมงจากการทดสอบโดยการแยกเศษฟองน้ำเป็นชนิดๆ ไปนั้นพบว่าฝ้ายกำมะหยี่, หนังกีบวมและผ้าสักหลาดที่ผสมติดกับฟองน้ำนั้นพบว่าเครื่องย่อยสามารถทำการย่อยได้ดี โดยจะตัดได้เศษที่มีขนาดตามต้องการได้ในการตัดรอบเดียว และในส่วนของฟองน้ำที่ผสมติดกับผ้าในลอนเครื่องจะไม่สามารถทำงานได้ดีเท่าที่ควร โดยในการย่อยครั้งเดียวนั้นจะไม่ได้ขนาดที่ต้องการก็จะตัดฟองน้ำบางส่วน ไม่ขาดออกจากกันซะทีเดียว โดยส่วนของเส้นใยของฝ้ายยังคงเหลืออยู่ซึ่งจะยึดเศษเล็กๆ ให้ติดกันอยู่ซึ่งส่วนนี้ควรจะต้องการมีการย่อยซ้ำอีกครั้งหนึ่ง จึงจะได้ขนาดของเศษตามต้องการ และการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 0.85 กิโลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง ส่วนในด้านของเสียงรบกวน ถือว่าน้อยมาก

2 ข้อเสนอแนะในการใช้งานเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1. ก่อนเริ่มเดินเครื่อง ควรจะมีการเตรียม เศษฟองน้ำที่ผสมติดกับผ้าในลอนออกจากเศษฟองน้ำชนิดอื่น
2. ควรจะมีการใช้กรรไกรตัดเศษฟองน้ำให้เป็นกลุ่มเล็กๆ เพื่ออำนวยความสะดวกการป้อน
3. การป้อนแต่ละครั้งไม่ควรให้เศษฟองน้ำซ้อนทับกันเกิน สาม ชั้น ซึ่งจะทำให้ถูกคลึงเกิดการติดขัดได้

ภาคผนวก ก
ตารางข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณตาราง
ก.1 แสดงเกลียวเมตรริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ เกลียวธรรมดา

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กลางระบุ		ระยะพิคซ์ P	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กลางพิคซ์ d_2, D_2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กลางน้อย		พื้นที่รับ ความเค้น (A_B) mm ²
ช่องที่ 1	ช่องที่ 2			d_1	D_1	
1.00		0.25	0.838	0.693	0.729	0.456
1.20		0.25	1.038	0.893	0.929	0.730
1.60		0.35	1.373	1.170	1.221	1.270
2.00		0.40	1.740	1.509	1.567	2.070
2.50		0.45	2.208	1.948	2.013	3.390
3.00		0.50	2.675	2.387	2.459	5.030
4.00	3.50	0.60	3.110	2.764	2.850	6.780
		0.70	3.545	3.141	3.242	8.780
	4.50	0.75	4.013	3.580	3.688	11.300
5.00		0.80	4.480	4.019	4.134	14.200
6.00		1.00	5.350	4.773	4.917	20.100
8.00		1.25	7.183	6.466	6.647	36.600
10.00	(9)	1.25	8.188	7.466	7.647	48.100
		1.50	9.026	8.160	8.376	58.000
	(11)	1.50	10.026	9.160	9.376	72.300
12.00		1.75	10.863	9.853	10.106	84.300
16.00	14.00	2.00	12.701	11.546	11.835	115.000
		2.00	14.701	13.546	13.835	157.000
20.00	18.00	2.50	16.376	14.933	15.294	192.000
		2.50	18.376	16.933	17.294	245.000
	22.00	2.50	20.376	18.933	19.294	303.000
24.00		3.00	22.051	20.319	20.752	353.000
	27.00	3.00	25.051	23.319	23.752	459.000
	30.00	3.50	27.727	25.706	26.211	561.000
36.00	33.00	3.50	30.727	28.706	29.211	694.000
		4.00	33.402	31.093	31.670	817.000
	39.00	4.00	36.402	34.093	34.670	976.000
42.00		4.50	39.077	36.479	37.129	1120.000
	45.00	4.50	42.077	39.479	40.129	1300.000
	48.00	5.00	44.752	41.866	42.587	1470.000
56.00	52.00	5.00	48.752	45.866	46.587	1760.000
		5.50	52.428	49.252	50.046	2030.000
	60.00	5.50	56.428	53.252	54.046	2360.000
64.00		6.00	60.103	56.639	57.505	2680.000
	68.00	6.00	64.103	60.639	61.505	3060.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 แสดงเคียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ เคียวอะเอ็ค

สัญลักษณ์ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง- กลางระบุ x ระยะพิทช์ P)	ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง กลางพิทช์ d_2	ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง กลางน้อย d_1	พื้นที่รับความเค้น (A_g) mm^2
M8x1 M10x1 M12x1	7.35 9.35 11.35	6.773 8.773 10.773	39.2 64.5 96.1
M16x1 M20x1 M24x1	13.35 19.35 23.35	14.773 18.773 22.773	178.0 285.0 418.0
M30x1 M12x1.25 M16x1.5	29.35 11.026 15.026	28.773 10.16 14.16	663.0 88.1 167.0
M20x1.5 M24x1.5 M30x1.5	19.026 23.026 29.026	18.16 22.16 28.16	272.0 401.0 642.0
M36x1.5 M42x1.5 M48x1.5	35.026 41.026 47.026	34.16 40.16 46.16	940.0 1290.0 1710.0
M56x1.5 M64x1.5 M72x1.5	55.026 63.026 71.026	54.16 62.16 70.16	2340.0 3080.0 3910.0
M80x1.5 M20x2 M24x2	79.026 18.701 22.701	78.16 17.546 21.546	4850.0 258.0 384.0
M30x2 M36x2 M42x2	28.701 34.701 40.701	27.546 33.546 39.546	621.0 915.0 1260.0
M48x2 M56x2 M64x2	46.701 54.701 62.701	45.546 53.546 61.546	1670.0 2300.0 3030.0
M72x2 M80x2 M90x2	70.701 78.701 88.701	69.546 77.546 87.546	3860.0 4790.0 6100.0
M100x2 M110x2 M125x2	98.701 108.701 123.701	97.546 107.546 122.546	7560.0 9180.0 11900.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 (ต่อ) แสดงเกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ เกลียวละเอียด

สัญลักษณ์ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง- กลางระบุ × ระยะพิทช์ P)	ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง กลางพิทช์ d_2	ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง กลางน้อย d_1	พื้นที่รับความเค้น (A_s) mm^2
M30×3 M36×3 M42×3	28.051 34.051 40.051	26.319 32.319 38.319	581.0 865.0 1210.0
M48×3 M56×3 M64×3	46.051 54.051 62.051	44.319 52.319 60.319	1600.0 2220.0 2940.0
M72×3 M80×3 M100×3	70.051 78.051 98.051	68.319 76.319 96.319	3760.0 4680.0 7420.0
M125×3 M140×3 M160×3	123.051 138.051 158.051	121.319 136.319 156.319	11700.0 14800.0 19400.0
M42×4 M48×4 M56×4	39.402 45.402 53.402	37.093 43.093 51.093	1150.0 1540.0 2140.0
M64×4 M72×4 M80×4	61.402 69.402 77.402	59.093 67.093 75.093	2850.0 3560.0 4570.0
M90×4 M100×4 M125×4	87.402 97.402 122.402	85.093 95.093 120.093	5840.0 7280.0 11500.0
M140×4 M160×4 M180×4	137.402 157.402 177.402	135.093 155.093 175.093	14600.0 19200.0 24400.0
M72×6 M80×6 M90×6	68.103 76.103 86.103	64.639 72.639 82.639	3460.0 4340.0 5590.0
M100×6 M110×6 M125×6	96.103 106.103 121.103	92.639 102.639 117.639	7000.0 8560.0 11200.0
M140×6 M160×6 M180×6	136.103 156.103 176.103	132.639 152.639 172.639	14200.0 18700.0 23900.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 แสดงขนาดฉนวนมาตรฐานที่ใช้กับเพดานต่าง ๆ

ขนาด เพดาน(d) mm	ฉนวนใยหิน ฉนวนใยหิน ISO/R 773 ISO/R 774 b×h	ฉนวน ISO 2491 ISO 2492 b×h	ขนาดเคลือบ DIN 6881 b×h	ฉนวนวงเดือน ISO 3912		
				b×h ₁ ×R	t ₁	t ₂
3-4				1.0×1.40×4	1.0	0.6
4-5				1.5×2.60×7	2.0	0.8
5-6				2.0×2.60×7	1.8	1.0
6-7	2×2			2.0×3.70×10	2.9	1.0
7-8	2×2			2.5×3.70×10	2.7	1.2
8-10	3×3			3.0×5.00×13	3.8	1.4
10-12	4×4			3.0×6.50×16	5.3	1.4
12-14	5×5	5×3		4.0×6.50×16	5.0	1.8
14-16	5×5	5×3		4.0×7.50×19	6.0	1.8
16-18	5×5	6×4		5.0×6.50×16	4.0	2.3
18-20	6×6	6×4		5.0×7.50×19	5.5	2.3
20-22	6×6	6×4		5.0×9.00×22	7.0	2.3
22-25	8×7	8×5	8×3.5	6.0×9.00×22	6.5	2.8
25-28	8×7	8×5	8×3.5	6.0×10.0×25	7.5	2.8
28-32	8×7	8×5	8×3.5	8.0×11.0×28	8.0	3.3
32-38	10×8	10×6	10×4.0	10.0×13.0×32	10.0	3.3
38-44	12×8	12×6	12×4.0			
44-50	14×9	14×6	14×4.5			
50-58	16×10	16×7	16×5.0			
58-65	18×11	18×7	18×5.0			
65-75	20×12	20×8	20×6.0			
78-85	22×14	22×9	22×7.0			
85-95	25×14	25×9	25×7.0			
95-110	28×16	28×10	28×7.5			
110-130	32×18	32×11	32×8.5			
130-150	36×20	36×12	36×9.0			
150-170	40×22	40×14				
170-200	45×25	45×16				
200-230	50×28	50×18				
230-260	56×32					
260-290	63×32					
290-330	70×36					
330-380	80×40					
380-440	90×45					
440-500	100×50					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 แสดง มิติมาตรฐานและแรงประมินของโรตลิ่งแบบวิ่ง (C₀, C เป็น kN)

รูควม D mm	O.D. Dia. D mm	อนุกรมมิติ 02										อนุกรมมิติ 32		อนุกรมมิติ 32				
		ความหนา B mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		ความหนา B mm	Spherical Roller Bearing		ความหนา B mm	Double-Row Non-Filling Notch Ball Bearing	
			C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C		C ₀	C		C ₀	C
4	13	5	-	-	0.57	1.19												
5	16	5	-	-	0.94	1.85												
6	19	6	0.53	1.94	0.94	1.85												
7	22	7	0.66	2.05	1.35	2.51												
8	-	-	0.66	2.05	1.35	2.51												
9	26	8	0.93	2.07	1.96	3.49												
10	30	9	1.34	4.23	1.96	3.58												
12	32	10	1.48	4.30	3.05	5.25	3.27	5.52								14.3	3.56	5.52
15	35	11	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.54								15.9	5.56	8.10
17	40	12	2.43	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19								17.5	8.19	11.30
20	47	14	3.18	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00								20.6	11.30	15.17
25	52	15	4.03	9.34	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26				20.6	12.73	16.46
30	62	16	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.08	15.80	9.88	17.67				23.8	18.33	22.87
35	72	17	6.68	12.19	13.66	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.25				27.0	24.92	30.57
40	80	18	8.59	14.82	15.66	22.43	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	34.13	23	43.92	60.52	30.2	28.61	34.17
45	85	19	9.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.79	21.23	27.72	22.29	35.91	23	50.28	63.19	30.2	32.57	38.36
50	90	20	10.55	17.49	19.80	27.01	26.03	32.31	22.74	28.79	23.90	37.56	23	53.40	5.41	30.2	36.18	41.03
55	100	21	13.40	20.60	25.05	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84	25	66.75	81.43	33.3	45.83	50.73
60	110	22	15.53	23.14	30.94	40.36	40.72	48.50	35.55	43.16	37.65	56.07	28	83.21	99.23	36.5	65.51	61.41
65	120	23	17.22	23.85	34.13	44.05	44.95	52.51	41.83	48.95	45.39	66.30	31	99.68	116.60	38.1	62.30	66.75
70	125	24	18.78	26.65	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	53.40	45.39	74.76	31	105.91	121.00	39.7	68.53	72.35
75	130	25	21.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.00	31	111.70	125.50	41.3	75.20	77.00
80	140	26	23.54	30.35	44.50	56.07	62.74	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22	33	129.00	143.70	44.4	81.43	85.00
85	150	28	28.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.75	99.68	36	149.50	166.40	49.2	86.77	87.66
90	160	30	31.77	43.79	60.52	73.87	85.44	92.56	74.31	82.32	91.67	127.27	40	179.80	195.80	52.4	98.34	100.60
95	170	32	36.85	48.95	69.42	83.66	91.67	100.00	77.87	87.65	101.46	139.73	43	221.10	235.80	55.6	127.30	127.30

ตาราง ก.5 แสดงมิติมาตรฐานและแรงประลัยของโรตลิ่ง แบริ่ง. (C_0, C เป็น kN)

รูทว D mm	O.D. D mm	รัศมี พิท คต สูง B mm	อนุกรมมิติ 02										อนุกรมมิติ 32				t			
			ความ หนา B mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		ความ หนา B mm	self-aligning Ball Bearing		Spherical Roller Bearing		ความ หนา B mm	Single- J Deep-Gr Ball Be
				C_0	C	C_0	C	C_0	C	C_0	C	C_0	C		C_0	C	C_0	C		
4	16	0.30	5																	
5	19	0.30	6																	
6																				
7																				
8																				
9																				
10	35	0.61	11	-	-	3.76	6.23													
12	37	1	12	2.36	7.25	4.63	7.48													
15	42	1	13	2.63	7.34	5.43	8.72													
17	47	1	14	3.65	9.66	6.54	10.41													
20	52	1	15	4.00	9.57	7.79	12.24	8.54	13.35					19	3.98	11.12	-	-	22.2	
25	62	1	17	6.01	13.84	10.64	16.29	12.77	18.78	12.77	22.83	26.70	29.81	21	5.30	14.28	-	-	22.2	7.79
30	72	1	19	7.74	16.46	14.86	21.58	17.09	23.90	17.53	30.08	37.82	42.27	24	7.48	18.73	-	-	25.4	10.64
35	80	1.50	21	9.83	19.36	17.89	25.59	20.56	28.21	23.90	39.029	43.61	48.06	27	10.01	24.12	-	-	30.2	14.86
40	90	1.50	23	12.19	22.74	22.34	31.33	25.68	34.44	28.21	45.83	57.40	60.96	31	12.77	30.35	-	-	34.9	17.89
45	100	1.50	25	15.93	29.37	29.95	40.58	34.40	44.94	40.18	63.19	76.98	75.65	33	15.71	34.49	71.64	90.78	36.5	22.34
50	110	2	27	17.49	33.42	35.64	47.61	40.94	52.51	49.39	75.65	81.43	85.88	36	19.89	41.96	91.67	111.25	39.7	29.95
55	120	2	29	22.52	39.16	41.83	55.18	48.06	60.52	60.52	92.11	96.12	101.46	40	23.50	49.39	117.92	140.62	44.4	35.64
60	130	2	31	26.61	43.88	48.50	62.74	55.62	69.42	68.97	103.68	111.25	115.70	43	28.03	57.85	145.07	168.21	49.2	41.83
65	140	2	33	29.37	47.61	55.62	71.20	64.08	78.32	76.09	113.92	135.72	137.95	46	32.93	67.19	171.77	197.13	54.0	48.50
70	150	2	35	35.51	57.40	63.19	80.10	72.98	88.11	92.56	133.94	151.30	153.52	48	38.63	73.87	187.34	214.04	58.7	-
75	160	2	37	38.36	60.96	71.64	87.22	82.32	95.67	113.92	162.42	169.10	173.55	51	44.50	84.10	220.27	248.31	63.5	-
80	170	2	39	42.23	68.08	80.10	94.78	92.11	103.68	113.92	162.42	191.35	191.35	55	46.72	87.22	250.09	277.68	68.3	-
85	180	2.50	41	48.50	75.20	89.44	101.90	102.79	112.14	135.72	190.90	-	-	58	57.85	106.35	286.58	317.73	68.3	-
90	190	2.50	43	56.07	89.89	99.23	109.91	113.92	120.15	148.18	206.92	-	-	60	61.41	108.13	306.16	339.98	73.0	-
														64	68.53	117.48	379.14	403.17	73.0	-

ตาราง ก.7 แสดงตัวประกอบ X และ Y สำหรับบอลและโรลเลอร์เบริง

Contact Angle α , deg	$\frac{1F_a^1}{c_0}$	Single-Row Bearing ²		Double-Row Bearing ³				c
		Fa/VF _r > e		Fa/VF _r > e		Fa/VF _r > e		
		X	Y	X	Y	X	Y	
Deep groove ball bearing								
	0.014		2.30				2.30	0.19
	0.028		1.99				1.99	0.22
	0.056		1.71				1.71	0.26
	0.084		1.55				1.55	0.28
	0.11	0.56	1.45	1.0	0	0.56	1.45	0.30
	0.17		1.31				1.31	0.34
	0.28		1.15				1.15	0.38
	0.42		1.04				1.04	0.42
	0.56		1.00				1.00	0.44
Angular-Contact groove ball bearing ⁴								
	0.014		Use X, Y		2.78		3.74	0.23
	0.028		And e		2.40		3.23	0.26
	0.056		Values		2.07		2.78	0.30
	0.084		Appli-		1.87		2.52	0.34
5	0.11	0.56	cable	1.0	1.75	0.78	2.36	0.36
	0.17		To sin-		1.58		2.13	0.40
	0.28		gle-row		1.39		1.87	0.45
	0.42		Deep		1.26		1.69	0.50
	0.56		Groove		1.21		1.63	0.52
			Bear-inds					
	0.014		1.88		2.18		3.06	0.29
	0.029		1.71		1.98		2.78	0.32
	0.057		1.52		1.76		2.47	0.36
10	0.086	0.46	1.41	1.0	1.63	0.75	2.29	0.38
	0.11		1.34		1.55		2.18	0.40
	0.17		1.23		1.42		2.00	0.44
	0.29		1.10		1.27		1.79	0.49
	0.43		1.01		1.17		1.64	0.54
	0.57		1.00		1.16		1.63	0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.8 ตัวประกอบ X และ Y สำหรับบอลและโรลเลอร์เบริง

Contact Angle α , deg	$\frac{1F_a^1}{c_0}$	Single-Row Bearing ²		Double-Row Bearing ³				e
		Fa/VF _r > e		Fa/VF _r > e		Fa/VF _r > e		
		X	Y	X	Y	X	Y	
Deep groove ball bearing								
15	0.015		1.47		1.65		2.39	0.38
	0.029		1.40		1.57		2.28	0.40
	0.058		1.30		1.46		2.11	0.43
	0.087		1.23		1.38		2.00	0.46
	0.12	0.44	1.19	1.0	1.34	0.72	1.93	0.47
	0.17		1.12		1.26		1.82	0.50
	0.29		1.02		1.14		1.66	0.55
	0.44		1.00		1.12		1.63	0.56
	0.58		1.00		1.12		1.63	0.56
20		0.43	1.00	1.0	1.09	0.70	1.63	0.57
25		0.41	0.87	1.0	0.92	0.67	1.41	0.68
30		0.39	0.76	1.0	0.78	0.63	1.24	0.80
35		0.37	0.66	1.0	0.66	0.60	1.07	0.95
40		0.35	0.57	1.0	0.55	0.75	0.93	1.14
Self-aligning ball bearings								
		0.40	0.4	1.0	0.42	0.65	0.65	1.5
			cot α		cot α		cot α	tan α
Roller-bearings, Self-aligning tapered ⁵								
$\alpha \neq 90$		0.4	0.4	1.0	0.45	0.67	0.67	1.5
			cot α		cot α		cot α	tan α

ที่มา : Frank W.Wilson : Tool Engineers Handbook, 2nd, ed. McGraw Hill Book Co.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.9 แรงประเอนและตัวประกอบ X และ Y สำหรับ single-row, spherical roller bearings*

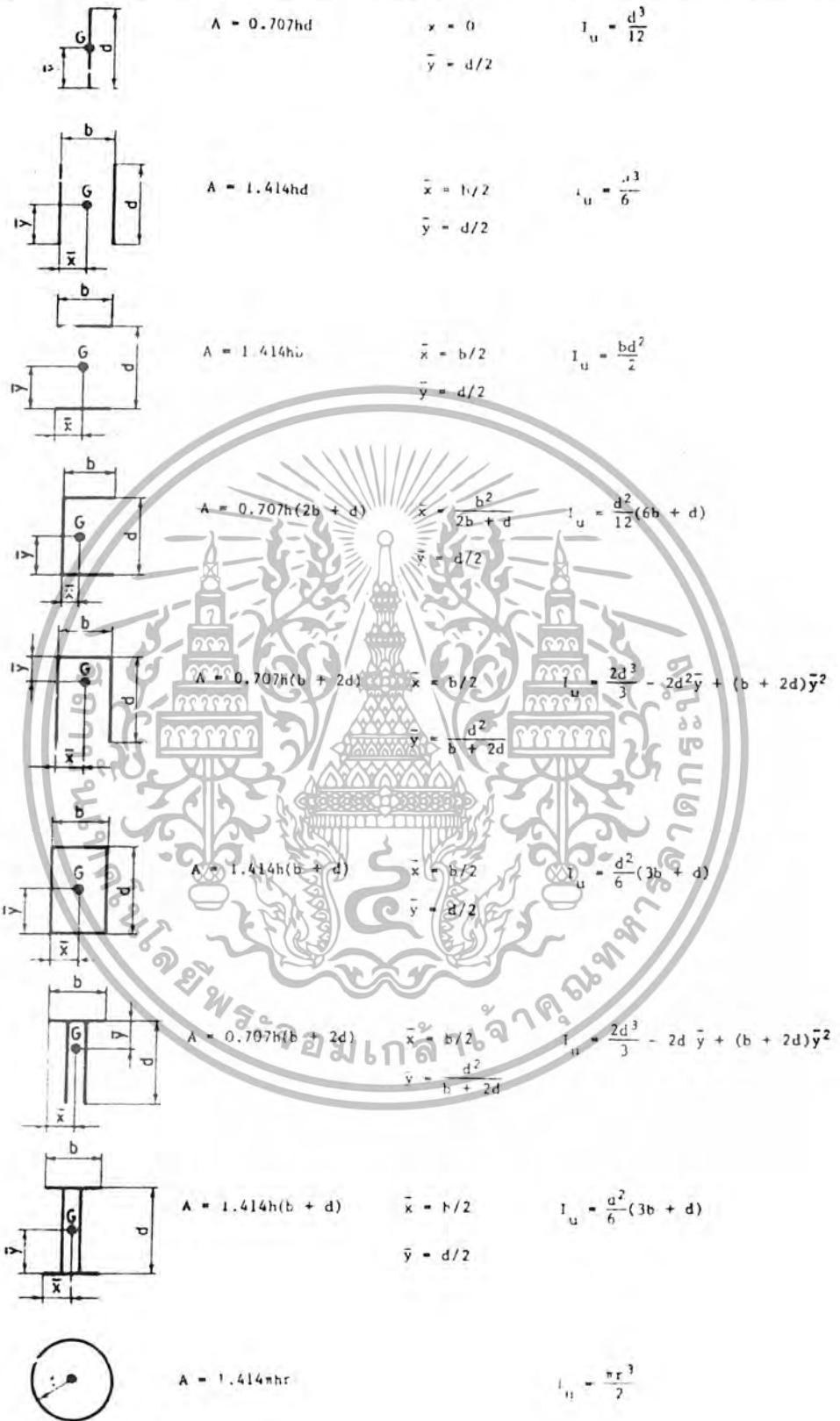
รูตวม m	OD mm	ความหนา mm	e	$\frac{F_a}{VF_r} > e^*$		C ₀ kN	C kN
				X	Y		
25	60	13	0.51	0.40	1.17	20	27
30	67	21	0.48		1.25	25	32
35	72	17	0.44		1.37	28	34
40	80	21	0.47		1.27	33	41
45	85	21	0.45		1.34	38	47
50	90	20	0.40		1.49	43	49
50	100	21	0.45		1.34	60	70
50	110	27	0.48		1.24	75	85
55	100	21	0.40		1.49	57	61
60	110	22	0.38		1.60	69	73
65	113	24	0.37		1.61	79	83
65	127	28	0.42		1.44	90	101
70	150	30	0.40		1.49	116	133
75	130	27	0.38		1.59	92	97
80	150	28	0.38		1.57	115	117
85	150	28	0.38		1.57	115	117
90	190	36	0.38		1.60	225	214
95	180	34	0.36		1.67	177	181
100	180	38	0.36		1.67	177	181
105	190	36	0.38		1.60	225	214
120	215	44	0.37		1.63	274	265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.10 แสดง แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรชนิดต่างๆ

ชนิดของเครื่องจักรกล	อายุเป็นชั่วโมงทำงาน
เครื่องมือวัดและเครื่องมือที่ใช้ไม่บ่อยนัก ตัวอย่างเช่น เครื่องมือสำหรับห้องทดลอง อุปกรณ์สำหรับประตูดึง	500
เครื่องชนิดเครื่องบน	500-2000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานช่วงเวลาสั้น ๆ หรือทำงานเป็นพัก ๆ ตัวอย่าง เช่น เครื่องมือต่างๆ รอกยกของในโรงงาน เครื่องจักรที่ทำงานโดยใช้มือจับ เครื่องจักรกลการเกษตรปั้นจั่นที่ใช้ในงานประกอบ เครื่องขนถ่าย ปั้นจั่นที่ใช้ในงานหล่อ เครื่องจักรกลที่ใช้ในบ้าน	4000-8000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานเป็นพัก ๆ แต่มีความสำคัญต่องานที่ทำมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรสำรองของโรงคั้นกำลังอุปกรณ์เดินเลียงในสายงานผลิต สิปท์ ปั้นจั่นยกดินค้าทั่วไปเครื่องมือกลที่ใช้ไม่บ่อยนัก	8000-12 000
เครื่องจักรสำหรับใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ไม่ได้ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดเฟืองทดสำหรับรายงานทั่วไป	12 000-20 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรมทั่วไป ปั้นจั่นที่ใช้ยกของของตลอดเวลา เครื่องเป่าลม เพลาส่งกำลัง	20 000-30 000
เครื่องจักรที่ใช้งานต่อเนื่อง (ทำงาน 24 ชั่วโมง) ตัวอย่าง เช่น เครื่องแยกของ เครื่องอัดอากาศ บีม เพลาส่งกำลัง ลูกกลิ้งของสายพานลำเลียง รอกในเหมืองแร่ มอเตอร์ไฟฟ้า	40 000-60 000

ตาราง ก.11 แสดงคุณสมบัติในการตัดของรอยเชื่อมมุม ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยต่อหน่วยความกว้าง เป็นค่าที่หาจากแกนในแนวระดับซึ่งผ่านจุดศูนย์กลางของกรูมรอยเชื่อม G และ h เป็นขนาดรอยเชื่อม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.12 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางข้อสายพานแบนตามมาตรฐาน ISO 99-1975 (E)

ขนาดระบุ		ขนาดในทีกัด			
mm	in	เล็กสุด	ใหญ่สุด	เล็กสุด	ใหญ่สุด
		mm	mm	in	in
40	1.6	39.5	40.5	1.56	1.60
45	1.8	44.4	45.6	1.75	1.80
50	2	49.4	50.6	1.95	2.00
56	2.24	55.2	56.8	2.17	2.24
63	2.5	62.2	63.8	2.45	2.51
71	2.8	70	72	2.76	2.84
80	3.15	79	81	3.11	3.19
90	3.55	88.8	91.2	3.50	3.59
100	4	98.8	101.2	3.88	3.98
112	4.5	110.8	113.2	4.36	4.46
125	5	123.4	126.6	4.86	4.98
140	5.6	138.4	141.6	5.45	5.58
160	6.3	158	162	6.22	6.38
180	7.1	178	182	7.01	7.17
200	8	198	202	7.80	7.95
224	9	221.5	226.5	8.72	8.92
250	10	247.5	252.5	9.74	9.94
280	11.2	276.8	283.2	10.90	11.15
315	12.5	311.8	318.2	12.28	12.53
355	14	351.8	358.2	13.85	14.10
400	16	396	404	15.59	15.91
450	18	446	454	17.56	17.87
500	20	496	504	19.53	19.84
560	22.4	555	565	21.85	22.24
630	25	625	635	24.61	25.00
710	28	705	715	27.75	28.15
800	31.5	793.7	806.3	31.25	31.74
900	35.5	893.7	906.3	35.18	35.68
1000	40	993.7	1006.3	39.12	39.62
1120	45	1112	1128	43.78	44.41
1250	50	1242	1258	48.90	49.53
1400	56	1392	1408	54.80	55.43
1600	63	1590	1610	62.60	63.39
1800	71	1790	1810	70.48	71.26
2000	80	1990	2010	78.35	79.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.13 แสดง ขนาดสายพานดรัมและล้อสายพานดรัม ตามมาตรฐาน

ISO/R 52-1975 (E) และ ISO/R 526-1962 (E)

ขนาดเป็น mm

หน้าตัดสายพาน		Y	Z	A	B	C	D	E	
l_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	8.1	12	
c		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	
f_{min}		7	11	14	18	24	28	33	
32°	Φ	≤ 63	-	-	-	-	-	-	
34°	สำหรับเส้นผ่าน	-	63-80	90-118	140-190	224-315	-	-	
36°	ศูนย์กลาง	63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 630	
38°	พิทช์ d_p	-	>80	>118	>190	>315	>500	>630	
b_2	จำนวน ร่องบน ล้อ สายพาน	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	147.191.5
		4	36	52	65	82	110.5	159	236
		5	44	64	80	101	136	196	280.5
		6	52	76	95	120	161.5	233	325
		7	60	88	110	139	187	270	369.5
		8		100	125	158	212.5	307	411
		9		112	140	177	238	344	458.5
		10		124	155	196	263.5	381	503
		11		136	170	215	289	418	547.5
		12		148	185	234	314.5	455	
$d_{p_{min}}$		28	50	80	125	200	355	500	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.14 แสดงตัวประกอบใช้งาน N , สำหรับสายพานลิ้ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการจับ	ชนิดของอุปกรณ์จับ					
	มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase.			มอเตอร์กระแสสลับ: high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring.		
	มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound			มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound และ compound wound.		
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะ ช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการจับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	เครื่องยนต์ล้นคาปภายใน: ที่มี หลากลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			เครื่องยนต์ล้นคาปภายใน: ที่มี หลาก ลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm เฟลา คัดซ์		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	> 16	≤ 10	10-16	> 16
งานเบา : เครื่องกวานของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานที่มีลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของขี้เถ้า, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลามาณ, เครื่องชักผ้า, เครื่องมือกล Punches Presses shears, เครื่องพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, Positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเลื่อย และเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.14 (ต่อ) แสดงตัวประกอบใช้งาน N , สำหรับสายพานลิ่ม

งานหนักพิเศษ :						
Cruchers (Gyratory – Jaw Rooll), Mills(Ball-Rod-Tube) รอก ไฟฟ้า rubber calenders- extruders-mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ตาราง ก.15 แสดงตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม *

$\frac{D_p - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส α	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

*ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.16 แสดง สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าคัต "A"

ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 1732$ mm

และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	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	1.62	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	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	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	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	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	2.30	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	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	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	3.29	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	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	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	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.12	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	4.84	5.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1632	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						

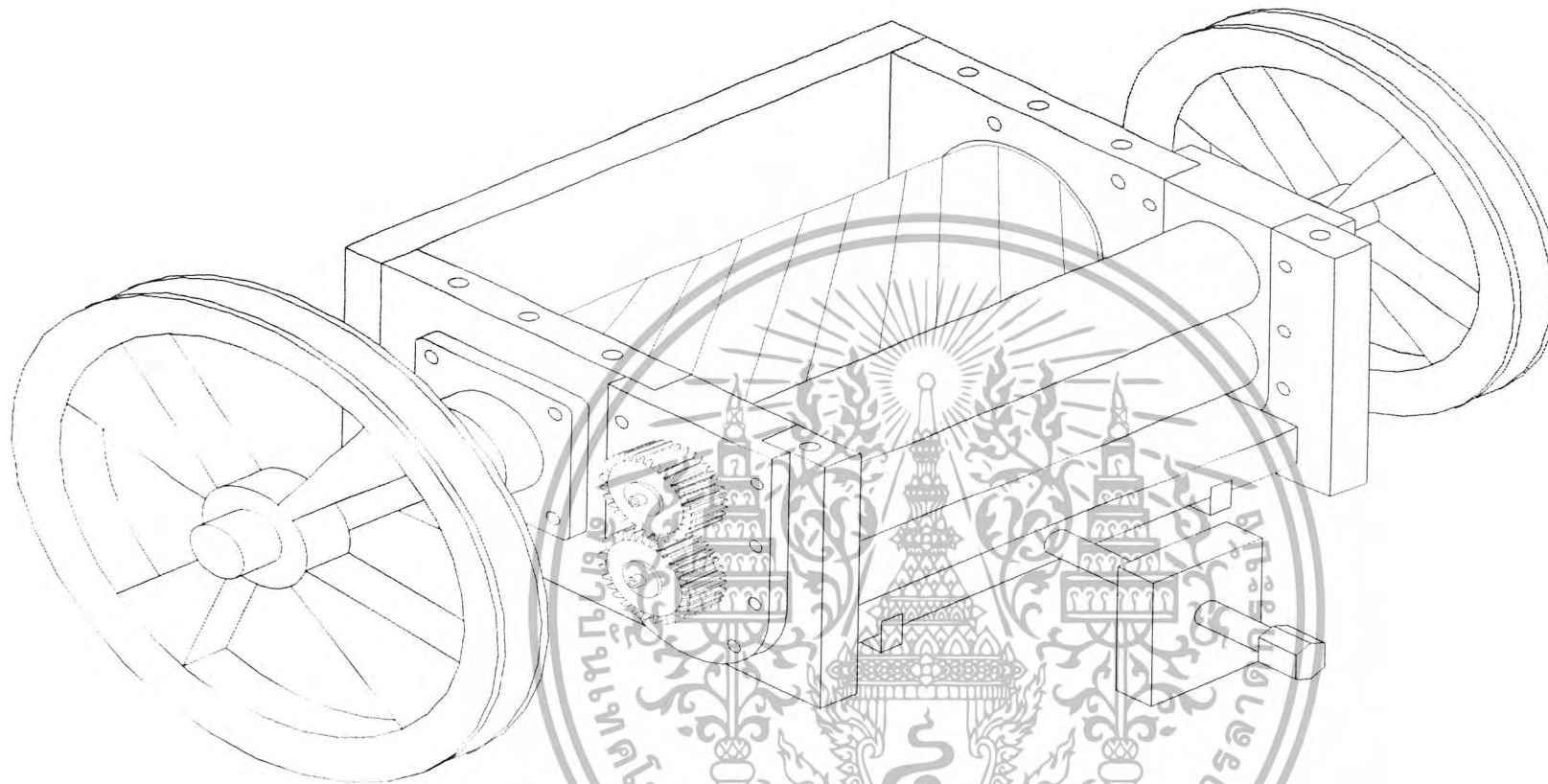
ความยาวพิคซ์ที่มีใช้ $L_p = L_1 + 30$ (mm)

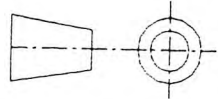
L_1	4883	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	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					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

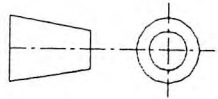


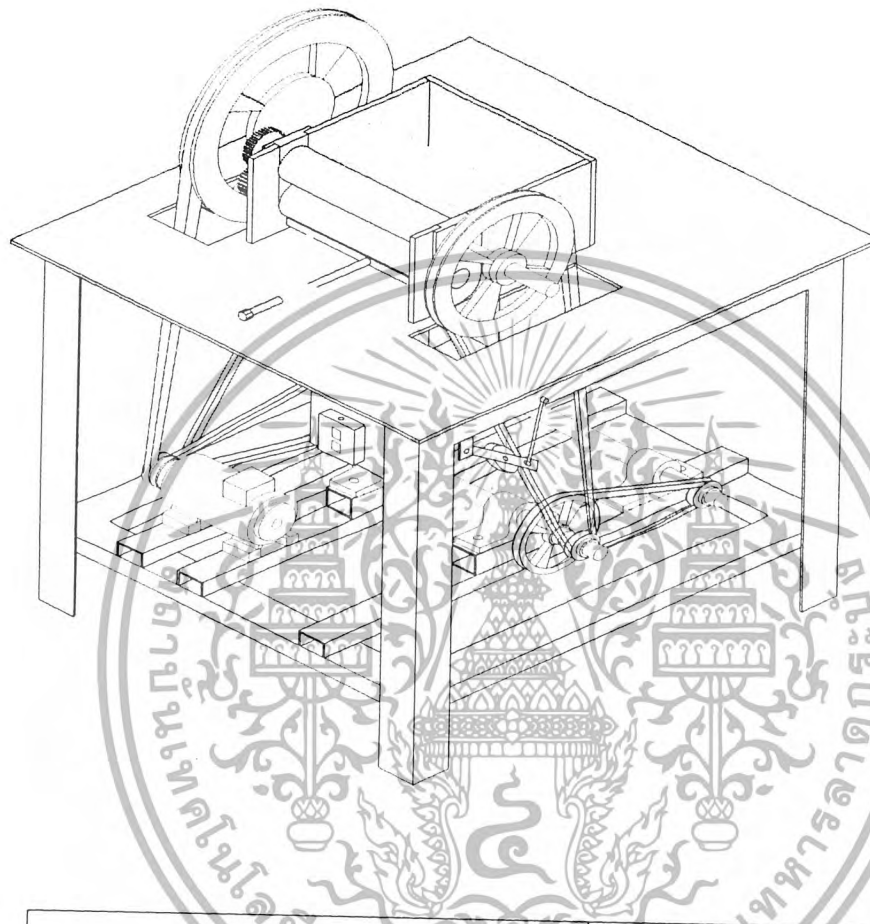
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



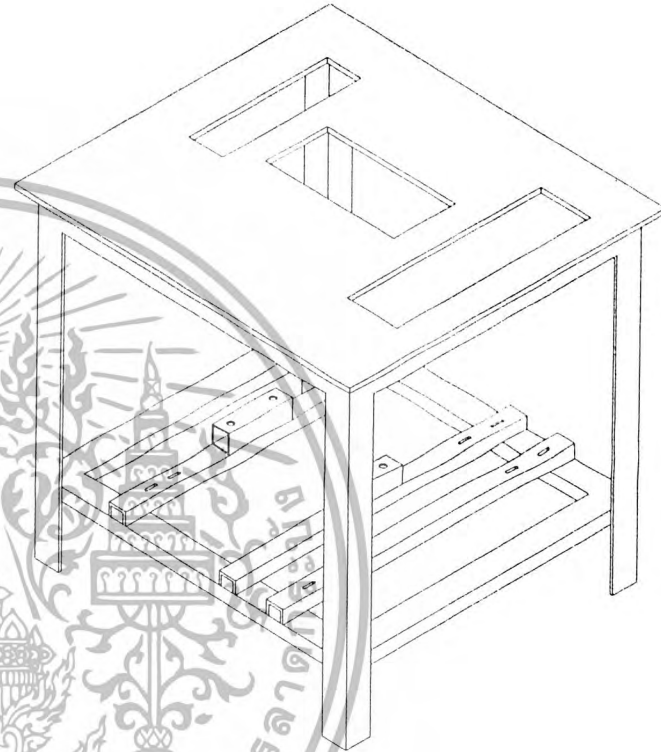
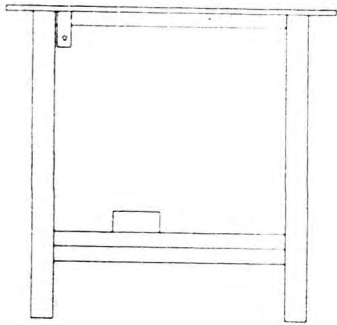
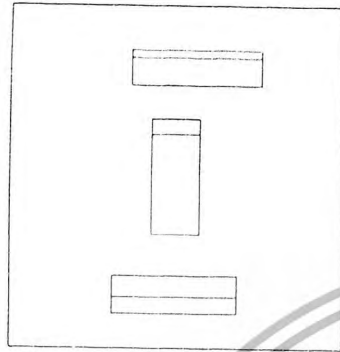
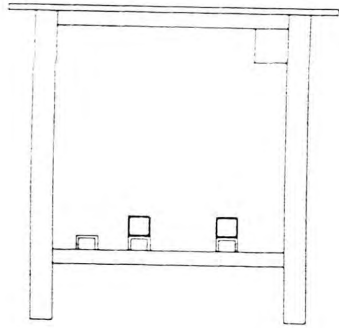
PART NAME : ภาพประกอบของชุดตัด	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF	
DRAWN BY : SSS	TECHNOLOGY LADKRABANG	
DATE : MARCH 20, 2005	SHEET :	
SCALE :	QUANTITY :	SI 



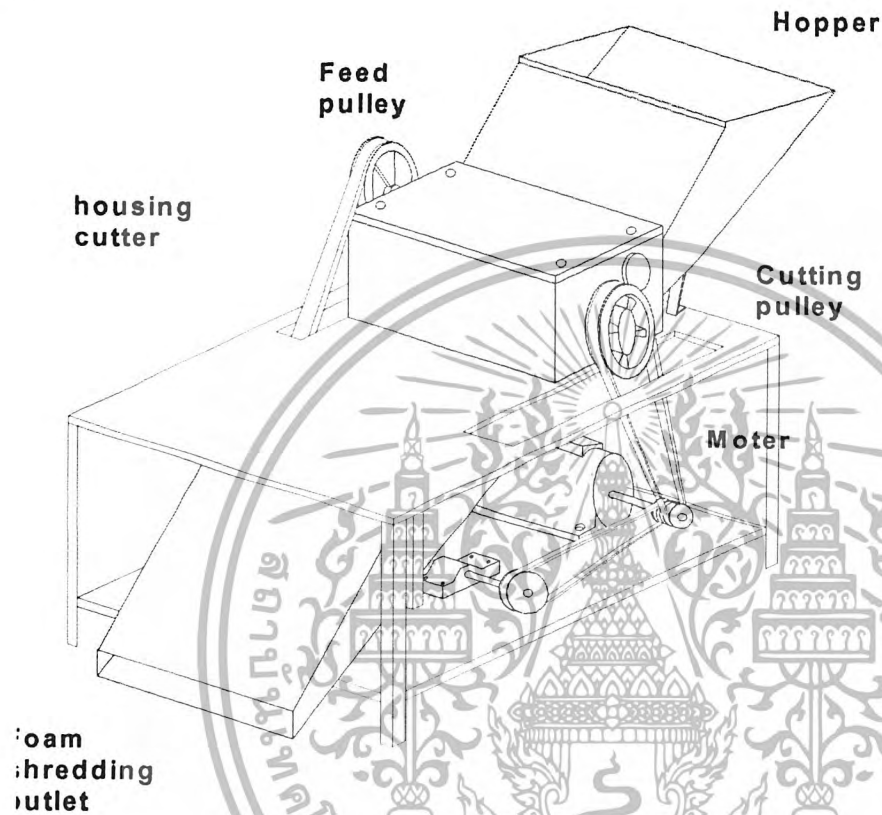
PART NAME : ส่วนประกอบของชุดตัด	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
DRAWN BY : SSS	TECHNOLOGY LADKRABANG	
DATE : MARCH 20, 2005	SHEET :	
SCALE :	QUANTITY :	

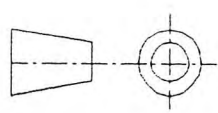


PART NAME : ส่วนประกอบของชุดตัด	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
DRAWN BY : SSS		
DATE : MARCH 20, 2005	SHEET :	
SCALE :	QUANTITY :	SI 



PART NAME : โต๊ะงาน		KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
DRAWN BY : SSS			
DATE : MARCH 20, 2005		SHEET :	
SCALE : _____		QUANTITY :	
		SI	



PART NAME : โครงสร้างภายนอก	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	
DRAWN BY : SSS		
DATE : MARCH 20, 2005	SHEET :	SI 
SCALE : _____	QUANTITY :	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องย่อยเศษวัสดุทำเบาะรถยนต์ Foam Shredding Machine

สิทธิพงษ์ โชติเนตร, สมเกียรติ ก้อนศิระ, เสฏฐวุฒิ กุสวาศิ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.จำลอง ปราบแก้ว

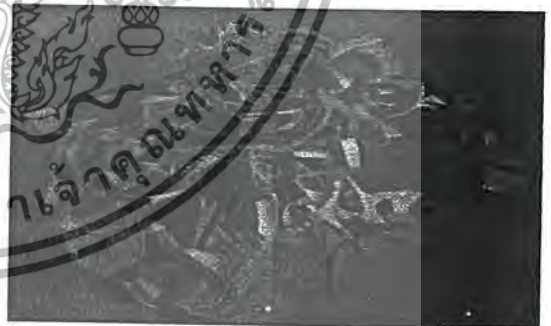
บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการนำเสนอวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือจากอุตสาหกรรมการทำรถยนต์ ที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ต่อได้และถ้ากำจัดไม่ถูกวิธีจะทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม การกำจัดจะใช้วิธีการบดกลบอย่างเดียว ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายและพื้นที่ในการกำจัดสูง จากแนวความคิดที่ว่าหากนำเศษฟองน้ำเหล่านี้มาทำให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาใช้แทนน้ำมันในอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมัน และอีกค่า เหล่านี้เป็นต้น จึงได้มีการออกแบบ และสร้างเครื่องย่อยเศษฟองน้ำ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 เฟส 380 โวลต์ เป็นต้นกำลังของเครื่อง ใช้สายพานแบบลิ้มในการส่งกำลังและใช้ Milling cutter ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม ยาว 80 มม คือเรียงบนเพลาคงที่มีความยาวรวม 240 มม เป็นตัวหมุนตัด

เศษวัสดุที่เหลือจากการทำเบาะรถยนต์ดังแสดงในรูปที่ 1 เศษวัสดุดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จึงก่อให้เกิดปัญหาทางด้านขยะมูลฝอยที่ยากต่อการกำจัด เพื่อทำให้เศษวัสดุดังกล่าวใช้ประโยชน์ได้ที่มีงานจึงมีแนวความคิดที่จะทำให้เศษวัสดุย่อยเป็นชิ้นละเอียดขึ้นเพื่อนำเศษวัสดุที่ผ่านการย่อยแล้วไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งยังเป็นการช่วยลดปัญหาทางด้านขยะมูลฝอยจากเศษวัสดุเหล่านั้นด้วยดังนั้นทีมงานจึงได้ออกแบบและพัฒนารองรับเครื่องย่อยเศษวัสดุขึ้นแนวคิดเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบและปรับปรุงคือจะอาศัยหลักการของเครื่องกัด โดยใช้คัตเตอร์กัด (Shell and mills) คอเรียบบนเพลายาวจะเป็นในลักษณะของเครื่องกัดเพลานอน

Abstract

This project is presented the design and building of sponge grinder. In addition, the sponge is the waste from seat car manufacturing. These waste is useless and pollution if the method of waste elimination is in the wrong way. By landfill is take too much cost and area. The idea is to grind sponge into a crumb for other application. For example, it's replace kapok in bed set, dolls manufacturing, etc. The waste sponge grinder consisted of 3 phases moter, 380 voltage source, V-belt and 100 millimeter diameter x 80 mm length milling cutter laid on 240 mm. total length shaft as used for rotary cutting.



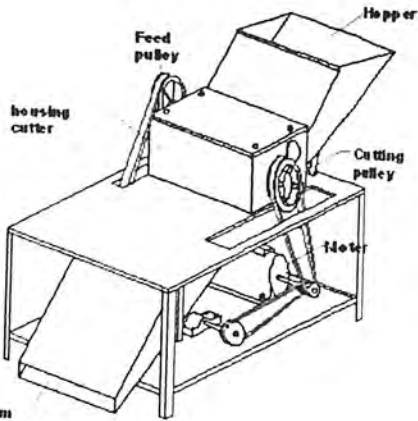
รูปที่ 1 แสดงรูปภาพของเศษฟองน้ำที่ผสมติดกับหนังเทียม

2.วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อลดจำนวนขยะที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมทำเบาะรถยนต์
- 2.2 เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้เศษวัสดุเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 2.3 เพื่อลดต้นทุนความสะอาดแก่โรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ตนเองและลูกค้า

1.บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมรถยนต์มีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้อุตสาหกรรมทำเบาะรถยนต์เติบโตตามไปด้วยสิ่งที่ตามมาก็คือ



Foam shredding outlet

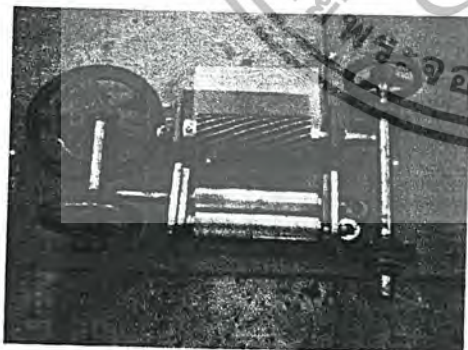
รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างเครื่องย่อยเศษเบาะ

3. หลักการทำงาน

- 3.1 นำเศษเบาะใส่ลงในช่อง Hopper
- 3.2 ชุดของลูกกลิ้งจะหนีบเศษเบาะ และป้อนให้กับ ไบมีดตัด
- 3.3 ไบมีดตัด จะตัดเศษเบาะให้มีขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตร
- 3.4 เศษเบาะหลังจากทำการย่อยแล้ว ก็จะถูกส่งออกมาทางรางส่ง

4. ส่วนประกอบของเครื่องย่อยเศษเบาะ

- 4.1 มอเตอร์ขนาด 2 HP
- 4.2 ลูกกลิ้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว
- 4.3 เทืองส่งกำลัง จำนวน 2 ตัว
- 4.4 ทูลเลย์แบบร่องตัว จำนวน 6 ตัว
- 4.5 ไบมีดตัด (Shell and mills) ขนาด 80 x 100 จำนวน 3 ตัว
- 4.6 สายพานแบบร่องตัวจำนวน 5 เส้น
- 4.7 แท่นรองตัดจำนวน 1 ตัว



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่สำคัญ

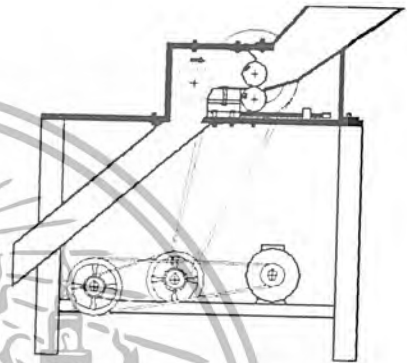
5. ชิ้นส่วนภายในและตำแหน่งการติดตั้ง

1. ช่องใส่เศษเบาะ (Hopper)

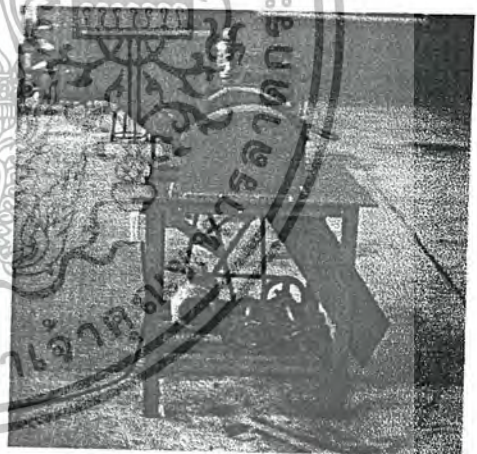
2. ลูกกลิ้งป้อน
3. ชุดมีดตัด
4. รางส่งเศษเบาะที่ผ่านการย่อยแล้ว
5. มอเตอร์

6. การคำนวณขนาดของมอเตอร์

การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ สามารถหาได้ตามสมการข้างล่าง



รูปที่ 4 แสดงชิ้นส่วนภายในของเครื่องย่อยเศษเบาะ



รูปที่ 5 แสดงเครื่องย่อยเศษเบาะที่เสร็จสมบูรณ์

6. ไบมีดตัด

ใช้ไบมีดกัดของเครื่องตัดเหลานอน (Milling cutter) ใช้สามตัวต่อ เรียงบนเพลาคือเดียวกันเป็นแถวยาว แต่ละตัวมีความยาว 80 ม.ม. มี เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 ม.ม. คมตัด 14 ฟัน ความยาวรวมของ ไบมีดสามตัวยาว 240 ม.ม. เหตุผลที่เลือกใช้ Milling cutter เป็น ไบมีดตัด เพราะมีข้อดีหลายประการคือ

- แม้อายุหมุมสูงก็ยังคงสภาพความแข็งแรงอยู่

- สัมประสิทธิ์ในการเสียดทานต่ำ
- รักษาสภาพรูปทรงงกที่มีคุณภาพสูงและมีการเสียดสีมาก
- มีความเหนียวพอแม้จะถูกแรงกระทำ

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

7. มอเตอร์

เลือกใช้มอเตอร์ชนิด 3 เฟส 380 โวลต์ และการคำนวณหาขนาดมอเตอร์คำนึงถึงทอร์กที่เกิดขึ้นบนเพลามัดคัตเป็นสำคัญ เพราะมัดคัตต้องการแรงในการตัดเดือนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ ตำแหน่งอื่นๆ ในเครื่องข่อยเศษฟองน้ำ กิ่งถึงของมอเตอร์ที่ต้องการสามารถหาได้จากสูตร

$$W_p = \frac{2 \pi \cdot N \cdot F \cdot r}{60} \quad (1)$$

โดยที่ W_p = กำลังของมอเตอร์ (Watt)

N = ความเร็วรอบของเพลามัดคัต (รอบต่อนาที)

F = แรงที่ใช้ในการเลื่อนของใบมีด (N)

r = รัศมีของใบมีดคัต (0.05 m.)

จากการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของมัดคัตคือ 411 รอบต่อนาทีอ้างอิงการทดสอบของโครงการของเครื่องข่อยเศษฟองน้ำโครงการ 1 แรมเดือนของฟองน้ำขนาดความกว้าง 40 ม.ม. และความหนา 8 ม.ม. ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ในลักษณะของการเคลื่อนคู่ มีค่าแรงเดือนสูงสุดประมาณ 1,723 N.

$$r = \frac{F_1}{2A_1} \quad (3)$$

โดยที่ T = ความเค้นเดือน (N/m²)

F_1 = แรงเดือนที่ได้จากเครื่องทดสอบ (N)

A_1 = พื้นที่หน้าตัดที่ถูกเดือน (m²)

จากการคำนวณ เลือกมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า 3 เฟส 380 โวลต์ เป็นต้นกำลังของเครื่องข่อยเศษฟองน้ำทั้งหมด

8. สายพานและล้อสายพาน

เหตุผลที่เลือกใช้สายพานในการส่งกำลังก็เพราะว่าการออกแบบและการสร้างทำได้ง่ายและที่สำคัญก็คือ ในการทำงานสายพานจะมีความปลอดภัยในตัวเอง เพราะขณะที่ทำงานเมื่อภาระเกินกำลัง สายพานจะมีการไถลบนล้อสายพานนั่นเองรวมไปถึงสายพานมีราคาถูก หาซื้อง่าย การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก และสายพานที่ใช้จะเป็นแบบสายพานลิ่มทั้งหมด เพราะสายพานลิ่มสามารถที่จะส่งกำลังได้มาก ต้องการแรงดึงขึ้นต้นน้อย การทำงานเงียบ และสามารถรับแรงกระทำได้ดี ความยาวพิชของสายพาน

โดยที่ L_p = ความยาวพิช

C = ระยะห่างระหว่างล้อสายพาน

D_p = เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานใหญ่

d_p = เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานเล็ก

จำนวนของสายพานลิ่มที่ต้องใช้ในการส่งกำลัง

$$Z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_s \cdot N_a \cdot N_1} \quad (5)$$

Z = จำนวนสายพาน (เส้น)

W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง (watt)

N_s = ตัวประกอบใช้งาน

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

N_1 = ตัวประกอบแก้ไขสายพาน

P_s = พิสัยพานลิ่มหนึ่งเส้นส่งได้

9. การออกแบบและการคำนวณเบร้ง

ใช้เบร้งชนิดโรตอลิ่งเบร้งหรือเรียกอีกอย่างว่า บอลเบร้งทั้งหมด

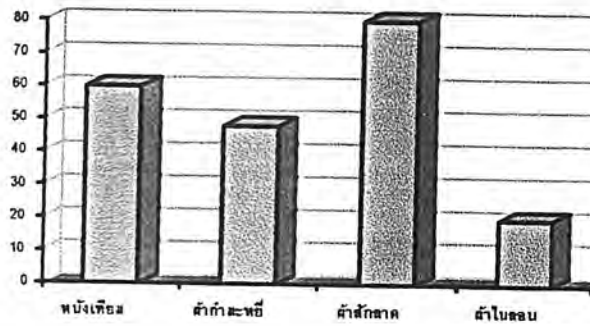
เบร้งรองรับเพลามัดคัต เลือกใช้แบบประกบข้างทั้งสองด้านเพราะในออกแบบโครงสร้างกำหนดให้สามารถถอดใบมีดคัตออกทางด้านข้างด้านเดียว และใบมีดมีขนาดใหญ่ประกอบด้วยเพลากึ่งขนาดใหญ่ จำเป็นต้องเลือกเบร้งขนาดใหญ่จึงเลือกเบร้งรูสวน 32 ม.ม.

เบร้งรองรับเพลาลูกกลิ้ง เบร้งใช้เพื่อรองรับในแนวรัศมีเป็นส่วนใหญ่ แรงในแนวรัศมีสูงสุด 2.9 kN และแรงรุน 0.3 kN การคำนวณ เลือกใช้บอลเบร้งชนิด Single-row deep groove ให้มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 9500 ชั่วโมง วงแหวนในหมุน เกลาหมุนด้วยความเร็วรอบ 88 รอบต่อนาที มีแรงกระทำเล็กน้อย

10. ระบบความปลอดภัย

- การป้องกันการถูกถลึงหนีมือขณะป้อนเศษฟองน้ำ กระจายสำหรับใส่เศษฟองน้ำ (Hopper) ถูกออกแบบให้มีความยาวมากกว่าแขนของคน โดยที่แขนของคนเราจะยาวประมาณ 550 ม.ม. โดยเฉลี่ยแต่ hopper ยาว 735 ม.ม. นั่นก็หมายความว่ามือจะไม่สามารถยื่นไปถึงถูกถลึงได้เลยที่ตำแหน่งทำงานปกติ

- ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านบนของเครื่องจะถูกปิดหมด เพื่อความปลอดภัยขณะทำงาน
- สายพานที่ขับเคลื่อนลูกถ้วยจะตั้งให้ต่ำกว่าการใช้งานปกติให้โลกตัวถ้วยได้ง่ายเมื่อลูกถ้วยรับภาระเกิน เพื่อป้องกันใบมีดตัดเสียหายเนื่องจากป้อนเศษฟองน้ำมากเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เหล่าโก่งตัว และป้องกันไม่ให้แบร์รี่รับภาระเกินด้วย



11. สรุปและบทวิจารณ์

จากการทดสอบปรากฏว่า เครื่องย่อยเศษฟองน้ำสามารถทำงานได้ดี โดยสามารถย่อยเศษฟองน้ำได้ตามจุดประสงค์ ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้ อัตราการป้อน 15 เมตรต่อวินาที ผลการทดสอบเป็นดังตาราง

ชนิดของฟองน้ำ	ฟองน้ำ ผสานกับหนังเทียม	ฟองน้ำ ผสานกับผ้ากำมะหยี่	ฟองน้ำ ผสานกับผ้าสักหลาด	ฟองน้ำ ผสานกับไนลอน
อัตราการย่อยได้ (kg/hr)	60	48	80	20
อัตราการย่อยได้ (m ³ /hr)	1.034	0.827	1.379	0.345
กำลังไฟที่ใช้ (hp)	1.140	1.146	1.135	1.140
อัตราการใช้พลังงาน (kg/hr hp)	52.631	41.885	70.484	17.544
อัตราการใช้พลังงาน (m ³ /hr hp)	0.907	0.722	1.215	0.303

จากการทำความเข้าใจระหว่างชนิดของเศษฟองน้ำกับอัตราการย่อยได้โดยรวมต่อชั่วโมง ฟองน้ำผสมกับผ้าสักหลาดย่อยได้ดีที่สุด และเครื่องทำงานได้เป็นที่น่าพอใจ

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรวิทย์ ถึงภรณ์, ชาญุ ถิ่นคงนง, "การออกแบบเครื่องจักรกล", เล่มที่ 1-2, ซีเอ็ดบุ๊คซัน จำกัด (มหาชน), ปี พ.ศ.2541
- [2] บรรณาลง ศรีนวล, ประเสริฐ กิจยสมบุญรณ์, "ตารางงานโลหะ", ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [3] G.Y. Boothroyd "Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools", International student ed., McGraw-Hill, pp.30
- [4] Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Richard G. Budynus, "Mechanical Engineering Design", 7 ed., McGraw-Hill, New York

หมายเหตุ ฟองน้ำที่ผสมกับไนลอนต้องย่อย 2-3 รอบเพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ

บรรณานุกรม

- [1] บรรเลง ตรีนิล, ประเสริฐ ก้วยสมบุญ, “ตารางงานโลหะ”,ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] วรวิทย์ อังภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน, “การออกแบบเครื่องจักรกล”. เล่มที่ 1-2, ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), ปี พ.ศ.2541
- [3] J.L.Meriam ,L.G. Kraige, “Engineering Mechanics”,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

