รายงานการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตแกลบละเอียด

Design and Development of Paddy Husk Pulverizing Machine

นาย อนิรุท ไชยจารุวณิช

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

ชื่อโครงการ	การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตแกลบละเอียด Design and Development of Paddy Husk Pulverizing Machine
ได้รับทุนวิจัย	เงินงบประมาณรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปี	งบประมาณ 2552
ระยะเวลาทำการวิจัย	ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2551 ถึง 30 กันยายน 2552
ผู้ดำเนินการวิจัย	นายอนิรุท ไชยจารุวณิช
หน่วยงาน	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
เบอร์โทรศัพท์	02-739-0653

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
HD
1459
อ 177ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....116912
วัน,เดือน,ปี.....16 ธ.ค. 2554

b.12326501
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและโอกาสในการทำวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

โครงการนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตแกลบละเอียดขนาด 3 แรงม้า ซึ่งสามารถใช้ผลิตแกลบละเอียดเพื่อช่วยลดพื้นที่การจัดเก็บ การออกแบบใช้หลักการการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลและดัดแปลงจากเครื่องลดขนาดแบบ smooth roll crusher ส่วนประกอบหลักของเครื่องผลิตแกลบแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ลูกกลิ้งและชุดหินขัด ส่วนตัวเครื่อง โครงสร้างฐาน และชุดทางออกของแกลบ มีการประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรจากการทดสอบ ใช้ความเร็วรอบ 5 ระดับ จากผลการทดลองพบว่าปริมาตรจำเพาะของแกลบที่ผลิตจากเครื่องจักรลดลงประมาณ 60 % ทำให้สามารถลดพื้นที่ในการจัดเก็บได้เกือบ 2 ใน 3 และความเร็วรอบต่ำ (870 รอบ/นาที) สามารถผลิตแกลบละเอียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This project is aim to design and construct a paddy husk pulverizing machine supplied with 3 HP motor. The machine can produce fine husk for reducing storage area purpose. The design was based on the principle of machine design and adapted from a smooth roll crusher. The main components were divided into 4 parts; roller and plate stone, machine body, structural and exit channel. The machine was tested to evaluate the efficiency of the machine at 5 varied speeds. As the results, it was found that the specific volume of pulverized husk decreased by 60%, reducing the storage area nearly two third. The low speed (870 rpm) could produce fine husk efficiently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อ	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญรูป	**จ**
สารบัญตาราง	**ช**
1. บทนำ	**1**
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตการวิจัย	1
1.3 วิธีดำเนินการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. วิธีดำเนินการวิจัย	**3**
2.1 ประเภทและหลักการทำงานของเครื่องลดขนาดวัสดุ	3
2.2 คุณสมบัติของแกลบ	9
2.3 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	10
3. การออกแบบเครื่องจักร	**28**
3.1 ชุดลูกกลิ้งและชุดหินขัด	28
3.2 ส่วนตัวเครื่อง	31
3.3 โครงสร้างฐาน	32
3.4 ชุดทางออกของแกลบ	33
3.5 ฝาครอบสายพาน	33
4. ผลการดำเนินงาน	**35**
4.1 การสร้างส่วนประกอบเครื่องจักร	35
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ	40
5. สรุปผลการดำเนินงาน	**42**
บรรณานุกรม	**43**
ภาคผนวก	**ผ 1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องลดขนาดแบบ Ball mill	3
รูปที่ 2.2 เครื่องลดขนาดแบบ Hammer mills	4
รูปที่ 2.3 เครื่องลดขนาดแบบ Smooth roll crusher	5
รูปที่ 2.4 เครื่องลดขนาดแบบ Rotary knife cutter	6
รูปที่ 2.5 เครื่องลดขนาดแบบ Roller mill	7
รูปที่ 2.6 เครื่องลดขนาดแบบ Plate mill	8
รูปที่ 2.7 เครื่องลดขนาดแบบ Crusher	9
รูปที่ 2.8 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ	13
รูปที่ 2.9 แบบแหวนล็อคเยื้องศูนย์พร้อมสลักเกลียว	15
รูปที่ 2.10 แบบสลักเกลียวล็อค	15
รูปที่ 2.11 แบบปลอกปรับขนาดเพลา	16
รูปที่ 2.12 แบบการกำหนดตำแหน่งโดยการสวมแน่น	16
รูปที่ 2.13 ตัวเสื้อแบบพลัมเมอร์ (พิลโล) บล็อกชิ้นเดียวทำด้วยเหล็กหล่อ	17
รูปที่ 2.14 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	18
รูปที่ 2.15 แรงบนสายพานลิ่ม	20
รูปที่ 2.16 แรงในสายพานลิ่ม	21
รูปที่ 2.17 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม	24
รูปที่ 3.1 แบบหล่อซีเมนต์ลูกกลิ้ง	29
รูปที่ 3.2 แบบหล่อซีเมนต์ชุดหินขัด	29
รูปที่ 3.3 ลูกกลิ้งตัวในก่อนหล่อซีเมนต์	30
รูปที่ 3.4 การประกอบแบบหล่อเข้ากับลูกกลิ้งตัวใน	30
รูปที่ 3.5 แผ่นรองสำหรับหล่อชุดหินขัด	31
รูปที่ 3.6 การประกอบแบบหล่อชุดหินขัดเข้ากับแผ่นรอง	31
รูปที่ 3.7 ฝาปิดบน	32
รูปที่ 3.8 ฐานล่าง	32
รูปที่ 3.9 โครงสร้างฐาน	33
รูปที่ 3.10 ชุดทางออกของแกลบ	33
รูปที่ 3.11 ฝาครอบสายพาน	34
รูปที่ 4.1 การหล่อซีเมนต์ลูกกลิ้ง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 ลูกกลิ้งที่ได้จากการหล่อซีเมนต์ 36
รูปที่ 4.3 การหล่อซีเมนต์ชุดหินขัด 37
รูปที่ 4.4 ชุดหินขัดที่ได้จากการหล่อซีเมนต์ 37
รูปที่ 4.6 ตัวเครื่องบดแกลบ 37
รูปที่ 4.7 ชุดทางออกของแกลบ 38
รูปที่ 4.8 ชุดโครงสร้างฐาน 38
รูปที่ 4.9 ฝาครอบสายพานที่สร้างเสร็จแล้ว 39
รูปที่ 4.10 การประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน 39
รูปที่ 4.11 แกลบก่อนทำการบดด้วยเครื่องบดแกลบ 41
รูปที่ 4.12 แกลบหลังทำการบดด้วยเครื่องบดแกลบ 41

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969 11

ตารางที่ 2.2 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957 (E) และ ISO/R 256-1962 (E) 19

ตารางที่ 2.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957 (E)และ ISO /R253-1962 (E) ขนาดเป็นมิลลิเมตร 20

ตารางที่ 2.4 ตัวประกอบใช้งาน 23

ตารางที่ 2.5 ค่าตัวประกอบ k_2 24

ตารางที่ 2.6 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม 26

ตารางที่ 2.7 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม 27

ตารางที่ 4.1ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดแกลบ 41

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 บทนำ

ประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นอันดับต้นของโลก การทำนาและปลูกข้าวของประเทศไทยมีผลผลิตในแต่ละปีมีปริมาณหลายล้านตันเพื่อการบริโภคและการส่งออก หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าว ข้าวที่ได้จะเป็นข้าวเปลือก ซึ่งต้องนำไปผ่านการสีข้าว และของเหลือที่ได้คือ แกลบ การนำแกลบไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำแกลบมาทำเป็นปุ๋ย หรือส่วนผสมของอาหารสัตว์ ถือเป็นผลพลอยได้ที่ทำให้เกษตรกร สามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานทดแทน และขี้เถ้าแกลบละเอียดสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับซีเมนต์หรืออิฐได้อีกด้วย

แกลบละเอียดที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์จะต้องผ่านการบดด้วยเครื่องจักร ขนาดของแกลบที่ผ่านการบดขึ้นอยู่ลักษณะและวิธีการบดของแต่ละเครื่องจักร โดยทั่วไปเครื่องจักรเหล่านี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เกษตรกรที่ไม่มีทุนในการลงทุนซื้อเครื่องจักรจึงขาดโอกาสและไม่สามารถนำแกลบไปใช้ได้ เพื่อเป็นการทดแทนการนำเข้า การพัฒนาเครื่องจักรที่สามารถผลิตแกลบละเอียดได้ตรงตามความต้องการ จึงถือเป็นการช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ที่ต้องการใช้เครื่องผลิตแกลบละเอียดและเป็นลดต้นทุน อีกทั้งยังช่วยลดพื้นที่การจัดเก็บแกลบ

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตแกลบละเอียดด้วยวิธีใหม่
2. เพื่อผลิตแกลบละเอียดจากแกลบแห้งและลดการจัดเก็บ

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1. เครื่องจักรสามารถผลิตแกลบละเอียดจากแกลบแห้งสนิท
2. เครื่องจักรขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า สามารถปรับความเร็วรอบได้ 5 ระดับ
3. ปัจจัยคงที่ได้แก่ ขนาดล้อสายพานที่ตัวมอเตอร์ต้นกำลังเท่ากับ 3 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรงเท่ากับ 1.5 มม. ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งกับชุดหินขัด

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะ รูปร่างและหลักการทำงานของเครื่องจักรลดขนาดหรือบดวัสดุที่มีอยู่ในปัจจุบัน
2. ศึกษาการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ รวมถึงคุณสมบัติของแกลบ
3. ออกแบบลักษณะ รูปแบบ วิธีการและหลักการทำงานของเครื่องผลิตแกลบละเอียด
4. จัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่จำเป็นในการสร้างเครื่องจักร
5. ประกอบและทดสอบการทำงานของเครื่องจักร
6. ตรวจสอบและประเมินการทำงานของเครื่องจักร
7. สรุปและจัดทำรายงานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการสร้างเครื่องผลิตแกลบละเอียด
2. เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่ขาดแคลนทุน
3. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตเครื่องจักรทางการเกษตร
4. เพื่อนำวัตถุดิบเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ และช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนแรกคือการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย การศึกษาประเภทและหลักการทำงานของเครื่องลดขนาดวัสดุที่ใช้ในปัจจุบัน คุณสมบัติของแกลบ และการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ

2.1 ประเภท และหลักการทำงานของเครื่องลดขนาดวัสดุ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเครื่องจักรที่ใช้ในการลดขนาดหรือบดวัสดุที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยการศึกษาประเภทและหลักการทำงานของเครื่องลดขนาดวัสดุต่างๆ ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการออกแบบเครื่องผลิตแกลบละเอียด

เครื่องลดขนาดวัสดุสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการทำงานทั้งหมด 7 ประเภท

1. เครื่องลดขนาดแบบ Ball mill

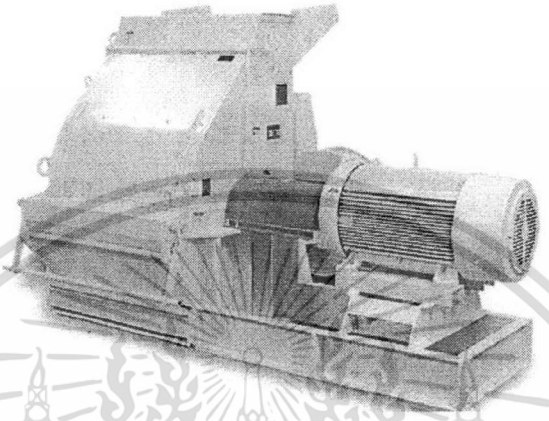
เครื่องบดแบบ Ball Mill เป็นเครื่องจักรโดยการปั่นถังปิดทรงกระบอกซึ่งบรรจุลูกเหล็กทรงกลม ซึ่งลูกเหล็กที่หล่นกลับมากระทบกับวัสดุที่ต้องการบด ความเร็วรอบในการปั่นประมาณ 4-20 รอบต่อนาที ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของถัง ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของถังมีขนาดใหญ่จะทำให้หมุนได้ช้าลง หากใช้ความเร็วสูงเกินไปจะมีผลทำให้เกิดลักษณะแรงเหวี่ยงเข้าศูนย์กลาง และทำให้ลูกเหล็กกระจายตามขอบรอบถัง เรียกจุดนี้ว่าความเร็ววิกฤต ซึ่งการใช้งานทั่วไปจะประมาณ 65-70% ของความเร็ววิกฤต

รูปที่ 2.1 เครื่องลดขนาดแบบ Ball mill

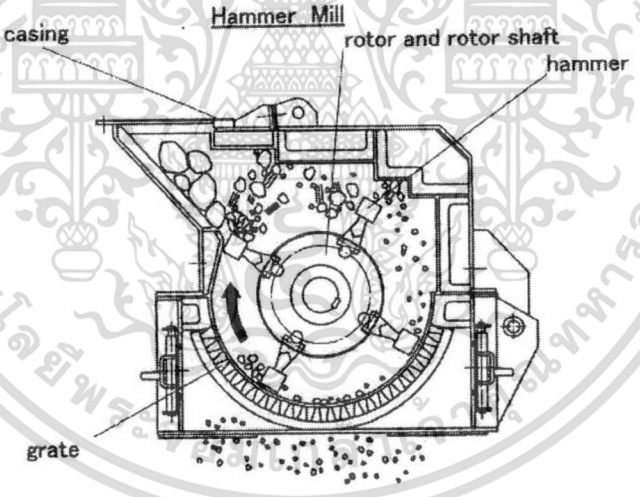
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติจะใช้วิธีการนี้ในการบดวัสดุที่มีขนาดใหญ่เท่ากับ 0.6 มิลลิเมตร หรือเล็กกว่าจนไปถึงระดับ 20-75 ไมครอน มีการใช้การคัดกรองวัสดุที่ผ่านการบดหลายแบบ เช่น ฉาก (screens) เกลียว (spiral) หรืออากาศ

2. เครื่องลดขนาดแบบ Hammer mills



(ก)



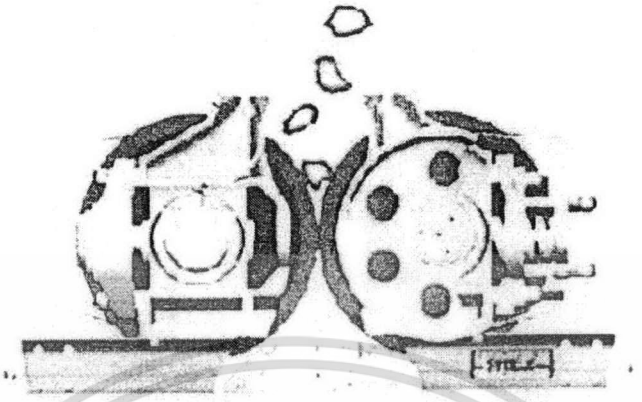
(ข)

รูปที่ 2.2 เครื่องลดขนาดแบบ Hammer (ก) ลักษณะภายนอก (ข) ลักษณะภายใน

หลักการของเครื่องบดแบบ Hammer Mill คือการอาศัยแรงเหวี่ยงของแกนที่มีค้อนหลายตัวติดอยู่ตัวหมุน ทำให้วัสดุถูกบด ลักษณะรูปร่างของค้อนมีหลายแบบแล้วแต่การออกแบบ วัสดุอาจถูกป้อนจากด้านบนหรือตรงกลาง แล้วกระจายออกรอบนอกตามแรงเหวี่ยงภายในห้องบดที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกซึ่งขอบใน เครื่องบดแบบนี้เหมาะสำหรับวัสดุที่มีความแข็ง ขนาดของวัสดุที่ผ่านการบดจะขึ้นอยู่กับตะแกรงกรอง (grate) และความเร็วในการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องลดขนาดแบบ Smooth roll crusher

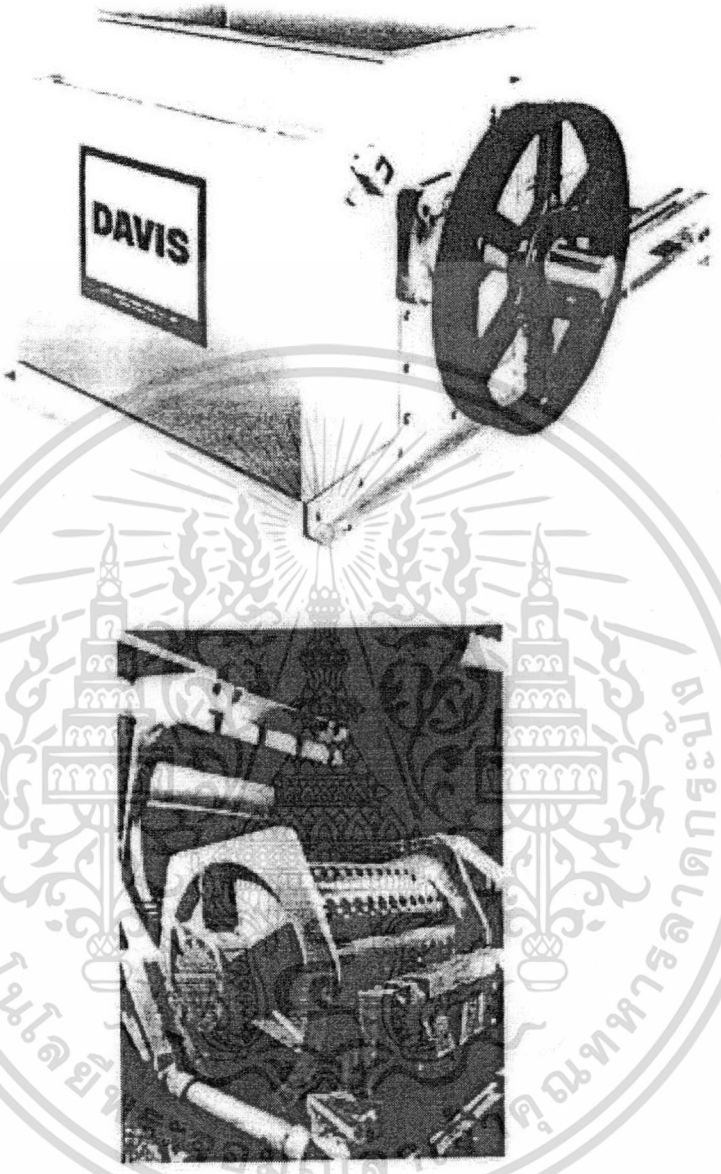


รูปที่ 2.3 เครื่องลดขนาดแบบ Smooth roll crusher

ลักษณะการทำงานของเครื่องลดขนาดแบบ Smooth roll crusher วัสดุจะถูกปล่อยลงมาจากด้านบนผ่านลูกกลิ้งสองลูกหมุนด้วยความเร็วที่ต่างกัน จะมีสปริงดันอยู่ด้านข้างเพื่อกำหนดระยะห่างและดันลูกกลิ้งไว้ตลอดเวลา เพราะวัสดุที่ตกลงมาจะมีขนาดที่ต่างกัน เมื่อผ่านลูกกลิ้งจะมีขนาดที่เล็กลงและตกลงสู่ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องลดขนาดแบบ Rotary knife cutter



รูปที่ 2.4 เครื่องลดขนาดแบบ Rotary knife cutter

ลักษณะการทำงานของเครื่องลดขนาดแบบ Rotary knife cutter คือเป็นเครื่องมือตัดทั่วๆไปไม่มีอะไรซับซ้อน หลักงานทำงานง่ายๆคือประกอบด้วยใบมีดหมุนในลักษณะต่างๆ เหมาะสำหรับลดขนาดวัสดุที่ไม่มีความแข็งและสามารถถูกตัดได้ง่าย แต่ปัญหาใหญ่มักจะได้แก่การรักษาใบมีดให้คมอยู่เสมอเพื่อให้การตัดมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

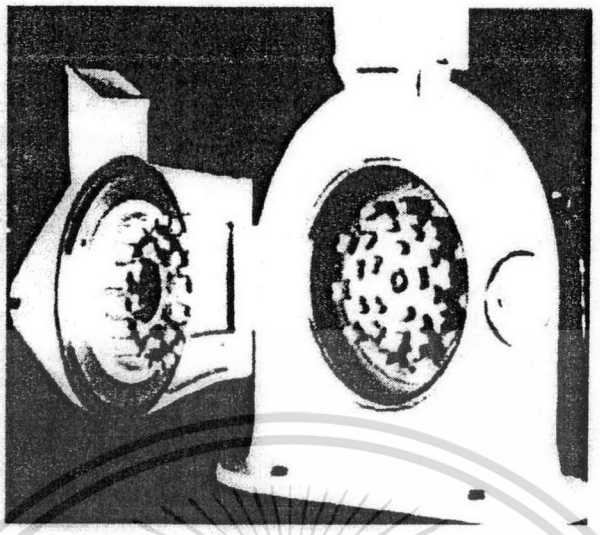
5. เครื่องลดขนาดแบบ Roller mill

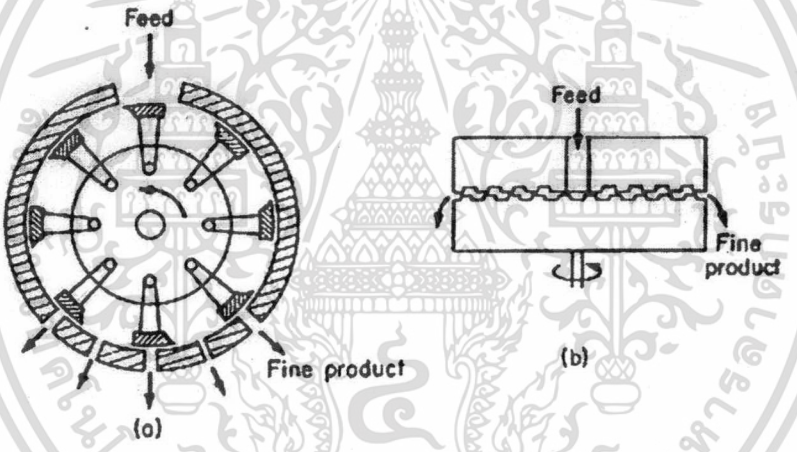
รูปที่ 2.5 เครื่องลดขนาดแบบ Roller mill

ลักษณะการทำงานของเครื่องลดขนาดแบบ Roller mill มีลักษณะคล้ายกับเครื่องลดขนาดแบบลูกกลิ้ง แต่ว่ามีพื้นผิวละเอียดหรือมีพื้นผิวที่มีฟันละเอียดกว่า และหมุนในอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน เครื่องบดแกลบนี้ใช้กันมากในการบดแป้งเนื่องจากลักษณะทรงเรขาคณิตที่ง่าย ขนาดของอนุภาคที่ใหญ่ที่สุดที่ผ่านจึงสามารถควบคุมได้ ถ้ารู้สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างลูกกลิ้งและวัสดุที่ใช้ป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องลดขนาดแบบ Plate mill



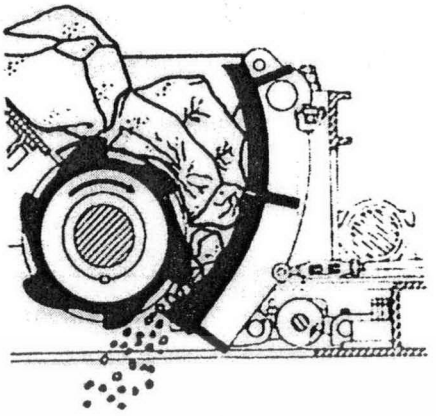


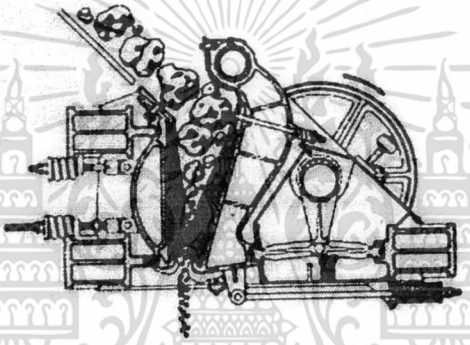
รูปที่ 2.6 เครื่องลดขนาดแบบ Plate mill

ลักษณะการทำงานของเครื่องลดขนาดแบบ Plate mill วัสดุดุจะถูกป้อนไประหว่างแผ่นบางๆรูปวงกลมของสองแผ่น แผ่นหนึ่งอยู่กับที่และอีกแผ่นหนึ่งหมุน วัสดุที่ป้อนจะเข้าเครื่องสู่เครื่องใกล้แกนหมุนและจะถูกแรงเฉือนและแรงอัดในขณะที่เคลื่อนที่ไปที่ขอบของแผ่น Plate ติดตั้งในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เครื่องลดขนาดแบบ Crusher





รูปที่ 2.7 เครื่องลดขนาดแบบ Crusher

ลักษณะการทำงานของเครื่องลดขนาดแบบ Crusher จะมีแผ่นที่มีความแข็งแรงมากยึดอยู่กับที่และจะบดแบบลูกกลิ้งหรือแบบแผ่นกระแทกวัสดุให้มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆจนวัสดุตกลงสู่ด้านล่าง

2.2 คุณสมบัติของแกลบ

แกลบได้มาจากการกระบวนการสีข้าว เพื่อกะเทาะเปลือกออก และส่วนของเปลือกข้าวนี้เราเรียกว่า "แกลบ" ลักษณะทางกายภาพของแกลบจะมีเรียวและรี มีขนาดความยาวไม่เกิน 5 มิลลิเมตร และความกว้างไม่เกิน 2 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถแยกออกระหว่างการสีข้าว ความหนาแน่นโดยประมาณ 127 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยทั่วไปแกลบจะมีความชื้นไม่เกิน 15 % จุดเด่นข้อนี้ทำให้แกลบสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานทดแทนได้ และขี้เถ้าที่ได้จากการเผาแกลบยังมีมูลค่าสูง หากมีการควบคุมคุณภาพของขี้เถ้า สามารถนำไปผลสมกับซีเมนต์หรืออิฐเพื่อเพิ่มความแข็งแรง นอกจากนั้นแกลบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม เช่น ใช้ทำปุ๋ยโดยการผสมแกลบลงในดินก่อนปลูก สำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงไก่ สามารถนำแกลบปูเป็นรองพื้น แกลบละเอียดยังสามารถใช้ทำเป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

ชิ้นส่วนของเครื่องจักรถือเป็นส่วนสำคัญต่อการทำงานและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร และความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักร ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักร เช่น เพลา ลิ่ม เป็นต้น จะต้องได้รับการออกแบบอย่างถูกต้อง ในส่วนนี้จะกล่าวเฉพาะชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ใช้ในการสร้างเครื่องผลิตแกลบละเอียด โดยเน้นถึงเรื่องความสามารถในการรับแรงและประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร

เพลา

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและมีหน้าที่ในการส่งกำลัง และมีแกนเป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะเดียวกันกับเพลา แต่ไม่หมุน โดยทั่วไปแกนทำหน้าที่เพียงตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ส่วนมากทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลา ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม

ประเภทของเพลาสามารถแบ่งออกได้ทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่

1. สตับชาฟต์ (Stub shaft) หรือบางครั้งเรียกเฮดชาฟต์ (Head shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีรูปร่างและส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

2. เพลาแนว (Line shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power transmission shaft) หรือเพลาเมน (Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

3. แจ็คชาฟต์ (Jack shaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

4. เพลาอ่อน (Flexible shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรืองอโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำจากสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ การคำนวณจึงต้องพิจารณาในกรณีความเค้นผสม แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เกิดความเสียหายในเพลาเนื่องจากความล้าได้ ดังนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน ตามลักษณะการรับแรง นอกจากนั้นเพลายังจะต้องมีความแข็งเกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบริ่ง (Ball bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

ขนาดของเพลามีการกำหนดเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลา ซึ่งเป็นขนาดที่ระบุไว้ใน ISO/R775-1969 สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วย ขนาดมาตรฐานของเพลาแสดงดัง ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969

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	

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่หากต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้ว มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่นๆ

สำหรับการพิจาณาในการออกแบบ การคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งเที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไป นอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่ เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น ถึงแม้ว่าไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลาไว้ ในทางปฏิบัติแล้ว มักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลทั่วไป ไม่เกิน 0.3 องศา ต่อความยาวเพลา 1 เมตร สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มีมุมบิดได้ถึง 1 องศา ต่อความยาวเพลา 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาในกรณีของเพลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้ว จะให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5 องศา ตลอดความยาวของเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งเกร็งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่ง เพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพานเฟือง และโครงสร้างของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลาให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลง เป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบของเฟืองลดลงด้วย ทำให้การส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบริ่งมารองรับเพลาก็เช่นกัน จำเป็นจะต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาตให้มีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะโก่งของเพลาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบริ่งแบบธรรมดาหรือแบริ่งแบบปรับแนวได้เอง (Self-aligning bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะโก่งเป็นสำคัญ ระยะโก่งดังที่กล่าวมานี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้ โดยทั่วไปแล้ว ผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่งได้ดังนี้คือ

สำหรับเพลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบริ่งควรจะไม่เกิน 0.08 มิลลิเมตร

สำหรับเพลามที่มีเฟืองตรง (Spur gear) คุณภาพดีอยู่ด้วยระยโก่ง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกัน ไม่เกิน 0.125 มิลลิเมตร และความลาดเอียงของเพลา ณ ตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า 0.0286 องศา

สำหรับเพลาที่มีเฟืองดอกจอก (Bevel gear) คุณภาพดีติดอยู่ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่เฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.075 มิลลิเมตร

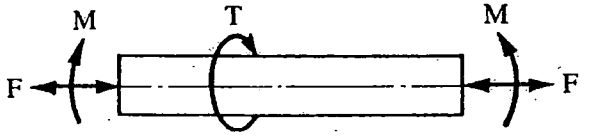
จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าขนาดของเพลาอาจจะหามาได้โดยใช้ความแข็งเกร็งที่ต้องการแทนที่จะเป็นความแข็งแรงในการรับแรงภายนอกได้การหาระยะโก่งของเพลาที่มีขนาดท่ากันตลอดอาจทำได้โดยใช้วิธีการอินทิเกรตสองครั้ง และวิธีพื้นที่ของโมเมนต์ดัด (Moment area) เป็นต้น

สำหรับเพลาที่มีขนาดไม่เท่ากันตลอด (Stepped shaft) การใช้วิธีดังกล่าวมาแล้วอาจจะล่าช้า และเสียเวลา โดยเฉพาะวิธีการอินทิเกรตสองครั้งเพราะต้องใช้สภาพของขอบเขตใหม่ทุกครั้งที่เพลาเปลี่ยนขนาด วิธีที่นิยมใช้กัน (แต่ก็ยังใช้เวลามาก) คือวิธี Graphical integration และ Numerical integration

การออกแบบตามรหัส (code) ของ ASME ก่อนปี พ.ศ.2497ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลัง ซึ่งกำหนดเป็นรหัส โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) วิธีดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยใช้วิธีสถิตยศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการทั่วไปสำหรับการออกแบบเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาเพลากลมและกลวง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอก เท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ มีความเค้นต่างๆกระทำต่อเพลาตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ

สำหรับการหาขนาดความเค้นต่างๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.1- 2.3

ความเค้นดึงหรือกด $$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \tag{2.1}$$

ความเค้นดัด $$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2.2}$$

ความเค้นเฉือน $$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2.3}$$

ในกรณีที่เป็นแรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอได้ดังนั้นสมการความเค้นดึงหรือกดจึงกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \tag{2.4}$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับกรณีที่มีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

ถ้าให้ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้น สมการ (2.3) ก็จะกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_mMd}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2.5}$$

และ

$$\tau = \frac{16C_tTd}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวม คือ $\sigma = \sigma_a + \sigma_b$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด $$\tau_{max} = \left[\tau_{xy}^2 + \left[\frac{\sigma}{2}\right]^2\right]^{1/2} \quad (2.7)$$

แทนค่าสมการลงในสมการที่แล้วและจัดรูปใหม่ จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)}\left[(C_t T)^2 + \left\{\frac{\alpha F d(1+K)^2}{8} + C_m M\right\}^2\right]^{1/2} \quad (2.8)$$

โดยที่ $K = \frac{d_i}{d}$

ในกรณีที่ไม่มีแรง F กระทำอยู่ สมการจะจัดรูปเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)}\left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2\right]^{1/2} \quad (2.9)$$

หรือในกรณีของเพลาดัด $K = \frac{d_i}{d} = 0$ มื่อแทนค่าลงในสมการก็จะได้สมการที่มีรูปคล้ายกับหนังสือกลศาสตร์วัสดุทั่วไป คือ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2\right]^{1/2} \quad (2.10)$$

นอกจากนี้ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่า เพลาซึ่งมีอยู่ในงานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$\tau_d = 55 N/mm^2$ สำหรับเพลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

$\tau_d = 41 N/mm^2$ สำหรับเพลาที่มีร่องลิ่ม

แต่ถ้ากำหนดวัสดุเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือส่วนผสมของโลหะ ให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน จากสมการโดยให้เลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

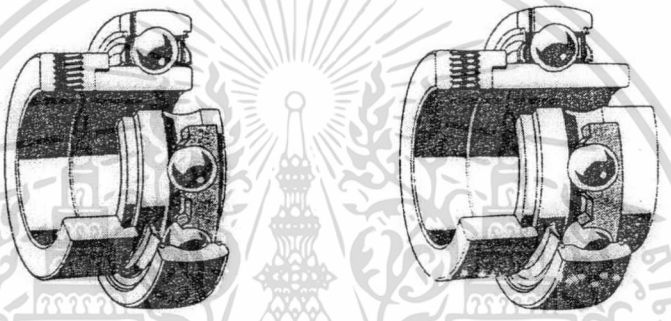
$$\tau_d = 0.3\tau_y \quad \text{หรือ} \quad \tau_d = 0.18\tau_y \tag{2.11}$$

ถ้าเพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าในสมการความแข็งเกร็งทางด้านการบิด

ตลับลูกปืน Y-bearing

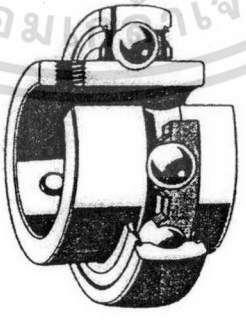
ตลับลูกปืนวายแบริ่งสามารถแบ่งลักษณะของวิธีการติดตั้งตลับลูกปืนลงบนเพลา มีวิธีการแตกต่างกันอยู่ 4 วิธี

1. แบบแหวนล็อคเยื้องศูนย์พร้อมสลักเกลียว เหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีทิศทางหมุนคงที่



รูปที่ 2.9 แบบแหวนล็อคเยื้องศูนย์พร้อมสลักเกลียว

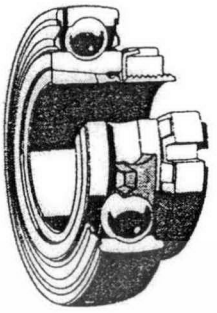
2. แบบสลักเกลียวล็อค (Grub set screw locking) เหมาะสำหรับการใช้งานซึ่งมีทิศทางการหมุนกลับไปกลับมา



รูปที่ 2.10 แบบสลักเกลียวล็อค

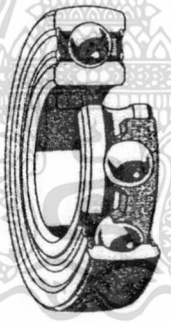
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบปลอกปรับขนาดเพลา (Adapter sleeve) สามารถใช้สำหรับชิ้นงานที่หมุนกลับไปกลับมาได้ ใช้งานที่มีความเร็วสูงขึ้นและสำหรับงานที่ต้องการความเรียบกว่า



รูปที่ 2.11 แบบปลอกปรับขนาดเพลา

4. แบบการกำหนดตำแหน่งโดยการสวมแน่น แบริ่งชนิดนี้จะมีค่าความเผื่อระดับปกติสำหรับขนาดรูของตลับลูกปืนและการกำหนดตำแหน่งอยู่บนเพลาโดยใช้การสวมแน่นที่เหมาะสม ตลับลูกปืนชนิดนี้เหมาะสำหรับงานที่มีความเร็วสูงและในกรณีที่มีทิศทางการหมุนกลับไป กลับมา

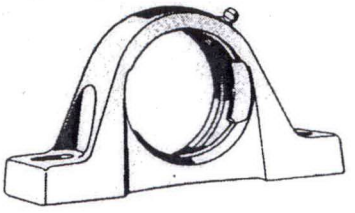


รูปที่ 2.12 แบบการกำหนดตำแหน่งโดยการสวมแน่น

ตัวเสื้อของตลับลูกปืนวายมีแบบพลัมเมอร์บล็อค แบบหน้าแปลนและแบบเทคอัพ ซึ่งทำด้วยเหล็กหล่อสีเทา ส่วนแบบพลัมเมอร์บล็อคและแบบหน้าแปลนยังมีการทำด้วยเหล็กกล้าอัดขึ้นรูปด้วย ตัวเสื้อเหล็กหล่อเหมาะสำหรับการรับแรงสูงกว่า ตัวเสื้อเหล็กหล่อของตลับลูกปืนวายมีรูเติมจารบีและร่องในแนวรัศมีอยู่ที่รูของตลับลูกปืน เพราะฉะนั้นตลับลูกปืนวายพร้อมรูสำหรับการหล่อลื่นอยู่ที่วงแหวนนอก จึงสามารถเปลี่ยนหรือเติมจารบีเมื่อติดตั้งอยู่ในตัวเสื้อเหล็กหล่อได้ ตัวเสื้อของตลับลูกปืนวายที่อัดขึ้นรูปจากเหล็กกล้าถูกแยกออกเป็น 2 ชิ้นส่วนและไม่มีรูสำหรับเติมจารบีสำหรับการเติมจารบีใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.13 ตัวเสื้อแบบพลัมเมอร์ (พิลโล) บล็อกชิ้นเดียวทำด้วยเหล็กหล่อ

ตัวเสื้อของตลับลูกปืนวายทำด้วยเหล็กหล่อ ได้รับการออกแบบเพื่อให้สามารถรับแรงพลวัตและแรงสถิตได้เท่ากับตลับลูกปืนวายที่บรรจุอยู่ ตัวเสื้อแบบหน้าแปลนมีร่องเว้า (เส้นผ่าน ศูนย์กลาง D_s) ทำให้เราสามารถวางศูนย์ของตัวเสื้อลงบน รูสวมบนผนังของเครื่องจักรกลได้อย่างพอเหมาะ ซึ่งหมายความว่าสลักเกลียวจับยึดจะไม่ได้รับแรงในแนว รัศมีด้วย

ตัวเสื้ออัดขึ้นรูปซึ่งทำด้วยเหล็กกล้าอัดขึ้นรูปมาสามารถรับแรงได้สูงเท่ากับความสามารถในการรับแรงของตลับลูกปืนแรงในแนวรัศมีที่อนุญาตของชุดตลับลูกปืนวายแรงรุนไม่ควรเกิน 30% ของแรงในแนวรัศมีที่อนุญาต สำหรับตัวเสื้อแบบพลัมเมอร์ปล๊อค และไม่ควรเกิน 50% ของแรงในแนวรัศมีที่อนุญาต สำหรับตัวเสื้อแบบหน้าแปลน ในกรณีที่มีแรงกระแทกหรือแรงรุนกระทำกลับไปกลับมา เราควรที่จะใช้ตัวเสื้อเหล็กหล่อ

การหล่อลื่นและการดูแลรักษา ในกรณีที่การจัดตั้งตลับลูกปืนจะต้องมีฝุ่นผงและความชื้นหรือทำงานที่ความเร็วสูงหรืออุณหภูมิสูงเกินกว่า 70°C ขอแนะนำให้ใช้ชุดตลับปืนวายที่มีตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อเพราะชุดตลับลูกปืนวายเหล่านี้ สามารถเปลี่ยนหรือเติมจารบีได้

คำแนะนำในการติดตั้ง ในการติดตั้งชุดตลับลูกปืนวาย เราไม่ควรที่จะติดตั้งตำแหน่งของตลับลูกปืนวายบนเพลาจนกว่า จะได้ทำการยึดตัวเสื้อกับผิวรองรับให้แน่นเสียก่อน ในวิธีการนี้ตลับลูกปืนจะอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องบนเพลาโดยไม่ทำให้เกิดความเค้นสูง ชุดตลับลูกปืนวายพร้อมตัวเสื้อเหล็กหล่อ ชุดตลับลูกปืนเหล่านี้สามารถติดตั้งได้ง่ายโดยการดันเข้าไปตามแกนของเพลาแล้วจึงร้อยสลักเกลียวจำนวนสองหรือสี่ตัวและทำการขันให้แน่น

สายพานลิ่ม

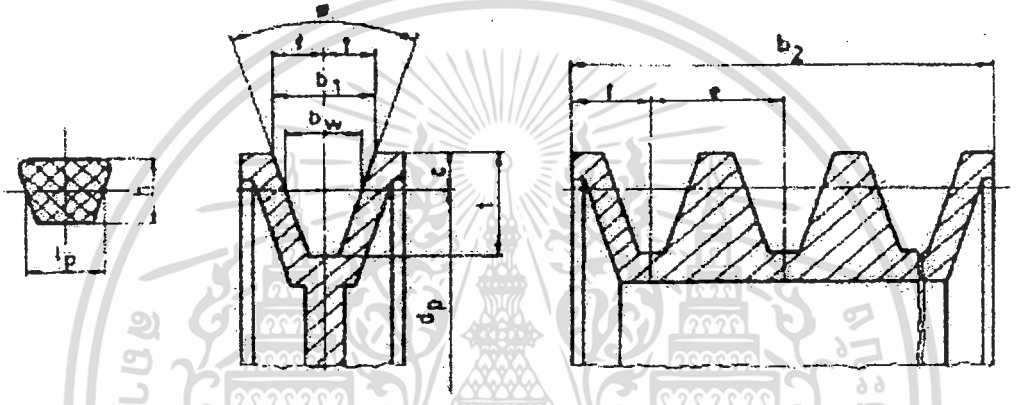
สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อยทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียวกับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีแม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉินก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรคได้ด้วย

116912

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับด้วยสายพานลิ่มมีข้อดีคือเงียบสะอาดและสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกนั้นยังมีขนาดกะทัดรัดมีประสิทธิภาพดีและแบริ่งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการกับอุตสาหกรรมทั่วไปซึ่งใช้ สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1

สายพานลิ่มมีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดามีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพานดูได้จากรูปที่ 2.14 และตารางที่ 3.3 ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ตารางที่ 3.4



รูปที่ 2.14 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957 (E) และ ISO/R 256-1962 (E)

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_l			6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40
c			1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	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°	ϕ		≤63	-	-	-	-	-	-
34°	สำหรับเส้น		-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-	-
36°	ผ่าน		63	-	-	-	-	≤500	≤500
38°	ศูนย์กลาง		-	>80	>118	>190	>315	>500	>630
	พิตช์ d_p								
b_2	จำนวน	1	12	16	20	25	34	48	58
	ร่องบ่า	2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
	ล้อสาย	3	28	40	50	63	85	122	147
	พาน	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	261.5	181	458.5
		11		136	170	215	289	418	503
		12		148	185	234	314.5	455	547.5
$d_{p_{min}}$			28	50	80	125	200	355	500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานตาม มาตรฐาน ISO/R 52-1957(E) และ ISO /R253-1962(E) ขนาดเป็นมิลลิเมตร

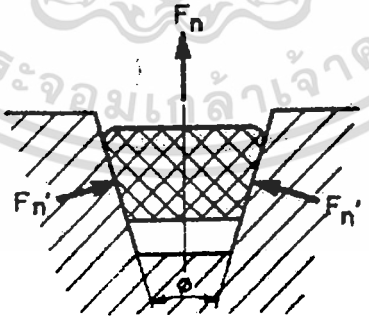
25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	200
31.5	67	112	190	315	560	1060	2240
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	
45	80	132	224	400	670	1400	
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
56	95	160	265	475	800	1800	

ในการขับด้วยสายพานลิ่ม แรงปฏิกิริยา ระหว่างสายพานกับล้อสายพาน จะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับล้อสัมผัส ดังรูป 2.15 ให้ $F_{n'}$ เป็นแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับร่องบนล้อสายพาน ดังนั้นจากสมการ $fF_{n'} = dF$ ของสายพานแบน ในกรณีของสายพานลิ่มจะกลายเป็น $2fF_{n'} = dF$ แรงปฏิกิริยาของแรง $F_{n'}$ ทั้งสองแรงคือ

$$F_n = 2F_n \sin\frac{\phi}{2} \tag{2.12}$$

หรือ

$$F_{n'} = \frac{F_n}{2\sin\frac{\phi}{2}} \tag{2.13}$$

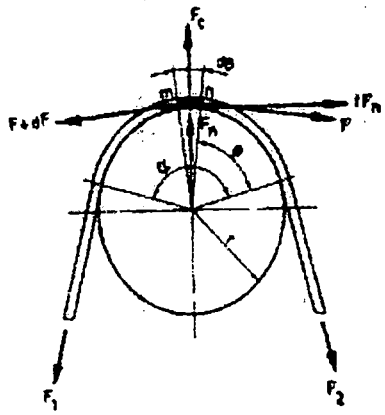


รูปที่ 2.15 แรงบนสายพานลิ่ม

แทนค่า $F_{n'}$ จะได้

$$\frac{fF_n}{\sin\frac{\phi}{2}} = dF \tag{2.14}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แรงในสายพานลิ่ม

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.16 และแรงร่วมในแนวดิ่งจะได้

$$F_c + F_n = \left(F + \frac{1}{2}dF\right)d\theta \tag{2.15}$$

เมื่อกำจัด F_n ออกจากสมการทั้งสองนี้จะได้

$$dF = \frac{f}{\sin\frac{\phi}{2}}\left(F + \frac{1}{2}dF - \frac{wAv^2}{g}\right)d\theta \tag{2.16}$$

$$\frac{dF}{F + \frac{1}{2}dF - \frac{wAv^2}{g}} = \frac{f}{\sin\frac{\theta}{2}}d\theta \tag{2.17}$$

อินทิเกรตสมการนี้จาก $\theta = 0$ ถึง Infinity และจาก F = F_2 ถึง F = F_1จะได้

$$\ln\frac{F - \frac{wAv^2}{g}}{F - \frac{wAv^2}{g}} = e^{\frac{\alpha f}{\sin(\phi/2)}} \tag{2.18}$$

หรือ

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{\alpha f'} \tag{2.19}$$

โดยที่ $f' = f/\sin(\phi/2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำลังที่ส่งได้โดยสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = z(F_1 - F_2)v \tag{2.20}$$

โดยที่ v = ความเร็วของสายพาน เป็น m/s และ z = จำนวนสายพาน

ความยาว พิตซ์โดยประมาณของสายพานลิ่มหาได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \tag{2.21}$$

โดยที่สัญลักษณ์ต่างๆ ยังคงมีความหมายเช่นเดียวกับสายพาน แต่ในกรณีของสายพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์แทน หรือในกรณีที่ทราบความยาวพิตแล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางก็ทำได้ โดยใช้สมการ

$$C = p + \sqrt{p^2 - q} \tag{2.22}$$

โดยที่ $p = 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p)$ และ $q = 0.15(D_p + d_p)^2$

การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นจะช่วยให้การขับด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นมากเกินไป จะทำให้ขอบสายพานยืดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไปจากสมการ (2.25) แรงดึงสายพานขณะส่งกำลังคือ

$$F = F_1 - F_2 = \frac{W_p}{v} \tag{2.23}$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{wAv^2}{g} = mv^2 \tag{2.24}$$

แรงลัพธ์เนื่องจากการหนีศูนย์กลางคือ

$$F_R = 2.z.F_c \sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.25}$$

โดยที่ z = จำนวนสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นแรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลังกับแรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางนั่นคือ

$$F_i = F_w + F_o \tag{2.26}$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = k_i.F.\sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.27}$$

โดยที่ k_i เป็นตัวประกอบการใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงาน ซึ่งหาค่าได้จากตารางที่ 2.4 แล้วใช้แรงนี้เป็นแรงดึงชั้นต้น

ตารางที่ 2.4 ตัวประกอบใช้งาน

k_i	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ในกรณีที่ขับโดยมีระยะระหว่างศูนย์กลางคงที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลาก็จำเป็นต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วย จากสมการ 2.25 จะได้

$$F_R = 2.z.\frac{wAv^2}{g}\sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.28}$$

ซึ่งเขียนใหม่ได้เป็น

$$F_R = z.k_2.v^2\sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.29}$$

ค่า k_2 หาได้จากตารางที่ 3.6 ดังนั้นแรงดึงขั้นต้นในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_1 = \left(k_1F + zk_2v^2\right)\sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.30}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

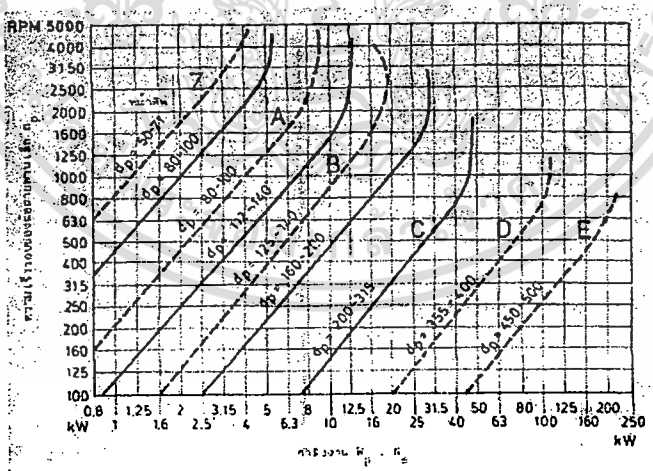
ตารางที่ 2.5 ค่าตัวประกอบ k_2

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

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังโดยสานพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้ก็จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลิ่มตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

ในการเลือกขนาดของล้อสายพานขอแนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.2 แต่ข้อควรระวังคือขณะใช้งานปกติความเร็วของ สายพานไม่ควรสูงกว่า 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ่มสำหรับการส่งกำลังอาจทำได้โดยใช้รูปที่ 2.17 แต่กำลังที่ส่งได้จริงของสายพาน จะต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่ม ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป



รูปที่ 2.17 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม

การเลือกขนาดของสายพานลิ่มจะแตกต่างไปจากสายพานแบนเล็กน้อยคือ การเลือกขนาดของสายพานลิ่มจะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ต้องการใช้งานจากกำลังที่ต้องการขับ และตัวประกอบ ที่ใช้แก้ไขต่างๆ จำนวนของสายพานลิ่มหาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$z = \frac{W_p . N_s}{P_R . N_a . N_1} \tag{2.31}$$

โดยที่

z = จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม

W_p = กำลังที่ต้องการ

N_s = ตัวประกอบใช้งาน หาค่าได้จากตารางที่ 2.6

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตารางที่ 2.7

N_1 = ตัวประกอบแก้ไขความยาวของสายพาน

P_R = กำลังสายพานลิ่มหนึ่งลิ่มส่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งาน และชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่นการทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นได้อีกเป็นกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ: Normal torque , Squirrel cage , Synchronous and Split phase มอเตอร์กระแสตรง : Shunt wound เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			มอเตอร์กระแสสลับ: High torque , High slip , Repulsion – induction, Single phase, Series wound and Slip ring มอเตอร์กระแสตรง : Series wound และ Compound wound		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤10	10-16	>16	≤10	10-16	>16
งานเบา : เครื่องกวนของเหลว เครื่องเป่าลม เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบหอยโข่ง พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kw. สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช เครื่องผสมของข้นเหนียว พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kw. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพลาเมน เครื่องซักผ้า เครื่องมือกล เครื่องพิมพ์ เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ Bucket elevators exiters เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบลูกสูบ สายพานลำเลียง Hammer mills paper mill beaters	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม

d_p (mm)	$M_{(n)}$	ความเร็วรอบของล้อสายพาน n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	2000	2400	2850	3200	3600
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น p_R (kw)										
50	1.00	0.13	0.20	0.22	0.25	0.30	0.35	0.44	0.50	0.56	0.60	0.65
	1.05	0.13	0.21	0.23	0.26	0.31	0.36	0.46	0.52	0.59	0.63	0.68
	1.20	0.14	0.22	0.24	0.28	0.34	0.39	0.49	0.56	0.64	0.69	0.74
	1.50	0.15	0.23	0.26	0.29	0.35	0.41	0.52	0.60	0.68	0.73	0.79
	≥3.00	0.15	0.24	0.26	0.30	0.36	0.42	0.54	0.62	0.71	0.77	0.83
56	1.00	0.16	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.58	0.66	0.75	0.81	0.87
	1.05	0.17	0.26	0.29	0.33	0.40	0.47	0.60	0.68	0.77	0.84	0.90
	1.20	0.17	0.27	0.31	0.35	0.42	0.49	0.63	0.73	0.82	0.89	0.97
	1.50	0.18	0.28	0.32	0.36	0.44	0.51	0.66	0.76	0.86	0.94	1.02
	≥3.00	0.18	0.29	0.32	0.37	0.45	0.53	0.68	0.78	0.89	0.97	1.05
63	1.00	0.20	0.32	0.35	0.41	0.49	0.57	0.74	0.84	0.96	1.04	1.12
	1.05	0.20	0.32	0.36	0.42	0.50	0.59	0.75	0.87	0.98	1.07	1.16
	1.20	0.21	0.34	0.38	0.43	0.52	0.61	0.79	0.91	1.03	1.12	1.22
	1.50	0.22	0.35	0.39	0.43	0.54	0.63	0.82	0.94	1.07	1.17	1.27
	≥3.00	0.22	0.35	0.39	0.46	0.55	0.65	0.84	0.97	1.10	1.20	1.31
71	1.00	0.24	0.39	0.43	0.50	0.61	0.71	0.91	1.05	1.19	1.30	1.40
	1.05	0.25	0.39	0.44	0.51	0.62	0.72	0.93	1.07	1.22	1.32	1.43
	1.20	0.25	0.41	0.45	0.52	0.64	0.75	0.97	1.12	1.27	1.38	1.50
	1.50	0.26	0.42	0.47	0.54	0.65	0.77	0.99	1.15	1.31	1.43	1.55
	≥3.00	0.26	0.42	0.47	0.55	0.67	0.78	1.01	1.17	1.34	1.46	1.58
80	1.00	0.29	0.46	0.52	0.60	0.73	0.85	1.11	1.28	1.45	1.57	1.70
	1.05	0.29	0.47	0.53	0.61	0.74	0.87	1.13	1.30	1.48	1.60	1.73
	1.20	0.30	0.48	0.54	0.63	0.76	0.89	1.16	1.34	1.53	1.66	1.80
	1.50	0.30	0.49	0.55	0.64	0.78	0.91	1.19	1.37	1.57	1.70	1.85
	≥3.00	0.31	0.50	0.56	0.65	0.79	0.93	1.21	1.40	1.59	1.74	1.88
90	1.00	0.34	0.55	0.62	0.71	0.87	1.02	1.32	1.52	1.73	1.87	2.01
	1.05	0.34	0.56	0.62	0.72	0.88	1.03	1.34	1.54	1.75	1.90	2.05
	1.20	0.35	0.57	0.64	0.74	0.90	1.06	1.37	1.58	1.80	1.95	2.11
	1.50	0.36	0.58	0.65	0.75	0.92	1.08	1.40	1.62	1.84	2.00	2.16
	≥3.00	0.36	0.59	0.66	0.76	0.93	1.09	1.42	1.64	1.87	2.03	2.20
100	1.00	0.39	0.63	0.71	0.82	1.01	1.18	1.53	1.76	1.99	2.15	2.31
	1.05	0.39	0.64	0.72	0.83	1.02	1.19	1.55	1.78	2.01	2.18	2.34
	1.20	0.40	0.65	0.73	0.85	1.04	1.22	1.58	1.82	2.06	2.23	2.40
	1.50	0.41	0.66	0.74	0.86	1.05	1.24	1.61	1.85	2.10	2.28	2.45
	≥3.00	0.41	0.67	0.75	0.87	1.07	1.25	1.63	1.88	2.13	2.31	2.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 การออกแบบเครื่องจักร

ในการออกแบบหลักการทำงานของเครื่องผลิตแกลบละเอียดได้นำหลักการจากเครื่องลดขนาดแบบ Smooth roll crusher มาเป็นหลักการในการลดขนาดของแกลบ โดยการดัดแปลงในส่วนของลูกกลิ้ง ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการลดขนาดหรือบดแกลบนี้ จะทำจากลูกกลิ้งและหินขัดซึ่งหล่อจากซีเมนต์ผสมกับกากเพชร ซึ่งกากเพชรจะช่วยลดขนาดของแกลบให้เล็กลงได้

หลักการทำงานของเครื่องผลิตแกลบละเอียดจะอธิบายต่อไปนี้ คือแกลบจะถูกป้อนจากด้านบนผ่านฮอปเปอร์ (Hopper) แล้วไหลลงช่องระหว่างลูกกลิ้งและหินขัด โดยลูกกลิ้งจะถูกขับด้วยมอเตอร์สามารถปรับความเร็วรอบได้ ส่วนหินขัดเป็นส่วนที่ไม่มีการเคลื่อนจึงไม่จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ ส่วนของหินขัดมีลักษณะเป็นแผ่นระนาบ 2 แผ่นที่จะประกบเข้ากับลูกกลิ้ง โดยสามารถปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งและหินขัดได้ จึงสามารถผลิตแกลบละเอียดในขนาดต่างๆได้

ในการออกแบบและสร้างส่วนประกอบต่างๆของเครื่องผลิตแกลบละเอียด ใช้โปรแกรม Solidworks 2006 ช่วยในการออกแบบ เครื่องจักรสามารถแยกส่วนประกอบหลักๆได้ดังนี้

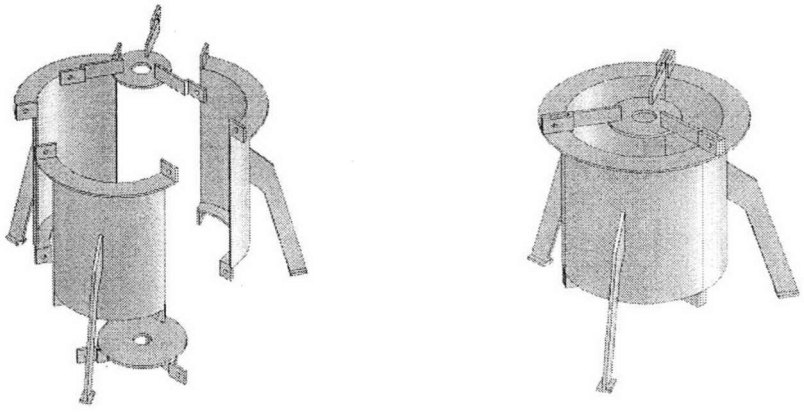
1. ชุดลูกกลิ้งและชุดหินขัด
2. ส่วนตัวเครื่อง
3. โครงสร้างฐาน
4. ชุดทางออกของแกลบ
5. ฝาครอบสายพาน

ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

3.1 ชุดลูกกลิ้งและชุดหินขัด

ในการทำชุดลูกกลิ้งและชุดหินขัดนั้นจะเลือกใช้กรรมวิธีการหล่อซีเมนต์ในการขึ้นรูป ซึ่งต้องจัดทำแบบที่ใช้ในการหล่อซีเมนต์ก่อนโดยจะใช้เหล็กแผ่นเรียบ ที่มีความหนา 4 มิลลิเมตร มาทำการม้วนให้มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง (ใน) เท่ากับ 10 นิ้ว และทำการผ่าออกเป็นสามส่วน (รูปที่ 3.1 (ก)) นำมาเชื่อมติดกับ หน้าแปลนและขาตั้งที่ เตรียมไว้ก็จะได้แบบที่ใช้หล่อซีเมนต์ลูกกลิ้ง ดังรูปที่ 3.1(ข)

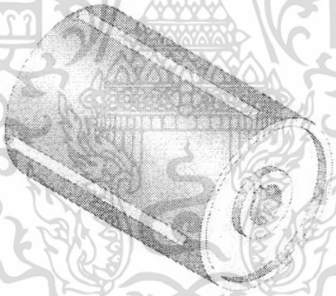
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 3.1 แบบหล่อซีเมนต์ลูกกลิ้ง (ก) แบบแยกชิ้นส่วน (ข) แบบประกอบ

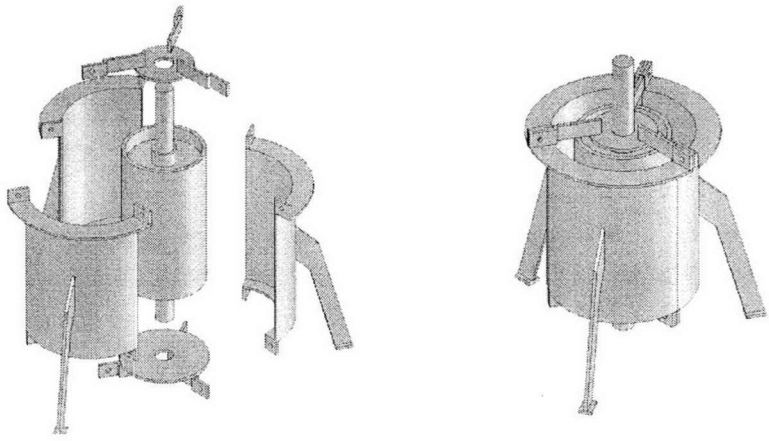
ในการหล่อซีเมนต์ลูกกลิ้งนั้นนอกจากต้องมีแบบที่ใช้ในการหล่อแล้วนั้นยังจำเป็นต้องมีชุดลูกกลิ้งตัวใน (รูปที่ 3.2) ที่ทำจากเหล็กท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว มาตัดตามขนาดความยาวที่ต้องการแล้วนำเหล็ก ลิ่มขนาด 10 x 10 มิลลิเมตรมาเชื่อมติดตามแนวยาวของท่อ เพื่อช่วยในการยึดเกาะกับซีเมนต์และทำการปิดหัวและท้ายด้วยหน้าแปลน ที่เตรียมไว้โดยกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 ส่วนในแบบหล่อลูกกลิ้ง

หลังจากที่เตรียมชิ้นส่วนต่างๆพร้อมแล้ว ทำการหล่อซีเมนต์ โดยส่วนประกอบที่ต้องใช้ในการหล่อซีเมนต์ ได้แก่ (1) ซีเมนต์ขาว (2) กากเพชรที่ความหยาบเบอร์ 12 (3) น้ำเกลือ โดยที่มีอัตราส่วนผสมดังนี้คือ กากเพชร : ซีเมนต์ : น้ำเกลือ เท่ากับ 1 : 0.4 : 0.27 โดยน้ำหนัก ขั้นตอนการหล่อซีเมนคือนำแบบที่ใช้หล่อซีเมนต์ลูกกลิ้งมาประกอบเข้าด้วยกันและนำเอาชุดของลูกกลิ้งตัวในใส่เข้าไปในแบบหล่อยึดด้วยน๊อตให้เรียบร้อย (รูปที่ 3.3 (ข)) เมื่อทำการประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือนำเอาซีเมนต์ที่ผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้มาเทใส่ในช่องว่างระหว่างแบบหล่อกับลูกกลิ้งตัวในทิ้งไว้ให้ซีเมนต์แข็งตัวแล้วจึงนำออกจากแบบ

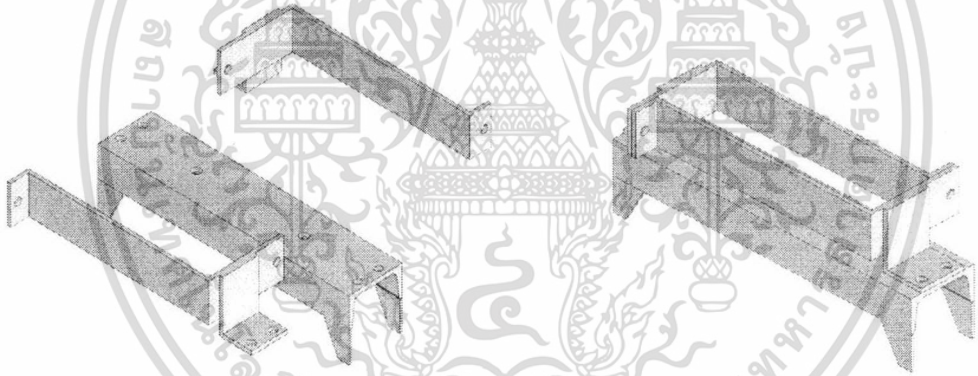
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 3.3 การประกอบแบบหล่อซีเมนต์ลูกกลิ้ง (ก) แบบแยกชิ้นส่วน (ข) แบบประกอบ

ในการทำแบบหล่อชุดหินขัดนั้นจะใช้ เหล็ก Channel ขนาด 100 x 50 มิลลิเมตร ทำฐานล่าง และใช้เหล็กแผ่นเรียบ (Flat bars) ขนาด 38 มิลลิเมตร ทำตัวประคองด้านข้าง ดังรูปที่ 3.4



(ก) (ข)

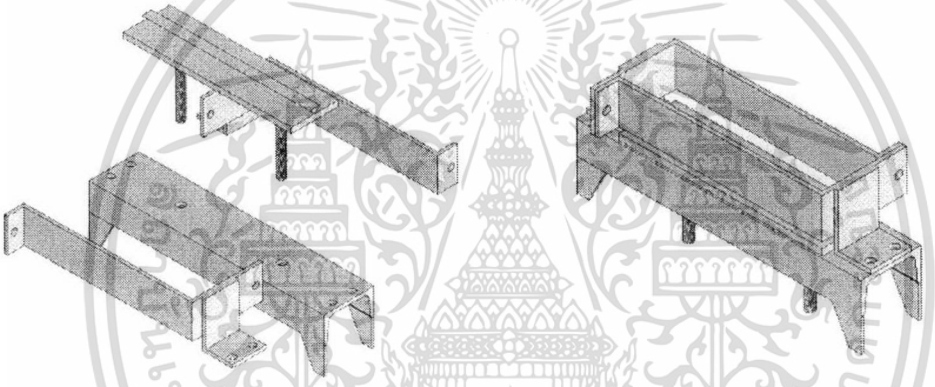
รูปที่ 3.4 แบบหล่อซีเมนต์ชุดหินขัด (ก) แบบแยกชิ้นส่วน (ข) แบบประกอบ

การหล่อซีเมนต์ชุดหินขัดก็จะทำในลักษณะเดียวกับการหล่อซีเมนต์ลูกกลิ้งคือต้องมีแบบหล่อและแผ่นเหล็กสำหรับยึดซีเมนต์ โดยจะใช้หล็ก Plate ขนาดความหนาเท่ากับ 5 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดเชื่อมติดด้วยเหล็กแผ่นเรียบ เพื่อใช้ช่วยในการยึดเกาะของซีเมนต์ และนำเอาสลักเกลียวมาเชื่อมติดทำมุมเอียงไว้สำหรับใช้ในการตั้ง ปรับระยะชุดหินขัดกับชุดลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แผ่นรองสำหรับการหล่อชุดหินขัด

ในการหล่อซีเมนต์ก็จะนำเอาแบบหล่อมาประกอบเข้าด้วยกันกับแผ่นรอง (ดังรูปที่ 3.6) และนำเอาซีเมนต์ที่ผสมแล้วมาเทใส่ รอจนซีเมนต์แข็งตัวแล้วจึงทำการนำออกจากแบบหล่อ



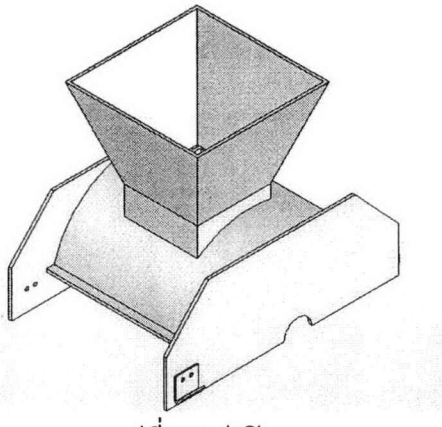
(ก) (ข)

รูปที่ 3.6 การประกอบแบบหล่อชุดหินขัดกับแผ่นรอง (ก) แบบแยกส่วน (ข) แบบประกอบ

3.2 ส่วนตัวเครื่อง

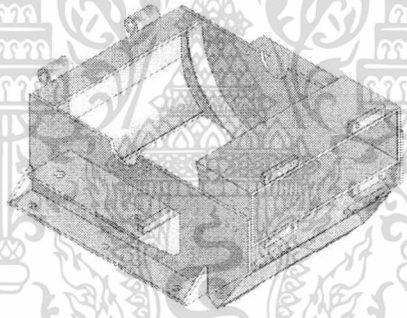
ส่วนตัวเครื่องสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ ฝาปิดบน และฐานล่าง ทำจากเหล็กแผ่นเรียบที่ความหนา 4 และ 2 มิลลิเมตร โดยตัดตามขนาดและใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าในการขึ้นรูปซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ ส่วนของฝาปิดบน (รูปที่ 3.7) ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ช่องสำหรับเทแกลบใส่ในการบดและลิ้นปรับตั้งระยะการไหลของแกลบในการบดแต่ละครั้ง อีกทั้งยังได้ทำการติดตั้งตัวช่วยดักการไหลย้อนกลับของฝุ่นละอองของแกลบในขณะที่ทำการบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ฝาปิดบน

ส่วนของฐานล่าง (รูปที่ 3.8) ของตัวเครื่องบดแกลบนี้เป็นส่วนที่ยึดส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน ได้แก่ ฝาปิดบน ชุดแบริ่งของลูกกลิ้ง ชุดหินขัดและตัวปรับระยะห่างระหว่างชุดหินขัดกับลูกกลิ้ง ในการสร้างจะใช้เหล็กแผ่นเรียบที่ความหนา 4 และ 2 มิลลิเมตร โดยตัดตามขนาดและเชื่อมต่อด้วยใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า

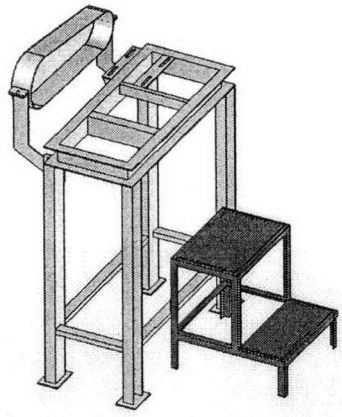


รูปที่ 3.8 ฐานล่าง

3.3 โครงสร้างฐาน

โครงสร้านฐาน (ดูรูปที่ 3.9) จะเป็นส่วนที่ยึดส่วนตัวเครื่องและชุดทางออกของแกลบเข้าด้วยกัน อีกทั้งยังยึดส่วนต่างๆ เช่น มอเตอร์ส่งกำลัง และฝาครอบสายพาน เป็นต้น โครงสร้างฐานประกอบขึ้นด้วยวัสดุเหล็ก C Channel ขนาด 75 x 40 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดและทำการเชื่อมขึ้นรูปตามที่ได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 โครงสร้างฐาน

3.4 ชุดทางออกของแกลบ

รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะของชุดทางออกของแกลบซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนของฮอปเปอร์และส่วนของชุดวาล์วสับเปลี่ยนทิศทางซึ่งชุดทางออกของแกลบนี้จะเป็นส่วนสุดท้ายที่แกลบจะผ่านลงมาและจะถูกบรรจุลงภาชนะที่ได้เตรียมไว้ วัสดุที่ใช้ในการสร้างคือจะใช้เหล็กแผ่นเรียบ ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร ตัดตาม ขนาดที่ออกแบบไว้แล้วทำการเจาะรูสำหรับยึดติดกันโดยที่ชุดของวาล์วสับเปลี่ยนทิศทางนี้ สามารถถอดแยกชิ้นส่วนได้ ข้อดีคือสะดวกแก่การซ่อมบำรุง ในส่วนของฮอปเปอร์ใช้เหล็กแผ่นเรียบ ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดที่ออกแบบไว้แล้วทำการเชื่อมขึ้นรูป

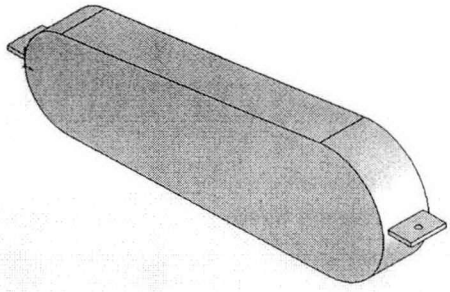
(ก) (ข)

รูปที่ 3.10 ชุดทางออกของแกลบ

3.5 ฝาครอบสายพาน

ฝาครอบสายพานแสดงดังรูปที่ 3.11 ทำจากเหล็กแผ่นความหนา 2 มิลลิเมตร โดยตัดตามขนาดที่ออกแบบไว้และเชื่อมชิ้นส่วนย่อย หน้าที่ของฝาครอบสายพาน คือช่วยป้องกันอันตรายจากสายพานขณะกำลังปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ฝาครอบสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ผลการดำเนินงาน

ส่วนนี้จะเป็นส่วนแสดงผลการดำเนินการประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือการสร้างส่วนประกอบต่างๆตามขั้นตอนได้อธิบายในส่วนข้างต้น และผลการทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

4.1 การสร้างส่วนประกอบเครื่องจักร

การสร้างเครื่องบดแกลบได้ดำเนินการตามแบบ และผลที่ได้คือเครื่องผลิตแกลบขนาด 3 แรงม้า มีข้อจำกัดการใช้งานคือ สามารถใช้บดเฉพาะแกลบที่แห้งสนิทเท่านั้น เครื่องผลิตแกลบดังกล่าวสามารถปรับความเร็วรอบของลูกกลิ้งโดยการเปลี่ยนขนาดล้อสายพานได้ 5 ระดับ คือ

ระดับที่ 1. คือ 1450 รอบ/นาที ใช้ล้อสายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.0 นิ้ว
ระดับที่ 2. คือ 1242 รอบ/นาที ใช้ล้อสายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.5 นิ้ว
ระดับที่ 3. คือ 1087 รอบ/นาที ใช้ล้อสายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4.0 นิ้ว
ระดับที่ 4. คือ 966 รอบ/นาที ใช้ล้อสายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4.5 นิ้ว
ระดับที่ 5. คือ 870 รอบ/นาที ใช้ล้อสายพานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5.0 นิ้ว

โดยกำหนดปัจจัยคงที่ คือ

1. ล้อสายพานของตัวมอเตอร์ต้นกำลังใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.0 นิ้ว
2. ขนาดรูตะแกรง (ในที่นี้ใช้ขนาดของรูตะแกรงเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร)
3. ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งกับชุดหินขัด
4. ปริมาณแกลบที่ใช้ในการทดสอบแต่ละครั้ง

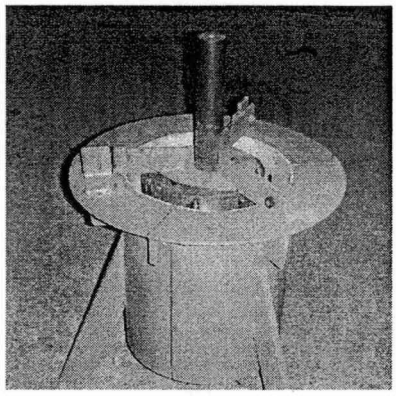
การสร้างลูกกลิ้งและชุดหินขัด

รูปที่ 4.1 แสดงแบบหล่อซีเมนต์จริงที่ได้สร้างขึ้นและประกอบเรียบร้อยพร้อมสำหรับการหล่อ หลังจากตามแบบที่ได้ออกแบบส่วนประกอบต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการหล่อซีเมนต์แล้วนั้น ก็ทำการหล่อซีเมนต์ตามขั้นตอนที่ได้อธิบายไว้ในส่วนที่แล้วและเมื่อซีเมนต์แข็งตัวก็ทำการนำออกจากแบบ (ดูรูปที่ 4.1 (ค)) ส่วนของลูกกลิ้งที่ได้จากการหล่อและถอดแบบเรียบร้อยแล้ว แสดงดังรูปที่ 4.2 แกนของลูกกลิ้งยึดติดกับเพลาซึ่งจะมีสายพานเชื่อมต่อกับเพลาส่งกำลังจากมอเตอร์ที่มีขนาด 3 แรงม้า เพื่อขับเคลื่อนตัวลูกกลิ้ง

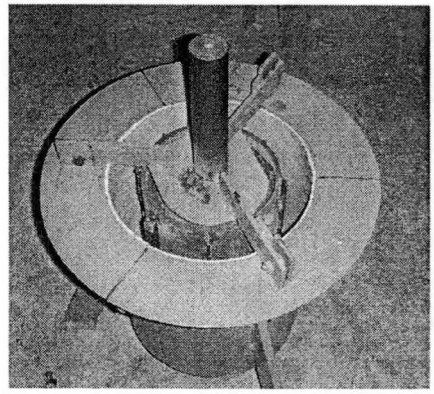
ลักษณะของลูกกลิ้งที่ได้จากการหล่อยังไม่มีความสม่ำเสมอของผิวรอบนอก ทำให้รูปทรงไม่เป็นไปตามแบบ รัศมีความโค้งเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุด ซึ่งจะมีผลทำให้ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งกับชุดหินขัดมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการผลิต

การหล่อชุดหินขัดดำเนินการเหมือนกับการหล่อลูกกลิ้ง (รูปที่ 4.3) จำนวน 2 ชุด และชุดหินขัดที่ได้จากการหล่อแสดงดังรูปที่ 4.4 ในส่วนที่แกนเหล็กที่ยื่นออกมาจากชุดหินขัด จะเป็นส่วนที่จะนำไปประกอบเข้ากับส่วนฝาปิดบนในส่วนตัวเครื่อง

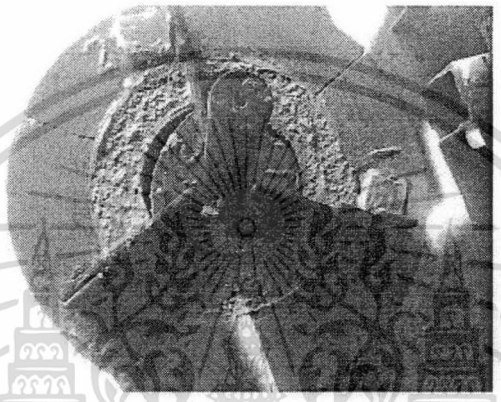
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

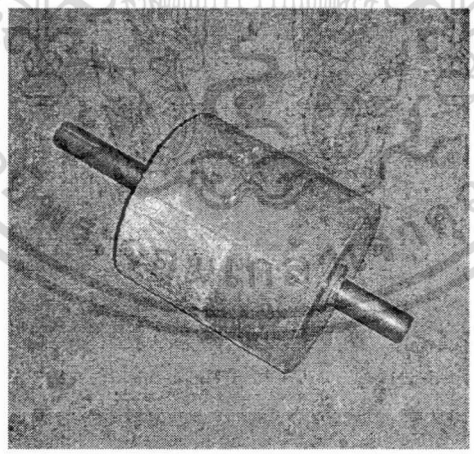


(ข)



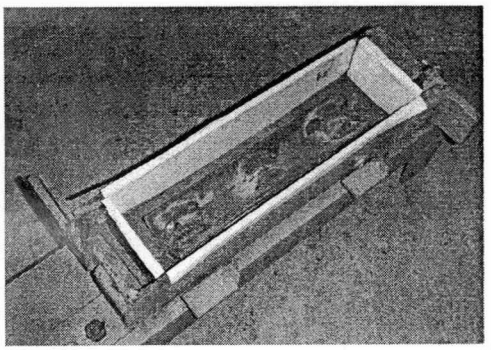
(ค)

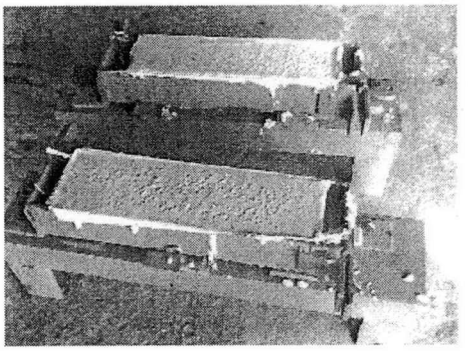
รูปที่ 4.1 การหล่อซีเมนต์ลูกกลิ้ง



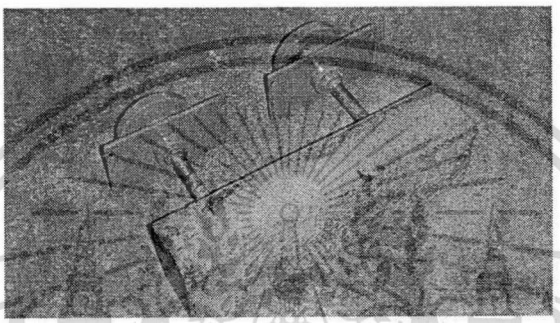
รูปที่ 4.2 ลูกกลิ้งที่ได้จากการหล่อซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





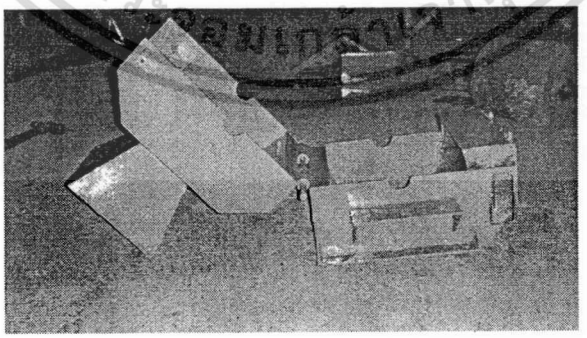
รูปที่ 4.3 การหล่อซีเมนต์ชุดหินขัด



รูปที่ 4.4 ชุดหินขัดที่ได้จากการหล่อซีเมนต์

การสร้างส่วนตัวเครื่อง

ส่วนตัวเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ฝาปิดบน และฐานล่าง ซึ่งวัสดุหลักที่ใช้คือเหล็กแผ่นเรียบที่ความหนา 4 และ 2 มิลลิเมตร โดยตัดตามขนาดและใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าในการขึ้นรูป ดังรูปที่ 4.6 ทั้ง 2 ส่วนประกอบเข้าด้วยกัน โดยใช้แกนเหล็ก สามารถเปิด/ปิดได้ด้วยตัวล็อค เพื่อต่อการซ่อมบำรุงรักษา

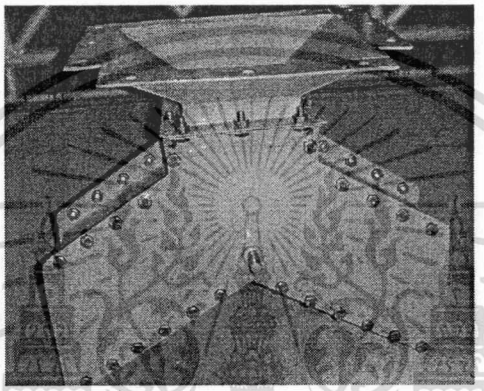


รูปที่ 4.6 ตัวเครื่องบดแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างชุดทางออกของแกลบ

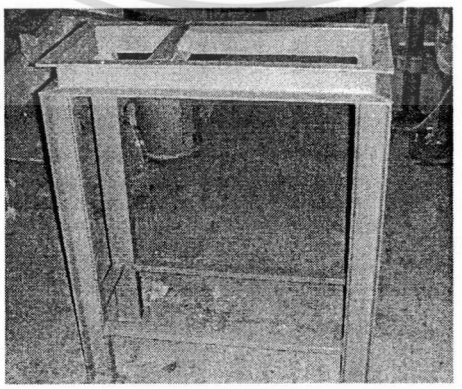
ชุดทางออกของแกลบประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนของฮอปเปอร์ และส่วนของชุดวาล์วสับเปลี่ยนทิศทางซึ่งชุดทางออกของแกลบนี้จะเป็นส่วนสุดท้ายที่แกลบจะผ่านลงมาและจะถูกบรรจุลงภาชนะที่ได้เตรียมไว้ วัสดุที่ใช้ในการสร้างคือจะใช้เหล็กแผ่นเรียบ ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดที่ออกแบบไว้แล้วทำการเจาะรูสำหรับยึดติดกันโดยที่ชุดของวาล์วสับเปลี่ยนทิศทางนี้สามารถถอดแยกชิ้นส่วนได้ ข้อดีคือสะดวกแก่การซ่อมบำรุงในส่วนของฮอปเปอร์ใช้เหล็กแผ่นเรียบ ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดที่ออกแบบไว้แล้วทำการเชื่อมขึ้นรูป ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ชุดทางออกของแกลบ

การสร้างชุดโครงสร้างฐาน

โครงสร้างฐานจะเป็นส่วนที่ยึดกับส่วนตัวเครื่องและชุดทางออกของแกลบเข้าด้วยกัน อีกทั้งยังยึดส่วนต่างๆอีก เช่น มอเตอร์ส่งกำลัง และฝาครอบสายพาน เป็นต้น โครงสร้างฐานประกอบขึ้นด้วยวัสดุเหล็ก C Channel ขนาด 75 x 40 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดและทำการเชื่อมขึ้นรูปตามที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 4.8

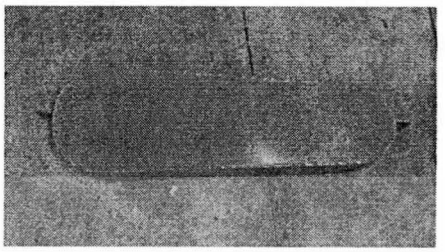


รูปที่ 4.8 ชุดโครงสร้างฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

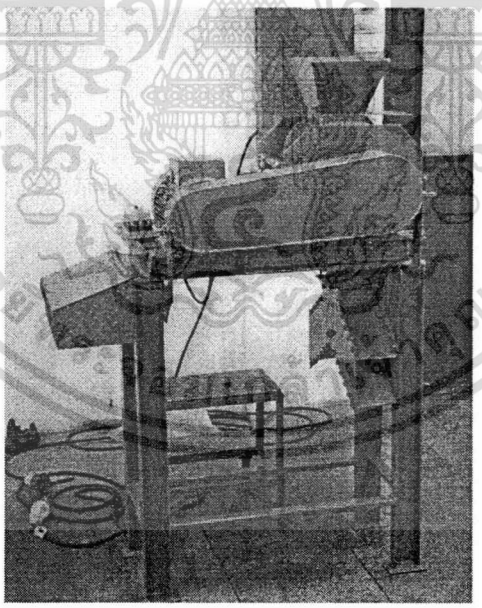
การสร้างฝาครอบสายพาน

ฝาครอบสายพานทำจากวัสดุเหล็กแผ่นเรียบที่ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตรตัดตามขนาดและเชื่อมขึ้นรูปประโยชน์ของฝาครอบสายพานคือช่วยป้องกันอันตรายจากสายพานขณะกำลังปฏิบัติงาน รูปที่ 4.9 แสดงฝาครอบสายพานที่สร้างขึ้นสำเร็จเรียบร้อย



รูปที่ 4.9 ฝาครอบสายพานที่สร้างเสร็จแล้ว

การประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันดำเนินการหลังจากที่ได้ทำชิ้นส่วนต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้ว ส่วนประกอบต่าง ๆ จะถูกนำมาประกอบเข้าด้วยกัน และได้เครื่องผลิตแกลบที่ประกอบเรียบร้อยแล้วดังแสดงในรูปที่ 4.10 ทั้งนี้มีส่วนของที่เก็บอุปกรณ์และบันได เพื่อประโยชน์ในการใช้งาน



รูปที่ 4.10 เครื่องผลิตแกลบละเอียดที่ประกอบเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดแกลบนั้นจะทำการทดสอบโดยจะกำหนดปัจจัยสำหรับการทดสอบตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1

ความเร็วรอบของลูกกลิ้งสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการเปลี่ยนขนาดล้อสายพาน ซึ่งความเร็วรอบใช้งานคำนวณจากสมการ 4.1

$$v_{work} = \frac{v_m \times d_p}{d_t} \tag{4.1}$$

โดยที่ v_{work} = ความเร็วรอบใช้งาน (รอบ/นาที)

v_m = ความเร็วของมอเตอร์ต้นกำลัง ใช้เท่ากับ (1450 รอบ/นาที)

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตัวขับ (นิ้ว)

d_t = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตัวตาม (นิ้ว)

ความเร็วเชิงเส้นรอบวง (v_R) หาได้จาก

$$v_R = \frac{(\pi d_o) \times v_{work}}{60\,\text{sec.}} \tag{4.2}$$

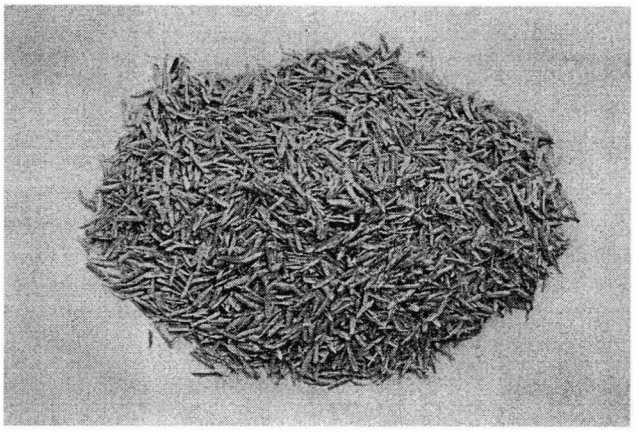
โดยที่ v_R = ความเร็วเชิงเส้นรอบวง (เมตร/วินาที)

d_o = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของลูกกลิ้ง (เมตร)

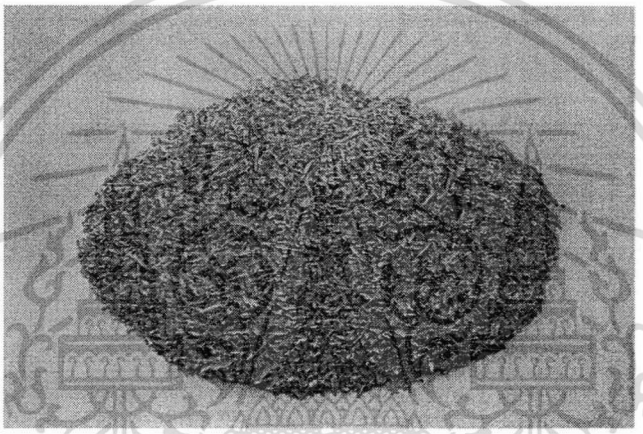
การวัดประสิทธิภาพของเครื่องผลิตแกลบละเอียด ลักษณะของแกลบก่อนการบด แสดงดังรูปที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบเชิงคุณภาพ(ด้วยตาเปล่า) สังเกตได้ชัดเจนว่า แกลบละเอียดที่ผ่านการบดด้วยเครื่องผลิตแกลบละเอียดมีขนาดเล็กลง (ดูรูป 4.12) จากการตรวจสอบ แม้ว่าแกลบที่ผ่านการบดโดยเครื่องจักรนี้จะต้องผ่านรูตะแกรงที่มีขนาด 1.5 มิลลิเมตร แต่ยังพบว่ามีแกลบที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูตะแกรง ทั้งนี้เกิดจากการผ่านรูตะแกรงเกิดขึ้นในแนวยาวของแกลบได้

การเปรียบเทียบเชิงปริมาณอาจวัดโดยง่ายจากการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจำเพาะของแกลบ ปริมาตรจำเพาะของแกลบ (V_S) คือปริมาตรของแกลบต่อแกลบ 1 กิโลกรัม เมื่อขนาดของแกลบลดลงจะทำให้ปริมาตรจำเพาะของแกลบลดลงด้วย ผลการทดสอบแสดงดัง ตารางที่ 4.1 จากผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าปริมาตรจำเพาะของแกลบที่ผลิตได้ลดลง 60% โดยประมาณ คิดเป็นปริมาตรในการจัดเก็บแกลบลดลงเกือบ 2 ใน 3 ของปริมาตรเดิม และพบว่าแกลบที่ผลิตได้มีขนาดเล็กที่สุด เมื่อใช้ความเร็วรอบต่ำ อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของความเร็วรอบใช้งานยังไม่ชัดเจนและไม่สามารถสรุปผลได้ อีกทั้งการวัดขนาดของแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แกลบก่อนทำการบดด้วยเครื่องบดแกลบ



รูปที่ 4.12 แกลบหลังทำการบดด้วยเครื่องบดแกลบ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตแกลบละเอียด

ลำดับที่	ขนาดล้อสายพาน (นิ้ว)	ความเร็วรอบใช้งาน (รอบ/นาที)	V_s (ก่อน) (m^3/kg $x10^{-4}$)	V_s (หลัง-) (m^3/kg $x10^{-4}$)	ΔV_s (%)
1	3.0	1450	7.85	3.32	57.70
2	3.5	1242	7.85	3.42	56.43
3	4.0	1087	7.85	3.17	59.62
4	4.5	966	7.85	3.12	60.25
5	5.0	870	7.85	3.05	61.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 สรุปผลการดำเนินงาน

ในส่วนของการสรุปผลการดำเนินงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตแกลบละเอียดสำเร็จ โดยสามารถปรับความเร็วรอบได้ 5 ระดับ
2. แกลบที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตแกลบมีขนาดเล็ก โดยปริมาตรจำเพาะของแกลบที่ผลิตได้ลดลงประมาณ 60% ของปริมาตรจำเพาะเดิม หรือสามารถลดพื้นที่ในการจัดเก็บได้เกือบ 2 ใน 3
3. สำหรับความเร็วรอบที่ใช้ทดสอบ ระดับความเร็วรอบใช้งานต่ำ สามารถผลิตแกลบละเอียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ประสิทธิภาพของเครื่องผลิตแกลบละเอียดนี้ สามารถปรับปรุงได้จากการเพิ่มความกลมของลูกกลิ้ง

สำหรับข้อเสนอแนะ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพของเครื่องบดแกลบอาจจะลดลงเนื่องจากความกลมของลูกกลิ้ง ดังนั้นในการหล่อลูกกลิ้งต้องใช้ความละเอียดอ่อนและความระมัดระวัง เพื่อให้ได้ลูกกลิ้งที่มีความกลม ทั้งนี้อาจจะแก้ไขได้หลังจากหล่อโดยการตกแต่ง
2. ระหว่างการใช้เครื่องจักร ผู้ใช้เครื่องจักรควรใส่หน้ากากปิดจมูก เพื่อป้องกันฝุ่นละอองที่อาจฟุ้งกระจายออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- บรรเลง ศรนิล และประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์, ตารางงานโลหะ, พิมพ์ครั้งที่ 1,สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ
- มนูกิจ ใจกุศล, พงศ์ศักดิ์ ชินนาบัญ และวีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2546 กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัท วิทยพัฒน์ จำกัด. กรุงเทพฯ
- วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล(Machine Design) เล่ม 1, พิมพ์ครั้งที่ 10 บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพฯ
- สุวรรณ บุญทิพย์ และชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์, ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 10 , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

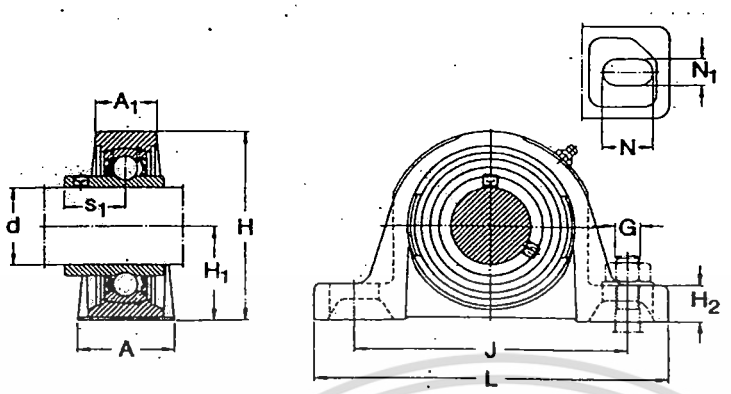
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดมาตรฐานชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ และตารางการเลือกสายตัวนำ อุปกรณ์ป้องกันต่างๆ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 1 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ d 12 – 100 มม.



Dimensions													Mass	Designations Unit[1]	Housing	Y-bearing
d	A	A_1	H	H_1	H_2	J min	J max	L	N	N_1	G	s_1				
mm													kg	–		
12	32	18	56	30,2	14	88	106	127	20,5	11,5	10	22,1	0,54	**SY 12 FM**	SY 503 M	YET 203/12
												15,9	0,52	**SY 12 TF**	SY 503 M	YAR 203/12-2F
15	32	18	56	30,2	14	88	106	127	20,5	11,5	10	22,1	0,53	**SY 15 FM**	SY 503 M	YET 203/15
												15,9	0,51	**SY 15 TF**	SY 503 M	YAR 203/15-2F
17	32	18	56	30,2	14	88	106	127	20,5	11,5	10	22,1	0,52	**SY 17 FM**	SY 503 M	YET 203
												23,4	0,54	**SY 17 WM**	SY 503 M	YEL 203
												15,9	0,50	**SY 17 TF**	SY 503 M	YAR 203-2F
20	32	20	64	33,3	14	88	106	127	20,5	11,5	10	23,5	0,59	**SY 20 FM**	SY 504 M	YET 204
												26,6	0,62	**SY 20 WM**	SY 504 M	YEL 204
												18,3	0,57	**SY 20 TF**	SY 504 M	YAR 204-2F
												20,5	0,57	**SY 20 KG**	SY 504 M	362004 BTN
25	36	21	70	36,5	16	94	110	130	19,5	11,5	10	23,5	0,73	**SY 25 FM**	SY 505 M	YET 205
												26,9	0,78	**SY 25 WM**	SY 505 M	YEL 205
												19,8	0,73	**SY 25 TF**	SY 505 M	YAR 205-2F
												20,5	0,72	**SY 25 KG**	SY 505 M	362005 BTN
30	40	25	82	42,9	17	108	127	152	23,5	14	12	26,7	1,10	**SY 30 FM**	SY 506 M	YET 206
												30,1	1,20	**SY 30 WM**	SY 506 M	YEL 206
												22,2	1,10	**SY 30 TF**	SY 506 M	YAR 206-2F
												23	1,15	**SY 30 KG**	SY 506 M	362006 BTN
35	45	27	93	47,6	19	119	133	160	21	14	12	29,4	1,55	**SY 35 FM**	SY 507 M	YET 207
												32,3	1,60	**SY 35 WM**	SY 507 M	YEL 207
												25,4	1,45	**SY 35 TF**	SY 507 M	YAR 207-2F
												24,5	1,45	**SY 35 KG**	SY 507 M	362007 B
40	48	30	99	49,2	19	125	146	175	24,5	14	12	32,7	1,85	**SY 40 FM**	SY 508 M	YET 208
												34,9	1,95	**SY 40 WM**	SY 508 M	YEL 208
												30,2	1,80	**SY 40 TF**	SY 508 M	YAR 208-2F
												27	1,80	**SY 40 KG**	SY 508 M	362008 B

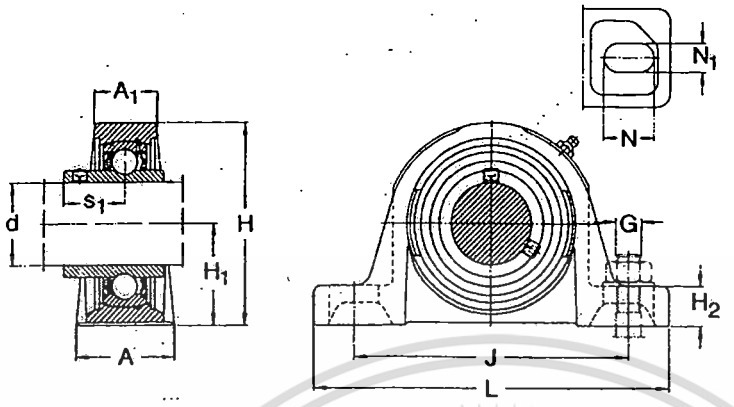
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 1 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ d 12 – 100 มม.(ต่อ)

Dimensions													Mass	Designations		
														Unit[1]	Housing	Y-bearing
d	A	A_1	H	H_1	H_2	J min	J max	L	N	N_1	G	s_1				
mm													kg	–		
45	48	32	107	54	21	135	152	187	22,5	14	12	32,7	2,25	**SY 45 FM**	SY 509 M	YET 209
												34,9	2,35	**SY 45 WM**	SY 509 M	YEL 209
												30,2	2,20	**SY 45 TF**	SY 509 M	YAR 209-2F
50	54	34	114	57,2	22	149	165	203	26	18	16	32,7	2,75	**SY 50 FM**	SY 510 M	YET 210
												38,1	2,90	**SY 50 WM**	SY 510 M	YEL 210
												32,6	2,70	**SY 50 TF**	SY 510 M	YAR 210-2F
55	60	35	125	63,5	24	162	181	219	27,5	18	16	36,4	3,65	**SY 55 FM**	SY 511 M	YET 211
												43,6	3,90	**SY 55 WM**	SY 511 M	YEL 211
												33,4	3,60	**SY 55 TF**	SY 511 M	YAR 211-2F
60	60	42	137	69,9	26,5	179	202	240	29,5	18	16	46,8	4,75	**SY 60 WM**	SY 512 M	YEL 212
												39,7	4,45	**SY 60 TF**	SY 512 M	YAR 212-2F
65	65	44	150	76,2	29	190	216	257	35	22	20	42,9	5,70	**SY 65 TF**	SY 513 M	YAR 213-2F
70	65	46	155	79,4	29	202	218	260	30	22	20	44,4	6,40	**SYJ 70 TG**	SYJ 514	YAJ 214-2F
80	78	50	175	88,9	30	219	245	290	35	22	20	49,3	9,70	**SYJ 80 TG**	SYJ 516	YAJ 216-2F
90	88	54	200	101,6	34	253	271	327	35	26	24	56,3	13,8	**SYJ 90 TG**	SYJ 518	YAJ 218-2F
100	95	57	225	115	38	286	330	380	48	26	24	66	19,0	**SYJ 100 TG**	SYJ 520	YAJ 220-2F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 2 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ
สำหรับเพลาที่มีหน่วยเป็นนิ้ว d 5/8 – 1 11/16 นิ้ว



Dimensions													Mass	Designations Unit[1]	Housing	Y-bearing
d	A	A_1	H	H_1	H_2	J min	J max	L	N	N_1	G	s_1				
in	mm												kg	–		
5/8	32	18	56	30,2	14	88	106	127	20,5	11,5	10	22,1	0,53	**SY 5/8 FM**	SY 503 M	YET 203-010
												23,4	0,54	**SY 5/8 WM**	SY 503 M	YEL 203-010
												15,9	0,50	**SY 5/8 TF**	SY 503 M	YAR 203-010-2F
11/16	32	18	56	30,2	14	88	106	127	20,5	11,5	10	22,1	0,52	**SY 11/16 FM**	SY 503 M	YET 203-011
												23,4	0,53	**SY 11/16 WM**	SY 503 M	YEL 203-011
												15,9	0,50	**SY 11/16 TF**	SY 503 M	YAR 203-011-2F
3/4	32	20	64	33,3	14	88	106	127	20,5	11,5	10	23,5	0,60	**SY 3/4 FM**	SY 504 M	YET 204-012
												26,6	0,63	**SY 3/4 WM**	SY 504 M	YEL 204-012
												18,3	0,57	**SY 3/4 TF**	SY 504 M	YAR 204-012-2F
13/16	36	21	70	36,5	16	94	110	130	19,5	11,5	10	23,5	0,77	**SY 13/16 FM**	SY 505 M	YET 205-013
												26,9	0,83	**SY 13/16 WM**	SY 505 M	YEL 205-013
												19,8	0,76	**SY 13/16 TF**	SY 505 M	YAR 205-013-2F
7/8	36	21	70	36,5	16	94	110	130	19,5	11,5	10	23,5	0,76	**SY 7/8 FM**	SY 505 M	YET 205-014
												26,9	0,81	**SY 7/8 WM**	SY 505 M	YEL 205-014
												19,8	0,75	**SY 7/8 TF**	SY 505 M	YAR 205-014-2F
15/16	36	21	70	36,5	16	94	110	130	19,5	11,5	10	23,5	0,75	**SY 15/16 FM**	SY 505 M	YET 205-015
												26,9	0,79	**SY 15/16 WM**	SY 505 M	YEL 205-015
												19,8	0,73	**SY 15/16 TF**	SY 505 M	YAR 205-015-2F
1	36	21	70	36,5	16	94	110	130	19,5	11,5	10	23,5	0,73	**SY 1. FM**	SY 505 M	YET 205-100
												26,9	0,77	**SY 1. WM**	SY 505 M	YEL 205-100
												19,8	0,72	**SY 1. TF**	SY 505 M	YAR 205-100-2F
1 1/8	40	25	82	42,9	17	108	127	152	23,5	14	12	26,7	1,15	**SY 1.1/8 FM**	SY 506 M	YET 206-102
												30,1	1,20	**SY 1.1/8 WM**	SY 506 M	YEL 206-102
												22,2	1,10	**SY 1.1/8 TF**	SY 506 M	YAR 206-102-2F
1 3/16	40	25	82	42,9	17	108	127	152	23,5	14	12	26,7	1,10	**SY 1.3/16 FM**	SY 506 M	YET 206-103
												30,1	1,20	**SY 1.3/16 WM**	SY 506 M	YEL 206-103
												22,2	1,10	**SY 1.3/16 TF**	SY 506 M	YAR 206-103-2F

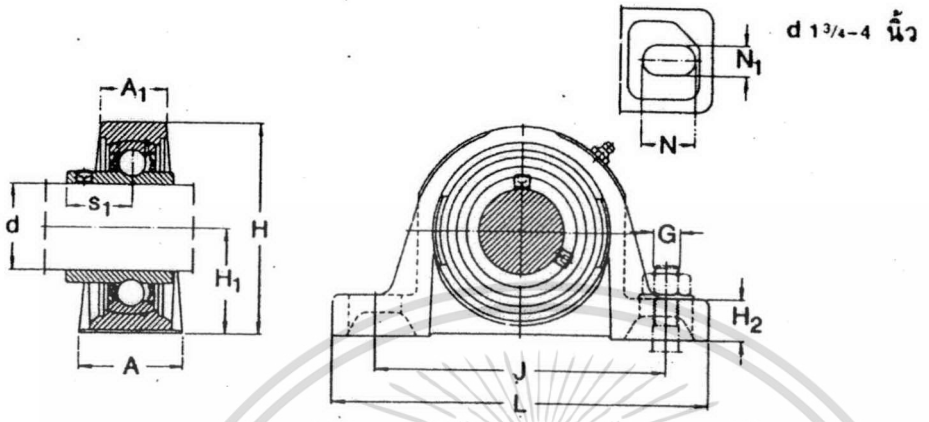
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 2 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ
สำหรับเพลาที่มีหน่วยเป็นนิ้ว d 5/8 – 1 11/16 นิ้ว (ต่อ)

Dimensions													Mass	Designations Unit[1]	Housing	Y-bearing
d	A	A_1	H	H_1	H_2	J min	J max	L	N	N_1	G	s_1				
in	mm												kg	–		
1 1/4	40	25	82	42,9	17	108	127	152	23,5	14	12	26,7	1,10	**SY 1.1/4 AFM**	SY 506 M	YET 206-104
												30,1	1,15	**SY 1.1/4 AWM**	SY 506 M	YEL 206-104
												22,2	1,05	**SY 1.1/4 ATF**	SY 506 M	YAR 206-104-2F
	45	27	93	47,6	19	119	133	160	21	14	12	29,4	1,60	**SY 1.1/4 FM**	SY 507 M	YET 207-104
												32,3	1,70	**SY 1.1/4 WM**	SY 507 M	YEL 207-104
												25,4	1,50	**SY 1.1/4 TF**	SY 507 M	YAR 207-104-2F
1 5/16	45	27	93	47,6	19	119	133	160	21	14	12	29,4	1,55	**SY 1.5/16 FM**	SY 507 M	YET 207-105
												32,3	1,65	**SY 1.5/16 WM**	SY 507 M	YEL 207-105
												25,4	1,50	**SY 1.5/16 TF**	SY 507 M	YAR 207-105-2F
1 3/8	45	27	93	47,6	19	119	133	160	21	14	12	29,4	1,55	**SY 1.3/8 FM**	SY 507 M	YET 207-106
												32,3	1,60	**SY 1.3/8 WM**	SY 507 M	YEL 207-106
												25,4	1,45	**SY 1.3/8 TF**	SY 507 M	YAR 207-106-2F
1 7/16	45	27	93	47,6	19	119	133	160	21	14	12	29,4	1,50	**SY 1.7/16 FM**	SY 507 M	YET 207-107
												32,3	1,60	**SY 1.7/16 WM**	SY 507 M	YEL 207-107
												25,4	1,45	**SY 1.7/16 TF**	SY 507 M	YAR 207-107-2F
1 1/2	48	30	99	49,2	19	125	146	175	24,5	14	12	32,7	1,90	**SY 1.1/2 FM**	SY 508 M	YET 208-108
												34,9	2,00	**SY 1.1/2 WM**	SY 508 M	YEL 208-108
												30,2	1,85	**SY 1.1/2 TF**	SY 508 M	YAR 208-108-2F
1 9/16	48	30	99	49,2	19	125	146	175	24,5	14	12	32,7	1,85	**SY 1.9/16 FM**	SY 508 M	YET 208-109
												34,9	1,95	**SY 1.9/16 WM**	SY 508 M	YEL 208-109
												30,2	1,80	**SY 1.9/16 TF**	SY 508 M	YAR 208-109-2F
1 5/8	48	32	107	54	21	135	152	187	22,5	14	12	32,7	2,35	**SY 1.5/8 FM**	SY 509 M	YET 209-110
												34,9	2,45	**SY 1.5/8 WM**	SY 509 M	YEL 209-110
												30,2	2,30	**SY 1.5/8 TF**	SY 509 M	YAR 209-110-2F
1 11/16	48	32	107	54	21	135	152	187	22,5	14	12	32,7	2,30	**SY 1.11/16 FM**	SY 509 M	YET 209-111
												34,9	2,40	**SY 1.11/16 WM**	SY 509 M	YEL 209-111
												30,2	2,30	**SY 1.11/16 TF**	SY 509 M	YAR 209-111-2F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 3 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ
สำหรับเพลาที่มีหน่วยเป็นนิ้ว d 5/8 – 1 $^{11/16}$ นิ้ว



Dimensions												Mass	Designations		
d	A	A_1	H	H_1	H_2	J min	J max	L	N	N_1	G	s_1	Unit[1]		Housing	Y-bearing
in	mm												kg	–		
1 3/4	48	32	107	54	21	135	152	187	22,5	14	12	32,7	2,30	**SY 1.3/4 FM**	SY 509 M	YET 209-112
												34,9	2,40	**SY 1.3/4 WM**	SY 509 M	YEL 209-112
												30,2	2,25	**SY 1.3/4 TF**	SY 509 M	YAR 209-112-2F
1 7/8	54	34	114	57,2	22	149	165	203	26	18	16	32,7	2,80	**SY 1.7/8 FM**	SY 510 M	YET 210-114
												38,1	3,00	**SY 1.7/8 WM**	SY 510 M	YEL 210-114
												32,6	2,75	**SY 1.7/8 TF**	SY 510 M	YAR 210-114-2F
1 15/16	54	34	114	57,2	22	149	165	203	26	18	16	32,7	2,75	**SY 1.15/16 FM**	SY 510 M	YET 210-115
												38,1	2,90	**SY 1.15/16 WM**	SY 510 M	YEL 210-115
												32,6	2,80	**SY 1.15/16 TF**	SY 510 M	YAR 210-115-2F
2	60	35	125	63,5	24	162	181	219	27,5	18	16	36,4	3,75	**SY 2. FM**	SY 511 M	YET 211-200
												43,6	4,05	**SY 2. WM**	SY 511 M	YEL 211-200
												33,4	3,75	**SY 2. TF**	SY 511 M	YAR 211-200-2F
2 3/16	60	35	125	63,5	24	162	181	219	27,5	18	16	36,4	3,60	**SY 2.3/16 FM**	SY 511 M	YET 211-203
												43,6	3,85	**SY 2.3/16 WM**	SY 511 M	YEL 211-203
												33,4	3,55	**SY 2.3/16 TF**	SY 511 M	YAR 211-203-2F
2 1/4	60	42	137	69,9	26,5	179	202	240	29,5	18	16	46,8	5,10	**SY 2.1/4 WM**	SY 512 M	YEL 212-204
												39,7	4,65	**SY 2.1/4 TF**	SY 512 M	YAR 212-204-2F
2 7/16	60	42	137	69,9	26,5	179	202	240	29,5	18	16	46,8	4,85	**SY 2.7/16 WM**	SY 512 M	YEL 212-207
												39,7	4,45	**SY 2.7/16 TF**	SY 512 M	YAR 212-207-2F
2 1/2	65	44	150	76,2	29	190	216	257	35	22	20	42,9	4,80	**SY 2.1/2 TF**	SY 513 M	YAR 213-208-2F
3	78	50	175	88,9	30	219	245	290	35	22	20	49,3	9,70	**SYJ 3. TG**	SYJ 516	YAJ 216-300-2F
3 1/2	88	54	200	101,6	34	253	271	327	35	26	24	56,3	13,8	**SYJ 3.1/2 TG**	SYJ 518	YAJ 218-308-2F
3 15/16	95	57	225	115	38	286	330	380	48	26	24	66	19,5	**SYJ 3.15/16 TG**	SYJ 520	YAJ 220-315-2F
4	95	57	225	115	38	286	330	380	48	26	24	66	19,0	**SYJ 4. TG**	SYJ 520	YAJ 220-400-2F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 4 การเลือกสายตัวนำ และอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 220 โวลท์ 50 เฮิรทซ์

ขนาดมอเตอร์		กระแสมอเตอร์ขณะรับโหลดเต็มที่ (A)	ขนาดเครื่องปลดวงจร A	เครื่องป้องกันวงจรย่อย		ชนิดและขนาดของตัวนำเดินในท่อ		ขนาดการปรับตั้งรีเลย์โหลดเกิน (A)
กิโลวัตต์ KW	แรงม้า HP			ขนาดฟิวส์ทำงานไว A	ขนาดตัดตอนอัตโนมัติ A	TW mm²	THW mm²	
0.06	0.08	0.5	30	15	15	2.5	2.5	0.4 - 0.6
0.09	0.12	0.7	30	15	15	2.5	2.5	0.55 - 0.8
0.12	0.17	0.8	30	15	15	2.5	2.5	0.8 - 1.2
0.18	0.25	1.2	30	15	15	2.5	2.5	1.2 - 1.8
0.25	0.33	1.5	30	15	15	2.5	2.5	1.2 - 1.8
0.37	0.5	2.1	30	15	15	2.5	2.5	1.8 - 2.7
0.55	0.75	2.7	30	15	15	2.5	2.5	2.7 - 4
0.75	1	3.5	30	15	15	2.5	2.5	2.7 - 4
1.1	1.5	4.5	30	15	15	2.5	2.5	4 - 5
1.5	2	6.1	30	15	15	2.5	2.5	5.5 - 8
2.2	3	8.7	30	20	20	2.5	2.5	8 - 12
3	4	11.5	30	30	25	4	2.5	8 - 12
3.7	5	14.5	30	35	30	4	4	11 - 16.5
4	5.5	15	30	40	30	4	4	11 - 16.5
5.5	7.5	20	30	50	40	6	6	15 - 23
7.5	10	26.5	60	70	50	10	10	21 - 32
11	15	39	60	100	80	16	16	30 - 46
15	20	52	100	150	80	35	25	42 - 63
18.5	25	62	100	175	100	35	25	55 - 80
22	30	75	100	200	125	50	35	80 - 120
30	40	100	200	250	175	95	50	80 - 120
37	50	124	200	350	200	120	70	120 - 180
45	60	148	200	400	250	150	95	100 - 200
55	75	182	400	500	300	240	150	100 - 200
75	100	245	400	600	400		300	200 - 400
90	125	295	400	800	450		400	200 - 400
110	150	350	600	1,000	500		2-240	200 - 400
132	180	420	600	1,200	600		2-300	310 - 500
160	220	510	800	1,600	800		2-500	450 - 720
200	270	710	1,000	2,000	1,200		3-500	450 - 720

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 5 การเลือกสายตัวนำ และอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 โวลท์ 50 เฮิรทซ์

ขนาดมอเตอร์		กระแสมอเตอร์ขณะรับโหลดเต็มที่	ขนาดของเครื่องปลดวงจร	เครื่องป้องกันวงจรย่อย		ชนิดและขนาดของสายตัวนำในท่อโลหะ		ขนาดการปรับตัวรีเลย์โหลดเกิน
KW	HP	(A)	(A)	ขนาดฟิวส์ทำงานไว (A)	ขนาดของตัดตอนอัตโนมัติ (A)	TW (mm^2)	THW (mm^2)	(A)
0.06	0.08	0.3	30	15	15	2.5	2.5	0.27 - 0.4
0.09	0.12	0.4	30	15	15	2.5	2.5	0.4 ~ 0.6
0.12	0.17	0.5	30	15	15	2.5	2.5	0.4 ~ 0.6
0.18	0.25	0.7	30	15	15	2.5	2.5	0.55 ~ 0.8
0.25	0.33	0.85	30	15	15	2.5	2.5	0.8 ~ 1.2
0.37	0.5	1.2	30	15	15	2.5	2.5	1.2 ~ 1.8
0.55	0.75	1.6	30	15	15	2.5	2.5	1.2 ~ 1.8
0.75	1	2.0	30	15	15	2.5	2.5	1.8 ~ 2.7
1.1	1.5	2.7	30	15	15	2.5	2.5	2.7 ~ 4
1.5	2	3.6	30	15	15	2.5	2.5	2.7 ~ 4
2.2	3	5.1	30	15	15	2.5	2.5	4 ~ 6
3	4	6.8	30	20	15	2.5	2.5	5.5 ~ 8
3.7	5	8.5	30	25	20	2.5	2.5	8 ~ 12
4	5.5	8.8	30	25	20	2.5	2.5	8 ~ 12
5.5	7.5	11.8	30	30	25	4	2.5	11 ~ 16.5
7.5	10	16	30	40	30	6	4	15 ~ 23
11	15	22	30	60	45	10	6	21 ~ 32
15	20	30	60	80	60	16	10	21 ~ 32
18.5	25	37	60	100	70	16	16	30 ~ 46
22	30	43	60	100	80	25	16	30 ~ 46
30	40	57	100	150	90	35	25	42 ~ 63
37	50	72	100	200	125	50	35	55 ~ 80
45	60	86	200	225	150	70	50	80 ~ 120
55	75	105	200	300	175	95	70	80 ~ 120
75	100	140	200	350	250	150	95	120 ~ 180
90	125	168	200	450	250	185	120	100 ~ 200
110	150	205	400	500	300	300	185	200 ~ 400
132	180	245	400	600	400		300	200 ~ 400
160	220	290	400	800	450		400	200 ~ 400
200	270	360	600	1,000	500		2 - 240	310 ~ 500
250	340	475	600	1,200	700		2 - 400	450 ~ 720

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้