สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาและออกแบบเครื่องบดปลายข้าว

Design and development of broken-milled rice grinder machine

T104031

คมสัน จ้อยรักษา
โอภาส ใจกล้า
นฤชา พรายมด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104031
วัน,เดือน,ปี 28 ต.ค. 2552

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาและออกแบบเครื่องบดปลายข้าว

Design and development of broken-milled rice grinder machine

โดย

คมสัน จ้อยรักษา

โอภาส ใจกล้า

นฤชา พรายมด

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ธิติพัทธ์ ลิ่มกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์นี้ประจำปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาและออกแบบเครื่องบดปลายข้าว

Design and development of broken-milled rice grinder machine

ผู้จัดทำ

1. นาย คมสัน จ้อยรักษา รหัสประจำตัว 49015484
2. นาย โอภาส ใจกล้า รหัสประจำตัว 49015517
3. นาย นฤชา พรายมด รหัสประจำตัว 49015531

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ธิติพัทธ์ ลิ่มกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆจากบุคคลหลายท่านซึ่งอันได้แก่ อ.ธิติพัทธ์ ลิ่มกุล อ.สยาม สงวนรัมย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความรู้ และช่วยเหลือต่างๆตลอดจนให้ความเอาใจใส่สม่ำเสมอตลอดเวลาในการทำโครงงานนี้ คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการ และลูกจ้าง ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มีส่วนให้การดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ โรงสีไฟ ที่คอยให้คำปรึกษาและเทคนิคในการสร้างเครื่องบดปลายข้าว

ขอขอบคุณคุณพ่อคุณแม่ ตลอดจนครอบครัวที่อบอุ่นที่เป็นกำลังใจและคอยให้คำปรึกษาปัญหาและอุปสรรคต่างๆ อีกทั้งยังให้โอกาสและสนับสนุนการศึกษาอย่างเต็มที่

นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่เกี่ยวข้องอีกหลายท่าน ซึ่งไม่อาจกล่าวนามในที่นี้ได้ทั้งหมดคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณท่านทั้งหลายไว้ ณ โอกาสนี้

คมสัน จ้อยรักษา

โอภาส ใจกล้า

นฤชา พรายมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาและออกแบบเครื่องบดปลายข้าว

นาย คมสัน จ้อยรักษา 49015484
นาย โอภาส ใจกล้า 49015517
นาย นฤชา พรายมด 49015531
อาจารย์ ธิติพัทธ์ ลิ่มกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยในปัจจุบันประเทศไทยยังคงเป็นประเทศที่ทำการเกษตรกรรมเป็นเศรษฐกิจหลัก โครงการปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบดปลายข้าวขนาด 2 แรงม้า เพื่อเป็นแนวทางและเป็นทางเลือกใหม่ของเกษตรกรในการลดต้นทุนการซื้อวัตถุดิบบางส่วน เช่น การนำปลายข้าวที่ได้จากการสีข้าวมาแปรรูป โดยการนำมาบดให้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ โดยเครื่องบดปลายข้าวที่กลุ่มได้ทำการออกแบบและพัฒนามา เพื่อการใช้ประโยชน์จากเศษปลายข้าวหักได้อย่างเต็มที่ โครงการนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องบดปลายข้าว จากการนำปลายข้าว ที่เหลือจากโรงสีข้าว มาแปรรูปให้มีลักษณะคล้ายรำข้าว เพื่อนำมาเป็นอาหารสำหรับสัตว์ อาทิเช่น ปลา เป็นต้น โครงการนี้มุ่งเน้นการทำเครื่องจักรขนาดเล็ก มีกำลังการผลิต 15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บำรุงรักษาง่าย และ ง่ายต่อการสร้าง เครื่องจักรประกอบด้วยลูกหินบด 2 ลูก มอเตอร์ 2 แรงม้า และตะแกรงร่อน 1 อัน อยู่ด้านล่างทำงานด้วยมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND DEVELOPMENT BROKEN-MILLED RICE GRINDING MACHINE

KOMSAN JOYRAKSA 49015484

OPAS JAIKLA 49015517

NARUCHA PRYMOD 49015531

THITIPAT LIMKUL ADVISOR 2008

ABSTRACT

Nowadays present time the main product in Thailand has still agriculture economy. Project of academy this planning it make of structure machine the size of 2 hose power should be new system for agriculture basement less amount to capital money such as conduct to change new system broken milled rice. It uses mix with animal food and development for the new system line and success machine to production it self, without rice mill is use for that things. It to be change animal foods such as fish. This project to make small machine have power to produce 15 kilograms per hour. Easy maintain and easy to construct. The machine consists of two stone roller powered by motor and difference size screens at the bottom shake by the same motor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	
สารบัญรูปภาพ	
สารบัญตาราง	
สารบัญภาคผนวก	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กระบวนการในการสีข้าว	3
2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของข้าว	5
2.3 การปลูกข้าว	7
2.4 การดูแลรักษาต้นข้าว	11
2.5 การเก็บเกี่ยวข้าว	12
2.6 การนวดข้าว	12
2.7 การทำความสะอาดเมล็ดข้าว (การสีข้าว)	13
2.8 การตากข้าว	13
2.9 การเก็บรักษาข้าว	14
บทที่ 3 ทฤษฎีการออกแบบและการคำนวณ	15
3.1 การออกแบบเพลา	15
3.2 สายพานลิ่ม	20
3.3 เฟืองตรง	31
3.7 ตะแกรง	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 การต่อมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	45
3.9 การคำนวณและออกแบบ	49
บทที่ 4 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องบดปลายข้าว	59
4.1 ชุดหินบด	59
4.2 ตัวเครื่องบดปลายข้าว	60
4.3 โครงสร้างฐาน	62
4.4 ฝาครอบเฟืองและสายพาน	62
บทที่ 5 ผลการดำเนินงาน	63
5.1 ผลการดำเนินงานด้านออกแบบ	63
5.2 ผลการดำเนินงานด้านเครื่องจักร	63
5.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดปลายข้าว	68
บทที่ 6 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	73
6.1 สรุปผลการดำเนินงาน	73
6.2 ข้อเสนอแนะ	74
หนังสืออ้างอิง	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 3.1 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ	18
ภาพที่ 3.2 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	20
ภาพที่ 3.3 แรงบนสายพานลิ่ม	22
ภาพที่ 3.4 แรงในสายพานลิ่ม	23
ภาพที่ 3.5 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม	27
ภาพที่ 3.6 การเรียกชื่นส่วนของฟันเฟือง	31
ภาพที่ 3.7 ผลของค่าไดอะมิทรัลพิตซ์ต่อขนาดของฟันเฟือง	34
ภาพที่ 3.8 การทำงานของฟันเฟืองที่ขบกัน	36
ภาพที่ 3.9 ระยะขบของเฟืองสองอัน การสัมผัสเริ่มขึ้นเมื่อแฟล็งค์ของเฟืองขับสัมผัสกับปลายฟันเฟืองตามและสิ้นสุดลงเมื่อปลายฟันเฟืองขับสัมผัสกับแฟล็งค์ของเฟืองตาม	39
ภาพที่ 3.10 เมื่อจุดสัมผัสของเฟืองสองอันที่ขบกันอยู่ต่ำกว่าวงกลมฐานจะเกิดการ nonconjugate เป็นผล	40
ภาพที่ 3.11 แสดงขดลวด 3 เฟส ในตัวมอเตอร์ 3 เฟส แบบอินดักชั่น	45
ภาพที่ 3.12 แสดงการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์(Y) และแบบเดลต้า (Δ)	45
ภาพที่ 3.13 แสดงวงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ 3 เฟส โดยให้สตาร์ทโดยตรง (Direct on line start)	46
ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างการควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส แบบอินดักชั่น	46
ภาพที่ 3.15 แสดงการต่อมอเตอร์ตาม NAME PLATE 380/220 V. ต่อได้ 2 วิธีจะเลือกแบบใดก็ได้	47
ภาพที่ 3.16 แสดงการกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส แบบอินดักชั่น	47
ภาพที่ 3.17 แสดงการต่อมอเตอร์แบบเดลตาร์ 380 โวลท์ แบบ Direct on line start	48
ภาพที่ 3.18 แสดงแรงและโมเมนต์บนเพลา	54
กับแฟล็งค์ของเฟืองตาม	39
ภาพที่ 4.1 แบบหล่อหินบด	59
ภาพที่ 4.2 แกนลูกหินบด	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.3 ฝาปิดบน	61
ภาพที่ 4.4 ฐานล่าง	61
ภาพที่ 4.5 โครงสร้างฐาน	62
ภาพที่ 4.6 ฝาครอบเฟืองและสายพาน	62
ภาพที่ 5.1 การหล่อลูกหินบด	64
ภาพที่ 5.2 ลูกหินบดที่พอกด้วยหินแล้ว	64
ภาพที่ 5.3 ฝาบนเครื่องบดปลายข้าว	65
ภาพที่ 5.4 ชุดทางออกของเครื่องบดปลายข้าว	65
ภาพที่ 5.5 ตัวโครงสร้างเครื่องบดปลายข้าว	66
ภาพที่ 5.6 ฝาครอบเฟืองและฝาครอบสายพาน	66
ภาพที่ 5.7 เครื่องบดปลายข้าว	67
ภาพที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรของปลายข้าวที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบด 0.1 มิลลิเมตร	70
ภาพที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรของปลายข้าวที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบด 0.2 มิลลิเมตร	70
ภาพที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรของปลายข้าวที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบด 0.3 มิลลิเมตร	71
ภาพที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรของปลายข้าว	71
ภาพที่ 5.12 ปลายข้าวก่อนทำการบดด้วยเครื่องบดปลายข้าว	72
ภาพที่ 5.13 ปลายข้าวหลังทำการบดด้วยเครื่องบดปลายข้าว	72
ภาพที่ ข.1 การต่อไฟเข้ากับระบบ	86
ภาพที่ ข.2 การเปิดระบบไฟ	86
ภาพที่ ข.3 การปรับตั้งลูกหินบด	87
ภาพที่ ข.4 สวิทช์ควบคุมเพื่อเดินเครื่องมอเตอร์	87
ภาพที่ ข.5 เปิดลิ้นควบคุมอัตราการไหลของปลายข้าว	88
ภาพที่ ข.6 ปลายข้าวที่บดเสร็จแล้วจะถูกบรรจุลงในภาชนะที่เตรียมไว้	88
ภาพที่ ข.7 ปลายข้าวที่บดไม่ผ่านตะแกรงร่อนจะถูกบรรจุลงในภาชนะที่เตรียมไว้	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.8 สวิทช์ควบคุมเพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ 89
ภาพที่ ข.9 การตัดไฟจากระบบควบคุม 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969	16
ตารางที่ 3.2 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานตามมาตรฐาน	21
ตารางที่ 3.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานตามมาตรฐาน	22
ตารางที่ 3.4 ตัวประกอบใช้งาน	26
ตารางที่ 3.5 ค่าตัวประกอบ k_2	26
ตารางที่ 3.6 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายลิ่ม	28
ตารางที่ 3.7 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม	29
ตารางที่ 3.8 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม (ต่อ)	30
ตารางที่ 3.9 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม	30
ตารางที่ 3.10 ขนาดเฟืองมาตรฐาน	34
ตารางที่ 3.11 มาตรฐานของฟันเฟือง	36
ตารางที่ 3.12 มาตรฐานของฟันเฟือง (ต่อ)	37
ตารางที่ 3.13 แสตนเลสแผ่นเจาะรู เกรด 304 หนา 1 มิล ขนาดกว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต	43
ตารางที่ 3.14 แสตนเลสแผ่นเจาะรู เกรด 304 หนา 0.7 มิล ขนาดกว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก	75
ตารางที่ ก 1 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อกชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ d 12 – 100 มม.	77
ตารางที่ ก 1 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อกชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ d 12 – 100 มม. (ต่อ)	78
ตารางที่ ก 2 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อกชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ สำหรับเพลาที่มีหน่วยเป็นนิ้ว d 5/8 – 1 $^{11/16}$ นิ้ว	79
ตารางที่ ก 2 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อกชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ สำหรับเพลาที่มีหน่วยเป็นนิ้ว d 5/8 – 1 $^{11/16}$ นิ้ว (ต่อ)	80
ตารางที่ ก 3 ชุดตลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อกชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ สำหรับเพลาที่มีหน่วยเป็นนิ้ว d 5/8 – 1 $^{11/16}$ นิ้ว	81
ตาราที่ ก 4 การเลือกสายตัวนำ และอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส 220 โวลท์ 50 เฮิรทซ์	82
ตาราที่ ก 5 การเลือกสายตัวนำ และอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส 380 โวลท์ 50 เฮิรทซ์	83
ภาคผนวก ข	84
ขั้นตอนการทดสอบเครื่องบดปลายข้าว	85
1. ตรวจสอบเครื่องบดปลายข้าวให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เพื่อความปลอดภัย แก่ผู้ปฏิบัติงาน	86
2. ขั้นตอนการบดปลายข้าว	88
ภาคผนวก ค	91
รายระเอียดการเขียนแบบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องบดปลายข้าว	92
ภาคผนวก ง	100
บทความ	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งข้าวออกเป็นสินค้าหลัก แนวโน้มปัญหาจะเกิดขึ้นนั้น จะมีปลายข้าวหักจำนวนมาก ดังนั้นการพัฒนาเครื่องบดปลายข้าวนั้น จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการลดปัญหาดังกล่าว เพราะสามารถแปรรูปของปลายข้าวหัก ให้ออกมาในรูปของปลายข้าวหักบดละเอียด และสามารถใช้ประโยชน์จากการบดนี้ได้เป็นอย่างดี และยังสามารถผลิตเองได้ภายในครัวเรือนหรือเชิงอุตสาหกรรมและยังมีราคาเหมาะสมกับยุคเศรษฐกิจพอเพียงและสอดคล้องกับโครงการพระราชดำหริของในหลวงคือ การทำการเกษตรแบบผสมผสานภายในครัวเรือน ทำให้เป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายภายในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

จากการศึกษาเราสามารถนำปลายข้าวหักที่ได้จากการสีข้าว มาใช้ประโยชน์จากจุดนี้ได้ เพราะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีการสีข้าวเป็นจำนวนมาก จึงทำให้เกิดปลายข้าวหักในขณะสีมากขึ้นไปด้วย ปลายข้าวหักส่วนมากสามารถแปรรูปให้เป็นปลายข้าวหักบดละเอียด เพื่อนำไปใช้ในการเลี้ยงปลา ถือได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษปลายข้าวหักที่ได้จากการสีข้าวให้ได้มากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อพัฒนาและออกแบบเครื่องบดปลายข้าว

1.2.2 สร้างเครื่องบดปลายข้าว เพื่อใช้บดปลายข้าวให้เป็นผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 จัดสร้างเครื่องบดปลายข้าวขนาด 2 แรงม้า ที่ได้จากการคำนวณ

1.3.2 ใช้ปลายข้าวพันธุ์เสาไห้เท่านั้น

1.3.3 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบดปลายข้าวที่มีความเร็วรอบ 7 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 คือ 1,400 รอบ/นาที

ระดับที่ 2 คือ 1,200 รอบ/นาที

ระดับที่ 3 คือ 1,000 รอบ/นาที

ระดับที่ 4 คือ 900 รอบ/นาที

ระดับที่ 5 คือ 800 รอบ/นาที

ระดับที่ 6 คือ 700 รอบ/นาที

ระดับที่ 7 คือ 600 รอบ/นาที

1.3.4 โดยกำหนดใช้ปัจจัยคงที่คือ

1.3.4.1 ล้อสายพานที่ตัวมอเตอร์ ต้นกำลังใช้เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 นิ้ว

1.3.4.2 ขนาดรูตะแกรง (ในที่นี้ใช้ขนาดรูตะแกรงเท่ากับ 1 มิลลิเมตร)

1.3.4.3 ระยะห่างระหว่างลูกหินบด

1.3.4.4 ปริมาณปลายข้าวที่ใช้ทดสอบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เรียนรู้ขั้นตอนและวิธีการสร้างเครื่องบดปลายข้าว

1.4.2 เป็นแนวทางพัฒนาเครื่องบดปลายข้าวให้มีสมรรถนะสูงขึ้น

1.4.3 เป็นข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการปรับปรุงแก้ไข เครื่องจักรสำหรับบดปลายข้าว ให้ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

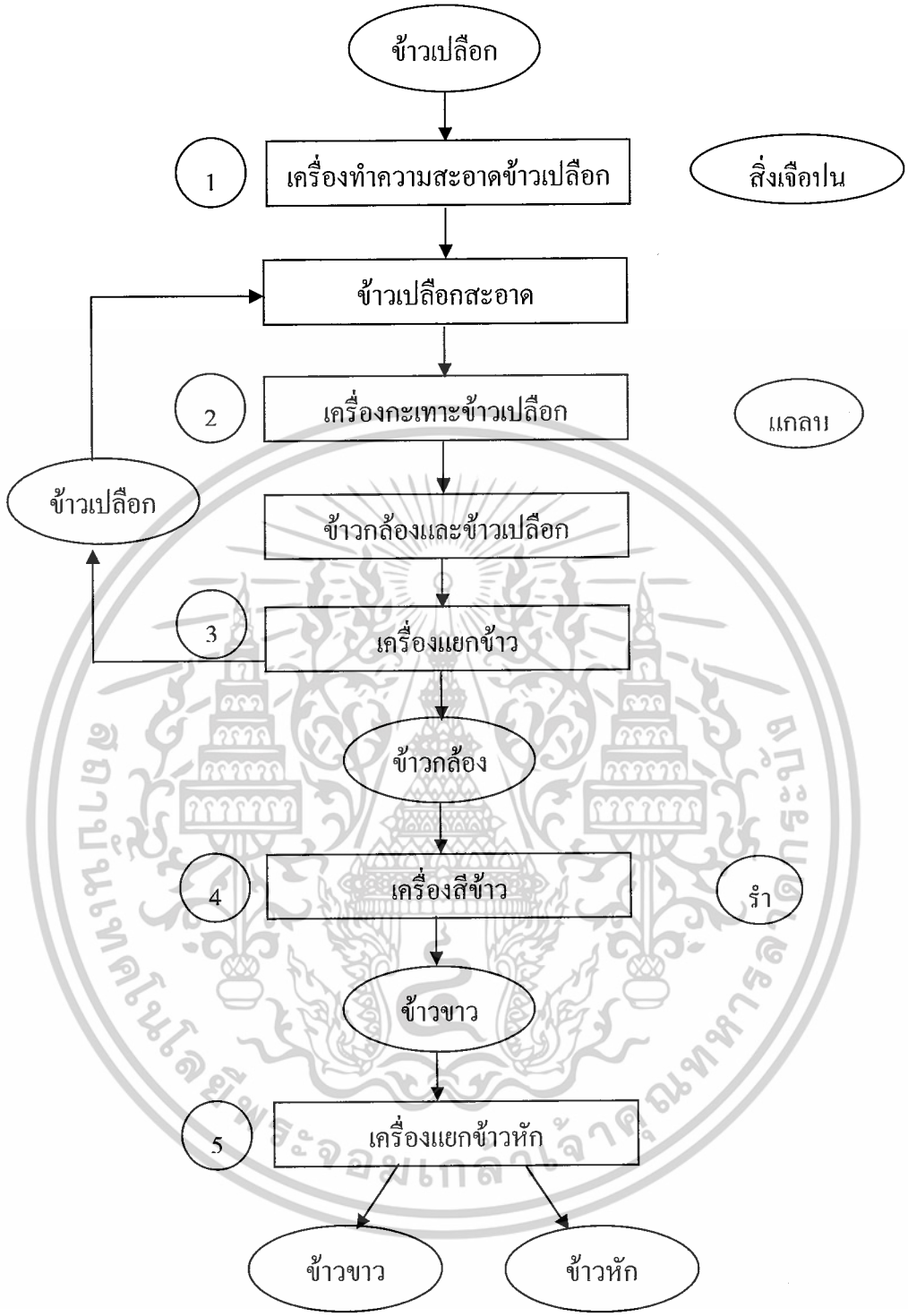
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการในการสีข้าว

ในการทีจะเปลี่ยนข้าวเปลือกเป็นข้าวสารสำหรับการหุงต้ม กรรมวิธีต่าง ๆ ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งมีกรรมวิธีดังต่อไปนี้

1. การทำความสะอาดข้าวเปลือก เป็นกรรมวิธีทำความสะอาดข้าวเปลือกไม่ให้มีฟางเศษผง ข้าวลีบ ฝุ่น ฯลฯ
2. การกะเทาะเปลือก กรรมวิธี แยกเปลือกออกจากเมล็ดข้าวกล้อง
3. การแยกข้าว เป็นวิธีแยกข้าวเปลือกที่หลงปนอยู่กับข้าวกล้อง ข้าวเปลือกจะถูกส่งกลับไปแล้วเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกใหม่ และข้าวกล้องจะถูกแยกไปเข้าเครื่องสีขัดขาว ในเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกใหม่ และข้าวกล้องจะถูกแยกไปเข้าเครื่องสีขัดข้าว ในเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก กรรมวิธีนี้อาจไม่ต้องใช้ก็ได้
4. การขัดขาว เป็นกรรมวิธีขัดเอารำออกจากเมล็ด เพื่อให้ได้ข้าวขาว
5. การแยกข้าวหัก เป็นการแยกข้าวหักออกจากข้าวเดิม เมล็ด (ข้าวขาว) ข้าวหักอาจแยกเป็นขนาดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 กรรมวิธีของการสีข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของข้าว

("ความรู้เรื่องข้าว" ดร.ประพาส วีระแพทย์ สาขาคัดพันธุ์ต้านทานศัตรูข้าว กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์)

2.2.1 ต้นข้าว

ลักษณะของต้นข้าว เมื่อเอาเมล็ดข้าวไปเพาะให้งอก โดยแช่น้ำนานประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วเอาเมล็ดขึ้นมาเก็บไว้ในจานแก้วที่มีความชื้นสูง ในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เมล็ดจะงอกภายใน 48 ชั่วโมง โดยมีปุยสีขาวเกิดขึ้นที่ปลายด้านหนึ่งของเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นปลายด้านที่ติดกับก้านดอก และส่วนที่งอกนั้นก็คือ embryo หรือคัพภะ ต่อไปก็จะมีรากและยอกโผล่ตามออกมา เมื่อเอาเมล็ดที่เริ่มงอกเหล่านี้ไปปลูกในดินที่เปียก ส่วนที่เป็นรากก็จะเจริญเติบโตลึกลงไปในดิน ส่วนที่เป็นยอดก็จะสูงขึ้นเหนือผิวดินแล้วเปลี่ยนเป็นใบ ต้นข้าวเล็ก ๆ นี้เรียกว่า ต้นกล้า หลังจากต้นกล้ามีอายุประมาณ 40 วัน ก็จะมีหน่อใหม่เกิดขึ้น โดยเจริญเติบโตออกมาจากตาซึ่งอยู่ที่โคนต้น ต้นกล้าแต่ละต้นสามารถแตกกอได้หน่อใหม่ประมาณ 5-15 หน่อ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ระยะปลูกและความอุดมสมบูรณ์ของดิน แต่ละหน่อยให้รวงข้าวหนึ่งรวง แต่ละรวงจะมีเมล็ดประมาณ 100-200 เมล็ด ปกติต้นข้าวที่โตเต็มที่แล้วจะมีความสูงจากพื้นดินถึงปลายรวงที่สูงที่สุดประมาณ 100-200 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว ตลอดถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินและความลึกของน้ำ พันธุ์ข้าวบางพันธุ์มีต้นสูงและบางพันธุ์ก็มีต้นเตี้ย ภายในของต้นข้าวมีลักษณะเป็นโพรงและแบ่งออกเป็นปล้อง ๆ ฉะนั้นข้าวต้นสูงจึงล้มง่ายกว่าข้าวต้นเตี้ย

2.2.2 เมล็ดข้าว

เมล็ดของข้าวหมายถึงส่วนรวมที่เป็นแป้งเรียนกว่า endosperm และส่วนที่ เป็นembryo ซึ่งถูกห่อหุ้มไว้โดยเปลือกนอกที่ เรียกว่า lemma และ palea แห้ง endosperm เป็นแป้งที่เราบริโภค embryo เป็นส่วนที่มีชีวิต และงอกออกมาเป็นต้นข้าว เมื่อเอาไปเพาะ การที่ละอองเกสรตัวผู้ตกลงบนที่รับละอองเกสรของเกสรตัวเมียนั้น เรียกว่า การผสมเกสร (pollination) หลักจากการผสมเกสรเล็กน้อย ละอองเกสรตัวผู้ก็จะงอกลงไปในก้านของเกสรตัวเมีย เพื่อนำนิวเคลียสจากละอองเกสรตัวผู้ลงไปผสมเพื่อรวมตัวกับไข่และนิวเคลียสอื่น ๆ ในรังไข่นิวเคลียสที่ได้รวมตัวกับไข่ก็จะเจริญเติบโตเป็น embryo ส่วนนิวเคลียสที่ได้รวมตัวกับนิวเคลียสอื่น ๆ (polarnuclei) ก็จะเจริญเติบโตเป็นแป้งที่เรียกว่า endoperm หลังจากการผสมเกสรประมาณ 30 วัน เมล็ดข้าวก็จะแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ เมื่อได้แกะเปลือกที่เป็น lemma และ palea ของเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวมาก็จะได้เมล็ดข้าวที่เรียกว่า ข้าวกล้อง หรือ brown rice เมล็ดข้าวกล้องมักจะเป็นสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่อน ๆ และเมื่อได้ผ่าตัดเมล็ดข้าวกล้องออกตามความยาว และศึกษาลักษณะของมันอย่างละเอียด ก็พบว่าเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วย เยื่อชั้นนอกบาง ๆ เรียกว่า pericarp layers จำนวน 2 ชั้น เยื่อชั้นกลางหนึ่งชั้นเรียกว่า tegmen และเยื่อชั้นในบาง ๆ อีกหนึ่งชั้นเรียกว่า aleurone layer ถ้า pericarplayers เป็นสีแดง เมล็ดข้าวกล้องก็จะเป็นสีแดงส่วนภายในที่เป็น endosperm จะมีลักษณะเป็นแป้งสีขาวหรือใส เป็นจำนวนน้อยมากที่มี endosperm เป็นสีแดงข้าวเหนียวจะมี endosperm เป็นสีขาวขุ่น ส่วนข้าวเจ้ามี endosperm ใสกว่า อย่างไรก็ตาม endosperm ของเมล็ดข้าวเจ้าอาจมีสีขาวขุ่น เกิดขึ้นที่ด้านข้างหรือตรงกลางของเมล็ดก็ได้ ซึ่งเรียกว่า ท้องไข่ หรือ ท้องปลาชิว (chalkiness)

2.2.3 ดอกข้าว

ดอกข้าว หมายถึง ส่วนที่มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียสำหรับผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกสองแผ่นประสานกันเพื่อห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ เปลือกนอกแผ่นใหญ่เรียกว่า lemma ส่วนเปลือกนอกแผ่นเล็กเรียกว่า palea ทั้งสองเปลือกนี้ภายนอกของมันอาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้ ถ้าที่เปลือกนี้ไม่มีขน ที่ใบของมันก็จะไม่มีขนและผิวเรียบด้วย ที่ปลายสุดของ lemma จะมีลักษณะเป็นปลายแหลมยื่นออกมา เรียนกว่า หาง (awn) พันธุ์ข้าวบางพันธุ์มีหางสั้นและบางพันธุ์ก็มีหางยาว พันธุ์ที่มีหางยาวเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ เพราะทำให้เก็บเกี่ยวและนวดยาก นอกจากนี้อาจทำให้ผู้เข้าไปเก็บเกี่ยวเกิดเป็นแผลตามผิวหนังได้ง่าย ที่ปลายด้านล้างของ lemma และ palea เท่านั้นที่ประสานติดกันอยู่บนก้านสั้น ๆ ที่เรียกว่า rachilla และที่ด้านบนของ rachilla นี้จะมีแผ่นบาง ๆ สองแผ่นขนาดเท่า ๆ กัน ทำหน้าที่บังคับให้ lemma และ palea ดังกล่าวปิดหรือเปิดได้ แผ่นบาง ๆ สองแผ่นนี้เรียกว่า lodicules ที่ฐานของ rachilla จะมีเปลือกบาง ๆ อีกสองแผ่นขนาดเล็กกว่า lemma และ palea และมีรูปร่างค่อนข้างยาวประกบอยู่ที่ฐานของ lemma และ palea เรียกว่า sterile lemmas ซึ่งที่ปลายด้านล่างของ sterile lemmas ก็ประสานติดกันอยู่รอบ ๆ ข้อซึ่งเรียกว่า rukimentary glumes ต่อลงมาก็จะเป็นก้านดอก (pedicel) ซึ่งติดอยู่บนระแง้ทุติยภูมิของช่อดอกข้าวดังกล่าว ส่วนที่อยู่ภายในซึ่ง lemma และ palea ห่อหุ้มไว้นั้น ได้แก่ เกสรตัวผู้ (stamen) และเกสรตัวเมีย (pistil) เกสรตัวผู้ประกอบด้วยกระเปาะสีเหลือง (anther) ซึ่งภายในมีละอองเกสร (pollen grains) ขนาดเล็กจำนวนมาก กระเปาะนี้ติดอยู่บนก้านยาวเรียกว่า filament และเชื่อมติดอยู่กับฐานของดอก ในดอกข้าวแต่ละดอกจะมีกระเปาะเกสรตัวผู้จำนวน 6 อัน ส่วนเกสรตัวเมียนั้น ประกอบด้วยที่รับละอองเกสรตัวผู้ (stigma) ซึ่งมีลักษณะคล้ายหางกระรอกขนาดเล็กจำนวนสองอัน แต่ละอันมีก้าน (style) เชื่อมติดอยู่กับรังไข่ (ovary) ในรังไข่จะมีไข่ ซึ่งเมื่อถูกผสมเกสรแล้วก็จะกลายเป็น เมล็ด จึงเห็นได้ว่าดอกข้าวเป็นดอกชนิดที่เรียกว่าดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) เพราะมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ฉะนั้น การผสมเกสร (pollination) ส่วนใหญ่จึงเป็นแบบการผสมตัวเอง (self-pollination) และมีการผสมแบบข้ามต้น (cross-pollination) เป็นจำนวนน้อยมากหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 0.5-5% เท่านั้น ปกติการผสมเกสรเกิดขึ้นภายในดอกเดียวกันในเวลาเช้า และก่อนที่ lemma และ palea จะบานออกเล็กน้อย ดอกข้าวจะเริ่มบานจากปลายรวงลงมาสู่ โคนของรวงข้าว และรวงหนึ่ง ๆ จะใช้เวลาประมาณ 7 วัน เพื่อให้ดอกทุกดอกได้บานและมีการผสมเกสร

2.2.4 ช่อดอกข้าว

รวงข้าว หมายถึง ช่อดอกของข้าว (inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว ระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อของใบธง เรียกว่า คอรวง ดังนั้น คอรวงจะสั้นหรือยาวก็ขึ้นอยู่กับระยะระหว่าง ข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อของใบธง ชาวนาในภาคใต้ซึ่งเก็บเกี่ยวข้าวด้วย แกระ มีความประสงค์ที่จะปลูกข้าวชนิดที่ คอรวงยาว แต่ชาวนาที่เก็บเกี่ยวด้วยเคียวนั้น เขาไม่คำนึงถึงความยาวของคอรวงเลย นอกจากนี้ที่ข้อของปล้องสุดท้าย อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฐานของคอรวง (panicle base) รวงข้าวประกอบด้วยก้านอันใหญ่ต่อจากคอรวงขึ้นไป แล้วแตกแขนงแบบ recemose mode branching ออกไปมากมาย โดยแต่ละข้อของก้านอันใหญ่แตกแขนงออกไปอีกเป็นระแง้ปฐมภูมิ (primary branches) และแต่ละข้อของระแง้ปฐมภูมิ ก็จะแตกแขนง ออกไปอีกเป็นระแง้ ทุติยภูมิ(secondary branches) ดอกข้าว (spikelets) มีก้านดอก (pedicel) ติดอยู่ที่ระแง้ทุติยภูมิ ลักษณะของรวงข้าว เช่น ความยาว รูปร่าง ความถี่ห่างของข้อของระแง้ปฐมภูมิ และระแง้ทุติยภูมิ ตลอดถึงมุมของการแตกแขนงออกไปนั้น แตกต่างไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว การมีข้อของระแง้ปฐมภูมิ และระแง้ทุติยภูมิถี่นั้น เรียกว่า ระแง้ถี่ ทำให้มีจำนวนดอก (spikelets) ต่อรวงมาก ซึ่งเป็นลักษณะของพันธุ์ข้าว ที่จะให้ผลผลิตสูง

2.3 การปลูกข้าว

2.3.1 ข้าวไร่

การปลูกข้าวไร่ หมายถึง การปลูกข้าวบนที่ดอนและไม่มีน้ำขังในพื้นที่ปลูก ชนิดของข้าวที่ปลูกก็เรียกว่า ข้าวไร่ พื้นที่ดอนส่วนมาก เช่น เชิงภูเขามักจะไม่มีระดับ คือ สูง ๆ ต่ำ ๆ จึงไม่สามารถไถเตรียมดินและปรับระดับได้ง่าย ๆ เหมือนกับพื้นที่ราบ เพราะฉะนั้นชาวนามักจะปลูกแบบหยอดโดยขั้นแรกทำการตัดหญ้าและต้นไม้เล็กออก แล้วทำความสะอาดพื้นที่ที่จะปลูกแล้วใช้หลักไม้ปลายแหลมเจาะดินเป็นหลุมเล็ก ๆ ลึกประมาณ 3 เซนติเมตร ปากหลุมมีขนาดกว้างประมาณ 1 นิ้ว หลุมนี้มีระยะห่างกันประมาณ 25×25 เซนติเมตร ระหว่างแถวและระหว่างหลุมภายในแนว ปกติจะต้องหยอดเมล็ดพันธุ์ทันทีหลังจากที่ได้เจาะหลุม โดยหยอด 5-8 เมล็ดต่อหลุม หลังจากหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวแล้วก็ใช้เท้ากลบดินปากหลุมเมื่อฝนตกลงมาหรือเมล็ดได้รับความชื้นจากดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะงอกและเจริญเติบโตเป็นข้าว เนื่องจากที่ดอนไม่มีน้ำขังและไม่มีชลประทาน การปลูกข้าวไร่จึงต้องใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว พื้นดินที่ปลูกข้าวไร่จะแห้งและขาดน้ำทันทีเมื่อสิ้นฤดูฝน ดังนั้นการปลูกข้าวไร่จะต้องใช้พันธุ์ที่มีอายุเบา โดยปลูกในต้นฤดูฝน และแก่เก็บเกี่ยวได้ในปลายฤดูฝน การปลูกข้าวไร่ ชาวนาจะต้องหมั่นกำจัดวัชพืช เพราะที่ดอนมักจะมีวัชพืชมากกว่าที่ลุ่ม เนื้อที่ที่ใช้ปลูกข้าวไร่ในประเทศไทยมีจำนวนน้อยและมีปลูกมากในภาคเหนือและภาคใต้ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางปลูกข้าวไร่น้อยมาก

2.3.2 ข้าวนาดำ

การปลูกข้าวในนาดำ เรียกว่า การปักดำซึ่งวิธีการปลูกแบ่งออกได้เป็นสองตอน ตอนแรกได้แก่การตกกล้าในแปลงขนาดเล็ก และตอนที่สองได้แก่การถอนต้นกล้าเอาไปปักดำในนาผืนใหญ่ ดังนั้น การปลูกแบบปักดำอาจเรียกว่า Indirect seeding ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- การเตรียมดิน

การเตรียมดินสำหรับปลูกข้าวแบบปักดำต้องทำการเตรียมดินดีกว่าการปลูกข้าวไร่ ซึ่งมีการไถดะ การไถแปรและการคราด ปกติการไถและคราดในนาดำมักจะใช้แรงวัว ควาย หรือแทร็กเตอร์ขนาดเล็กที่เรียกว่าควายเหล็ก หรือไถยนต์เดินตาม ทั้งนี้เป็นเพราะพื้นที่นาดำนั้นได้มีคันนาแบ่งกั้นออกเป็นแปลงเล็กๆ ขนาดแปลงละ 1 ไร่หรือเล็กกว่านี้ คันนามีไว้สำหรับกักเก็บน้ำ หรือปล่อยน้ำทิ้งจากแปลงนา นาดำจึงมีการบังคับน้ำในนาได้บ้างพอสมควร ก่อนที่จะทำการไถจะต้องรอให้ดินมีความชื้นพอที่จะไถได้เสียก่อน ปกติจะต้องรอให้ฝนตกจนมีน้ำขังในผืนนาหรือไขน้ำเข้าไปในนาเพื่อทำให้ดินเปียก

- การตกกล้า

การตกกล้า หมายถึง การเอาเมล็ดไปหว่านให้งอก และเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นต้นกล้าเพื่อเอาไปปักดำ การตกกล้าสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกันคือ

- การตกกล้าในดินเปียก

การตกกล้าในดินเปียกจะต้องเลือกหาพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินดีเป็นพิเศษ สามารถป้องกันนกและหนูที่จะเข้าทำลายต้นกล้าได้เป็นอย่างดี และมีน้ำพอเพียงกับความต้องการ การเตรียมดินก็มีการไถดะ ไถแปร และคราด ดังได้กล่าวมาแล้ว แต่ต้องยกเป็นแปลงสูงกว่าระดับน้ำในผืนนานั้นประมาณ 3-5 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เมล็ดที่หว่านลงไปจมน้ำและดินนั้นเปียกชุ่มอยู่เสมอด้วยจะเป็นการดียิ่งขึ้นถ้าแปลงนี้ได้แบ่งออกเป็นแปลงย่อยขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร และ มีความยาวขนานไปกับทิศทางลมระหว่างแปลงเว้นช่องว่างไว้สำหรับเดินประมาณ 30 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นกล้าถูกทำลายโดยโรคไหม้หรือแมลงบางชนิด เมล็ดพันธุ์ที่เอามาตากกล้าจะต้องเป็นเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์ปราศจากเชื้อโรคต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้จะต้องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์เสียก่อน โดยแยกเอามาเฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์ และเอาเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าปกติทิ้งไปเอาเมล็ดที่ต้องการตกกล้าใส่ถุงผ้าไปแช่ในน้ำนาน 12-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง แล้วเอาขึ้นมาวางไว้บนแผ่นกระดานในที่ที่มีลมถ่ายเทได้สะดวก และเอาผ้าหรือกระสอบเปียกน้ำคลุมไว้นาน 36-48 ชั่วโมง ซึ่งเรียกว่าการหุ้ม หลังจากที่ได้หุ้มเมล็ดไว้ครบ 36-48 ชั่วโมงแล้ว เมล็ดข้าวก็จะงอกจึงเอาไปหว่านลงบนแปลงกล้าที่ได้เตรียมไว้ ก่อนที่จะหว่านเมล็ดลงบนแปลงกล้า ควรใส่ปุ๋ยพวกที่ให้ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเสียก่อน และใช้ไม้กระดานลูบแปลงเพื่อกลบปุ๋ยลงไปในดิน หากดินดีอยู่แล้วก็ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย ปกติใช้เมล็ดพันธุ์จำนวน 40-50 กิโลกรัมต่อเนื้อที่แปลงกล้าหนึ่งไร่ เมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 25-30 วัน นับจากวันหว่านเมล็ด ต้นกล้าก็จะมีขนาดโตพอที่จะถอนเอาไปปักดำได้ การตกกล้าแบบนี้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในการทำนาดำในประเทศไทย

- การตกกล้าในดินแห้ง

การตกกล้าในดินแห้ง ในกรณีที่ชาวนาไม่มีน้ำเพียงพอสำหรับการตกกล้าในดินเปียก ชาวนาอาจทำการตกกล้าบนที่ดินซึ่งไม่มีน้ำขัง โดยเอาเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์ที่ยังไม่ได้เพาะให้งอกไปโรยไว้ในแถวที่เปิดเป็นร่องเล็ก ๆ ขนาดแถวยาวประมาณ 1 เมตร จำนวนหลายแถว แล้วกลบด้วยดินเพื่อป้องกันนกและหนู หลังจากนั้นก็รดน้ำแบบรดน้ำผักวันละ 2 ครั้ง เมล็ดที่จะงอกขึ้นมาเป็นต้นกล้าเหมือนกับการตกกล้าในดินเปียก ปกติใช้เมล็ดพันธุ์จำนวน 7-10 กรัมต่อหนึ่งแถวที่มีความยาว 1 เมตร และแถวห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร หลังจากโรยเมล็ดและกลบดินแล้ว ควรหว่านปุ๋ยพวกที่ให้ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงไปด้วย

- การตกกล้าแบบดาปก

การตกกล้าแบบดาปก การตกกล้าแบบนี้เป็นที่นิยมทำกันมาก ในประเทศฟิลิปปินส์ ขั้นแรกทำการเตรียมพื้นที่ดินเหมือนกับการ ตกกล้าในดินเปียก แล้วยกเป็นแปลงสูงกว่าระดับน้ำ 5-10 เซนติเมตร หรือใช้พื้นที่ดอนเรียบหรือเป็นพื้นคอนกรีต ก็ได้ แล้วใช้กาบของต้นกล้วยต่อกันเป็นกรอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 1 เมตร และยาวประมาณ 1.5 เมตร ต่อจากนั้นเอาใบกล้วยที่ไม่มีก้านกลางวางเรียงเพื่อปู เป็นพื้นที่ในกรอบนั้น ให้เอาด้านล่างของใบหงายขึ้นและไม่ให้มีรอยแตกของใบ เพราะฉะนั้นใบกล้วยที่ปูพื้นนั้นจะต้องวางซ้อนกันเป็นทอด ๆ แล้วเอาเมล็ดพันธุ์ ที่สมบูรณ์ซึ่งได้เพาะให้งอกแต่ยังไม่มีรากโผล่ ออกมาโรยลงไปในกรอบที่เตรียมไว้นี้ ใช้เมล็ดพันธุ์หนัก 3 กิโลกรัมต่อเนื้อที่ 1 ตารางเมตร ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่โรยลงไปไปในกรอบ จะซ้อนกันเป็น 2-3 ชั้น หลังจากโรยเมล็ดแล้ว จะต้องใช้บัวรดน้ำชนิดรูเล็กมาก รดลงในกรอบที่โรยเมล็ดนี้วันละ 2-3 ครั้ง ในที่สุดเมล็ดก็จะงอกและเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นต้นกล้า ข้อสำคัญในการตกกล้าแบบนี้ คือ ต้องไม่ให้น้ำท่วมแปลงกล้า ต้นกล้าแบบนี้อายุประมาณ 10-15 วัน ก็พร้อมที่ใช้ปักดำได้หรือจะเอาไปปักดำกอละหลาย ๆ ต้น ซึ่งเรียกว่า ซิมกล้า เพื่อให้ได้ต้นกล้าที่แข็งและโตสำหรับปักดำจริง ๆ ซึ่งนิยมทำกันมากในภาคเหนือของประเทศไทย การที่จะเอาต้นกล้าไปปักดำ ไม่จำเป็นต้องถอนต้นกล้าเหมือนกับวิธีอื่น ๆ เพราะรากของต้นกล้าเกาะกันแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างต้น และรากก็ไม่ได้ทะลุใบกล้วยลงไปในดิน ฉะนั้นชาวนาจึงทำการม้วนใบกล้วยแบบม้วนเสื่อ โดยมีต้นกล้าอยู่ภายในการม้วนก็ควรม้วนหลวม ๆ แล้วขนไปยังแปลงนาที่จะปักดำ

- การปักดำ

การปักดำ เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 25-30 วัน จากการตกกล้าในดินเปียก หรือการตกกล้าในดินแห้ง ก็จะโตพอที่จะถอนเอาไปปักดำได้ สำหรับต้นกล้าที่ได้มาจากการตกกล้าแบบดาปก นั้นในเมืองไทยยังไม่เคยปฏิบัติ คิดว่าจะต้องมีอายุประมาณ 20 วัน จึงเอาไปปักดำได้เพราะต้นกล้าขนาด 10-14 วันนั้น อาจมีขนาดเล็กเกินไปที่จะใช้ปักดำในพื้นที่นาของเรา ขั้นแรกให้ถอนต้นกล้าขึ้นมาจากแปลงแล้วมัดรวมกันเป็นมัด ๆ ถ้าต้นกล้าสูงมากก็ให้ตัดปลายใบทิ้ง สำหรับต้นกล้าที่ได้มาจากการตกกล้าในดินเปียก จะต้องสลัดเอาดินโคลนที่รากออกเสียด้วย แล้วเอาไปปักดำในพื้นที่นาที่ได้เตรียมไว้ พื้นที่นาที่ใช้ปักดำควรมีน้ำขังอยู่ประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพราะต้นข้าวอาจถูกลมพัดจนพับลงได้ในเมื่อนานั้นไม่มีน้ำอยู่เลย ถ้าระดับน้ำในนานั้นลึกมาก ต้นข้าวที่ปักดำอาจจมน้ำในระยะแรก และทำให้ต้นข้าวจะต้องยืดต้นมากกว่าปกติ จนมีผลให้แตกกอน้อย การปักดำที่จะให้ได้ผลผลิตสูงจะต้องปักดำให้เป็นแถวเป็นแนว และมีระยะห่างระหว่างกอมากพอสมควร โดยทั่วไปแล้วการปักดำมักใช้ต้นกล้าจำนวน 3-5 ต้นต่อกอ ระยะปลูกหรือปักดำ 25×25 เซนติเมตร ระหว่างกอและระหว่างแถว

2.3.3 ข้าวนาหว่าน

การปลูกข้าวนาหว่าน เป็นการปลูกข้าวโดยเอาเมล็ดพันธุ์หว่านลงไปในพื้นที่นาที่ได้ไถเตรียมดินไว้โดยตรง ซึ่งเรียกว่า Direct seeding การเตรียมดินก็มีการไถดะและไถแปร ปกติชาวนาจะเริ่มไถนาสำหรับปลูกข้าวนาหว่านตั้งแต่เดือนเมษายน เนื่องจากพื้นที่นาสำหรับปลูกข้าวนาหว่านไม่มีคันนากั้น จึงสะดวกแก่การไถด้วยรถแทร็กเตอร์ขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีชาวนาจำนวนมากที่ใช้ แรงวัวและควายไถนา การปลูกข้าวนาหว่านมีหลายวิธีด้วยกัน คือ

- การหว่านสำรวย

การหว่านสำรวย การหว่านวิธีนี้ชาวนาจะเตรียมดิน ซึ่งมีการไถดะและไถแปร แล้วเอาเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เพาะให้งอกหว่านลงไปโดยตรง ปกติใช้เมล็ดพันธุ์ 1-2 ถึง ต่อไร่ เมล็ดพันธุ์ที่หว่านลงไปจะตกลงไปอยู่ตามซอกระหว่างก้อนดินและรอยไถ เมื่อฝนตกลงมาทำให้ดินเปียกและเมล็ดได้รับความชื้น มันก็จะงอกขึ้นมาเป็นต้นกล้า การหว่านวิธีนี้ใช้เฉพาะท้องที่ซึ่งดินมีความชื้นพออยู่แล้ว

- การหว่านคราดกลบหรือไถกลบ

การปลูกข้าวนาหว่านแบบการหว่านคราดกลบหรือไถกลบ ชาวนาจะทำการไถดะและไถแปร แล้วเอาเมล็ดพันธุ์ที่ยังไม่ได้เพาะให้งอก จำนวน 1-2 ถึงต่อไร่ หว่านลงไปทันที แล้วคราดหรือไถเพื่อกลบเมล็ดที่หว่านลงไปอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากดินมีความชื้นอยู่แล้ว เมล็ดก็จะเริ่มงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทันทีหลังจากที่ได้หว่านลงไป นอกจากนี้การตั้งตัวของต้นกล้าก็ดีกว่าวิธีแรกด้วย เพราะเมล็ดที่หว่านลงไปถูกดินกลบฝังลึกลงไปในดิน

- การหว่านนาตม

การหว่านน้ำตม การหว่านแบบนี้นิยมใช้ในพื้นที่ที่มีน้ำขังประมาณ 3-5 เซนติเมตร และพื้นที่นาเป็นผืนใหญ่ขนาดประมาณ 1-2 ไร่ มีคันนากั้นเป็นแปลงการเตรียมดินก็เหมือนกับการเตรียมดินสำหรับนาดำ ซึ่งมีการไถดะ ไถแปร และคราด เพื่อจะได้เก็บวัชพืชออกไปจากนา แล้วทิ้งให้ดินตกตะกอนจนเห็นว่าน้ำใสจึงเอาเมล็ดพันธุ์จำนวน 1-2 ถังต่อไร่เพาะให้งอก แล้วหว่านลงไป แล้วไขน้ำออก เมล็ดก็จะเจริญเติบโตเป็นต้นข้าว แล้วมีการเจริญเติบโตอย่างข้าวอื่น ๆ ตามปกติ การหว่านแบบนี้นิยมทำกันมากในท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ทำการปลูกข้าวนาปรัง

2.3.4 ข้าวนาปรัง

นาปรังเป็นการทำนานอกฤดูฝนโดยการอาศัยน้ำจากระบบชลประทาน

2.4 การดูแลรักษาต้นข้าว

ในระหว่างการเจริญเติบโตของต้นข้าว ตั้งแต่การหยอดเมล็ด การหว่านเมล็ด การปักดำ ต้นข้าวต้องการน้ำและปุ๋ยสำหรับการเจริญเติบโต ในระยะนี้ต้นข้าวอาจถูกโรคและแมลงศัตรูข้าวหลายชนิดเข้ามาทำลายต้นข้าว โดยทำให้ต้นข้าวแห้งตาย หรือผลผลิตต่ำและคุณภาพเมล็ดไม่ได้มาตรฐาน เพราะฉะนั้นนอกจากจะมีวิธีการปลูกที่ดีแล้ว จะต้องมีวิธีการดูแลรักษาที่ดีอีกด้วย ผู้ปลูกจะต้องหมั่นออกไปตรวจดูต้นข้าวที่ปลูกไว้เสมอ ๆ ในแปลงที่ปลูกข้าวไร่ จะต้องมีการกำจัดวัชพืช ใส่ปุ๋ย และพ่นยาเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดโรคแมลงศัตรูที่อาจเกิดระบาดขึ้นได้ ในแปลงกล้าและแปลงปักดำจะต้องมีการใส่ปุ๋ย มีน้ำเพียงพอกับความต้องการของต้นข้าว และพ่นยาเคมีป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูข้าว นอกจากนี้ชาวนาจะต้องหมั่นกำจัดวัชพืชในแปลงปักดำอีกด้วย เพราะวัชพืชเป็นตัวที่แย่งปุ๋ยไปจากต้นข้าว ในพื้นที่นาหว่าน ชาวนาจะต้องกำจัดวัชพืชโดยสารเคมีพ่น หรือใช้แรงคนถอนทิ้งไปก็ได้ นอกจากนี้จะต้องพ่นสารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลงอีกด้วย เนื่องจากพื้นที่นาหว่านมักจะมีระดับน้ำลึกกว่านาดำ ฉะนั้น ชาวนาควรใส่ปุ๋ยก่อนที่น้ำจะลึก ยกเว้นในพื้นที่ที่น้ำไม่ลึกมาก ก็ให้ใส่ปุ๋ยแบบนาดำทั่ว ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเก็บเกี่ยวข้าว

เมื่อดอกข้าวได้บานและมีการผสมเกสรแล้วหนึ่งสัปดาห์ ภายในที่ห่อหุ้มด้วย lemma และ palea ก็จะเริ่มเป็นแป้งเหลวสีขาว ในสัปดาห์ที่สองแป้งเหลวนั้นก็จะแห้งกลายเป็นแป้งค่อนข้างแข็ง และในสัปดาห์ที่สามแป้งก็จะแข็งตัวมากยิ่งขึ้นเป็น รูปร่างของเมล็ดข้าวกล้อง แต่มันจะแก่ เก็บเกี่ยวได้ ในสัปดาห์ที่สี่นับจากวันที่ผสมเกสร จึงเป็นที่เชื่อถือได้ว่า เมล็ดข้าวจะแก่พร้อม เก็บเกี่ยวได้ หลังจากออกดอกแล้วประมาณ 28-30 วัน ชาวนาในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางใช้เคียวสำหรับเกี่ยวข้าวที่ละหลาย ๆ รวง ส่วนชาวนาในภาคใต้ใช้แกระสำหรับเกี่ยวข้าวทีละรวงเคียวที่ใช้เกี่ยวข้าวมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ เคียวนาสวน และเคียวนาเมือง เคียวนาสวนเป็นเคียววงกว้าง ใช้สำหรับเกี่ยวข้าวนาสวนซึ่งได้ปลูกไว้แบบปักดำ แต่ถ้าผู้ใช้มีความชำนาญก็อาจเอาไปใช้เกี่ยวข้าวนาเมืองก็ได้ ส่วนเคียวนาเมืองเป็นเคียววงแคบและมีด้ามยาวกว่าเคียวนาสวน เคียวนาเมืองใช้เกี่ยวข้าวนาเมือง ซึ่งได้ปลูกไว้แบบหว่าน ข้าวที่เกี่ยวด้วยเคียวไม่จำเป็นต้องมีคอรวงยาว เพราะข้าวที่เกี่ยวมาจะถูกรวบมัดเป็นกำ ๆ ส่วนข้าวที่เกี่ยวด้วยแกระจำเป็นต้องมีคอรวงยาว เพราะชาวนาต้องเกี่ยวเฉพาะรวงที่ละรวงแล้วมัดเป็นกำ ๆ ข้าวที่เกี่ยวด้วยแกระชาวนาจะเก็บไว้ในยุ้งฉางซึ่งโปร่ง มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และจำทำการวดเมื่อต้องการขายหรือต้องการสีเป็นข้าวสาร ข้าวที่เกี่ยวด้วยเคียวซึ่งปลูกไว้แบบปักดำ ชาวนาจะทิ้งไว้ในนาจนหมดซัง เพื่อตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 3-5 วัน สำหรับข้าวที่ปลูกแบบหว่านพื้นที่นาจะแห้งในระยะเก็บเกี่ยว ข้าวจึงแห้งก่อนเก็บเกี่ยว ข้าวที่เกี่ยวแล้วจะกองทิ้งไว้บนพื้นที่นาเป็นรูปต่าง ๆ กันเป็นเวลา 5-7 วัน เช่น รูปสามเหลี่ยม แล้วจึงขนมาที่ลานสำหรับนวด ข้าวที่นวดแล้วจะถูกขนย้ายไปเก็บไว้ในยุ้งฉาง หรือส่งไปขายที่โรงสีทันทีก็ได้

2.6 การนวดข้าว

การนวดข้าว หมายถึง การเอาเมล็ดข้าวออกจากรวง แล้วทำความสะอาดเพื่อแยกเมล็ดข้าวลีบและเศษฟางข้าวออกไป เหลือไว้เฉพาะเมล็ดข้าวเปลือกที่ต้องการเท่านั้น ขั้นแรกจะต้องขนข้าวที่เกี่ยวจากนาไปกองไว้บนลานสำหรับนวด การกองข้าวสำหรับนวดก็มีหลายวิธี แต่หลักสำคัญมีอยู่ว่าการกองจะต้องเป็นระเบียบ ถ้ากองไม่เป็นระเบียบมัดข้าวจะอยู่สูง ๆ ต่ำ ๆ ทำให้เมล็ดข้าวได้รับความเสียหายและคุณภาพต่ำปกติจะกองไว้เป็นรูปวงกลมชาวนามักจะนวดข้าวหลังจากที่ได้ตากข้าวให้แห้งเป็นเวลา 5-7 วัน ซึ่งเมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นประมาณ 17-15% เมล็ดที่ได้เกี่ยวมาใหม่ ๆ จะมีความชื้นประมาณ 20-25% การนวดข้าวก็ใช้แรงสัตว์ เช่น วัว ควาย ขึ้นไปเหยียบย่ำเพื่อขยี้ให้เมล็ดหลุดออกจากรวงข้าว รวงข้าวที่เอาเมล็ดออกหมดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า ฟางข้าว ที่กล่าวนี้เป็นวิธีหนึ่งของการนวดข้าว ซึ่งที่จริงแล้วการนวดข้าวมีหลายวิธี เช่น การนวดแบบฟาดกำข้าว การนวดแบบใช้คำย่ำ การนวดแบบใช้ควายย่ำ การนวดโดยใช้เครื่องทุ่นแรงย่ำ

2.7 การทำความสะอาดเมล็ดข้าว (การสีข้าว)

การทำความสะอาดเมล็ดข้าวหมายถึง การเอาข้าวเปลือกออกจากสิ่งเจือปนอื่น ๆ ซึ่งทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

1. การสาดข้าว ใช้พลั่วสาดเมล็ดข้าวขึ้นในไปอากาศ เพื่อให้ลมที่ได้จากการกระพือพัดสิ่งเจือปนออกไปส่วนเมล็ดข้าวเปลือกที่ดีก็จะตกมารวมกันเป็นกองที่พื้น

2. การใช้กระด้งฝัด โดยใช้กระด้งแยกเมล็ดข้าวดีและสิ่งเจือปนให้อยู่คนละด้านของกระด้ง แล้วฝัดเอาสิ่งเจือปนทิ้ง วิธีนี้ใช้กับข้าวที่มีปริมาณน้อย ๆ

3. การใช้เครื่องสีฝัด เป็นเครื่องมือทุ่นแรงที่ใช้หลักการให้ลมพัดเอาสิ่งเจือปนออกโดยใช้แรงคนหมุนพัดลมในเครื่องสีฝัดนั้น พัดลมนี้อาจใช้เครื่องยนต์เล็ก ๆ หมุนก็ได้ วิธีนี้เป็นวิธีทำความสะอาดเมล็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง

2.8 การตากข้าว

เพื่อรักษาคุณภาพเมล็ดข้าวให้ได้มาตรฐานอยู่เป็นเวลานาน ๆ หลังจากนวดและทำความสะอาดเมล็ดแล้ว จึงจำเป็นต้องเอาข้าวเปลือกไปตากอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะเอาไปเก็บไว้ในยุ้งฉาง ทั้งนี้เพื่อให้ได้เมล็ดข้าวเปลือกที่แห้ง และมีความชื้นของเมล็ดประมาณ 13-15% เมล็ดข้าวในยุ้งฉางที่มีความชื้นสูงกว่านี้ จะทำให้เกิดความร้อนสูงจนคุณภาพข้าวเสื่อม นอกจากนี้จะทำให้เชื้อราต่าง ๆ ที่ติดมากับเมล็ดขยายพันธุ์ได้ดี จนสามารถทำลายเมล็ดข้าวเปลือกได้เป็นจำนวนมาก การจากข้าวในระยะนี้ ควรตากบนลานที่สามารถแผ่กระจายเมล็ดข้าวให้ได้รับแสงแดดโดยทั่วถึงกัน และควรตากไว้นานประมาณ 3-4 แดด ในต่างประเทศเขาใช้เครื่องอบข้าว เพื่อลดความชื้นในเมล็ด ซึ่งเรียกว่า Drier โดยให้เมล็ดข้าวผ่านอากาศร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การเก็บรักษาข้าว

หลังจากชาวนาได้ตากเมล็ดข้าวจนแห้ง และมีความชื้นในเมล็ดประมาณ 13-15% แล้วนั้น ชาวนาก็จะเก็บข้าวไว้ในยุ้งฉาง เพื่อไว้บริโภคและแบ่งขาย เมื่อข้าวมีราคาสูง และอีกส่วนหนึ่ง ชาวนาจะแบ่งไว้ทำพันธุ์ ฉะนั้นข้าวพวกนี้จะต้องเก็บไว้เป็นอย่างดีโดยรักษาให้ข้าวนั้นมีคุณภาพได้มาตรฐานอยู่ ตลอดเวลาและไม่สูญความงอก ข้าวพวกนี้ควรเก็บไว้ในยุ้งฉางที่ดีซึ่งทำด้วยไม้ยกพื้นสูงอย่างน้อย 1 เมตร อากาศถ่ายเทได้สะดวก เพื่อจะได้ระบายความชื้นและความร้อนออกไปจากยุ้งฉาง นอกจากนี้หลังคาของฉางจะต้องไม่รั่ว และสามารถกันน้ำฝนไม่ให้หยดลงไปในฉางได้ ก่อนเอาข้าวขึ้นไปเก็บไว้ในยุ้งฉางจำเป็นต้องทำความสะอาดฉางเสียก่อน โดยปัดกวาดแล้วพ่นด้วยยาฆ่าแมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีการออกแบบและการคำนวณ

3.1 การออกแบบเพลา

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลา แต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลาไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม

สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟต์ (Stub shaft) หรือบางครั้งเรียกเฮดชาฟต์ (Head shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีรูปร่าง และส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

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

แจ็คชาฟต์ (Jack shaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Flexible shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรืองอโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลายังจะต้องมีความแข็งเกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนทำให้ความวิกฤต (Critical speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของที่รองรับเพลาเช่น บอลแบริ่ง (Ball bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

3.1.1 วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทาน ต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 มม. มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น ๆ

3.1.2 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกันองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ จึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominalsize) ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลาได้จาก ตารางขนาดระบุของเพลา ตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969

ตารางที่ 3.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969

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	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1.3 การพิจารณาในการออกแบบ

การคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอ เช่นในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งเที่ยงตรงดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้นถึงแม้ว่าไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3 ต่อความยาวเพลา 1 m สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มีมุมบิดได้ถึง 1 ต่อความยาวเพลา 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาในกรณีของเพลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน แล้วจะให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5 ตลอดความยาวของเพลา

ความแข็งเกร็งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งเกร็งทางด้าน ระยะโก่ง เพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพานเฟืองโครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลาให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบ (Contact ratio) ของเฟืองลดลงด้วยทำให้การส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบริ่งมารองรับเพลาก็เช่นกันจำเป็นจะต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาตให้มีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะโก่งของเพลาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบริ่งแบบธรรมดาหรือแบริ่งแบบปรับแนวได้เอง (Self-aligning bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะโก่งเป็นสำคัญระยะโก่งดังที่กล่าวมานี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้โดยทั่วไปแล้วผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่งได้ดังนี้คือ

- สำหรับเพลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบริ่งควรจะไม่เกิน 0.08 mm

- สำหรับเพลาที่มีเฟืองตรง (Spur gear) คุณภาพดีอยู่ด้วย ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่เกิน 0.125 mm และความลาดเอียงของเพลา ณ ตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า 0.0286

- สำหรับเพลาที่มีเฟืองดอกจอก (Bevel gear) คุณภาพดีติดอยู่ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่เฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.075 mm

จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าขนาดของเพลาอาจจะหามาได้โดยใช้ความแข็งเกร็งที่ต้องการแทนที่จะเป็นความแข็งแรงในการรับแรงภายนอกได้การหาระยะโก่งของเพลาที่มีขนาดเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104031

ตลอดอาจทำได้โดยใช้ วิธีการอินทิเกรตสองครั้ง (Double integration) และวิธีพื้นที่ของโมเมนต์ดัด (Moment area) เป็นต้น

สำหรับเพลาที่มีขนาดไม่เท่ากันตลอด (Stepped shaft) (Boundary condition) ใหม่ทุกครั้งที่เพลาเปลี่ยนขนาด วิธีที่นิยมใช้กัน (แต่ก็ยังใช้เวลามาก) คือวิธี Graphical integration และ Numerical integration

3.1.4 การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) ถึงแม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานามแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปนี้

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลา ในรูปที่ 3.1 ให้เพลาเป็นแบบกลบและกลวงโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน และภายนอก เท่ากับ d_i และ d ตามลำดับความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลามีดังต่อไปนี้คือ

ภาพที่ 3.1 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

ความเค้นดึงหรือกด $$\sigma_a = \frac{4F}{\pi\left(d^2 - d_i^2\right)} \quad (3.1)$$

ความเค้นดัด $$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)} \quad (3.2)$$

ความเค้นเฉือน $$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)} \quad (3.3)$$

ในกรณีที่เป็นแรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอได้ดังนั้นสมการความเค้นดึงหรือกดจึงกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi\left(d^2 - d_i^2\right)} \quad (3.4)$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักรทั้งนี้เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีแบบคณิตศาสตร์ ดังนั้น จึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

ถ้าให้ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้น สมการ (2.3) ก็จะกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m Md}{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)} \tag{3.5}$$

และ $$\tau = \frac{16C_t Td}{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)} \tag{3.6}$$

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

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด $$= \left[\tau_{xy}^2 + \left[\frac{\sigma}{2}\right]^2\right]^{1/2} \tag{3.7}$$

แทนค่าสมการลงในสมการที่แล้วและจัดรูปใหม่ จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau\left(1-K^4\right)}\left[\left(C_t T\right)^2 + \left\{\frac{\alpha Fd\left(1+K\right)^2}{8} + C_m M\right\}^2\right]^{1/2} \tag{3.8}$$

โดยที่ $K = \frac{d_i}{d}$

ในกรณีที่ไม่มีแรง F กระทำอยู่ สมการจะจัดรูปเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau\left(1-K^4\right)}\left[\left(C_t T\right)^2 + \left(C_m M\right)^2\right]^{1/2} \tag{3.9}$$

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

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[\left(C_t T\right)^2 + \left(C_m M\right)^2\right]^{1/2} \tag{3.10}$$

นอกจากนี้ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่า เพลาซึ่งมีอยู่ในงานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

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

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

แต่ถ้ากำหนดวัสดุเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือส่วนผสมของโลหะ ให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน จากสมการ โดยให้เลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณ คือ

$$\tau_d = 0.3\tau_y \text{ หรือ } \tau_d = 0.18\tau_y \tag{3.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าในสมการความแข็งเกร็งทางด้านการบิด

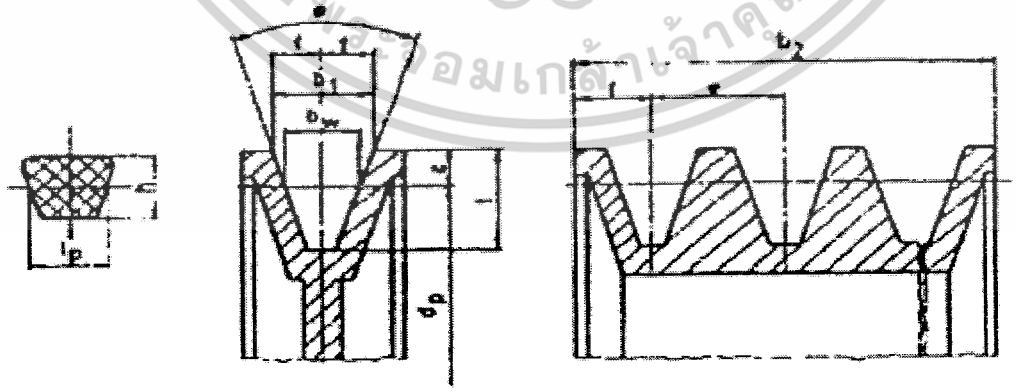
3.2 สายพานลิ่ม

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียวกับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้แรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีแม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อยในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุดเมื่อผิวด้านข้างสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพานและในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉินก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรคได้ด้วย

การขับด้วยสายพานลิ่มมีข้อดีคือเงียบสะอาดและสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกนั้นยังมีขนาดกะทัดรัดมีประสิทธิภาพดีและแบริ่งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับอุตสาหกรรมทั่วไปซึ่งใช้สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1

3.2.1 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่มมีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (Pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (Narrow V-belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดามีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน ดูได้จากรูปที่ 3.2 ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ดูได้จากตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 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^o	ϕ		≤ 63	-	-	-	-	-	-
34^o	สำหรับเส้น		-	63 – 80	90-118	140 – 190	224 – 335	-	-
36^o	ผ่านศูนย์กลาง		63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 500
38^o	พิตช์ d_p		-	>80	>118	>190	>315	>500	>630
b_2	จำนวนร่องบ่าล้อสายพาน	1	12	16	20	25	34	48	58
		2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
		3	28	40	50	63	85	122	147
		4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
		5	44	64	80	101	136	196	236
		6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
		7	60	88	110	139	187	270	325
		8		100	125	158	212.5	307	369.5
		9		112	140	177	238	344	411
		10		124	155	196	261.5	181	458.5
		11		136	170	215	289	418	503
		12		148	185	234	314.5	455	547.5
d_{Pmin}			28	50	80	125	200	355	500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
. ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 253-1962(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	

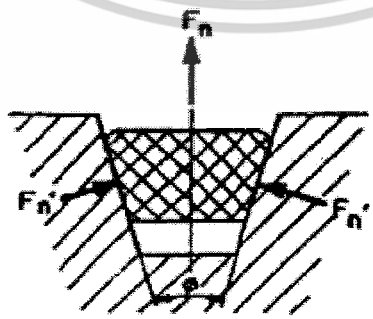
3.2.2 กลศาสตร์ของสายพานลิ่ม

ในการขับด้วยสายพานลิ่ม แรงปฏิกิริยา ระหว่างสายพานกับล้อสายพาน จะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับล้อสัมผัส ดังภาพที่ 3.21 ให้ $F_{n'}$ เป็นแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับร่องบนล้อสายพาน ดังนั้นจากสมการ $fF_{n'} = dF$ ของสายพานแบน ในกรณีของสายพานลิ่มจะกลายเป็น $2fF_{n'} = dF$ แรงปฏิกิริยาของแรง $F_{n'}$ ทั้งสองแรงคือ

$$F_n = 2F_n \sin\frac{\phi}{2} \tag{3.27}$$

หรือ

$$F_{n'} = \frac{F_n}{2\sin\frac{\phi}{2}} \tag{3.28}$$

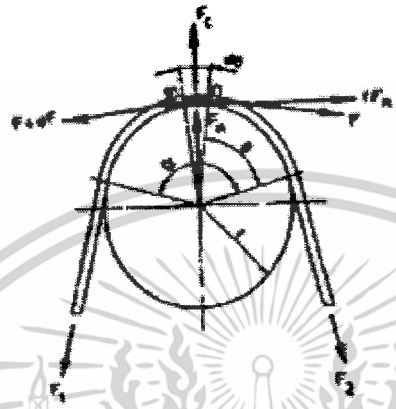


ภาพที่ 3.3 แรงบนสายพานลิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า $F_{n'}$ จะได้

$$\frac{fF_n}{\sin\frac{\phi}{2}} = dF \tag{3.29}$$



ภาพที่ 3.4 แรงในสายพานลิ่ม

เมื่อพิจารณารูปที่ 3.22 และแรงร่วมในแนวดิ่งจะได้

$$F_c + F_n = \left(F + \frac{1}{2}dF\right)d\theta \tag{3.30}$$

เมื่อกำจัด F_n ออกจากสมการทั้งสองนี้จะได้

$$dF = \frac{f}{\sin\frac{\phi}{2}}\left(F + \frac{1}{2}dF - \frac{wAv^2}{g}\right)d\theta \tag{3.31}$$

$$\frac{dF}{F + \frac{1}{2}dF - \frac{wAv^2}{g}} = \frac{f}{\sin\frac{\theta}{2}}d\theta \tag{3.32}$$

อินทิเกรดสมการนี้จาก θ = 0 ถึง Infinity และจาก F = F_2 F = F_1 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\ln\frac{\frac{F-wAv^2}{g}}{F-\frac{wAv^2}{g}} = e^{\frac{\alpha f}{\sin(\phi/2)}} \tag{3.33}$$

หรือ

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{\alpha f'} \tag{3.34}$$

โดยที่ $f' = f/\sin(\phi/2)$

และกำลังที่ส่งได้โดยสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = z(F_1 - F_2)v \tag{3.35}$$

โดยที่ v = ความเร็วของสายพาน เป็น m/s

Z = จำนวนสายพาน

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มหาได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \tag{3.36}$$

โดยที่สัญลักษณ์ต่าง ๆ ยังคงมีความหมายเช่นเดียวกับสายพาน แต่ในกรณีของสายพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์แทน หรือในกรณีที่ทราบความยาวพิตช์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง ก็ทำได้โดยใช้สมการ

$$C = p + \sqrt{p^2 - q} \tag{3.37}$$

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

$q = 0.15(D_p + d_p)^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นในสายพานลิ่ม

การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นจะช่วยให้การขับด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นมากเกินไปจะทำให้ขอบสายพานยืดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไปจากสมการ (3.40) แรงดึงสายพานขณะส่งกำลังคือ

$$F = F_1 - F_2 = \frac{W_p}{v} \qquad (3.38)$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{wAv^2}{g} = mv^2 \qquad (3.39)$$

แรงลัพธ์เนื่องจากการหนีศูนย์กลางคือ

$$F_R = 2.z.F_c \sin\frac{\alpha}{2} \qquad (3.40)$$

โดยที่ z = จำนวนสายพาน

ดังนั้นแรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลังกับแรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางนั่นคือ

$$F_i = F_w + F_o \qquad (3.41)$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = k_i \cdot F \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \qquad (3.42)$$

โดยที่ k_i เป็นตัวประกอบการใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานซึ่งหาค่าได้จากตารางที่ 3.3 แล้ว ใช้แรงนี้เป็นแรงดึงชั้นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ตัวประกอบใช้งาน

k_i	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ในกรณีที่ขับโดยมีระยะระหว่างศูนย์กลางคงที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา ก็จำเป็นต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วย จากสมการ

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

$$F_R = 2.z.\frac{wAv^2}{g}\sin\frac{\alpha}{2} \qquad (3.43)$$

ซึ่งเขียนใหม่ได้เป็น

$$F_R = z.k_2 \cdot v^2 \sin\frac{\alpha}{2} \qquad (3.44)$$

ค่า k_2 หาได้จากตารางที่ 3.6 ดังนั้นแรงดึงขั้นต้นในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_1 = \left(k_1 F + zk_2 v^2\right)\sin\frac{\alpha}{2} \qquad (3.45)$$

ตารางที่ 3.5 ค่าตัวประกอบ k_2

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

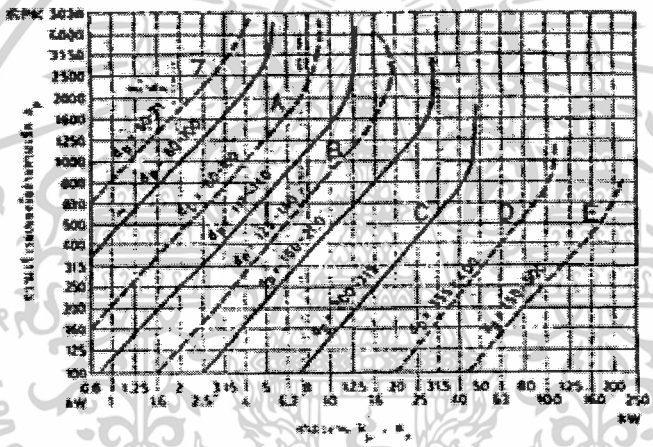
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ่ม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้ก็จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลิ่มตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

ในการเลือกขนาดของล้อสายพานขอแนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ขนาดของล้อสายพานไม่ควรเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.4 แต่ข้อควรระวังก็คือขณะใช้งานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ่มสำหรับการส่งกำลังอาจทำได้โดยใช้ภาพที่ 3.23 แต่กำลังที่ส่งได้จริงของสายพานจะต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มซึ่งจะได้กล่าวต่อไป



ภาพที่ 3.5 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม

การเลือกขนาดของสายพานลิ่มจะแตกต่างไปจากสายพานแบบเล็กน้อยคือ การเลือกขนาดของสายพานลิ่มจะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ต้องการใช้งานจากำลังที่ต้องการขับ และตัวประกอบที่ใช้แก้ไขต่าง ๆ จำนวนของสายพานลิ่มหาได้จากสมการ

$$z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_1} \qquad (3.46)$$

โดยที่ z = จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม

W_p = กำลังที่ต้องการ

N_s = ตัวประกอบใช้งาน หาค่าได้จากตารางที่ 3.7

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตารางที่ 3.4

N_1 = ตัวประสอบแก้ไขความยาวของสายพาน

P_R = กำลังสายพานลิ่มหนึ่งลิ่มส่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายลิ่ม

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 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	0.20	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	0.5	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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม (ต่อ)

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_l

L_p	424	449	474	494	524	554	584	624	654	704	734	824
N_l	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00
L_p	924	1024	1144	1274	1424	1624						
N_l	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17						

ความยาวพิตช์ที่มีใช้ $L_p = L_l + 22$ **(mm)**

L_l	375	380	400	425	450	475	500	520	530	560	575	600
	630	670	710	730	750	775	800	820	850	875	900	950
	980	1000	1060	1105	1120	1170	1180	1230	1250	1300	1320	140
	1450	1500	1525	1580	1600	1680	1700	1730	1800	1830	1900	200
	2080	2240	2480									

ตารางที่ 3.9 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม*

$\frac{D_p - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส	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

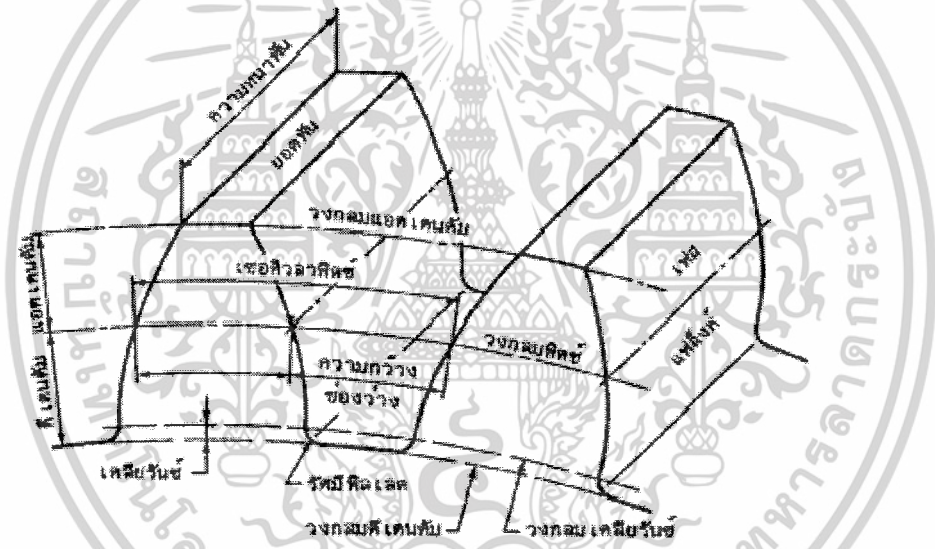
ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เฟืองตรง

เฟืองตรง (spur gear) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในเครื่องจักรกลทั่วไป โดยใช้ทำหน้าที่ส่งกำลังและการหมุนจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ขนานกัน ส่วนมากเฟืองขับ (driving gears) จะมีขนาดเล็กกว่าเฟืองตาม (driven gears) และมีชื่อเรียกเป็นพิเศษว่า พิเนียน (pinion) ส่วนเฟืองใหญ่เรียกว่าเฟือง แต่การใช้งานบางโอกาสก็อาจใช้เฟืองใหญ่เป็นเฟืองขับก็ได้ เนื่องจากว่าเฟืองที่ผลิตและใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ยังคงใช้ระบบหน่วยอังกฤษอยู่เป็นส่วนมาก ซึ่งก็จำเป็นต่อการเปลี่ยนเฟืองของเครื่องจักรกลที่ชำรุดเสียหาย ฉะนั้นเฟืองในระบบหน่วยอังกฤษก็ยังคงต้องผลิตออกมาอีกเป็นเวลานาน ดังนั้นในบทนี้จึงจะกล่าวถึงการออกแบบหรือการเลือกขนาดเฟือง ทั้งในระบบหน่วยอังกฤษ และในระบบหน่วยเอสไอ (SI) คละกันไป

ในการให้คำจำกัดความเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของเฟือง ให้พิจารณารูป 3.6 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.6 การเรียกชื่อส่วนของฟันเฟือง

วงกลมพิตช์ (pitch circle) เป็นมิติหลักในการเรียกขนาดของเฟือง โดยบอกขนาดของเฟืองด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (pitch diameter) ในทางทฤษฎีแล้วเฟืองคู่ที่ขบกันจะต้องมีเส้นสัมผัสกัน ณ วงกลมพิตช์

เซอคิวลาพิตช์ (circular pitch) p เป็นระยะที่วัดบนวงกลมพิตช์ จากจุดหนึ่งบนฟันเฟืองไปยังอีกจุดหนึ่ง ณ ตำแหน่งเดียวกันบนฟันถัดไป จากภาพที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าระยะนี้มีค่าเท่ากับผลรวมของความกว้างฟันและความกว้างช่องว่างระหว่างฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดุล (module) m เป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์กับจำนวนฟันบนเฟือง หน่วยที่ใช้วัดโมดุลคือมิลลิเมตร โมดุลนี้เป็นดัชนีสำหรับบอกขนาดของฟันเฟืองในระบบหน่วยเอสไอ

ไดอะมิทรัลฟิตช์ (diametral pitch) P เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนฟันบนเฟืองกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ ฉะนั้นจึงเป็นส่วนกลับของโมดุล ไดอะมิทรัลพิตช์นี้เป็นดัชนีสำหรับบอกขนาดของฟันเฟืองในระบบหน่วยอังกฤษ ซึ่งกำลังได้รับการเปลี่ยนแปลงให้เป็นระบบหน่วยเอสไออยู่ ดังนั้นความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์จึงใช้บอกเป็นนิ้ว

แอดเดนดัม (addendum) a หรือช่วงสูงล่าง เป็นระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างยอดฟัน (top land) ถึงวงกลมพิตช์ ฉะนั้นความสูงของฟันเฟืองคือ ผลรวมระหว่าง a กับ d

ดีเดนดัม (dedendum) d หรือช่วงสูงล่าง เป็นระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างโคนฟัน (bottom land) ถึงวงกลมพิตช์ ฉะนั้นความสูงของฟันเฟืองคือ ผลรวมระหว่าง a กับ d

เคลียรันซ์ (clearance) c ในการที่เฟืองสองอันขบกัน ดีเดนดัมของเฟืองหนึ่งต้องมีค่ามากกว่าแอดแอดเดนดัมของอีกเฟืองหนึ่ง เพื่อที่จะไม่ให้เกิดการขัดกันขึ้น ผลต่างระหว่างค่าดีเดนดัมและแอดเดนดัมนี้เรียกว่าเคลียรันซ์ c

แบ็คแล็ซ (backlash) คือผลต่างระหว่างความกว้างช่องว่างระหว่างฟันเฟืองหนึ่งกับความกว้างของฟันเฟืองอีกอันหนึ่งที่ขบกัน โดยวัดตามแนวเส้นวงกลมพิตช์ ฉะนั้นในการในการขับด้วยเฟืองที่มีแบ็คแล็ซ เฟืองขับจะสามารถหมุนไปได้เป็นมุมเล็กน้อยก่อนที่เฟืองตามจะหมุนไป แบ็คแล็ซนี้จำเป็นจะต้องมีอยู่เสมอ ทั้งนี้เพื่อให้มีช่องว่างสำหรับน้ำมันหล่อลื่น และเพื่อให้เฟืองสามารถขยายตัวได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ตลอดจนมีเผื่อเอาไว้สำหรับความผิดพลาดในการตัดรูปร่างของฟันเฟือง

ความหนาของฟัน (face width) b คือความหนาของฟันเฟืองวัดในทิศทางเดียวกับแนวแกนของเฟือง ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าความหนาเฟือง

แฟล็งค์ (flank) คือผิวทางด้านข้างของฟันเฟือง ซึ่งอยู่ระหว่างวงกลมพิตช์กับวงกลมดีเดนดัม

อัตราทด (velocity ratio) m_{ω} คืออัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมขอเฟืองขับต่อความเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม ถ้าให้ “1” “2” แทนเฟืองขับและเฟืองตาม ตามลำดับ จากความรู้ทางด้านกลศาสตร์จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

โดยที่ ω = ความเร็วเชิงมุม, rad/s

n = ความเร็วรอบ, rpm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์, mm หรือ in.

N = จำนวนฟัน

อัตราส่วนเฟือง (gear ration) m_g คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนฟันของเฟืองต่อจำนวนฟันของพิเนียน ถ้าพิเนียนเป็นตัวขับแล้ว

$$m_g = m_\omega = \frac{N_2}{N_1}$$

3.3.1 มาตรฐานการบอกขนาดของฟัน

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ดัชนีสำหรับบอกขนาดของฟันเฟือง อาจจะบอกเป็นพิตช์ ในระบบหน่วยอังกฤษ หรือบอกเป็นโมดุลในระบบหน่วยเอสไอ จากคำจำกัดความที่ผ่านมาจะได้ว่า

ไดอะมิทรัลพิตช์ $P = \frac{N}{d}$

โดยที่ d มีหน่วยเป็น in. $m = \frac{d}{N}$

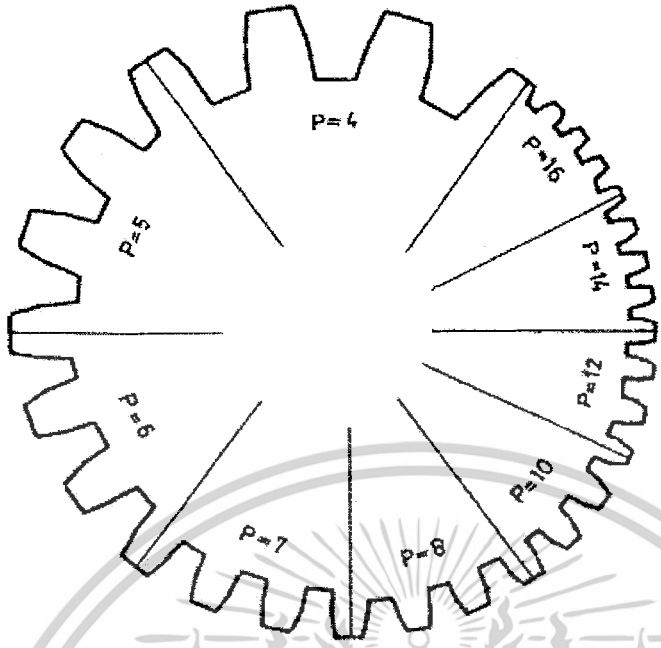
โดยที่ d มีหน่วยเป็น mm.

และเซอคิวลาพิตช์ $p = \frac{\pi d}{N} = \pi m$

ดังนั้น $Pp = \pi$

สำหรับเฟืองที่ผลิตโดยวิธีการหล่อ ควรจะใช้ค่าเซอคิวลาพิตช์ ทั้งนี้เพราะจะทำให้สามารถทำแบบหล่อได้สะดวก ส่วนเฟืองที่ผลิตโดยวิธีการตัดกลึง (machined) มักจะเรียกเป็นไดอะมิทรัลพิตช์หรือโมดุล เพราะมีอุปกรณ์ในการตัดฟันเฟืองเป็นมาตรฐานอยู่แล้ว ในการเลือกใช้เฟือง ควรจะเลือกให้ตรงกับอุปกรณ์ตัดฟันมาตรฐานที่มีอยู่แล้ว ดังในตาราง 3.1 โปรดสังเกตด้วยว่า เมื่อขนาดโมดุลโตขึ้น ความหนาฟันเฟืองก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนขนาดของไดอะมิทรัลพิตช์โตขึ้น ความหนาฟันเฟืองจะลดลงดังภาพที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 ผลของค่าไดอะมิทรัลพิตช์ต่อขนาดของฟันเฟือง

สำหรับค่าวงกลมพิตช์ที่กำหนด เมื่อไดอะมิทรัลพิตช์เล็กลง ขนาดของฟันเฟืองจะโตขึ้น

ตารางที่ 3.10 ขนาดเฟืองมาตรฐาน

โมดุล m, mm	โมดุล m, mm	โมดุล m, mm	ไดอะมิทรัลพิตช์ P, in.$^{-1}$	ไดอะมิทรัลพิตช์ P, in.$^{-1}$	ไดอะมิทรัลพิตช์ P, in.$^{-1}$
1	4	16	20	5	1.25
1.25	5	20	16	4	1
1.5	6	25	12	3	0.75
2	8	32	10	2.5	0.625
2.5	10	40	8	2	0.50
3	12	50	6	1.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

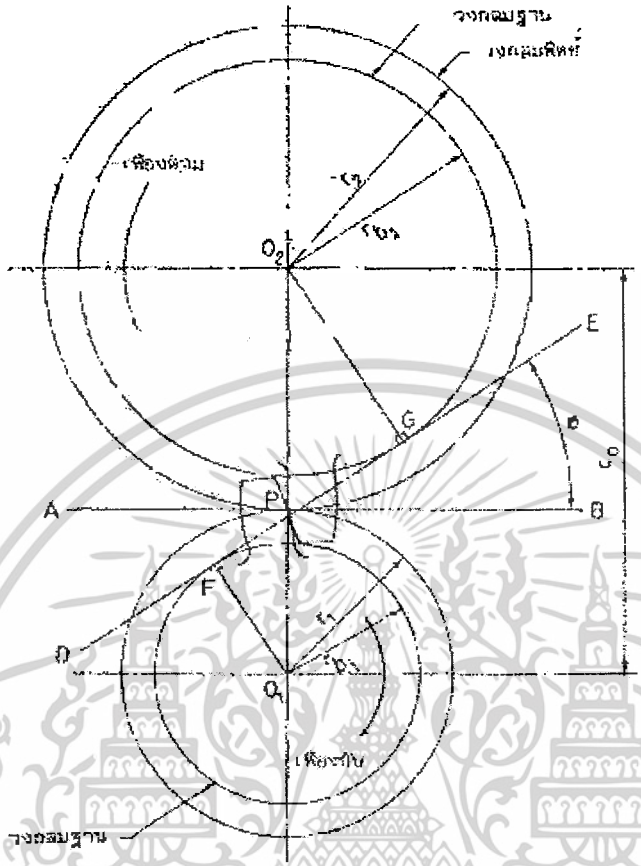
3.3.2 กฎการขับของเฟืองและการทำงานของฟันเฟือง

เฟืองสองอันที่ขบกันจะให้อัตราทดคงที่ก็ต่อเมื่อเฟืองคู่นั้นเป็นไปตามกฎการขับของเฟือง ซึ่งกล่าวได้ว่า :

รูปร่างของฟันเฟืองจะต้องทำให้เส้นตั้งฉากร่วม (common normal) ที่ลาก ณ จุดสัมผัสระหว่างฟันทั้งสองผ่านจุดคงที่จุดหนึ่ง ซึ่งอยู่บนเส้นที่โยงระหว่างจุดศูนย์กลางของเฟืองทั้งสอง และจุดนี้เรียกว่า จุดพิตช์ (pitch point)

ในการทำความเข้าใจกับข้อความนี้ให้พิจารณารูป 3.3 จุดคงที่ดังกล่าวนี้คือจุด P ซึ่งอยู่บนเส้นที่โยงระหว่างจุดศูนย์กลาง O_1 O_2 ของเฟืองทั้งสอง รูปร่างของฟันเฟืองที่เป็นไปตามกฎการขับนี้เรียกว่า คอนจูเกตเคอฟ (conjugate curves) และที่นิยมใช้กันมากก็คืออินโวลูตเคอฟ (involute curves) โดยเริ่มต้นจากวงกลมที่เรียกว่า (base circle) (รายละเอียดการสร้างจะดูได้จากหนังสือเขียนแบบวิศวกรรมทั่วไป) เส้นตั้งฉากกับอินโวลูต เคอฟ DE ในรูป 3.3 เป็นแนวเส้นที่แรงปฏิกิริยาที่ฟันเฟืองกระทำเรียกว่า แนวของการกระทำ (line of action) หรือแนวแรงกด (pressure line) และมุม ϕ ในรูปเรียกว่ามุมกด (press sure angle) เฟืองที่ผลิตขึ้นใช้กับเครื่องจักรกลในปัจจุบันนี้มีมุมกด 20 และ 25 องศา เป็นส่วนมาก สำหรับเฟืองที่มีมุมกดเท่ากับ $14\frac{1}{2}$ องศา ก็ยังคงมีผลิตออกมาใช้บ้าง ทั้งนี้ก็เพื่อใช้สำหรับการเปลี่ยนเฟืองของเครื่องจักรกลเก่าที่ยังคงมีใช้อยู่ ตาราง 2.2 แสดงมาตรฐานของฟันเฟืองที่เป็นอินโวลูตเคอฟ สำหรับมุมกด $14\frac{1}{2}^0$ 20^0 และ 25^0 ซึ่งบอกทั้งในเทอมของไดอะมิทรัลพิตช์และโมดุล ในกรณีที่จะป้องกันมิให้เกิดการขัดกัน (จะได้กล่าวถึงต่อไป) ขึ้น ผู้ผลิตก็อาจจะไม่ใช้ความยาวของฟันทั้งหมดตามมาตรฐาน full depth (FD) แต่จะตัดความสูงของฟันออกเล็กน้อยและเรียกมาตรฐานนี้ว่า stub teeth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 การทำงานของฟันเฟืองที่ขบกัน

ตาราง 3.11 มาตรฐานของฟันเฟือง

รายละเอียด	$14\frac{1}{2}^0$ FD	20^0 FD * พิตช์หยาบ	20^0 FD * พิตช์ละเอียด	20^0 FD Stub	25^0 FD
แอดเดนดัม	m	m	m	0.8m	m
ดีเดนดัม	1.157m	1.25m	1.2m+0.05	m	1.25m
เคลียรันซ์	0.157m	0.25m	0.2m+0.05	0.2m	0.25m
ความสูงใช้งาน	2m	2m	2m	1.6m	2m
ความสูงทั้งหมด	2.157m	2.25m	2.2m+0.05	1.8m	2.25m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 มาตรฐานของฟันเฟือง (ต่อ)

รายละเอียด	$14\frac{1}{2}^0$ FD	20^0 FD * พิตช์หยาบ	20^0 FD * พิตช์ละเอียด	20^0 FD Stub	25^0 FD
แอดเดนดัม	$\frac{1}{P}$	$\frac{1}{P}$	$\frac{1}{P}$	$\frac{0.8}{P}$	$\frac{1}{P}$
ดีเดนดัม	$\frac{1.157}{P}$	$\frac{1.25}{P}$	$\frac{1.2}{P}+0.002$	$\frac{1}{P}$	$\frac{1.25}{P}$
เคลียรันซ์	$\frac{0.157}{P}$	$\frac{0.25}{P}$	$\frac{0.2}{P}+0.002$	$\frac{0.2}{P}$	$\frac{0.25}{P}$
ความสูงใช้งาน	$\frac{2}{P}$	$\frac{2}{P}$	$\frac{2}{P}$	$\frac{1.6}{P}$	$\frac{2}{P}$
ความสูงทั้งหมด	$\frac{2.157}{P}$	$\frac{2.25}{P}$	$\frac{2.2}{P}+0.002$	$\frac{1.8}{P}$	$\frac{2.25}{P}$

* พิตช์ละเอียด (fine pitch) ให้นับตั้งแต่ขนาด 20P (โมดุล 1.25 ลงมา) ขึ้นไป นอกนั้นให้ถือว่าเป็นพิตช์หยาบ (coarse pitch)

จากการพิจารณารูปสามเหลี่ยม O_1FP และ O_2GP ในรูป 2.3 จะพบว่ารัศมีของวงกลมฐาน คือ

$$r_{b1} = r_1 \cos\phi$$

$$r_{b2} = r_2 \cos\phi$$

หรือเขียนในรูปทั่วไป

$$r_b = r \cos\phi$$

ระยะทางที่วัดบนวงกลมฐานจากจุดหนึ่งบนฟันเฟืองหนึ่งไปยังจุดเดียวกันบนฟันเฟืองถัดไปว่า พิตช์ฐาน (base pitch) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเซอคิวลาพิตช์ คือ

$$P_b = P \cos\phi$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ระยะการขบและอัตราส่วนการขบ

เมื่อเฟืองอันหนึ่งขบเฟืองอีกอันหนึ่ง จุดสัมผัสระหว่างฟันเฟืองเริ่มขึ้นเมื่อผิวด้านข้างของฟันเฟืองขับสัมผัสกับปลายฟันเฟืองของเฟืองตาม และการสัมผัสจะสิ้นสุดลงเมื่อปลายฟันเฟืองของเฟืองขับสัมผัสกับผิวด้านข้างของฟันเฟืองตาม

เนื่องจากปลายฟันเฟืองอยู่บนวงกลมแอดเดนดัม การสัมผัสระหว่างฟันเฟืองเริ่มขึ้นเมื่อวงกลมแอดเดนดัมของเฟืองตามตัดกับแนวแรงกด และการสัมผัสสิ้นสุดลงเมื่อวงกลมแอดเดนดัมของเฟืองขับตัดกับแนวแรงกดอีกครั้งหนึ่ง ดังจุด A และ B ที่แสดงอยู่ในรูป 3.4 ระยะ AB นี้เรียกว่า ระยะการขบซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$AB = \sqrt{(r_2 + a_2)^2 - (r_2 \cos\phi)^2} - r_2 \sin\phi + \sqrt{(r_1 + a_1)^2 - (r_1 \cos\phi)^2} - r_1 \sin\phi$$

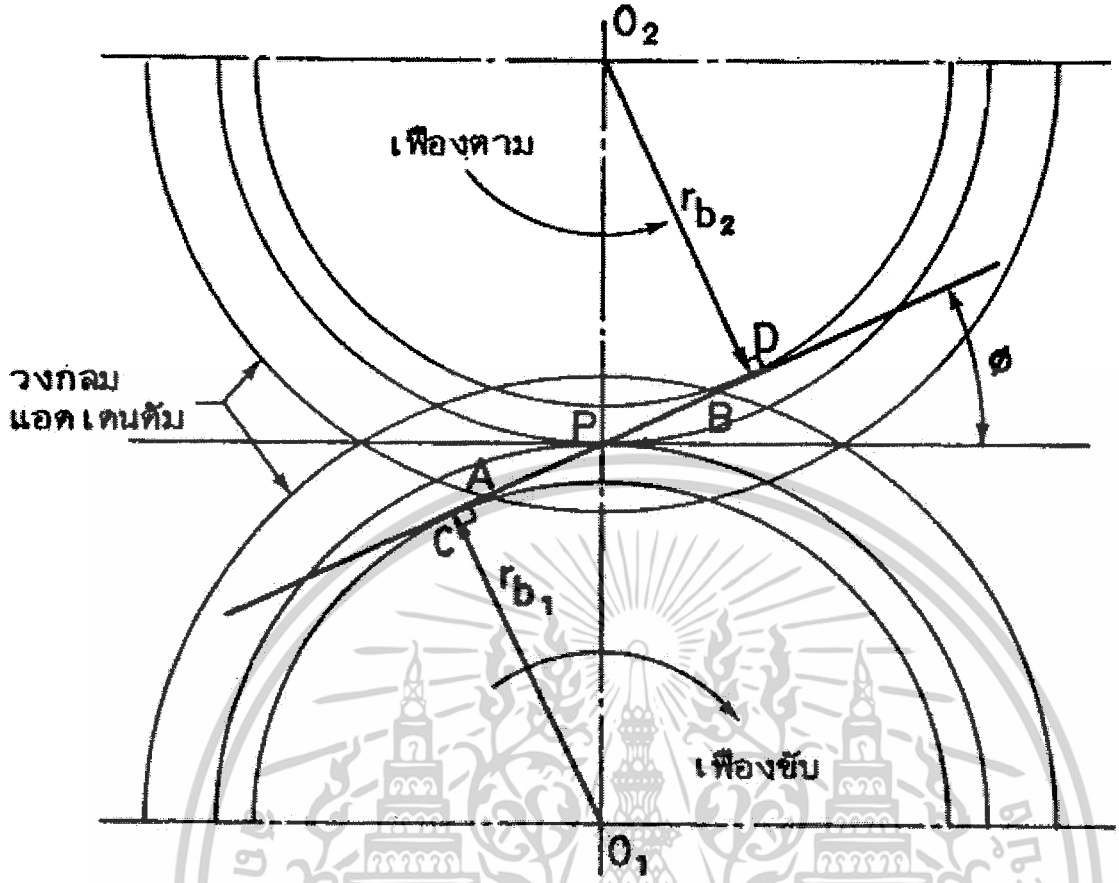
โดยที่ r เป็นรัศมีของวงกลมพิตช์ และ a เป็นแอดเดนดัม

ในขณะที่เฟืองขับกันควรจะมีฟันอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่ขบกันอยู่ตลอดเวลา โดยปกติแล้วการขบกันมักจะมีมากกว่าหนึ่งคู่ วิธีการบอกจำนวนฟันที่ขบกันจะบอกเป็นอัตราส่วนการขบ (contact ratio) ซึ่งมีนิยามว่า เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะการขบ และพิตช์ฐานนั่นคือ อัตราส่วนการขบ

$$m_c = \frac{AB}{P_b}$$

เพื่อให้เฟืองทำงานได้อย่างราบรื่นดี อัตราส่วนการขบควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1.2 ถึง 1.5 การที่เฟืองคู่ใดมีอัตราส่วนการขบน้อยกว่าหนึ่ง หมายความว่าฟันของเฟืองคู่หนึ่งจะจากกันก่อนที่ฟันอีกคู่หนึ่งจะเข้ามาขบกัน ในกรณีเช่นนี้จะทำให้การทำงานของเฟืองไม่ราบรื่น ทั้งนี้เพราะจะมีแรงเนื่องจากการกระแทก (impact) เกิดขึ้นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 ระยะขบของเฟืองสองอัน การสัมผัสเริ่มขึ้นเมื่อแฟล็งค์ของเฟืองขับสัมผัสกับปลายฟันเฟืองตามและสิ้นสุดลงเมื่อปลายฟันเฟืองขับสัมผัสกับแฟล็งค์ของเฟืองตาม

3.3.4 การขัดกัน

ในการสร้างฟันเฟืองอินโวลูตเคอฟ จะเริ่มจากวงกลมฐาน ฉะนั้นส่วนของฟันเฟืองที่อยู่ต่ำกว่าวงกลมฐานจึงไม่เป็นอินโวลูตเคอฟ นั่นคือจะใช้กฎการขับของเฟืองกับฟันเฟืองส่วนนี้ไม่ได้ ดังนั้นถ้ามีการขบระหว่างฟันเฟืองที่ระยะต่ำกว่าวงกลมมาตรฐาน ก็อาจจะทำให้เกิดการขัดกัน (interference) ได้ เฟืองดังภาพ 3.35 เป็นเฟืองที่มีการขัดกัน จุด A และจุด B เรียกว่าจุดขัดกัน (interference point) ถ้ามีการสัมผัสระหว่างฟันเฟืองนอกจุดนี้ (ถ้าวงกลมแอดเดนดัม ตัดแนวแรงกดนอกจุดนี้) ก็จะเกิดการขัดกันขึ้น เฟืองในภาพ 3.35 มีการขัดกันเพราะว่าจุด C และ D อยู่นอกจุด A และ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

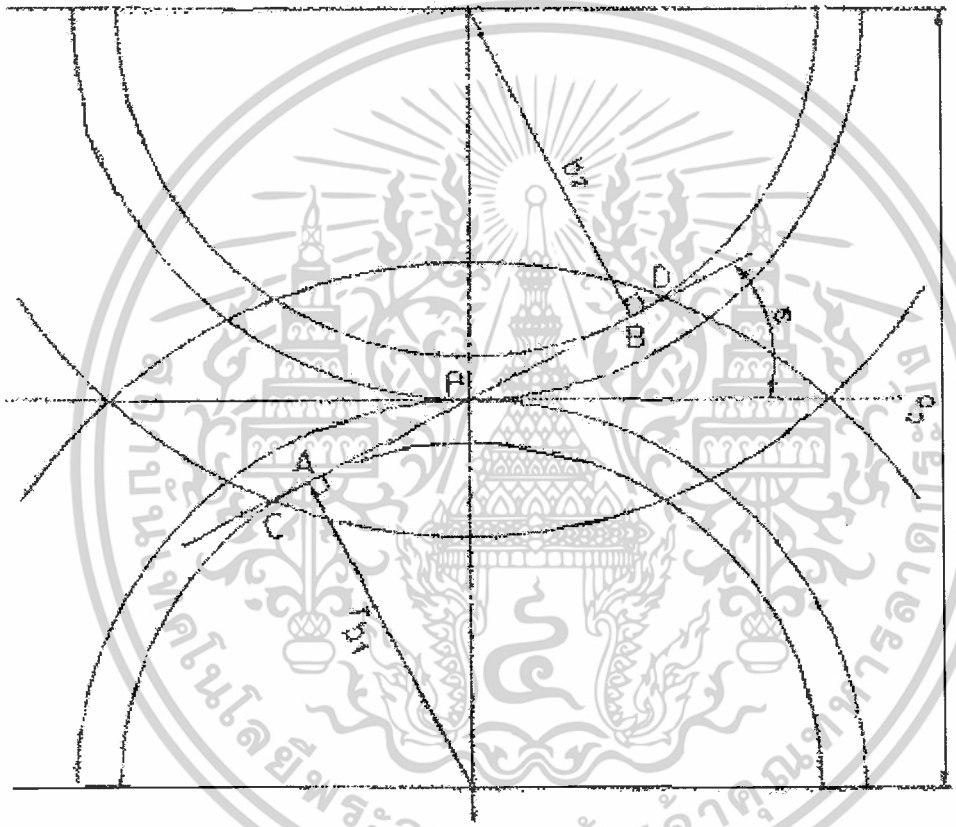
การจะดูว่าเฟืองคู่หนึ่งมีการขัดกันหรือไม่ ให้คำนวณหาระยะรัศมีของวงกลมแอดเดนดัม r_a ของเฟืองในภาพ 3.10 ซึ่งจะได้ว่า

$$r_a = \sqrt{(r\cos\phi)^2 + (c_0 \sin\phi)^2}$$

$$= \sqrt{r_b^2 + (c_0 \sin\phi)^2}$$

โดยที่ r = รัศมีวงกลมพิตช์ r_a = รัศมีของวงกลมแอดเดนดัม

c_0 = ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของเฟือง



ภาพที่ 3.10 เมื่อจุดสัมผัสของเฟืองสองอันที่ขบกันอยู่ต่ำกว่าวงกลมฐาน จะเกิดการ nonconjugate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นผลทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า การขัดกัน ในรูปนี้การขัดกันจะเกิดขึ้นถ้าจุดสัมผัสอยู่นอกจุด A และ Bเนื่องจากเฟืองทั้งสองสัมผัสกันที่จุด C และ D จึงทำให้เกิดการขัดกันขึ้น

ถ้ารัศมีของวงกลมแอดเดนดัมที่หาได้จากการใช้ตาราง 3.2 มีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณได้จากสมกา (2.10) แสดงว่ามีการขัดกันเกิดขึ้น ค่าการขัดกันนี้จะลดลง เมื่อขนาดของเฟืองทั้งสองแตกต่างกันน้อยลง

วิธีการที่จะป้องกันมิให้เกิดการขัดกันขึ้น ทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้คือ

1. ใช้วิธีตัดเนื้อโลหะส่วนที่อยู่ต่ำกว่าวงกลมมาตรฐานออกบ้าง (undercutting) ทั้งนี้เพื่อมิให้มีการสัมผัสระหว่างฟันเฟืองในบริเวณนี้ ข้อเสียในการทำเช่นนี้คือ ทำให้อัตราส่วนการขบลดลง และทำให้ฟันเฟืองบอบบางลง

2. ใช้วิธีตัดปลายฟันเฟืองให้สั้นลง (stubbed teeth) ข้อเสียที่ตามมาก็คือทำให้อัตราส่วนการขบลดลง

3. การเพิ่มมุมกด ϕ จะลดขนาดของวงกลมฐาน วิธีนี้ทำให้ส่วนที่เป็นอินโวลูตเคอฟของฟันเฟืองเพิ่มขึ้น จึงสามารถกำจัดการขัดกันได้ แต่การเพิ่มมุม ϕ จะทำให้แรงปฏิกิริยา ณ ฟันเฟืองในแนวรัศมีของเฟือง (separation force) เพิ่มขึ้น ทำให้การขบกันระหว่างฟันเฟืองมีความราบเรียบน้อยลง

4. การใช้เฟืองที่ไม่เป็นมาตรฐาน (non-interchangeable) กล่าวคือให้เฟืองอันเล็กมีแอดเดนดัมเพิ่มขึ้น (โดยลดดีเดนดัม ตามส่วนที่เพิ่มขึ้น) และให้เฟืองอันใหญ่มีแอดเดนดัมลดลง ซึ่งก็ทำให้ราคาเฟืองแพงขึ้น และไม่สามารถใช้ขับเฟืองอื่น ๆ ที่เป็นมาตรฐานได้

กล่าวโดยสรุปแล้ว การขจัดการขัดกันเป็นสิ่งที่จำเป็นจะต้องทำ แต่จะทำโดยวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้เลือกใช้เฟือง ตลอดจนการนำไปใช้งานแต่ละชนิด

3.3.5 วัสดุสำหรับเฟือง

วัสดุที่ใช้ทำเฟืองมีอยู่หลายชนิดทั้งที่เป็นโลหะและอโลหะ หลักทั่วไปในการออกแบบชิ้นส่วนใด ๆ ของเครื่องจักรกลก็คือ การเลือกใช้วัสดุที่ราคาถูก ผลิตได้ง่าย และสามารถทำงานได้ตามความประสงค์ สำหรับการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำเฟืองผู้ออกแบบจะต้องไตร่ตรองดูว่าจุดประสงค์ใดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่สุดต่อการใช้งาน เช่นถ้าต้องการให้มีความต้านแรงสูง (high strength) เป็นสิ่งสำคัญ ก็จะต้องเลือกใช้เหล็กกล้า เพราะดีกว่าเหล็กหล่อ แต่ถ้าต้องการให้ทนทานต่อการสึกกร่อนเนื่องจากการเสียดสีได้เป็นอย่างดี ก็ควรเลือกใช้วัสดุที่ไม่ใช้เหล็ก เช่น อลูมิเนียมบรอนซ์ (aluminium bronze) หรือถ้าต้องการลดระดับเสียงในขณะใช้งานก็อาจจะใช้วัสดุที่เป็นอโลหะ เช่นไนล่อน เป็นต้น

วัสดุที่นิยมใช้ทำเฟืองมากที่สุดชนิดหนึ่งก็คือ เหล็กหล่อ ทั้งนี้เพราะมีราคาต่ำ หล่อได้ง่าย ทนต่อการสึกหรอได้ดีและดูดเสียงได้มากพอสมควร แต่ข้อเสียของเหล็กหล่อก็คือมีความต้านแรงดึงต่ำ ทำให้ฟันเฟืองหนามาก ดังนั้นในบางครั้งจึงใช้เหล็กหล่อเหนียวพิเศษ (nodular cast iron)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นเหล็กหล่อที่ผสมแมกนีเซียมหรือซีเรียม (cerium) เข้าไป ทำให้ได้เหล็กหล่อที่มีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ยังคงไว้ซึ่งคุณสมบัติอย่างอื่นที่ได้กล่าวมาแล้ว

เหล็กกว่าที่ใช้ในการทำเฟืองโดยมากเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา (plain carbon steel) หรือเหล็กกล้าผสม (alloy steel) ซึ่งมีความต้านแรงดึงสูงกว่าเหล็กหล่อ โดยที่ราคาไม่สูงมากนัก แต่เนื่องจากผิวหน้าของเหล็กกล้ามีความแข็งน้อย ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการทำผิวหน้าให้แข็งขึ้นโดยกรรมวิธีทางความร้อน (heat treatment) เพื่อให้ฟันเฟืองทนต่อการสึกหรอได้ดี แต่กรรมวิธีทางความร้อนมักจะทำให้ฟันเฟืองเกิดการบดเบี้ยวขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นแรงที่มากระทำต่อฟันจึงไม่กระจายออกไปอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งอาจทำให้ฟันเฟืองเสียง่าย เนื่องจากการบิดเบี้ยวที่เกิดในเหล็กกล้าผสมน้อยกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ผู้ออกแบบจึงนิยมใช้เหล็กกล้าผสมมากกว่า

โลหะผสมที่นำมาใช้ทำเฟืองได้แก่ ทองแดง สังกะสี อลูมิเนียม และไตเตเนียม (titanium) ทองแดงผสมที่นิยมใช้ทำเฟืองเป็นอย่างมากมากคือ บรอนซ์ เพราะทนต่อการกัดกร่อน (corrosion) ได้ดี มีความเสียดทานน้อย และทนต่อการสึกหรอ

อโลหะที่นิยมใช้ทำเฟืองได้แก่ rawhide nylon และพลาสติกชนิดต่าง ๆ เป็นต้น เฟืองที่ทำด้วยวัสดุเหล่านี้จะทำงานเงียบมาก มีความเสียดทานน้อย และผลิตได้ง่าย นอกจากนี้แล้ว วัสดุประเภทนี้ยังช่วยดูดซึมการสั่นสะเทือนได้เป็นอย่างดี แต่ก็มีข้อเสียคือ เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงน้อย และนำความร้อนได้ไม่ดี ทำให้มีความร้อนสะสมอยู่ในเฟืองขณะใช้งานมาก และอาจจะเป็นผลให้ฟันบิดเบี้ยวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ตะแกรง

ตารางที่ 3.13 แสตนเลสแผ่นเจาะรู เกรด 304 หนา 1 มิล ขนาดกว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต

รหัส PATERN NUMBER	ขนาดรู HOLE DAIMETER	ระยะ PITCH	HOLESPER จำนวนรู/ตารางเซ็น Sq.In.	HOLESPER จำนวนรู/ตารางเซ็น Sq.Cm.	พื้นที่รู EN AREA
# 8	2.10 mm	3.50 mm	60.81	9.42	33 %
# 9	2.50 mm	4.10 mm	44.31	6.86	34 %
# 10	3.20 mm	5.10 mm	28.64	4.43	36 %
# 11	4.10 mm	6.50 mm	17.63	2.73	36 %
# 12	5.20 mm	7.80 mm	12.25	1.89	40 %
# 13	6.50 mm	9.20 mm	8.80	1.36	45 %
# 14	8.00 mm	11.10 mm	6.04	0.93	47 %
# 15	9.50 mm	12.80 mm	4.54	0.70	50 %
# 16	11.10 mm	13.84 mm	3.88	0.60	58 %
# 17	12.70 mm	16.80 mm	2.63	0.40	52 %
# 18	14.30 mm	18.00 mm	2.29	0.35	57 %
# 18 1/2	15.00 mm	20.00 mm	1.86	0.28	56 %
# 19	16.00 mm	20.00 mm	1.86	0.28	58 %
# 20	18.00 mm	23.00 mm	1.40	0.21	55.50 %
# 21	20.00 mm	24.80 mm			59.50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.14 แสตนเลสแผ่นเจาะรู เกรด 304 หนา 0.7 มิล ขนาดกว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต

รหัส PATERN NUMBER	ขนาดรู HOLE DAIMETER	ระยะ PITCH	HOLESPER จำนวนรู/ตารางเซ็น Sq.In.	HOLESPER จำนวนรู/ตารางเซ็น Sq.Cm.	พื้นที่รู EN AREA
# 6	1.40 mm	2.80 mm	95.03	14.72	23%
# 6 1/2	1.60 mm	3.00 mm	82.78	12.83	26%
# 7	1.80 mm	3.00 mm	82.78	12.83	33%
# 7 1/2	1.90 mm	3.50 mm	60.81	9.42	27%
# 8	2.10 mm	3.50 mm	60.81	9.42	33%
# 8 1/2	2.30 mm	4.00 mm	46.56	7.21	30%
# 9	2.50 mm	4.10 mm	44.31	6.86	34%
# 9 1/2	2.80 mm	4.80 mm	32.33	5.01	31%
# 10	3.20 mm	5.00 mm	29.78	4.61	42%
# 10 1/2	3.60 mm	5.60 mm	23.75	3.68	38%
# 11	4.10 mm	6.00 mm	20.65	3.2	42%
# 11 1/2	4.80 mm	6.90 mm	15.65	2.42	44%
# 12	5.20 mm	7.92 mm	11.87	1.84	39%
# 12 1/2	6.00 mm	8.50 mm	10.33	1.59	45%
# 13	6.50 mm	9.20 mm	8.8	1.36	45%
# 13 1/2	7.50 mm	10.40 mm	6.88	1.06	47%
# 14	8.00 mm	11.10 mm	6.04	0.93	47%
# 15	9.50 mm	12.80 mm	4.54	0.7	50%
# 16	11.10 mm	13.84 mm	3.88	0.6	58%
# 17	12.70 mm	16.80 mm	2.63	0.4	52%
# 18	14.30 mm	18.00 mm	2.29	0.35	57%

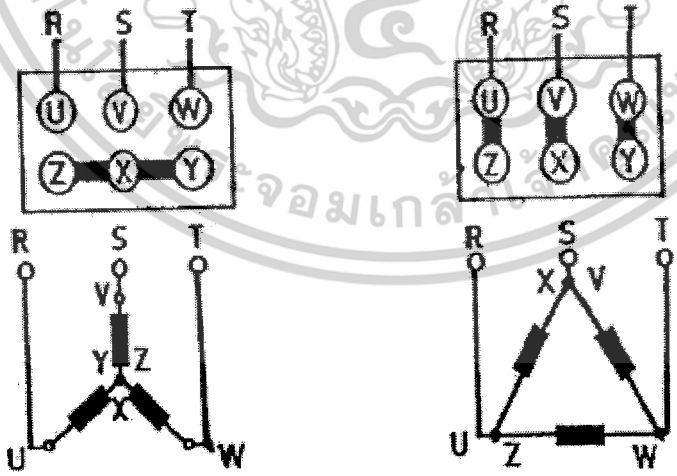
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การต่อมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสที่นักศึกษาจะได้พบเห็นนั้น มักเป็นแบบอินดักชั่น (3 PHASE INDUCTION MOTOR) ลักษณะภายใน มอเตอร์แบบ 3 เฟส จะมีขดลวดพันอยู่บนสเตเตอร์ 3 ชุด แต่ละชุดก็ต่อกับไฟ แต่ละเฟสจะมีรหัสเรียกชื่อขดลวดดังต่อไปนี้

ภาพที่ 3.11 แสดงขดลวด 3 เฟส ในตัวมอเตอร์ 3 เฟส แบบอินดักชั่น

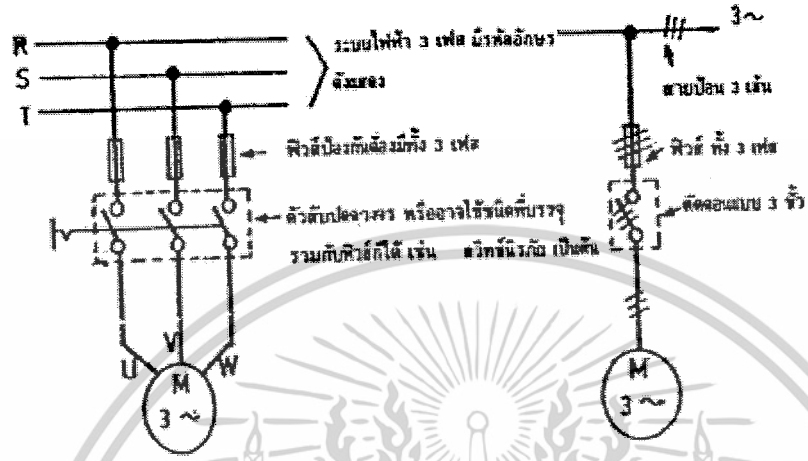
การต่อมอเตอร์ 3 เฟส ต่อได้ 2 อย่าง คือ แบบสตาร์(Y) และแบบเดลต้า (Δ) การต่อแบบสตาร์จะนำขั้ว XYZ ต่อรวมกัน และต่อขั้ว U, V , W เข้ากับระบบไฟ 3 เฟส ส่วนการต่อแบบเดลต้า จะนำขั้ว UZ, VX, และ WY ต่อเข้าด้วยกัน และต่อขั้ว U, V, W เข้ากับระบบไฟฟ้า 3 เฟส เช่นกัน ดังรูปที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 แสดงการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์(Y) และแบบเดลต้า (Δ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมมอเตอร์แบบ 3 เฟสนั้น จะต้องมีอุปกรณ์สับปลดวงจรและอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินเหมือนกับแบบ 1 เฟส จะใช้ตัดตอนอัตโนมัติ, สวิชท์นิรภัย หรือตัวสตาทช์มอเตอร์แบบ 3 เฟส ก็ได้ดังรูปที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 แสดงวงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ 3 เฟส โดยให้สตาร์ทโดยตรง (Direct on line start)

เนื่องจากระบบแรงดันไฟฟ้าในบ้านเรานั้น มีทั้งแบบ 3 เฟส 4 สาย 380 โวลท์และแบบ เฟส 2 สาย 220 โวลท์ และยังมีระบบ 3 เฟส 220 โวลท์ อีกด้วย ดังนั้น มอเตอร์ 3 เฟส แบบอินดักชั่น จึงมีความสำคัญมากทางด้านการต่อมอเตอร์ เพราะถ้าต่อระบบไฟฟ้าเข้ากับตัวมอเตอร์ผิด
ก็อาจทำให้มอเตอร์ตัวนั้นเสียหาย (ขดลวดภายในไหม้) ไปในที่สุด วิธีที่ปลอดภัยที่สุดคือ ต้องศึกษาการต่อมอเตอร์และอ่าน NAME PLATE ของมอเตอร์แต่ละตัวแล้วให้ทราบว่า เราต้องใช้ระบบไฟฟ้าแบบใด มีแรงดันไฟฟ้าเท่าไร ขอให้นักศึกษาทำความเข้าใจกับตัวอย่างต่อไปนี้
NAME PLATE ของมอเตอร์ตัวหนึ่ง บอกข้อมูลต่าง ๆ เอาไว้ดังนี้

3 PH INDUCTION MOTOR	
380/220 V	4 KW
Y/ Δ	P.F.0.81

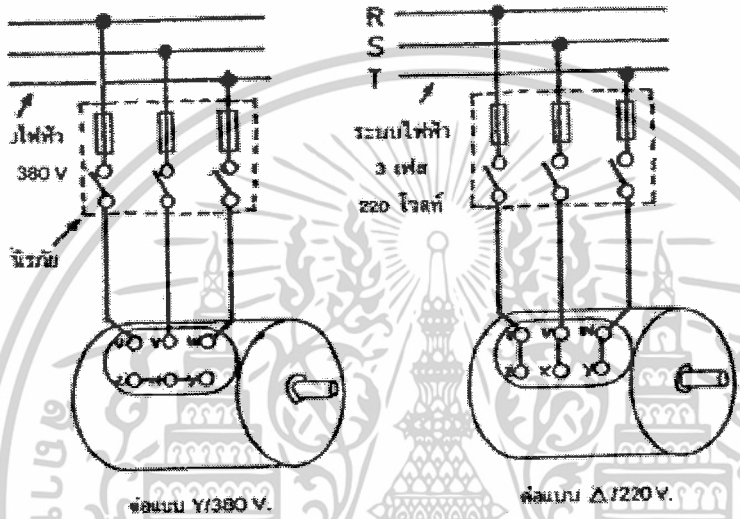
ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างการควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส แบบอินดักชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอให้สังเกตเฉพาะข้อมูลทางแรงดันไฟฟ้าและการต่อมอเตอร์ ได้ว่า 380/220 V Y/Δ แสดงว่ามอเตอร์ตัวนี้ต่อได้ 2 วิธี คือ

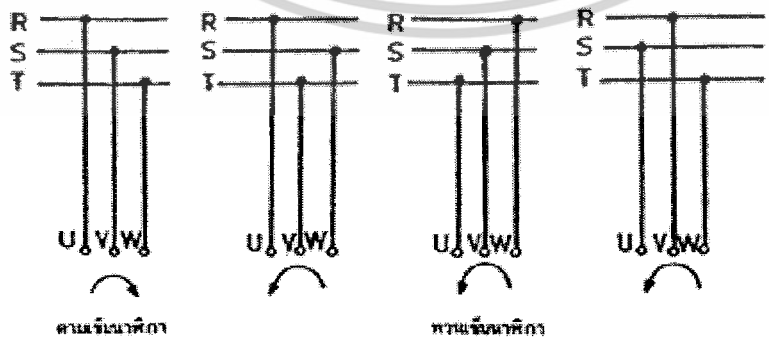
1. ถ้าต่อแบบ Y จะต้องใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลล์ เท่านั้น
2. ถ้าต่อแบบ Δ จะต้องใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 220 โวลล์ เท่านั้น

การใช้งานจึงจะสมบูรณ์ คือ ได้กำลังไฟฟ้าและค่าอื่น ๆ ตาม NAME PLATE ระบุ และไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น ดังรูปที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 แสดงการต่อมอเตอร์ตาม NAME PLATE 380/220 V. ต่อได้ 2 วิธีจะเลือกแบบใดก็ได้

ลักษณะการต่อแบบนี้ถ้าต่อเฟส R เข้ากับ U เฟส S เข้ากับ V เฟส T เข้ากับ W มอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาซึ่งถือว่าเป็นทิศทางปกติ แต่ในกรณีที่ทำการต่อมอเตอร์แล้วหมุนกลับทิศทาง ขอให้ทำการสลับคู่สายหนึ่งดังรูปที่ 3.16



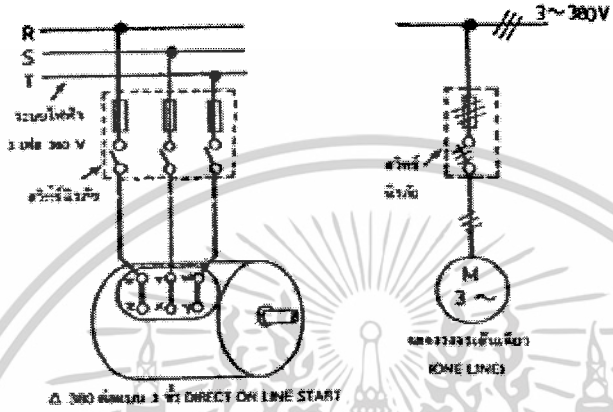
ภาพที่ 3.16 แสดงการกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส แบบอินดักชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ 3 เฟสนั้นยังมีอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ จะหมุนโดยการต่อแบบ Δ เท่านั้น ที่ NAME PLATE จะเขียนไว้ดังนี้

Δ 380V หรือ 380/660V Δ/Y

ถ้าจะต่อให้หมุนในระบบที่เราเรียกว่า Direct on line start จะต้องต่อมอเตอร์แบบ Δ และใช้กับไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลล์เท่านั้น ดังรูปที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 แสดงการต่อมอเตอร์แบบเดลตาร์ 380 โวลท์ แบบ Direct on line start

ในการต่อมอเตอร์ Δ380 V นั้น ทั่ว ๆ ไปไม่นิยมต่อแบบ Direct on line start โดยเฉพาะทางด้านโรงงานอุตสาหกรรม จะต้องมีตัวควบคุมหรือวงจรควบคุมพิเศษ เพราะค่ากระแสในตอนเริ่มหมุน (Start) มอเตอร์นั้นจะสูงกว่าค่ากระแสพิกัดประมาณ 5-7 เท่า จึงต้องมีการลดกระแสในการสตาร์ทมอเตอร์ ซึ่งในมอเตอร์แบบ 3 เฟส มักจะนิยมที่จะเริ่มหมุนมอเตอร์โดยการต่อเป็นแบบสตาร์ โดยใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ควบคุม

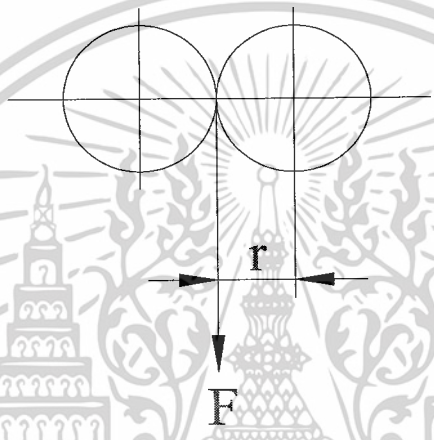
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การคำนวณและออกแบบ

3.6.1 การออกแบบมอเตอร์

จากการทดสอบแรงที่ทำให้ข้าวแตกวัดได้จากการทดสอบ $F = 156.96N$

$r = 0.05m \qquad N = 1400rpm$



จากสูตร $T = Fr$

$$= 156.96 \times 0.05$$

$$= 7.848N.m$$

กำลังมอเตอร์หาได้จากสูตร

$$W_p = \frac{2\pi.N.F.r}{60}$$

$$= \frac{7.848 \times 2 \times \pi \times 1400}{60}$$

$$= 1150.58watt$$

$$= 1.54HP$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การออกแบบพูเลย์

กำหนดมอเตอร์ $2hp = 1.5kw$

ความเร็วรอบตัวส่ง $1400rpm$

ทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน

เลือกใช้พูเลย์ขนาด $5'' = 125mm$

$5'' = 125mm$

ความเร็วรอบตัวขับ $1400rpm$

ความเร็วรอบตัวตาม $1400rpm$

1. หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางพูเลย์

ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.4$

$$W_p N_s = 1.4(1.5) = 2.1kw$$

เลือกใช้สายพานหน้าตัด Z

อัตราทด $m_n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1400}{1400} = 1$

เลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

$$d_p = 125mm$$

ดังนั้น $D_p = m_w d_p = 1 \times 125 = 125mm$

$$C_{\max} = 2(D_p + d_p) = 2(125 + 125) = 500mm$$

$$C_{\min} = 0.7(D_p + d_p) = 0.7(125 + 125) = 175mm$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 480mm$

หาความยาวพิตช์โดยประมาณจากสมการ

$$L_p = LC + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4c}$$

$$= 2(480) + 1.57(125 + 126) + \frac{(126 - 125)^2}{4(480)}$$

$$= 1352.5mm$$

เลือกใช้สายพานขนาด $L_p = 1424mm$

ระยะห่างระหว่างกลางคำนวณจาก

$$c = p + \sqrt{p^2 - q}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$p = 0.25Lp - 0.393(D_p + d_p)$$

$$= 0.25(1424) - 0.393(250)$$

$$p = 244.223$$

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

$$= 0.125(125 - 125)^2$$

$$= 0$$

$$c = 257.75 + \sqrt{257.75^2 - 0}$$

$$c = 1.0178$$

$$c = 515.5mm$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$\frac{D_p - d_p}{c} = \frac{125 - 125}{515.5} = 0.$$

ใช้ $N_a = 1$

$N_1 = 1.14$

ล้อขนาด $125mm$

อัตราทด $= 1$

$n = 1400rpm$

$P_R = 2.27kw$ ต่อเส้น

$$Z = \frac{W_p . N_s}{P_R . N_a . N_1}$$

$$= \frac{1.5 \times 1.4}{2.27 \times 1 \times 1.14}$$

$$= 0.81$$

ใช้สายพานจำนวน 1 เส้น

มุมสัมผัสของสายพาน

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}(\frac{Dp - dp}{2C}) \text{ rad}$$

$$= \pi - 2\sin^{-1}(\frac{125 - 125}{2(515.5)})$$

$$= 180°$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วสายพาน

$$V = \frac{\pi d_p n}{60(1000)} = \frac{\pi(125)1400}{60(1000)} = 9.16 \text{ m/s}$$

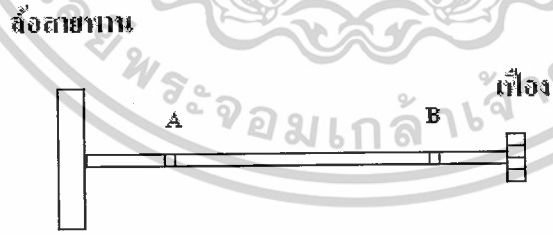
แรงตึงสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = W_P / V$$
$$= \frac{1492}{9.16} = 162.88 \text{ N}$$
$$K_1 = 2$$
$$K_2 = 0.385$$
$$\sin\frac{\alpha}{2} = 0.9978$$
$$V^2 = 83.91$$

แรงตึงขั้นต้นของสายพาน

$$F_1 = (K_1 F + NK_2 V^2)\sin\phi/2$$
$$= (2)(162.88) + (1\times 0.385\times(9.16)^2)(1)$$
$$= 358.64N$$

3.6.3 หาขนาดเพลา



พิจารณาล้อสายพาน

$$T = \frac{W_p}{2.\pi.N}$$
$$= \frac{1492}{2\times\pi\times\frac{1400}{60}} = 10.177N.m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาจะได้

$$F = F_1 - F_2 = \frac{Wp}{v} \qquad (1)$$

$$F_1 - F_2 = \frac{1492}{9.16}$$

$$= 162.882N$$

$$F_1 + F_2 = k_1 \sin\frac{\alpha}{2} \qquad (2)$$

$$= 2 \times 162.882$$

$$= 325.764N$$

จากสมการ()1และ(2) ได้

$$F_1 - F_2 = 162.882N$$

$$F_1 + F_2 = 325.764N$$

ได้

$$F_1 = 244.323N$$

$$F_2 = 81.441N$$

$$F = 244.323 + 81.441$$

$$= 325.764N$$

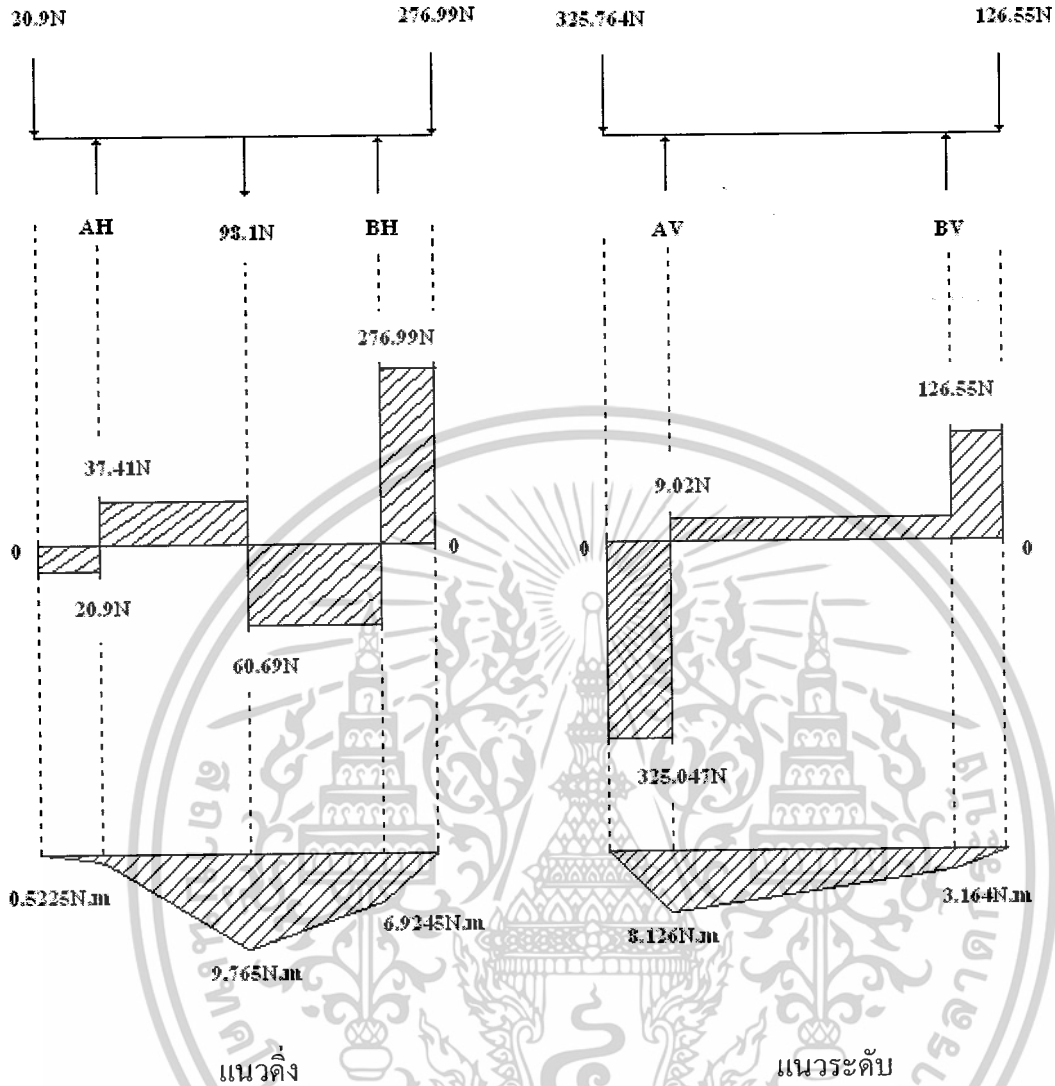
แรงในแนวสัมผัสเฟือง

$$F_{CT} = \frac{T}{r} = \frac{10.177N.m}{0.0375m} = 271.39N$$

แรงในแนวระดับ

$$F_{CN} = F_{CT} \tan 25° = 271.39 \tan 25° = 126.55N$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.18 แสดงแรงและโมเมนต์บนเพลา

จะได้

$$AH = 58.31N \qquad BH = 337.68N$$

$$AV = 334.067N \qquad BV = 117.53N$$

$$M_B = \sqrt{9.765^2 + 8.126^2}$$

$$= 12.704N.m$$

$$= 12704N.mm$$

$$T = 10.177N.m = 10177N.mm$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรหาขนาดเพลา

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

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

เนื่องจากเพลาต้น K = 0

จากตาราง 11 $C_m = 1.5$, $C_t = 1$

$$\tau = 41N/mm^2$$

ขนาดเพลา

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

$$d^3 = \frac{16}{\pi (41)}\left[(1\times 10177)^2 + (1.5\times 12704)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 13.9mm$$

เลือกใช้เพลาขนาด $30mm$

3.6.4 การคำนวณหาเฟือง

ระยะห่างระหว่างเฟือง

กำหนด $m = 3mm.$ เฟืองขับมี 46 ฟัน มุมกด 25^o FD อัตราทด 2:1

จากสมการ $m = \frac{d}{N}$

ขนาดของวงกลมพิตช์เฟือง คือ

$$d_p = mN_p$$
$$= 3(46)$$
$$= 138mm.$$

วงกลมฐานของเฟือง

$$d_{bp} = d_p \cos\phi$$
$$= 138\cos 25^o$$
$$= 125.070mm.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดนดัมของเฟือง

$$a_p = m = 3$$

ดังนั้นวงกลมแอดเดนดัมของเฟือง

$$\begin{aligned} d_o &= d_p + 2a_p \\ &= 138 + 2(3) \\ &= 144mm \end{aligned}$$

เคลียร์แลนซ์

$$\begin{aligned} C &= 0.25m \\ &= 0.25(3) \\ &= 0.75mm. \end{aligned}$$

จำนวนฟันเกียร์

$$\begin{aligned} N_g &= \frac{46}{2} \\ &= 23 \text{ ฟัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_g &= mN_g \\ &= 3(23) \\ &= 69mm. \end{aligned}$$

$$a_g = m = 3mm.$$

เซอคิวลาพิตช์

$$P = \frac{\pi d_g}{N} = \frac{\pi(69)}{23}$$

$$= 9.425mm.$$

พิตช์ฐาน

$$\begin{aligned} P_b &= P\cos\varphi \\ &= 9.425\cos 25 \\ &= 8.542mm. \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รัศมีพิตช์ของเฟืองทั้งสอง

$$r_g = 34.5$$

$$r_p = 69$$

$$AB = \sqrt{(r_g + a_g)^2 - (r_g \cos\phi)^2} - r_g \sin\phi + \sqrt{(r_p + a_p)^2 - (r_p \cos\phi)^2} - r_p \sin\phi$$

$$= \sqrt{(69+3)^2 - (69\cos 25)^2} - 69\sin 25 + \sqrt{(34.5+3)^2 - (34.5\cos 25)^2} - 34.5\sin 25$$

$$= \sqrt{5184 - 3910.66} - 29.161 + \sqrt{1406.25 - 977.664} - 14.580$$

$$= 12.645mm.$$

อัตราส่วนการขบ

$$m_c = \frac{AB}{P_b}$$

$$= \frac{12.645}{8.542}$$

$$= 1.48 \text{ ฟัน}$$

ดังนั้นเฟืองที่ขบอยู่มี 1.48 ฟัน

ระยะห่างของจุดศูนย์กลางเฟือง

$$C_o = \frac{d_p + d_g}{2}$$

$$= \frac{69+138}{2}$$

$$= 103.5mm.$$

รัศมีแอดเดนดัม

$$r_{ag} = \sqrt{(r_g \cos\phi)^2 + (C_o \sin\phi)^2}$$

$$= \sqrt{(34.5\cos 25)^2 + (103.5\sin 25)^2}$$

$$= \sqrt{977.664 + 1913.274}$$

$$= 53.76$$

แต่ $r_{ag} = r_g + a_g = 34.5 + 3 = 37.5$

ซึ่งน้อยกว่า 53.76 ฉะนั้นไม่มีการขัดกันที่เฟือง

$$r_{ap} = \sqrt{(r_p \cos\phi)^2 + (C_o \sin\phi)^2}$$

$$= \sqrt{(69\cos 25)^2 + (103.5\sin 25)^2}$$

$$= \sqrt{3910.654 + 1913.274}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 76.315mm.$$

$$r_{ap} = r_p + a_p = 69 + 3 = 72mm.$$

น้อยกว่า 76.315 ไม่เกิดการขัดกันที่เฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องบดปลายข้าว

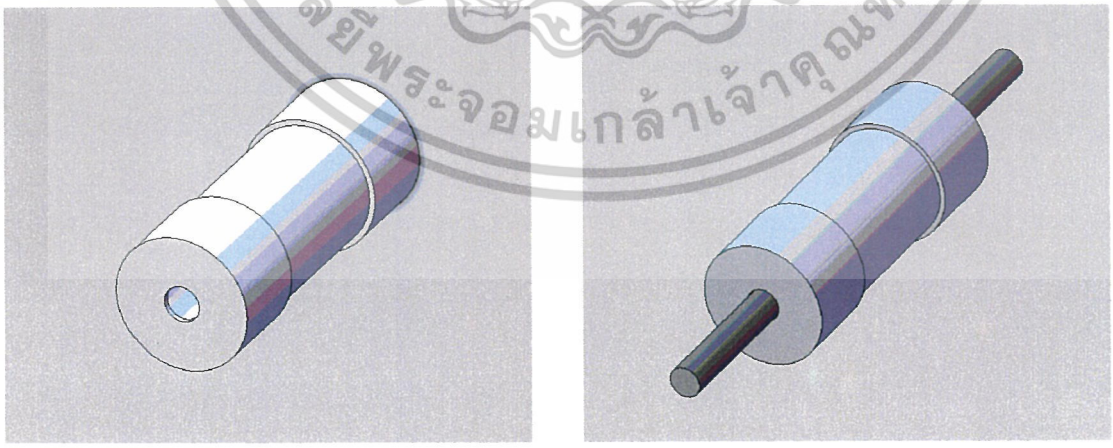
ในการออกแบบและการสร้างชิ้นส่วนเครื่องบดปลายข้าว นั้นสามารถแยกออกเป็นส่วนต่างๆได้ดังนี้คือ

1. ชุดหินบด
2. ตัวเครื่องบดปลายข้าว
3. โครงสร้างฐาน
4. ชุดทางออกของปลายข้าวบด
5. ฝาครอบเฟืองและฝาครอบสายพาน

4.1 ชุดหินบด

4.1.1 แบบหล่อหินบดปลายข้าว

ในการทำชุดหินบดนั้นจะเลือกใช้กรรมวิธีการหล่อจากการผสมของหินกากเพชร ปูนขาว และน้ำเกลือ ซึ่งจะต้องจัดเตรียมแบบในการหล่อก่อน โดยจะใช้ท่อพีวีซี ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และนำมาตัดให้มีความยาว 12 นิ้ว ทำการปิดปลายข้างหนึ่งของท่อให้สนิท เพื่อเตรียมทำการหล่อแบบหินบดปลายข้าว ดังภาพที่ 4.1

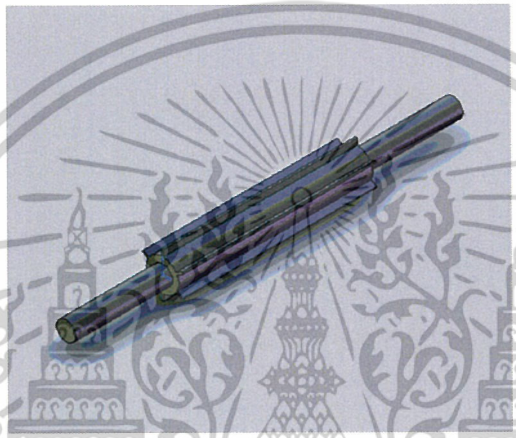


ภาพที่ 4.1 แบบหล่อหินบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การหล่อหินบดปลายข้าว

ในการหล่อหินบดปลายข้าวนั้นนอกจากต้องมีแบบที่ใช้ในการหล่อแล้วยังจำเป็นต้องมีชุดหินบดตัวในที่ทำจากเหล็กท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว มาตัดตามขนาดที่ออกแบบไว้และนำเหล็กแผ่นขนาดความหนา 5 มิลลิเมตร มาเจาะรูขนาด 30 มิลลิเมตร ทำการเชื่อมปิดหัวท้ายของเหล็กท่อที่ตัดไว้เมื่อตอนต้น แล้วนำเพลาขนาด 30 มิลลิเมตรมาใส่ในแกนกลางระหว่างท่อเหล็ก ทำการเชื่อมติดกับท่อเหล็ก นำเหล็กลิ่มขนาด 10x10 มิลลิเมตรมาเชื่อมติดตามแนวยาวของท่อเพื่อช่วยในการยึดเกาะติดของหินที่จะทำการพอก ในการเชื่อมชิ้นส่วนต่างๆจะใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า



ภาพที่ 4.2 แกนลูกหินบด

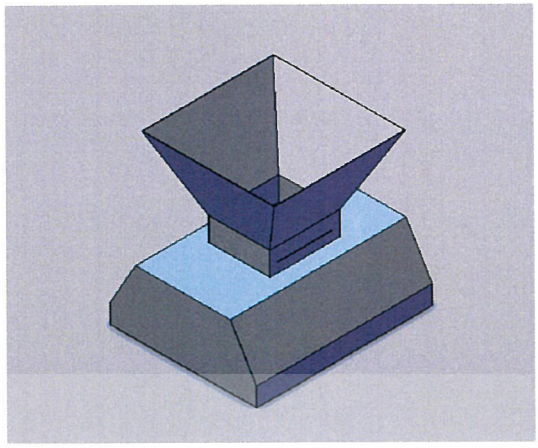
4.2 ตัวเครื่องบดปลายข้าว

ตัวเครื่องบดปลายข้าวจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ฝาปิดบน และฐานล่าง ซึ่งวัสดุหลักที่ใช้คือเหล็กฉากขนาด 0.5 นิ้ว และเหล็กแผ่น ที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร โดยตัดตามขนาดและใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าในการขึ้นรูปซึ่งมีลายละเอียดดังนี้

4.2.1 ฝาปิดบน

ในส่วนของฝาปิดบนจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือช่องสำหรับเทปลายข้าวใส่ในการบดและลิ้นปรับตั้งระยะการไหลของปลายข้าวในการบดแต่ละครั้ง

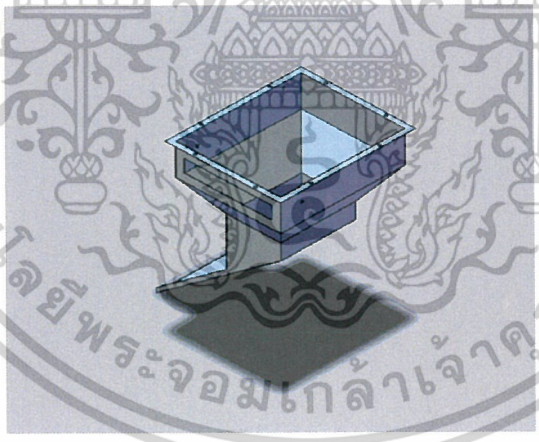
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ฝาปิดบน

4.2.2 ฐานล่าง

ส่วนของฐานล่างของตัวเครื่องบดปลายข้าวนี้เป็นส่วนที่ยึดส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน เช่น ฝาปิดบน ชุดแบริ่งของลูกหินบด ชุดป้องกันฝุ่นละอองในการบดปลายข้าว เป็นต้น ในการสร้างจะใช้เหล็กฉากที่มีขนาด 0.5 นิ้ว ทำเป็นโครงสร้างขึ้นมาก่อนและทำการปิดด้วยเหล็กแผ่นที่มีขนาดความหน้า 1 มิลลิเมตร โดยการตัดตามขนาดและใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าในการขึ้นรูปและการยิงวินเรสในการปิดฝาด้านข้างหน้าหลัง

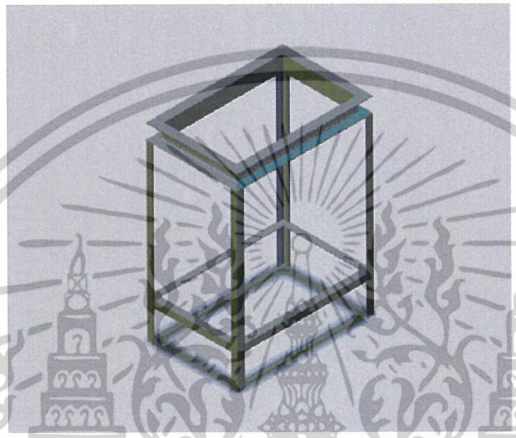


ภาพที่ 4.4 ฐานล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 โครงสร้างฐาน

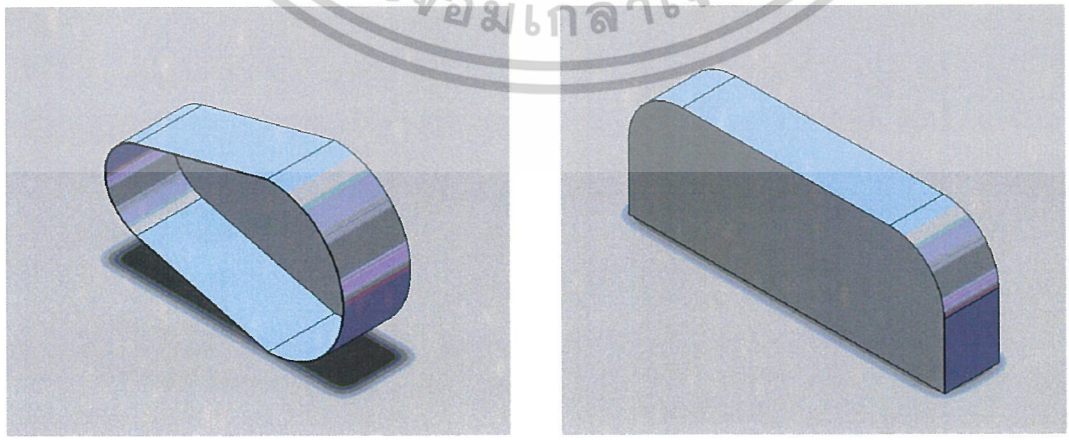
โครงสร้างฐานจะเป็นส่วนที่ยึดตัวเครื่องบดปลายข้าวและชุดทางออกของปลายข้าวที่ทำการบดแล้วเข้าด้วยกันอีกทั้งยังยึดส่วนต่างๆอีก เช่น มอเตอร์ส่งกำลัง และฝาครอบเฟือง เป็นต้น โดยสร้างฐานประกอบขึ้นด้วยเหล็ก C Channel ขนาด 75x45 มิลลิเมตร และเหล็กฉากขนาด 4x4 นิ้ว ตัดตามขนาดและทำการเชื่อมขึ้นรูปตามที่กำหนดไว้ โดยใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า



ภาพที่ 4.5 โครงสร้างฐาน

4.5 ฝาครอบเฟืองและสายพาน

ฝาครอบเฟืองและสายพานทำจากวัสดุเหล็กแผ่นเรียบที่มีขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดที่และเชื่อมขึ้นรูป ประโยชน์ของฝาครอบเฟืองคือ ช่วยป้องกันอันตรายขณะกำลังปฏิบัติงาน



ภาพที่ 4.6 ฝาครอบเฟืองและสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องบดปลายข้าว ส่วนนี้จะเป็นส่วนแสดงผลการจัดสร้างและทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยดำเนินการสร้างและทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องบดปลายข้าวรวมถึงรายละเอียดต่างๆของเครื่องบดปลายข้าว เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้งานอย่างเหมาะสม

5.1 ผลการดำเนินงานด้านออกแบบ

ในการออกแบบได้ทำการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องบดปลายข้าว โดยใช้โปรแกรมการเขียนแบบโซลิดเวิร์ด(Solidwork 2007) ช่วยในการออกแบบ ซึ่งได้ทำการออกแบบตามขนาดและรูปแบบของชิ้นส่วนที่ได้กำหนดไว้จนสำเร็จ ดังวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งเอาไว้

5.2 ผลการดำเนินงานด้านเครื่องจักร

ได้ดำเนินการสร้างเครื่องบดปลายข้าวตามที่ออกแบบไว้ จนเสร็จตามวัตถุประสงค์และได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพตามที่ได้ตั้งข้อกำหนดไว้ในขอบเขตปริญญานิพนธ์ คือ จัดสร้างเครื่องบดปลายข้าวขนาด 2 แรงม้า และใช้บดเฉพาะปลายข้าวเท่านั้น ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบดปลายข้าวโดยใช้ระดับความเร็วรอบ 7 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 คือ 1,400 รอบ/นาที
ระดับที่ 2 คือ 1,200 รอบ/นาที
ระดับที่ 3 คือ 1,000 รอบ/นาที
ระดับที่ 4 คือ 900 รอบ/นาที
ระดับที่ 5 คือ 800 รอบ/นาที
ระดับที่ 6 คือ 700 รอบ/นาที
ระดับที่ 7 คือ 600 รอบ/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

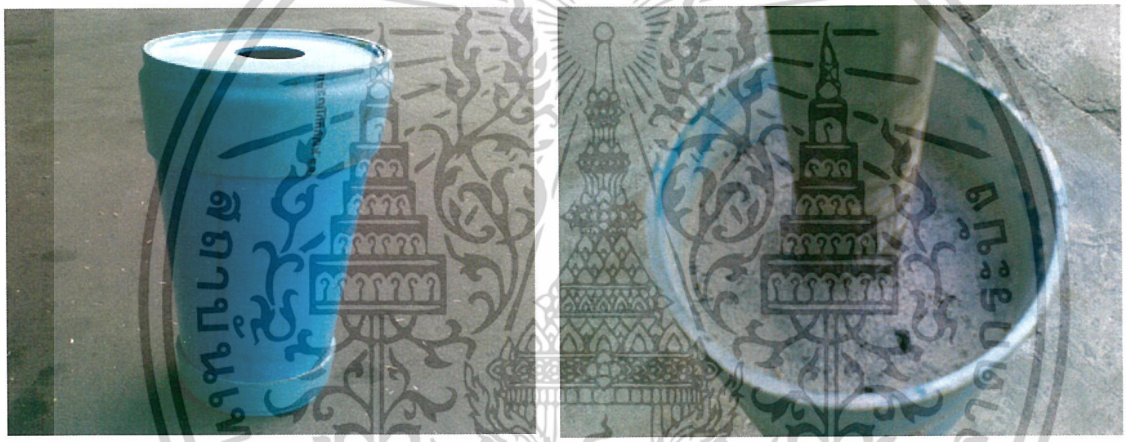
โดยกำหนดปัจจัยคงที่คือ

1. ล้อสายพานของตัวมอเตอร์ต้นกำลังใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.5 นิ้ว
2. ปริมาณปลายข้าวที่ใช้ในการทดสอบแต่ละครั้ง
3. ระยะห่างระหว่างลูกหินบดทั้ง 2 ลูก
4. ขนาดรูตะแกรง(ในที่นี้ใช้ขนาดของรูตะแกรงเท่ากับ 1 มิลลิเมตร)

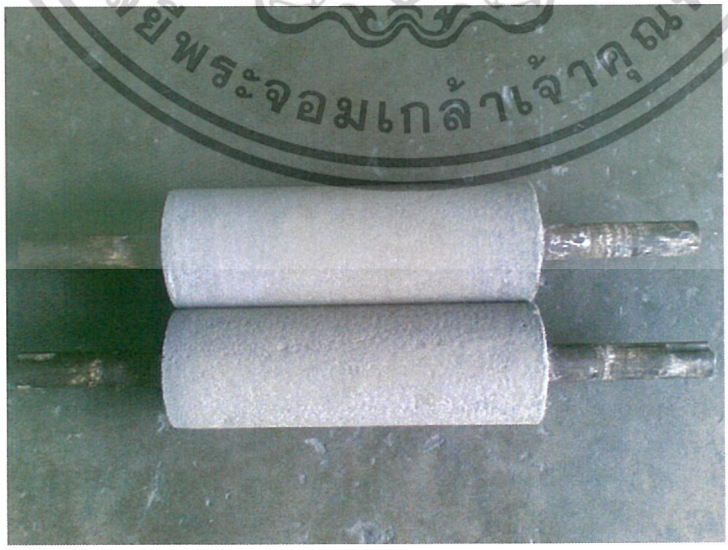
ผลการดำเนินการสร้างเครื่องบดปลายข้าวได้แสดงไว้ในรูปภาพหัวข้อดังต่อไปนี้

5.2.1 การสร้างลูกหินบด

หลังจากที่ได้ออกแบบส่วนประกอบต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการพอกหินแล้วนั้น ก็ทำการหล่อและพอกหินตามขั้นตอนที่ได้อธิบายไว้ในบทที่แล้วและเมื่อหินบดแห้งและแข็งตัวก็นำมาออกจากแบบ



ภาพที่ 5.1 การหล่อลูกหินบด

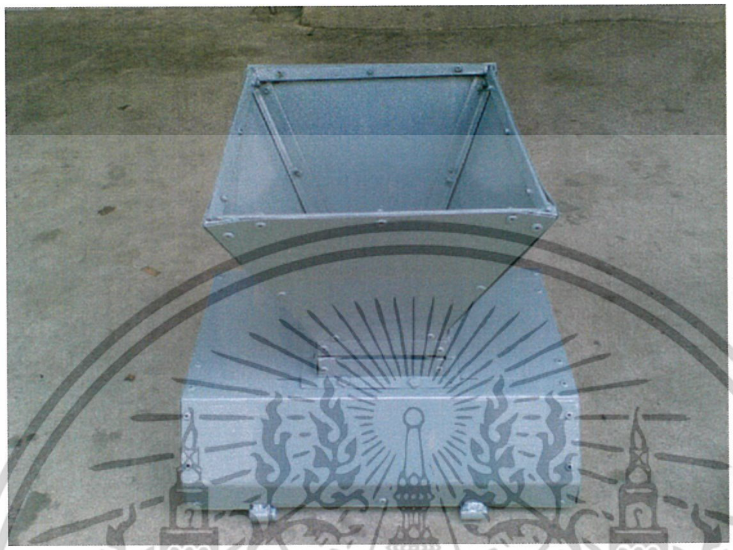


ภาพที่ 5.2 ลูกหินบดที่พอกด้วยหินแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การสร้างตัวเครื่องบดปลายข้าว

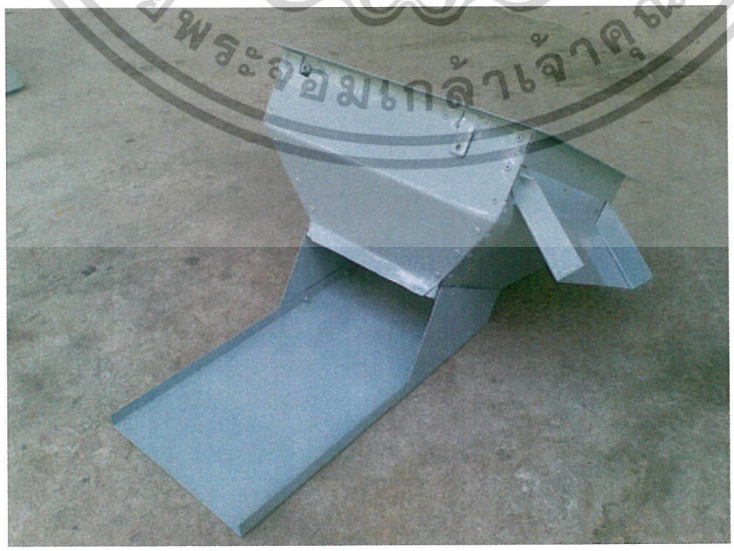
ตัวเครื่องบดปลายข้าวจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ฝาปิดบน และฐานล่าง ซึ่งวัสดุหลักที่ใช้คือเหล็กฉากขนาด 0.5 นิ้ว และเหล็กแผ่น ที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร โดยตัดตามขนาดและใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าในการขึ้นรูป



ภาพที่ 5.3 ฝาบนเครื่องบดปลายข้าว

5.2.3 การสร้างชุดทางออกของปลายข้าวบด

ส่วนชองชุดทางออกของเครื่องบดปลายข้าวจะใช้วัสดุจากเหล็กฉากขนาด 0.5 นิ้ว และเหล็กแผ่นที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดที่ออกแบบไว้แล้วทำการเจาะรูสำหรับยึดติดกับโครงสร้างฐาน โดยการขึ้นรูปใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า และนำเหล็กแผ่นตัดตามขนาดที่ออกแบบไว้และทำการยิงวินเรสเข้ากับโครงที่ทำการขึ้นรูปไว้

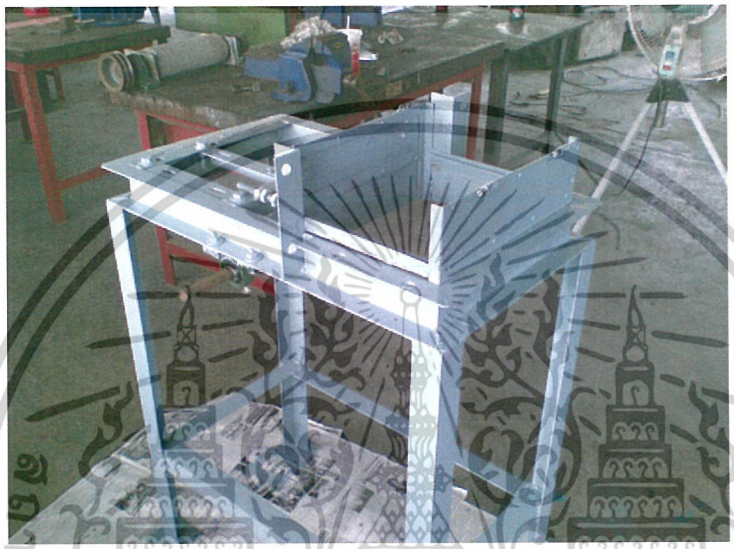


ภาพที่ 5.4 ชุดทางออกของเครื่องบดปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 การสร้างชุดโครงสร้าง

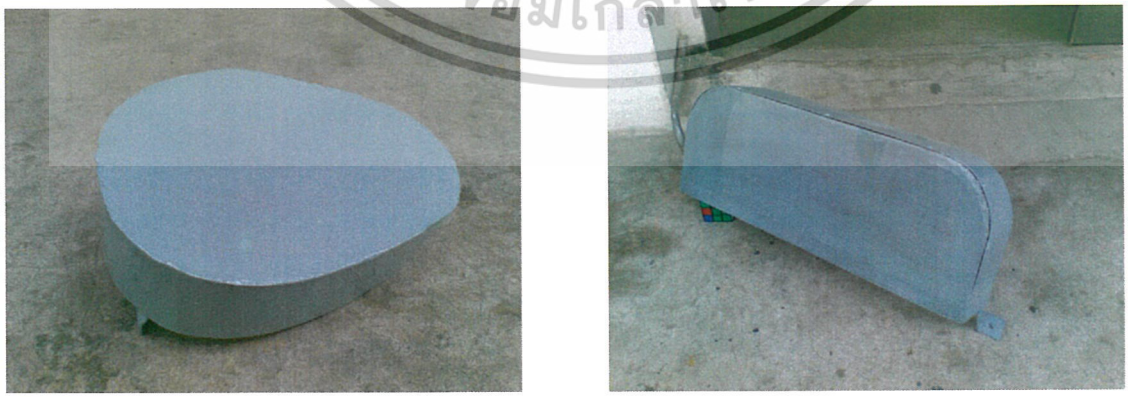
โครงสร้างฐานจะเป็นส่วนที่ยึดตัวเครื่องบดปลายข้าวและชุดทางออกของปลายข้าวที่ทำการบดแล้วเข้าด้วยกันอีกทั้งยังยึดส่วนต่างๆอีก เช่น มอเตอร์ส่งกำลัง และฝาครอบเฟือง เป็นต้น โดยสร้างฐานประกอบขึ้นด้วยเหล็ก C Channel ขนาด 75x45 มิลลิเมตร และเหล็กฉากขนาด 4x4 นิ้ว ตัดตามขนาดและทำการเชื่อมขึ้นรูปตามที่กำหนดไว้ โดยใช้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า



ภาพที่ 5.5 ตัวโครงสร้างเครื่องบดปลายข้าว

5.2.5 การสร้างฝาครอบเฟืองและสายพาน

ฝาครอบเฟืองทำจากวัสดุเหล็กแผ่นเรียบที่มีขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร ตัดตามขนาดที่และเชื่อมขึ้นรูป ประโยชน์ของฝาครอบเฟืองคือ ช่วยป้องกันอันตรายขณะกำลังปฏิบัติงาน



ภาพที่ 5.6 ฝาครอบเฟืองและฝาครอบสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.6 การประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน

การประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน คือ หลังจากที่ได้ทำชิ้นส่วนต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะนำเอาชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบกันดังรูป

ภาพที่ 5.7 เครื่องบดปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดปลายข้าว

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดปลายข้าวนั้นจะทำการทดสอบ โดยจะกำหนดปัจจัยสำหรับทดสอบตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.2 และจะนำค่าที่ทดสอบได้มาบันทึกลงในตารางที่ 5.1

ความเร็วรอบใช้งาน (v_{work}) หาได้จาก

$$v_{work} = \frac{v_m \times d_p}{d_i} \quad (5.1)$$

โดยที่ v_{work} = ความเร็วรอบใช้งาน (รอบต่อนาที)

v_m = ความเร็วของมอเตอร์ต้นกำลังใช้เท่ากับ (1450 รอบ/นาที)

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตัวขับ (นิ้ว)

d_i = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตัวตาม(นิ้ว)

ความเร็วเชิงเส้นรอบวง v_R หาได้จาก

$$v_R = \frac{(\pi d_o) \times v_w}{60 \sec} \quad (5.2)$$

โดยที่ v_R = ความเร็วเชิงเส้นรอบวง (เมตรต่อวินาที)

d_o = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของลูกกลิ้ง (เมตร)

ปริมาตรความจุของปลายข้าวหลังบดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากเดิม = (ปริมาตรหลังบด/ปริมาตรก่อนบด) x 100%

โดยที่ปริมาณของแกลบต้องเท่ากัน

ปริมาตรความจุที่ลดลง(เปอร์เซนต์) = 100% - ปริมาตรความจุของแกลบหลังบดคิดเป็นเปอร์เซนต์จากเดิม

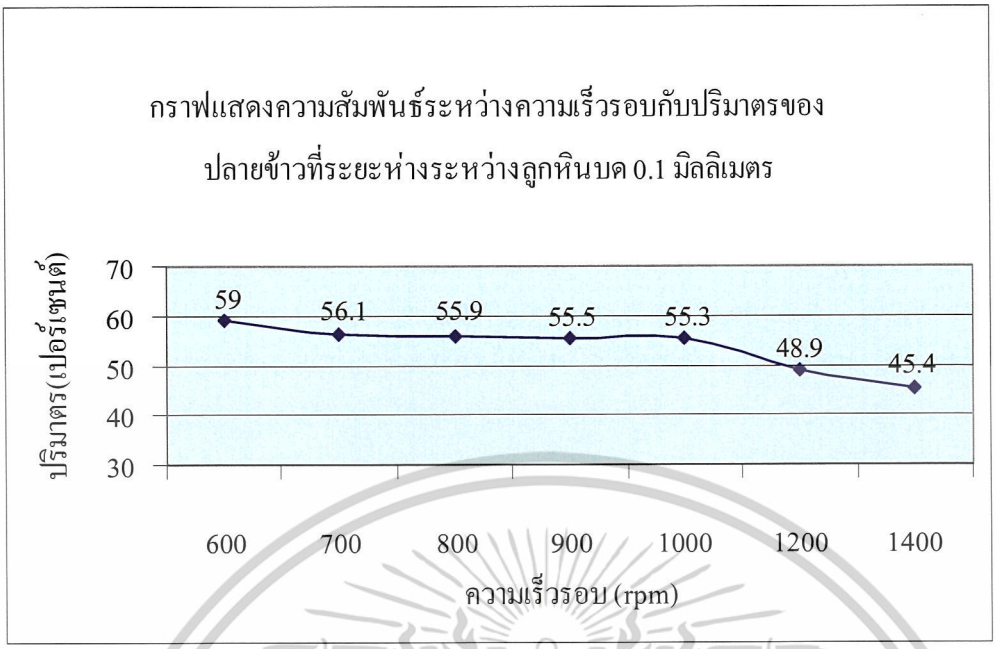
Bulk density = (1 กิโลกรัม/ปริมาตรความจุ (ลูกบาศก์เมตร))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

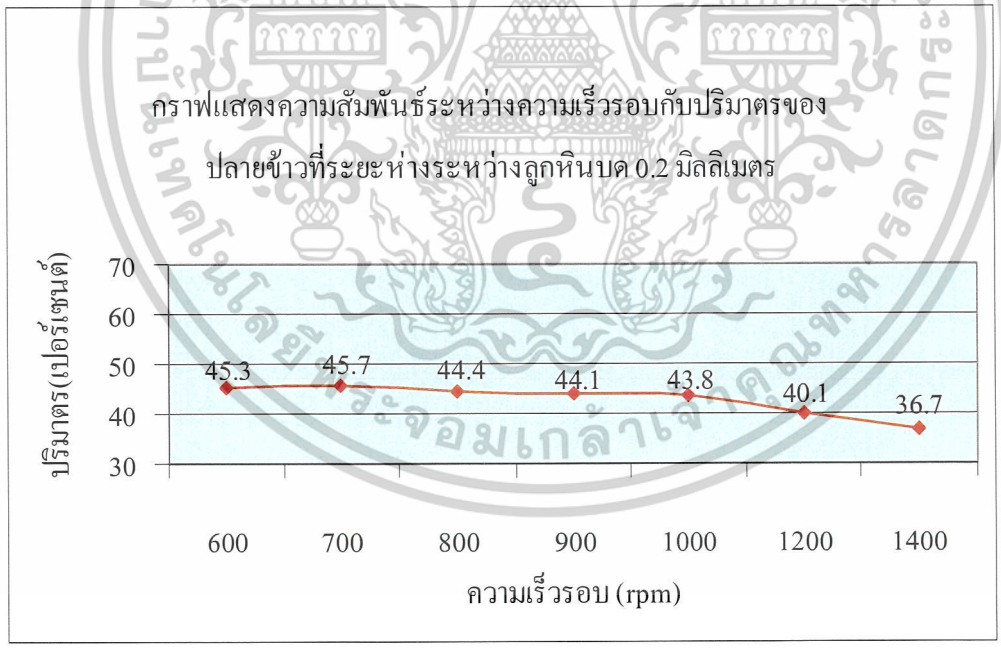
ตารางที่ 5.1 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดปลายข้าว

ลำดับ	ความเร็วรอบของลูกหินบดตัวขับ (รอบ/นาที)	ความเร็วรอบของลูกหินบดตัวตาม (รอบ/นาที)	จำนวนปลายข้าวที่ทำการทดสอบ (Kg)	ระยะห่างระหว่างลูกหินบด (mm)	จำนวนปลายข้าวที่ทำการบดออกมา (Kg)	ปริมาตรความจุปลายข้าว 1 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็น
1	1,400	700	1	0.1	0.454	45.4%
				0.2	0.367	36.7%
				0.3	0.305	30.5%
2	1,200	600	1	0.1	0.489	48.9%
				0.2	0.401	40.1%
				0.3	0.356	35.6%
3	1,000	500	1	0.1	0.553	55.3%
				0.2	0.438	43.8%
				0.3	0.385	38.5%
4	900	450	1	0.1	0.555	55.5%
				0.2	0.441	44.1%
				0.3	0.398	39.8%
5	800	400	1	0.1	0.559	55.9%
				0.2	0.444	44.4%
				0.3	0.417	41.7%
6	700	350	1	0.1	0.561	56.1%
				0.2	0.457	45.7%
				0.3	0.379	37.9%
7	600	300	1	0.1	0.590	59%
				0.2	0.453	45.3%
				0.3	0.366	36.6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

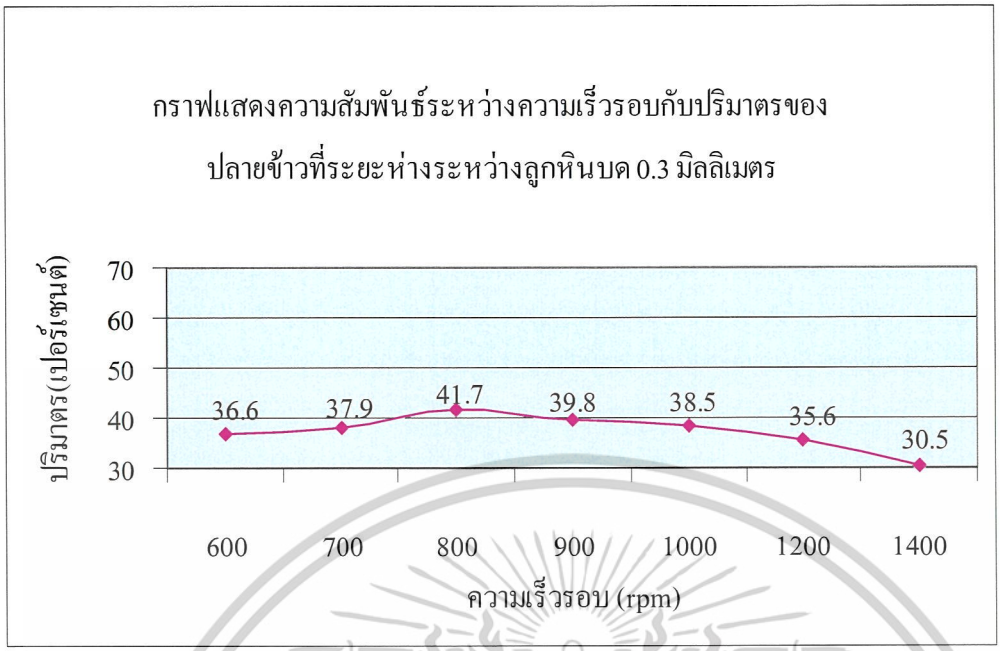


ภาพที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรของปลายข้าวที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบด 0.1 มิลลิเมตร

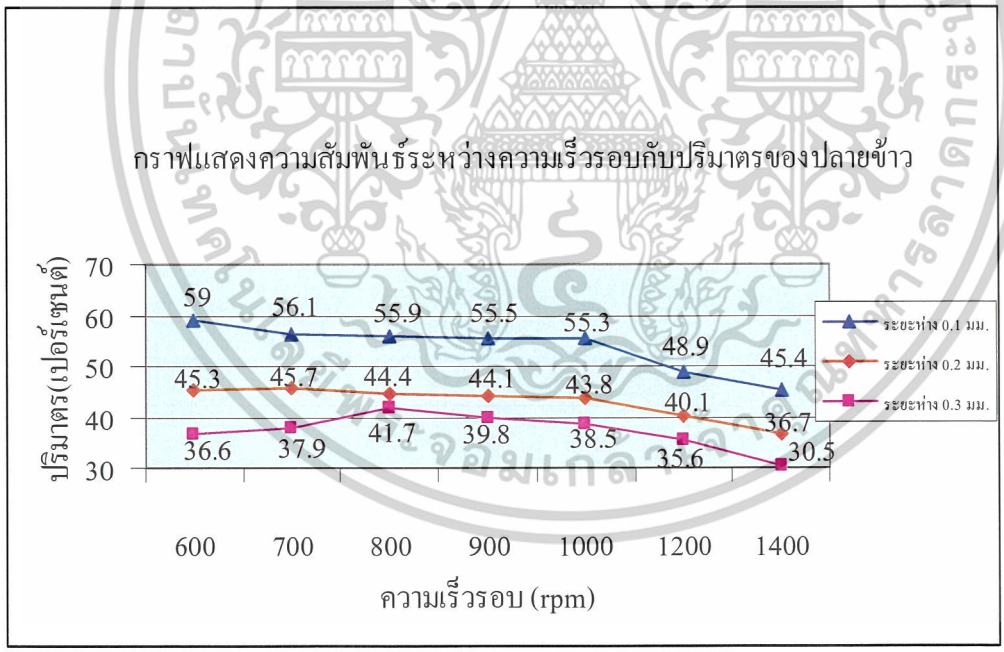


ภาพที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรของปลายข้าวที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบด 0.2 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรของปลายข้าวที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบด 0.3 มิลลิเมตร



ภาพที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาตรของปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของเครื่องบดปลาบข้าวที่ได้คือสามารถบดปลายข้าวให้มีขนาดเล็กลงกว่าเดิมมากกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดปลายข้าวก่อนทำการบด โดยจะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในรูปที่ 5.8 และ รูปที่ 5.9

ภาพที่ 5.12 ปลายข้าวก่อนทำการบดด้วยเครื่องบดปลายข้าว

ภาพที่ 5.13 ปลายข้าวหลังทำการบดด้วยเครื่องบดปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

6.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากที่ได้ดำเนินการออกแบบและทำการสร้างเครื่องบดปลายข้าว ตลอดจนได้ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดปลายข้าวแล้วนั้นสามารถสรุปผลในการทดสอบประสิทธิภาพได้ดังนี้คือ ในการทำการทดสอบที่ 3 ระดับระยะห่างระหว่างลูกหิน คือ 0.1 0.2 และ 0.3 มิลลิเมตรที่ความเร็วรอบ 1400 1200 1000 900 800 700 และ 600 รอบต่อนาที ตามวัตถุประสงค์ในขอบเขตปริญญานิพนธ์ที่ได้กำหนดไว้ โดยการทำการวัดปริมาตรการบดของปลายข้าวในปริมาณ 1 กิโลกรัมก่อนทำการบดและจะทำการวัดปริมาณของปลายข้าวที่ 1 กิโลกรัมอีกครั้งหลังทำการบดเสร็จเรียบร้อยแล้วซึ่งจากที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดปลายข้าวจนครบทั้ง 3 ระยะห่างของลูกหินบด และความเร็วรอบตามที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบที่เครื่องบดปลายข้าวสามารถทำได้ดีที่สุดอยู่ที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบดใช้งานที่ 0.1 มิลลิเมตร เมื่อทำการบดปลายข้าวจะได้ปริมาณในการบดที่ดีที่สุดที่ความเร็ว 600 รอบต่อนาที ได้ 0.59 กิโลกรัม แล้วที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบดใช้งานที่ 0.2 มิลลิเมตร ได้ปริมาณในการบดที่ดีที่สุดที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ได้ 0.457 กิโลกรัม และที่ระยะห่างระหว่างลูกหินบดใช้งานที่ 0.3 มิลลิเมตร ได้ปริมาณในการบดที่ดีที่สุดที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที ได้ 0.417 กิโลกรัม แต่ค่าที่ทำการทดสอบได้นั้น ยังถือได้ว่าเป็นค่าที่ดีที่สุดเพราะในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดปลายข้าวนั้นได้ทำการทดสอบที่ 3 ระยะห่างระหว่างลูกหิน อีกทั้งลูกหินบดที่ได้ทำการหล่อขึ้นมานั้นยังไม่มีความกลมในแนวทรงกระบอกเท่าที่ต้องการ ในขณะที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพจึงทำให้สามารถบดปลายข้าวได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาต่อไปในเรื่องของการทำลูกหินบดเพื่อให้เครื่องบดปลายข้าวนี้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำเครื่องบดปลายข้าวแบบลูกหินบดนี้ มีข้อควรระวังคือ ในขณะที่ทำการหล่อลูกหินบดควรพยายามควบคุมเรื่องความกลมตามแนวทรงกระบอกของลูกหินบด เพราะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการบดของเครื่องบดปลายข้าว และควรทำผิวด้านนอกของลูกหินบดให้มีความหยาบก่อนที่จะทำการทดสอบประสิทธิภาพ โดยวิธีการกลึงและกระเทาะผิวหน้าของลูกหินออกเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องบดปลายข้าวในการทดสอบและในขณะทำการบดปลายข้าวนั้นจะเกิดฝุ่นละอองกระจายควรใส่อุปกรณ์ช่วยป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

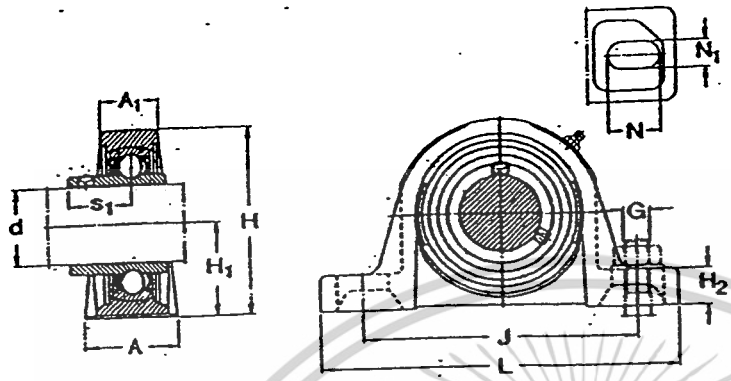
ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดมาตรฐานชุดลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อและตารางการเลือกสายตัวนำ อุปกรณ์ป้องกันต่างๆ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 1 ชุดคลับลูกปืนวายแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ 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

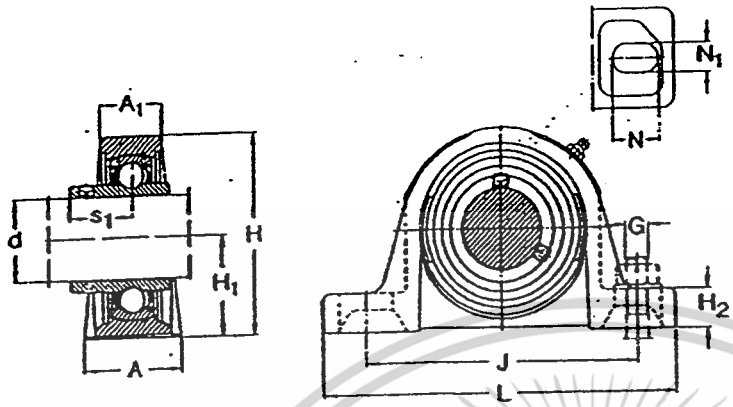
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	246	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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 2 ชุดตลับลูกปืนวายแบบหลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ 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

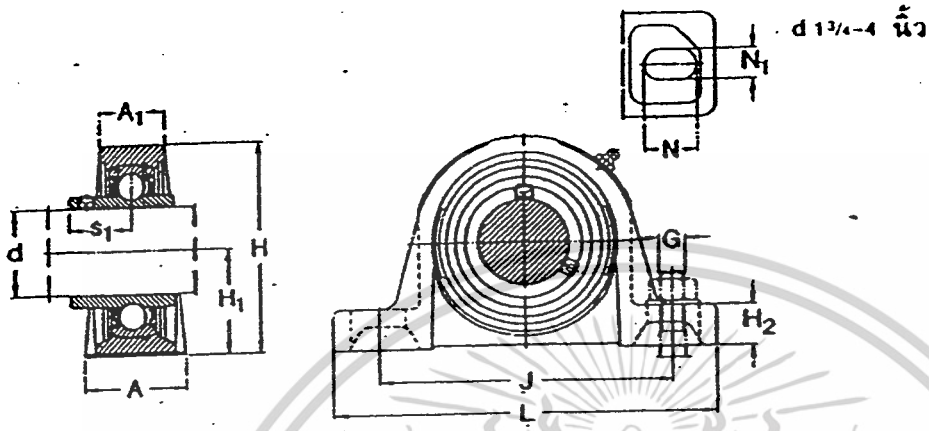
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 3 ชุดคลับลูกปืนวาซแบบพลัมเมอร์บล็อคชนิดตัวเสื้อเป็นเหล็กหล่อ 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	–		
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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 4 การเลือกสายตัวนำและอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 220 โวลท์ 50 เฮิรทซ์

ขนาดมอเตอร์		กระแสมอเตอร์ขณะรับโหลดเต็มที่(A)	ขนาดเครื่องปลดวงจร A	เครื่องป้องกันวงจรย่อย		ชนิดและขนาดของตัวนำเดินในท่อ		ขนาดการปรับตั้งรีเลย์โหลดเกิน (A)
กิโลวัตต์ KW	แรงม้า HP			ขนาดฟิวส์ทำงานไว A	ขนาดเบรคเกอร์แม็กเนติก A	TW mm^2	THW mm^2	
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 – 6
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 – 22
7.5	10	26.5	60	70	50	10	10	21 – 32
11	15	39	60	100	80	16	15	30 – 45
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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก 5 การเลือกสายตัวนำและอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 โวลท์ 50 เฮิรทซ์

ขนาดมอเตอร์		กระแสมอเตอร์ขณะรับโหลดเต็มที่ (A)	ขนาดของเครื่องปลดวงจร (A)	เครื่องป้องกันวงจรย่อย		ชนิดและขนาดของสายตัวนำในท่อโลหะ		ขนาดการปรับตั้งรีเลย์โหลดเกิน (A)
KW	HP			ขนาดฟิวส์ทำงานไว (A)	ขนาดของคัตเอาต์อัตโนมัติ (A)	TW (mm^2)	THW (mm^2)	
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	15	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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

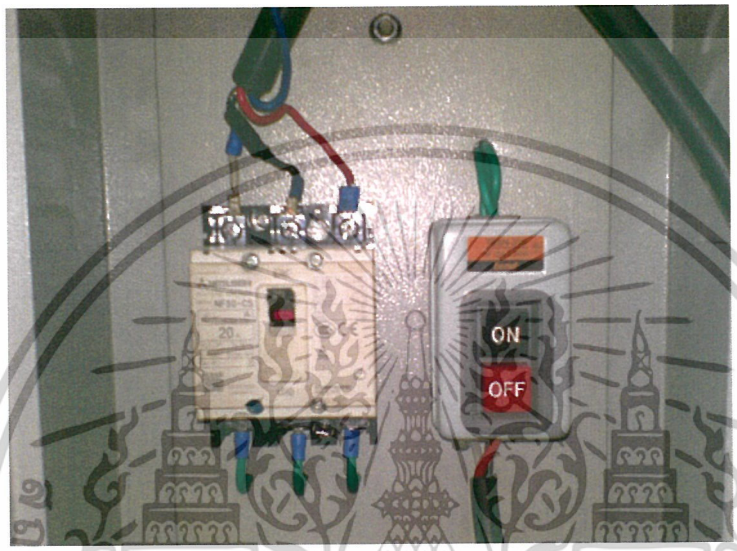
ขั้นตอนการทดสอบเครื่องบดปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องบดปลายข้าว

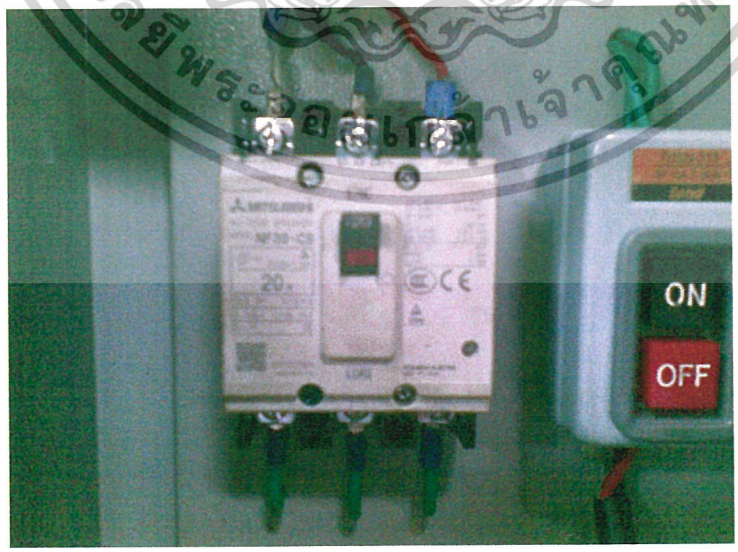
1. ตรวจสอบเครื่องบดปลายข้าวให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน

1.1 ต่อไฟเข้ากับระบบ



ภาพที่ ข.1 การต่อไฟเข้ากับระบบ

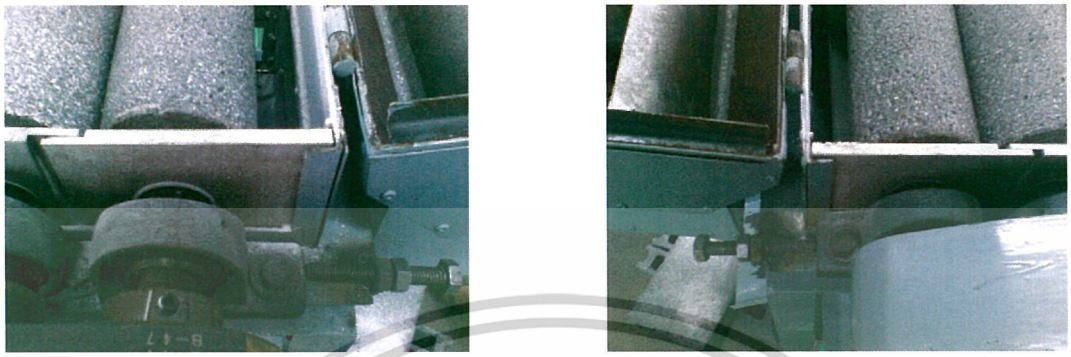
1.2 เปิดระบบไฟให้กับชุดควบคุมการทำงานของเครื่องบดปลายข้าว โดยโยกสวิทช์หลัก (แกนสีดำ) ให้อยู่ตำแหน่ง ON.



ภาพที่ ข.2 การเปิดระบบไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ปรับตั้งลูกหินบดให้อยู่ในระยะที่ต้องการ โดยตรวจดูให้แน่ใจก่อนว่าไม่เกิดการเสียหายระหว่างลูกหินบด



ภาพที่ ข.3 การปรับตั้งลูกหินบด

1.4 ทำการเดินเครื่องมอเตอร์โดยกดสวิทช์ควบคุม (สีดำ)

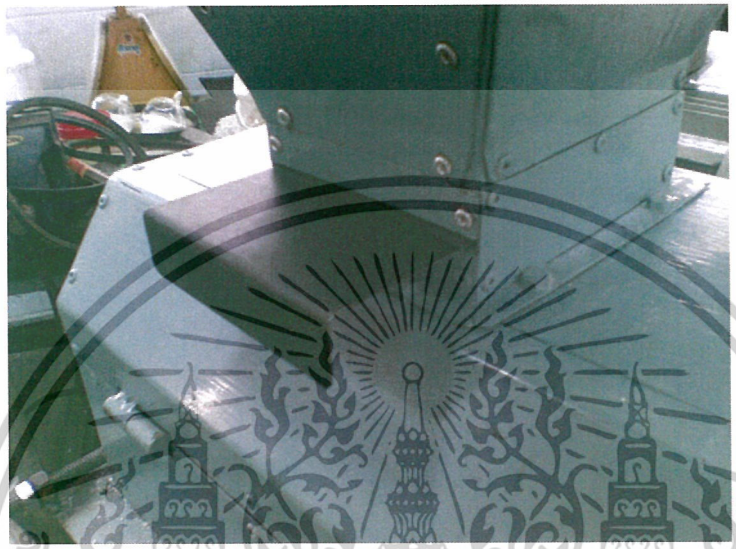
ภาพที่ ข.4 สวิทช์ควบคุมเพื่อเดินเครื่องมอเตอร์

1.5 ตรวจสอบดูว่าขณะทำการเดินเครื่องบดปลายข้าวนั้นมีอาการผิดปกติของเครื่องบดปลายข้าวหรือการเสียดสีของลูกหินบด หรือหากไม่มีสิ่งใดผิดปกติ ก็ทำการเริ่มบดปลายข้าวได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการบดปลายข้าว

2.1 เปิดลิ้นควบคุมอัตราการไหลของปลายข้าวที่ช่องทางเทปลายข้าวในระยะห่างที่พอเหมาะ



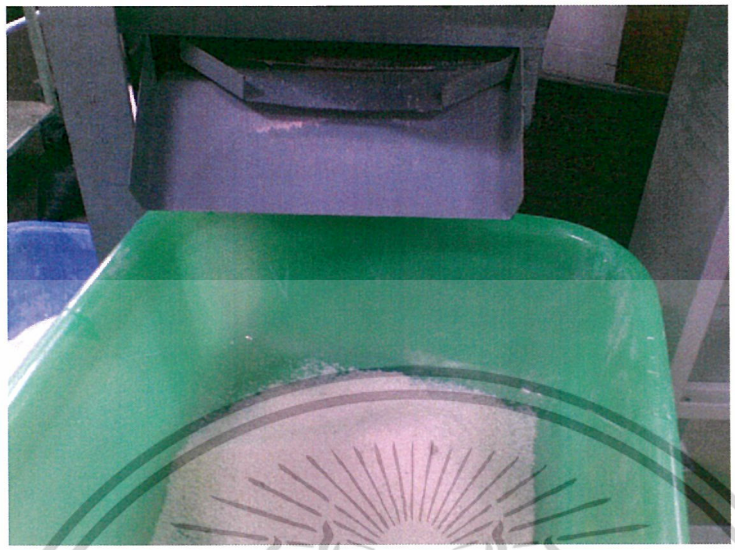
ภาพที่ ข.5 เปิดลิ้นควบคุมอัตราการไหลของปลายข้าว

2.2 ปลายข้าวที่บดผ่านตะแกรงร่อนเสร็จแล้วจะถูกบรรจุลงในภาชนะที่เตรียมไว้

ภาพที่ ข.6 ปลายข้าวที่บดเสร็จแล้วจะถูกบรรจุลงในภาชนะที่เตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปลายข้าวที่บดไม่ผ่านตะแกรงร่อนจะถูกบรรจุลงในภาชนะที่เตรียมไว้



ภาพที่ ข.7 ปลายข้าวที่บดไม่ผ่านตะแกรงร่อนจะถูกบรรจุลงในภาชนะที่เตรียมไว้

2.4 หยุดการทำงานของมอเตอร์โดยการกดที่สวิทช์ควบคุม (สีแดง)

ภาพที่ ข.8 สวิทช์ควบคุมเพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ตัดไฟออกจากระบบโดยโยกสวิทช์ควบคุม ให้อยู่ในตำแหน่ง OFF

ภาพที่ ข.9 การตัดไฟจากระบบควบคุม

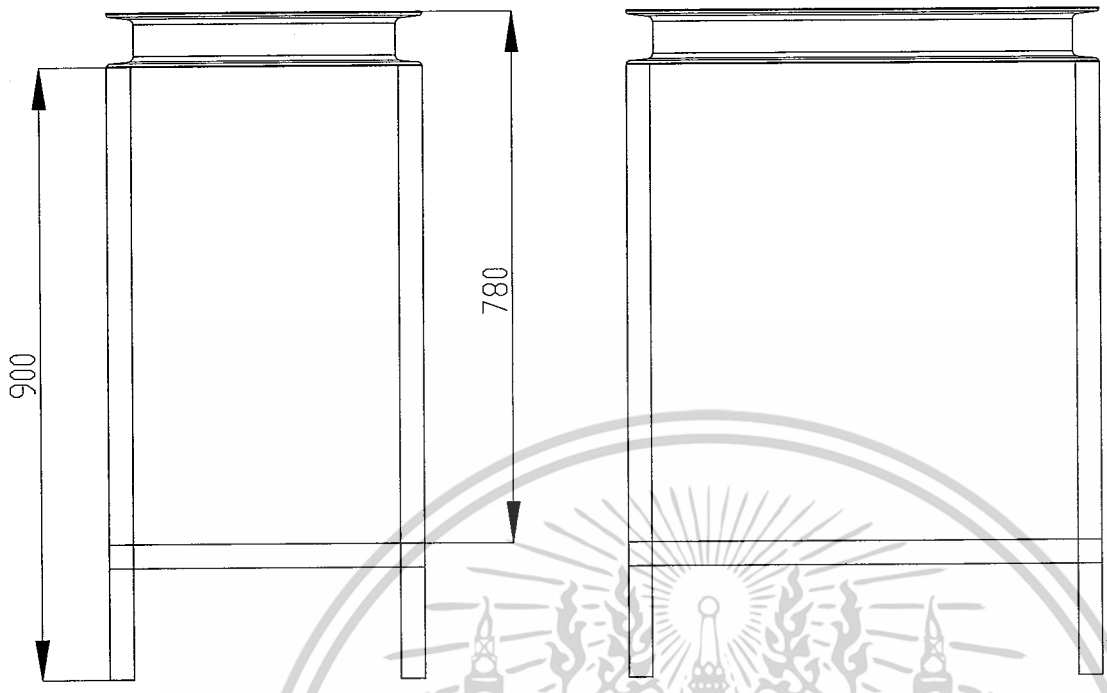
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

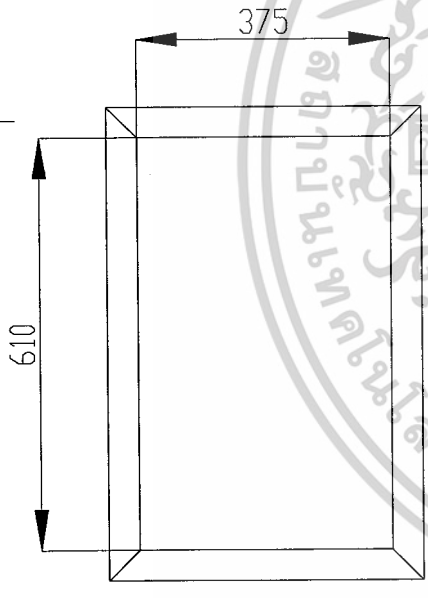
ภาคผนวก ค

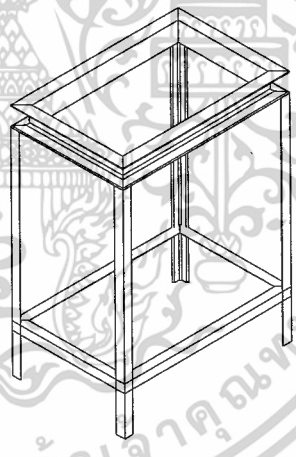
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบชิ้นส่วนเครื่องบดปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







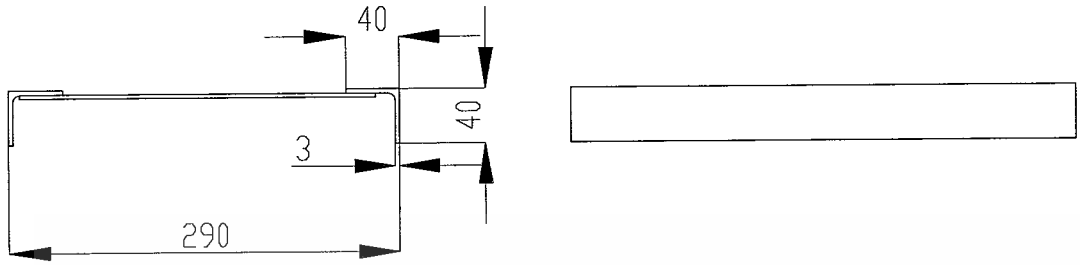
1	โครงสร้าง			
No.	NAME	SIGNATURE	DATE	19/03/09
DRAWN	KOMSAN JOYRAKSA		APPV'D	
	OPAS JAIKLA		CHK'D	
	NARUCHA PRYMOD		MFG	
			Q.A	
MATERIAL: STEEL			SCALE: 1:20	

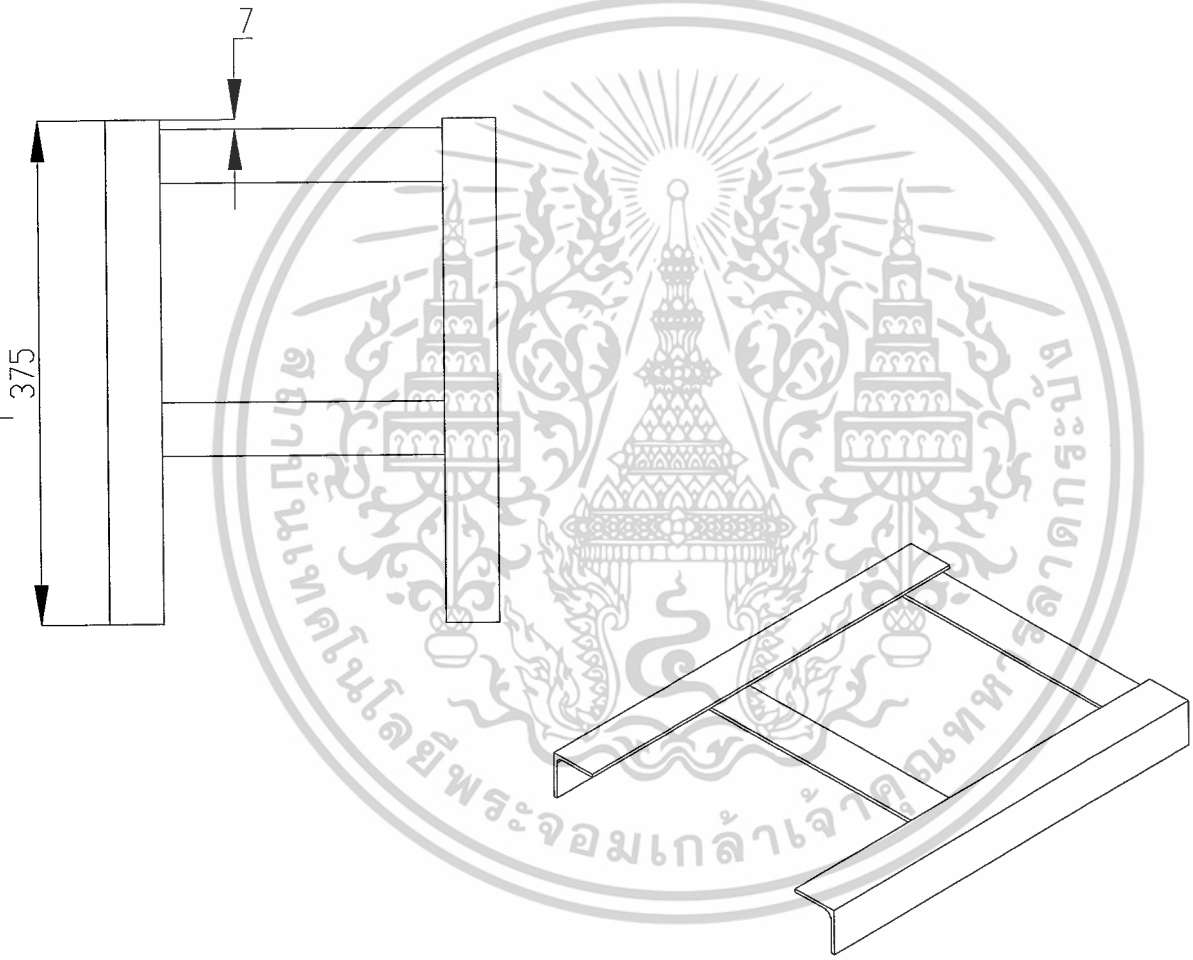
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

TITLE: DESIGN AND DEVELOPMENT BROKEN-MILLED RICE GRINDING NACHINE

DWG NO. โครงสร้าง

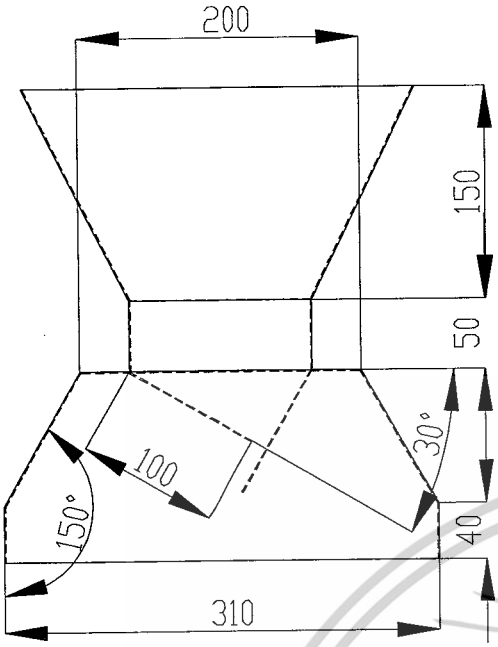
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

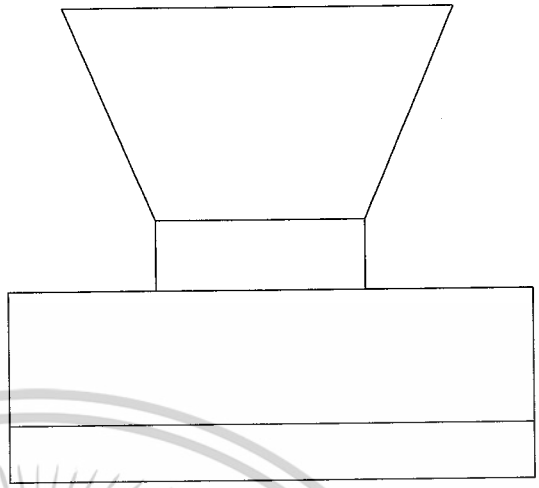


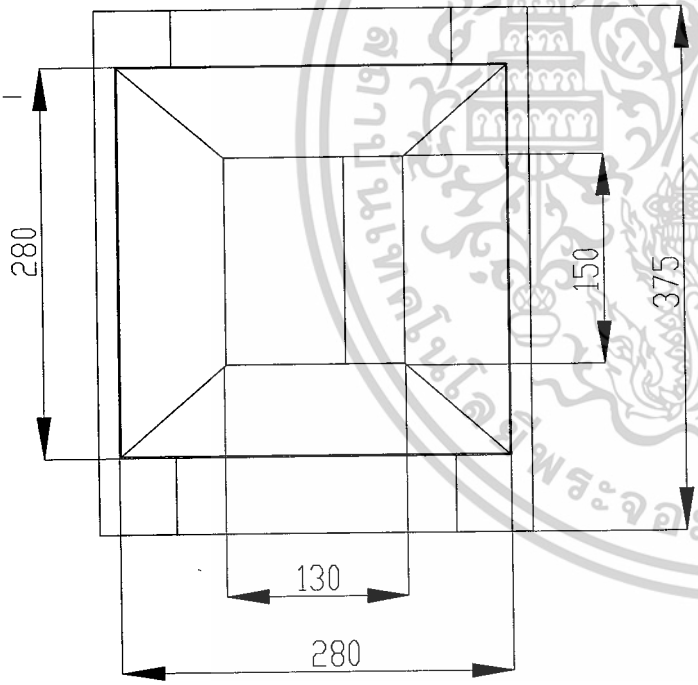


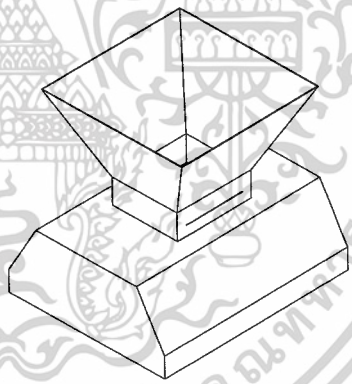
1	ขามอเตอร์				KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
No.	NAME	SIGNATURE	DATE	19/03/09	
DRAWN	KOMSAN JOYRAKSA		APPV'D		
	OPAS JAIKLA		CHK'D		TITLE: DESIGN AND DEVELOPMENT BROKEN-MILLED RICE GRINDING NACHINE
	NARUCHA PRYMOD		MFG		
			Q.A		
MATERIAL:	STEEL		SCALE:	1:20	DWG NO. ขามอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









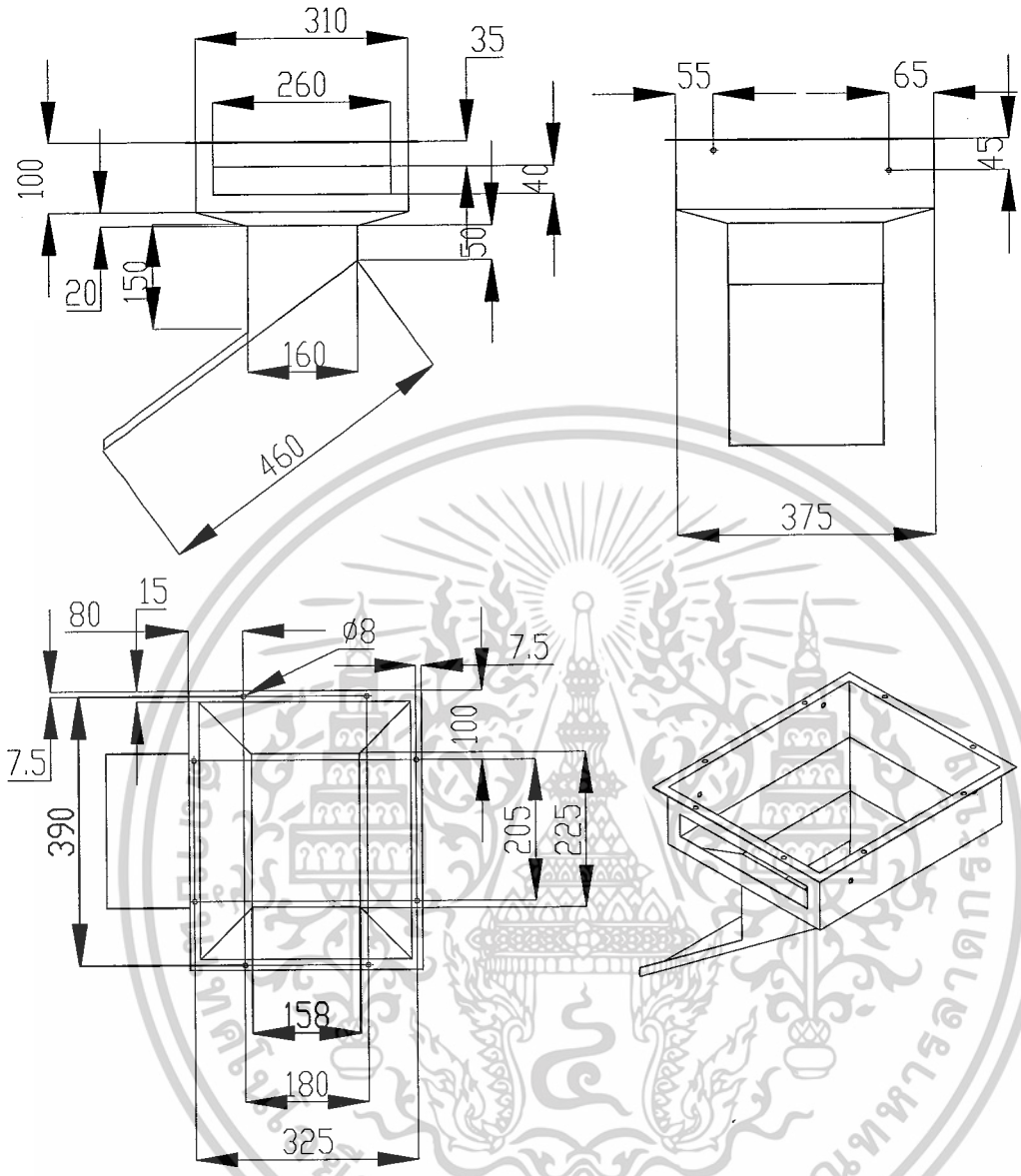
1	ประกอบฝาบน			
No.	NAME	SIGNATURE	DATE	19/03/09
DRAWN	KOMSAN JOYRAKSA		APPV'D	
	OPAS JAIKLA		CHK'D	
	NARUCHA PRYMOD		MFG	
			Q.A	
MATERIAL:	STEEL		SCALE:	1:5

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

TITLE: DESIGN AND DEVELOPMENT BROKEN-MILLED RICE GRINDING NACHINE

DWG NO. ประกอบฝาบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



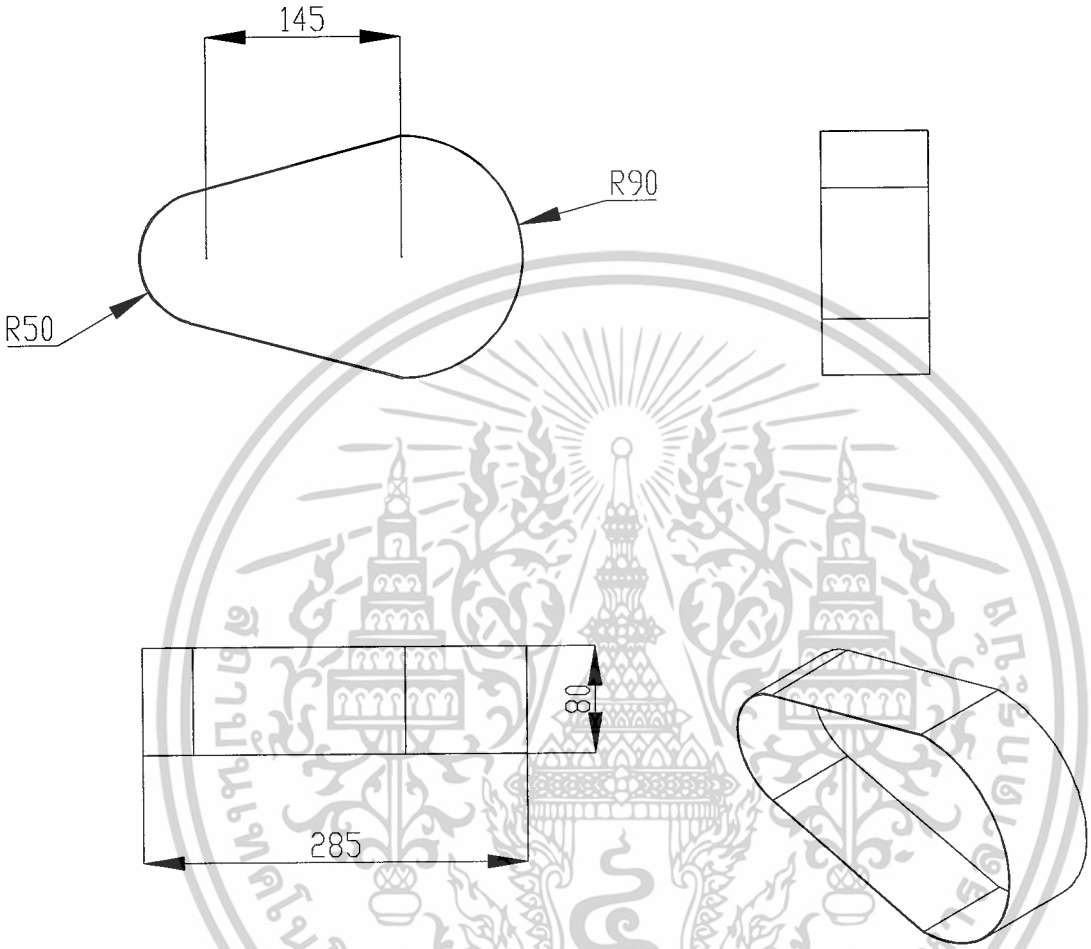
5	เลือนลาง			
No.	NAME	SIGNATURE	DATE	19/03/09
DRAWN	KOMSAN JOYRAKSA		APPV'D	
	OPAS JAIKLA		CHK'D	
	NARUCHA PRYMOD		MFG	
			Q.A	
MATERIAL: STEEL			SCALE: 1:10	

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

TITLE: DESIGN AND DEVELOPMENT BROKEN-MILLED RICE GRINDING NACHINE

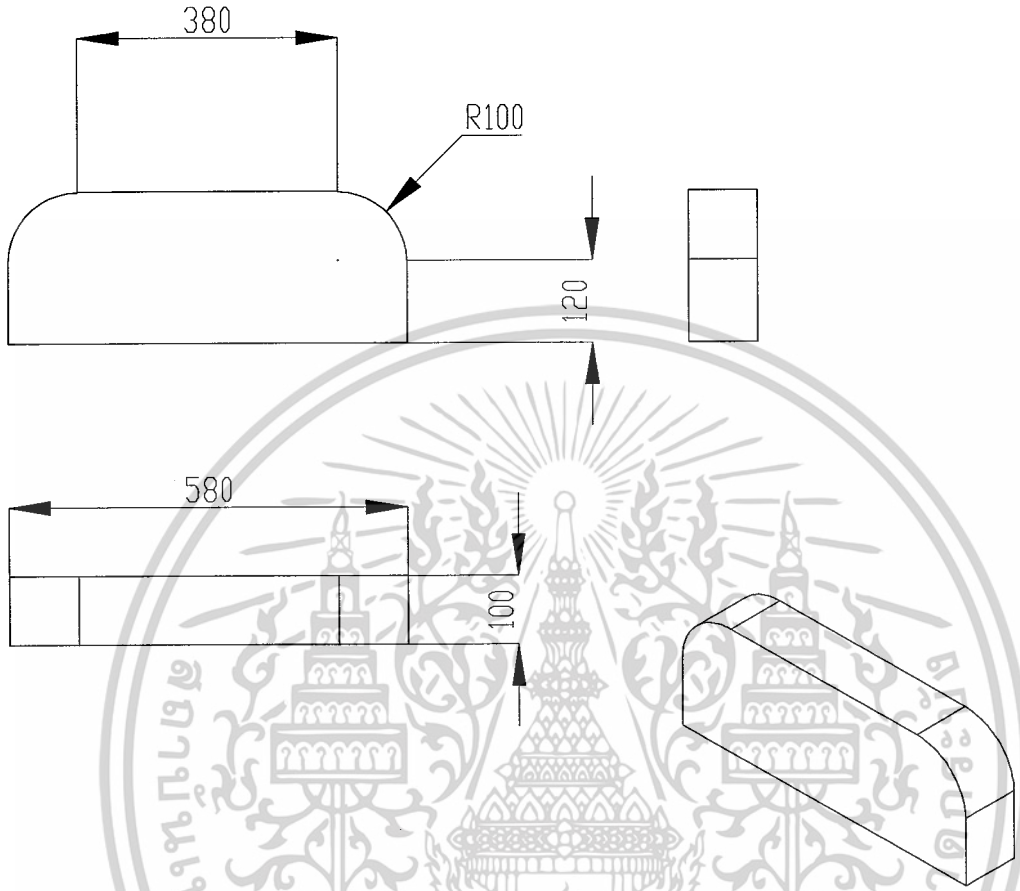
DWG NO. เลือนลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



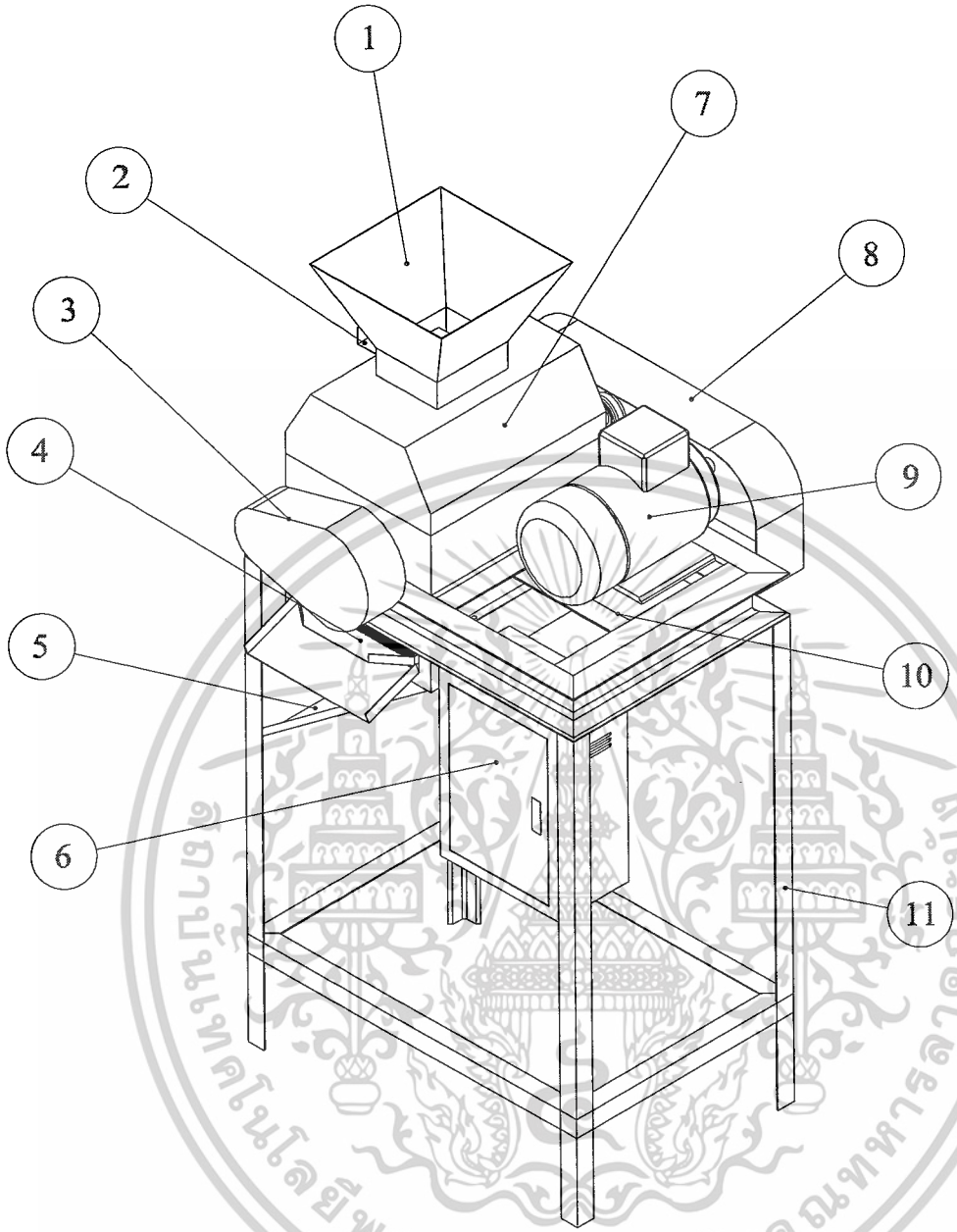
3	ฝาครอบเฟือง				KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
No.	NAME	SIGNATURE	DATE	19/03/09	
DRAWN	KOMSAN JOYRAKSA		APPV'D		
	OPAS JAIKLA		CHK'D		TITLE: DESIGN AND DEVELOPMENT BROKEN-MILLED RICE GRINDING NACHINE
	NARUCHA PRYMOD		MFG		
			Q.A		
MATERIAL:	STEEL		SCALE:	1:5	DWG NO. ฝาครอบเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8	ฝาครอบสายพาน				KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
No.	NAME	SIGNATURE	DATE	19/03/09	
DRAWN	KOMSAN JOYRAKSA		APPV'D		
	OPAS JAIKLA		CHK'D		TITLE: DESIGN AND DEVELOPMENT BROKEN-MILLED RICE GRINDING NACHINE
	NARUCHA PRYMOD		MFG		
			Q.A		
MATERIAL: STEEL			SCALE: 1:10		DWG NO. ฝาครอบสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



11	โครงสร้าง			
10	ฐานรองมอเตอร			
9	มอเตอร			
8	ฝาครอบสายพาน			
7	ฝาครอบเครื่อง			
6	ตู้ไฟฟ้าควบคุม			
5	**ตัวเลื่อนถาง**			
4	ตะแกรง			
3	ฝาครอบเฟือง			
2	ลิ้นเปิด-ปิด			
1	ตัวลำเลียงข้าว			
No.	NAME	SIGNATURE	DATE	19/03/09
DRAWN	KOMSAN JOYRAKSA		APPV'D	
	OPAS JAIKLA		CHK'D	
	NARUCHA PRYMOD		MFG	
			Q.A	
MATERIAL:	STEEL		SCALE:	1:20

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

TITLE: **DESIGN AND DEVELOPMENT BROKEN-MILLED RICE GRINDING NACHINE**

DWG NO. เครื่องบดปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สืบค้นข้อมูลออนไลน์ของบทความและปริญญานิพนธ์ได้ที่
www.kmitl.info

บทความประกอบวิชา 01054025 Project 2 ภาคเรียนที่ 2/2551 วันศุกร์ที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2552

การพัฒนาและออกแบบเครื่องบดปลายข้าว[1]

คมสัน จ้อยรักษา[2], โอภาส ใจกล้า[2], นฤชา พรายมด[2], อ.สยาม สงวนรัมย์[3] ,อ.ธิติพัทธ์ ลิ่มกุล[3]

ทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องบดปลายข้าว จากการนำปลายข้าว ที่เหลือจากโรงสีข้าว มาแปรรูปให้เป็นรำข้าว เพื่อนำมาเป็นอาหาร าหรับเลี้ยงสัตว์ อาทิเช่น ปลา เป็นต้น โครงการนี้มุ่งเน้นการทำเครื่องจักรขนาดเล็ก มีกำลังการผลิต 15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บำรุงรักษาง่าย และ ง่ายต่อ ารสร้าง เครื่องจักรประกอบด้วยลูกหินบด 2 ลูก มอเตอร์ 2 แรงม้า และตะแกรง 1 อัน ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์

Abstract

The project is to design and development broken-milled rice grinding machine. Broken rice to remain form rice mill is changed to bran or feeding animals, such as fish. The project focuses on compact machine productive forces 15 kilogram per hour that has low maintenance nd easy to build, The machine consists of two stone roller powered by 2 hp-motor, and one difference-size screens at the bottom shake by ne same motor.

) 2008 Department of Mechanical Engineering, KMITL. All rights reserved

Keywords: Cantilever beam; Saturation control; Modal coupling; Perturbation method; Active control; Piezoelectrics

. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งข้าวออกเป็นสินค้าหลัก แนวโน้มปัญหาจะเกิดขึ้นนั้น จะมีปลายข้าวหักจำนวนมาก ดังนั้นการพัฒนาครื่องบดปลายข้าวนั้น จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการลดปัญหาดังกล่าว เพราะสามารถแปรรูปของปลายข้าวหัก ให้ออกมาในรูปของปลายข้าวหักบดละเอียด และสามารถใช้ประโยชน์จากการบดนี้ได้เป็นอย่างดี และยังสามารถผลิตเองได้ภายในครัวเรือนหรือเชิงอุตสาหกรรมและยังมีราคาเหมาะสมับยุคเศรษฐกิจพอเพียงและสอดคล้องกับโครงการพระราชดำริของในหลวงคือ การทำการเกษตรแบบผสมผสานภายในครัวเรือน ทำให้เป็นการช่วยลดำใช้จ่ายภายในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

จากการศึกษาเราสามารถนำปลายข้าวหักที่ได้จากการสีข้าว มาใช้ประโยชน์จากจุดนี้ได้ เพราะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีการสีข้าวเป็นำนวนมาก จึงทำให้เกิดปลายข้าวหักในขณะสีมากขึ้นไปด้วย ปลายข้าวหักส่วนมากสามารถแปรรูปให้เป็นปลายข้าวหักบดละเอียด เพื่อนำไปใช้ในการเลี้ยงปลา ถือได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษปลายข้าวหักที่ได้จากการสีข้าวให้ได้มากที่สุด

คณะผู้จัดทำจึงสนใจที่จะทำการศึกษาเครื่องบดปลายข้าว พร้อมทั้งออกแบบและพัฒนาเครื่องบดให้เหมาะสมกับการดำเนินงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

---

[1] ชื่ออังกฤษ “design and development broken-milled rice grinder machine”

[2] นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล. ห้อง 3Q/1 รหัส 49015484, 49015517 และ ห้อง 3Q/2 รหัส 49015531 ตามลำดับ

[3] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล., โทร. 0 2326 4197, อีเมล *kssayam@kmitl.ac.th*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

. วัตถุประสงค์ของโครงงาน

2.1 เพื่อพัฒนาและออกแบบเครื่องบดปลายข้าว

2.2 สร้างเครื่องบดปลายข้าว เพื่อใช้บดปลายข้าวให้เป็นผง

. ขอบเขตของโครงงาน

3.1 จัดสร้างเครื่องบดปลายข้าวขนาด 2 แรงม้า ที่ได้จากการ
ำนวณ

3.2 ใช้ปลายข้าวพันธุ์เสาไห้เท่านั้น

3.3 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบดปลายข้าวที่
ีความเร็วรอบ 7 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 คือ	1,400	รอบ/นาที
ระดับที่ 2 คือ	1,200	รอบ/นาที
ระดับที่ 3 คือ	1,000	รอบ/นาที
ระดับที่ 4 คือ	900	รอบ/นาที
ระดับที่ 5 คือ	800	รอบ/นาที
ระดับที่ 6 คือ	700	รอบ/นาที
ระดับที่ 7 คือ	600	รอบ/นาที

3.4 โดยกำหนดใช้ปัจจัยคงที่คือ

3.4.1 ล้อสายพานที่ตัวมอเตอร์ ต้นกำลังใช้เส้นผ่าน
ูนย์กลางขนาด 5 นิ้ว

3.4.2 ขนาดรูตะแกรง(ในที่นี้ใช้ขนาดรูตะแกรงเท่ากับ 1 มม.)

3.4.3 ระยะห่างระหว่างลูกหินบด

3.4.4 ปริมาณปลายข้าวที่ใช้ทดสอบ

ี. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ได้เรียนรู้ขั้นตอนและวิธีการสร้างเครื่องบดปลายข้าว

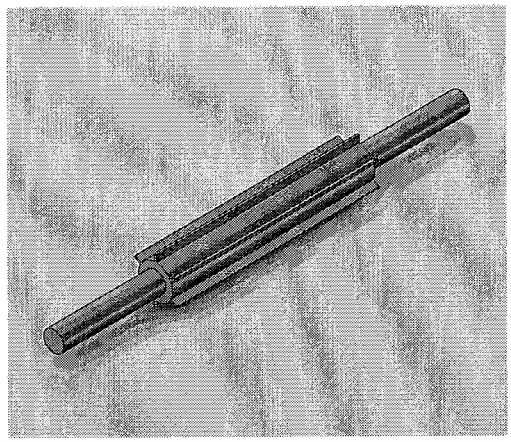
4.2 เป็นแนวทางพัฒนาเครื่องบดปลายข้าวให้มีสมรรถนะสูงขึ้น

4.3 เป็นข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการปรับปรุงแก้ไข เครื่องจักร
สำหรับบดปลายข้าวให้ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. การออกแบบเครื่องบดปลายข้าว

การพัฒนาและออกแบบเครื่องบดปลายข้าวให้เป็นปลายข้าว
บดละเอียด เพื่อใช้ในการทำเกษตรแบบผสมผสาน ได้มีการออกแบบ
การทำงานของเครื่องบดปลายข้าวดังนี้

5.1 ลูกหินบดรูปทรงกระบอก ขนาด 12 x 4 นิ้ว (ความยาว x เส้น
ผ่านศูนย์กลาง)



รูปที่ 1 แกนลูกบดที่ยังไม่ได้พอกหิน

การพอกหินขัดที่ได้ดี ต้องมีการหลุดร่วงของหินกากเพชรบ้าง เล็กน้อย คือให้หินกากเพชรส่วนที่ถูกขัดสีจนหมดคมแล้วหลุดออกไปบ้าง เพื่อเปลี่ยนให้หินกากเพชรชั้นที่ติดกันขึ้นมาเป็นพื้นผิวของการขัดสีใหม่ ทั้งนี้ก็เพื่อให้หินขัดข้าวมีความคมหรือความสากอยู่เสมอ ทำให้หินขัดข้าวมีอายุการใช้งานได้นาน และอัตราการหลุดร่วงของหินที่พอดีก็ขึ้นอยู่กับขนาดของหินขัดข้าว คือ ถ้าเป็นหินขัดข้าวขนาดเล็กจะมีอายุการใช้งานน้อยกว่าหินขัดข้าวขนาดใหญ่

สาเหตุที่ต้องพอกหินให้อ่อน เพื่อให้มีการหลุดร่วงและเปลี่ยนเม็ดหินใหม่ขึ้นมาขัดตลอด เพราะปัจจุบันเรายังไม่มีวัสดุชนิดใดที่แข็งแกร่งพอที่จะสามารถทนการขัดสีได้เกิน 1,500 ชั่วโมงได้ การพอกหินจึงมีความสำคัญมาก ซึ่งหากการพอกหินการความผิดพลาดจะทำให้ระบบการสีข้าวเกิดปัญหาทันที คือ ถ้าพอกหินให้แข็งเกินไป โดยที่เนื้อปูนแข็งจับเกาะกับหินกากเพชรเหนียวแน่นจนเกินไป จะทำให้หินกากเพชรไม่มีการหลุดร่วงออกไปได้เลย ทำให้หินกากเพชรที่ทำหน้าที่ขัดสีข้าวอยู่นั้นทำการขัดสีนานเกินไป ทำให้หมดความคมหรือความสาก หินขัดข้าวจึงเกิดการสึกหรอราบเรียบเสมอกันหมด ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการขัดสีลดลง และในทางตรงกันข้ามหากพอกหินให้อ่อนเกินไปก็เกิดผลเสียหายเช่นกันคือ จะทำให้หินกากเพชรหลุดร่วงเร็วจนเกินไป ทำให้มีหินกากเพชรเหล่านี้หลุดออกไปปะปนกับข้าวสาร และทำให้หินขัดข้าวลูกนั้นมีอายุการใช้งานลดน้อยลง (แต่ช่วยทำให้ระบบการขัดสีดีมาก)

การพอกหินให้มีความแข็งที่พอดีนั้นจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการแข็งหรือการเซตตัวของเนื้อปูนเสียก่อน คือ ปูนที่นำมาใช้ในการพอกหินนี้โดยปกติแล้วจะมีความแข็งมาก ดังนั้นการพอกหินจึงจำเป็นต้องมีการลดความแข็งของปูนลง โดยการชะลอการเซตตัวด้วยวิธีการนวด ซึ่งเป็นการรบกวนการเกาะตัวของเนื้อปูน โดยต้องใช้เวลาในการนวดหรือตีปูน ให้ปูนนั้นมีสภาพถึงขั้นเกือบจะแข็งตัว แล้วจึงทำการพอกเข้ากับแกนเหล็กเพื่อขึ้นรูป ตัวแปรที่สำคัญคือเวลาในการนวดหรือการตีส่วนผสมให้เข้ากัน หากใช้เวลาในการนวดน้อยเกินไป เนื้อปูนก็จะมีเวลาในการเซตตัวมาก ทำให้เนื้อปูนนั้นแข็ง แต่หากมีการนวดนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

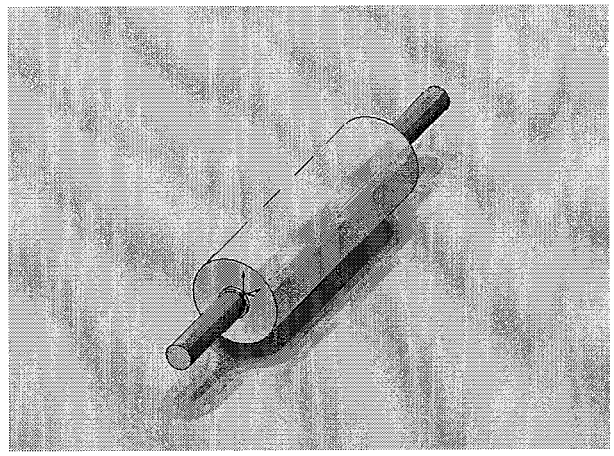
นไปอีกเนื้อปูนก็จะมีเวลาเซตตัวน้อยลง ปูนก็จะลดความแข็งลงไป
ามลำดับ

ปัญหาและความเสียหายที่เกิดจากการพอกหรือขึ้นรูปหินขัดข้าวด้วย
อ คือ การพอกหรือขึ้นรูปหินขัดข้าวด้วยมือนั้น จะต้องใช้เวลาในการ
อกอยู่นานกว่า 10 นาที ปัญหาที่เกิดขึ้นอันดับแรกคือ เนื้อปูนที่ทำการ
อกหรือขึ้นรูปอยู่นั้นมีเวลาเซตตัวแตกต่างกัน ทำให้หินขัดข้าวลูกนั้นมี
วามแข็งแต่ละจุดไม่เท่ากัน เมื่อความแข็งแตกต่างกัน ผลที่ตามมาก็
อการสึกหรอย่อมแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งมีผลเสียคือ ทำให้หินขัดข้าว
ันไม่กลม เมื่อหินไม่กลมปัญหาที่ตามมาคือทำให้สีข้าวไม่หมดกาก ซึ่ง
ากต้องการสีข้าวให้ได้ผลดีจริงๆ อย่างมืออาชีพแล้วจะต้องมีการกลึง
ปรับระดับผิวของหินขัดข้าวให้เท่ากันอยู่เสมอ แต่โดยส่วนใหญ่ชาวบ้าน
ใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กจะไม่ค่อยให้ความสำคัญในการกลึงปรับระดับ
วของหินขัดข้าวสักเท่าไรนัก มักจะใช้งานไปตามสภาพเครื่อง กล่าวคือ
มื่อเห็นกากข้าวปนออกมากับข้าวสารก็จะใช้วิธีการปรับเร่งการบีบอัด
างขัดข้าวให้ชิดกับหินขัดข้าวมากขึ้นเพียงอย่างเดียว โดยไม่รู้เลยว่า
ารกระทำเช่นนั้นจะทำให้เกิดความเสียหายตามมา คือทำให้มีโหลด
พิ่มขึ้น มอเตอร์ต้องทำงานอย่างหนัก ทำให้สิ้นเปลืองไฟฟ้าและยางขัด
าว การสีข้าวทำได้ช้าลง ข้าวหักมากขึ้นและข้าวร้อนจัด

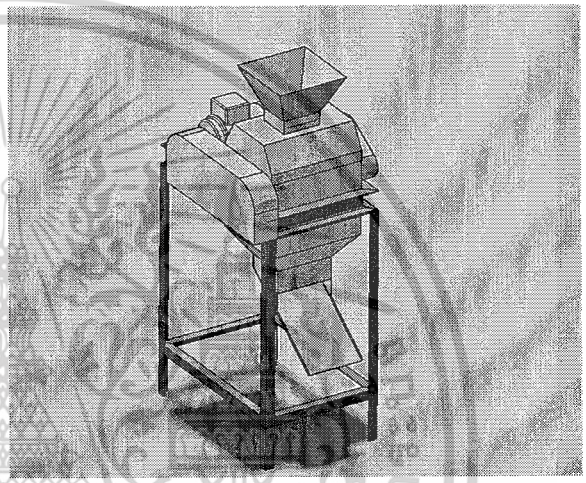
วัตถุดิบและราคา วัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูปลูกหินขัดข้าวซื้อมาจาก
านจำหน่ายอุปกรณ์สำหรับเครื่องสีข้าว แสดงในตารางที่ 1 สำหรับแกน
พลงแกนนอนขนาด 12 x 4 นิ้ว แสดงในรูป 1 เป็นแบบทำมาจากเหล็ก

ตารางที่ 1 ราคาวัตถุดิบ

ชื่อทางการค้า	สูตรเคมี/ชื่อเคมี	ราคา , บาทต่อ กิโลกรัม
หินกากเพชรอังกฤษ	Emery	45
หินกากเพชรฮอลแลนด์	Emery	35
หินกากแก้ว	Silicon carbide	70
ปูนโรงสี	(MgO)	60
เกลือ	MgCl2	30
หินอ่อน	-	4



รูป 2 หินที่ได้พอกเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3 รูปเครื่องบดปลายข้าวที่ออกแบบ

5.2 มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า

5.3 ตะแกรงขนาด(size)ต่างๆ โดยที่มีขนาดรูของตะแกรง ประมาณ 0.5-1.0 มิลลิเมตร

5.4 ออกแบบเครื่องบดปลายข้าว

6. วิธีการทดลอง

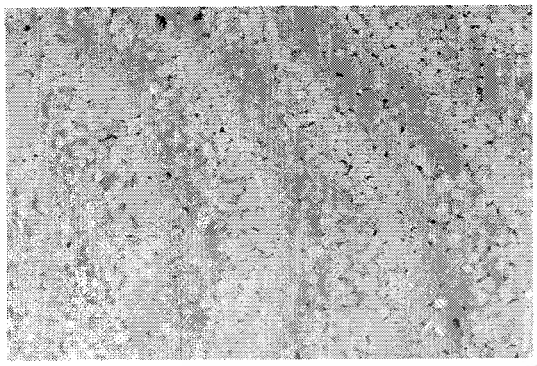
การทดลองเพื่อดูการหมุนของลูกหินบดขบกันเพื่อบดปลายข้าว

- นำปลายข้าวใส่เข้าไปในถังลำเลียงข้าวเพื่อ ส่งต่อไปยังลูกหินบด เพื่อที่จะทำการบดออกมาให้เป็นปลายข้าวบดละเอียดคล้ายรำ
- เดินเครื่องและบันทึกผลการทดลองของการบดปลายข้าว
- ทำการวิเคราะห์ลักษณะการบดและการทำงานของเครื่องบดปลายข้าวว่ามีประสิทธิภาพในการบดมากน้อยเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

7.1 ปลายข้าว เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว ซึ่งจะได้ส่วนของลายข้าว ประมาณ 15% ปลายข้าวจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบให้ พลังงานที่มีวามสำคัญยิ่ง มีอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย



รูปที่ 4 ปลายข้าวหัก

คุณสมบัติของปลายข้าวคือ ให้พลังงานสูงมีพลังงานใช้ประโยชน์ในกรและสัตว์ปีกเท่ากับ 3,596 และ 3,500 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม มีโปรตีนประมาณ 8 % มีไขมันและเยื่อใยต่ำ เก็บไว้ใช้ได้นานโดยไม่หืน

ข้อจำกัดในการใช้ สามารถใช้ได้อย่างเต็มที่ในสูตรอาหารสุกร และตว์ปีก โดยไม่มีข้อจำกัดในการใช้ ส่วนข้อแนะนำในการใช้ ไม่ควรใช้ปลายข้าวเหนียวล้วนๆ ในสูตรอาหารสุกร เพราะจะทำให้สุกรท้องผูก หรือถ้าใช้ปลายข้าวเหนียวล้วนๆ ในสูตรอาหารก็ควรเติมวัตถุดิบที่ช่วยระบาย เช่น รำละเอียดควรเลือกใช้ปลายข้าวที่มีขนาดเม็ดเล็ก เพราะสุกรและสัตว์ปีกจะย่อยได้ดีกว่าปลายข้าวที่มีขนาดเม็ดใหญ่ แต่ถ้าไม่สามารถเลือกได้ ก็ควรนำปลายข้าวเม็ดใหญ่มาบดให้มีขนาดเล็กลงก่อนที่จะนำไปใช้

7.2 ข้าว

- ข้าวเจ้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Oryza sativa, L. เป็นผลเดี่ยวแบบมีเปลือกหุ้มเมล็ด (Covered caryopis) เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนต่างๆ สองส่วน คือ ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบ (Hull หรือ Husk) และส่วนที่รับประทานได้เรียกว่า ข้าวกล้อง (Caryosis หรือ Brown rice)

ส่วนประกอบของข้าว

- เยื่อหุ้มผล (pericarp) มีลักษณะเป็นเส้นใยผนังเซลล์ ประกอบด้วย โปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

- เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) หรือ เทสตา (Testa) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น เป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน

- จมูกข้าว (Germ) เป็นส่วนที่มีไขมันและโปรตีน

- ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่เล็กน้อย

- เปลือกหุ้มเมล็ด เป็นส่วนที่ถูกจำกัดออกระหว่างการสีข้าว โครงสร้างนี้ประกอบด้วย เปลือกข้าว (Lemma & Palea) มีเซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นองค์ประกอบ ส่วนปลายแหลมของเมล็ด (Apiculus หรือ Apex) จะมีสีต่างกัน บางพันธุ์บริเวณนี้ยาวออกไปมาก เรียกว่า โอน (Awn) ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ดีในขณะทำการแปรรูป และ ยังมีขั้วเมล็ด (Rachilla) และฐานรองดอก (Sterile lemma)

- ส่วนผล (Caryopsis) ทำหน้าที่เก็บสารอาหารของเมล็ดเช่น เพอริคาร์ป มีสารอาหารที่เป็นเซลลูโลส และเฮมิเซลลูดลส มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน จะมีเม็ดสีน้ำตาลแดงและสีดำอยู่ด้วย แบ่งได้ 3 ชั้น คือ ชั้นนอกสุด (Epicarp),ชั้นกลาง (Cesocarp), และชั้นใน (Endocarp) ชั้นเปลือกหุ้ม ประกอบด้วยเซลล์สองชั้นๆ แรกโปร่งใน ชั้นทีสองมีเม็ดสีมาก ผนังเซลล์บาง รูปยาว และเรียงตามขวาง ส่วนนี้ประกอบด้วยไขมันสูง ชั้นอัลลูโรน (Aleurone layer) เป็นเซลล์ที่มีผนังหนา เรียงต่อกันประมาณ 1-7 ชั้น หุ้มทั้งเมล็ดประกอบด้วยโปรตีนและไขมันสูง เอนโสเปอร์ม (Endosperm) เป็นส่วนที่มีแป้งสูง ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ เอมบริโอ จะอยู่ด้านล่างของเมล็ด เป็นแหล่งของสารอาหารโปรตีน ไขมันและวิตามินสูง เอมบริโอมักจะถูกขัดสีออกไปทำให้สารอาหารหลายชนิดสูญเสียไปรวมอยู่กับชั้นอัลลูโรนเป็นรำ ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในการสกัดน้ำมันรำและทำเป็นอาหารสัตว์

8. ขั้นตอนการคำนวณ

- ขนาดเพลา

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

เมื่อ d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา

τ = ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน

C_m, C_t = ตัวประกอบความล้า

M = โมเมนต์

T = ทอร์ก

- หาความเร็วสายพาน

$$V = \pi d_p n/60\times 1000$$

เมื่อ d_p = ขนาดพู่เล่ย์ตัวตาม

n = ความเร็วรอบ

- หามุมสัมผัสของสายพาน

$$\theta = 180^0 - 57(D_p - d_p)/C$$

เมื่อ Dp = ขนาดพู่เล่ย์ตัวขับ

dp = ขนาดพู่เล่ย์ตัวตาม

C = ระยะห่างระหว่างพู่เล่ย์

- แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = W_p/V$$

เมื่อ W_p = แรงม้า

V = ความเร็วของสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอร์ก

$$W_p = 2\pi Tn/60$$

$$T = W_p 60/2\pi n$$

เมื่อ T = ทอร์ก

W_p = แรงม้า

N = ความเร็วรอบ

- แรงดึงขั้นต้นในสายพาน

$$F_I = (K_1 F + N_B K_2 V^2)\sin\theta/2$$

เมื่อ F_I = แรงดึงขั้นต้นในสายพาน

K_1, K_2 = ตัวประกอบการใช้งาน

N_B = จำนวนสายพาน

V = ความเร็วใช้งาน

- โมเมนต์

M=FL

เมื่อ M = โมเมนต์

L = ความยาวเพลา

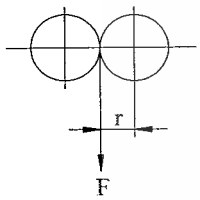
F = แรงดึงในสายพานขณะที่ส่งกำลัง

.1 การออกแบบมอเตอร์

ากการทดสอบแรงที่ทำให้ข้าวแตกวัดได้จากการทดสอบ

$F = 156.96N$

$r = 0.05m \qquad N = 1400rpm$



จากสูตร $T = Fr$

$= 156.96 \times 0.05$

$= 7.848N.m$

กำลังมอเตอร์หาได้จากสูตร

$$W_p = \frac{2\pi.N.F.r}{60}$$

$$= \frac{7.848 \times 2 \times \pi \times 1400}{60}$$

$$= 1150.58watt$$

$$= 1.54HP$$

8.2 การออกแบบพูเลย์

กำหนดมอเตอร์ $2hp = 1.5kw$

ความเร็วรอบตัวส่ง $1400rpm$

ทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน

เลือกใช้พูเลย์ขนาด $5'' = 125mm$

$5'' = 125mm$

ความเร็วรอบตัวขับ $1400rpm$

ความเร็วรอบตัวตาม $1400rpm$

1. หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางพูเลย์

ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.4$

$$W_p N_s = 1.4(1.5) = 2.1kw$$

เลือกใช้สายพานหน้าตัด Z

อัตราทด $m_n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1400}{1400} = 1$

เลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

$$d_p = 125mm$$

ดังนั้น

$$D_p = m_w d_p = 1 \times 125 = 125mm$$

$$C_{max} = 2(D_p + d_p) = 2(125+125) = 500mm$$

$$C_{min} = 0.7(D_p + d_p) = 0.7(125+125) = 175mm$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 480mm$

หาความยาวพิตช์โดยประมาณจากสมการ

$$L_p = LC + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4c}$$

$$= 2(480) + 1.57(125+126) + \frac{(126-125)^2}{4(480)}$$

$$= 1352.5mm$$

เลือกใช้สายพานขนาด $L_p = 1424mm$

ระยะห่างระหว่างกลางคำนวณจาก

$$c = p + \sqrt{p^2 - q}$$

$$p = 0.25Lp - 0.393(D_p + d_p)$$

$$= 0.25(1424) - 0.393(250)$$

$$p = 244.223$$

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

$$= 0.125(125-125)^2$$

$$= 0$$

$$c = 257.75 + \sqrt{257.75^2 - 0}$$

$$c = 1.0178$$

$$c = 515.5mm$$

ส่วนโค้งสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ[illegible]นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. นภัทร วัจนเทพินทร์ และอร่ามศรี อาภาอดุล , ไฟฟ้าเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 1 , ศูนย์เสริมอาชีวะ(ศ.ส.อ.) , กรุงเทพฯ
2. บรรเลง ศรนิล และ ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์ , ตารางงานโลหะ , พิมพ์ครั้งที่ 1 , สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , กรุงเทพฯ
3. มณฑล ใจกุศล , พงษ์ศักดิ์ ชินนาบัญ และ วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ , 2546 กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด กรุงเทพฯ
4. มนูกิจ พานิชกุล และ อรรณพ เรืองวิเศษ , 2546 แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล 2000 เล่ม พิมพ์ครั้งที่ 1 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) กรุงเทพฯ
5. วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน , การออกแบบเครื่องจักรกล (Machine Design) เล่ม 1 , พิมพ์ครั้งที่ 10 บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพฯ
6. สุวรรณ บุญทิพย์ และ ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ , ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเบื้องต้น , พิมพ์ครั้งที่ 10 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้