

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด
CORN STRIP MACHINE



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50150
วัน,เดือน,ปี 2 1 เม.ย. 2547

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

ปฏิญานีพจน์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

CORN STRIP MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นาย อภิวัฒน์ มากมี รหัสประจำตัว 43015448
2. นาย วรกิตติ พึ่งสาย รหัสประจำตัว 43515969
3. นาย สุรชาติ เชาวเปี่ยมจิตต์ รหัสประจำตัว 43515978



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เมธี ถิ่นกุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

นายอภิวัฒน์ มากมี 43015448
 นายวรกิตติ พึ่งสาย 43515969
 นายสุรชาติ เชาวเปี่ยมจิตต์ 43515978
 อ. เมธี ลิ้มกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดนี้ได้จัดทำขึ้นและออกแบบพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นกว่าเครื่องที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดชุดนี้มีขนาดพอเหมาะสามารถนำไปใช้งานได้ง่าย เครื่องชุดนี้สามารถจัดฝุ่นละอองที่ได้จากขั้นตอนของการร่อนและสามารถนำไปจำหน่ายได้ทันทีหลังจากการกะเทาะ เครื่องชุดนี้ยังสามารถประหยัดพลังงานและลดต้นทุนในการผลิต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Corn Strip Machine

Apiwat makmee

Worakitti Puengsai

Surachat Chaopremjit

Matee Limkul

Advisor

Abstract

Corn strip machine is developed and studied in order to increase its efficiency. It is designed to be easy to use and transport. Moreover, the machine has dust collector which collect corn dust from striping process. The corn grain can be sold instantly. When it comes out of the machine.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ เมธี ลิ้มกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ทวี เทศเจริญ และอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ความสำคัญและที่มาของข้าวโพด	2
2.1.1 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพด	2
2.1.2 ชนิดของข้าวโพด	2
2.1.3 พันธุ์ของข้าวโพด	3
2.1.4 ฤดูปลูกข้าวโพด	4
2.1.5 การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาข้าวโพด	4
2.1.6 วิธีการลดความชื้นข้าวโพด	5
2.1.7 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	5
2.1.8 การใช้ประโยชน์ที่ได้จากข้าวโพด	6
2.2 ทฤษฎีการคำนวณ	6
2.2.1 การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์	6
2.2.1.1 การหาค่าตั้งมอเตอร์	7
2.2.1.2 การหาความเร็วรอบมอเตอร์	7
2.2.2 การคำนวณหาขนาดของสายพาน	7
2.2.2.1 ชนิดและวัสดุของสายพาน	8
2.2.2.2 ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยสายพาน	9
2.2.2.3 สายพานลิ่ม	10
2.2.2.4 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	10
2.2.2.5 กลศาสตร์ของสายพานลิ่ม	11
2.2.2.6 การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นในสายพานลิ่ม	13
2.2.2.7 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ่ม	15
2.2.3 การออกแบบเพลลา	16
2.2.3.1 วัสดุเพลลา	17
2.2.3.2 ขนาดของเพลลา	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3	การพิจารณาในการออกแบบเพลลา	18
2.2.3.4	การออกแบบเพลลาตามโค้ดของ ASME	19
2.2.4	การออกแบบแบริ่ง	21
2.2.4.1	ชนิดของแบริ่ง	23
2.2.4.2	การบรรจุลูกกลิ้ง	24
2.2.4.3	มิติมาตรฐานของโรลลิ่งแบริ่ง	25
2.2.4.4	ความเสียดทานของโรลลิ่งแบริ่ง	26
2.2.4.5	อายุใช้งานของแบริ่ง	27
2.2.4.6	การประเมินค่าอายุการใช้งาน	28
2.2.4.7	แรงสมมูล	29
2.2.4.8	ตัวประกอบใช้งาน	30
2.2.4.9	อายุการใช้งานโดยสังเขป	31
2.2.5	การคำนวณโครงสร้าง	31
2.2.5.1	การออกแบบคาน	31
2.2.5.2	การออกแบบโครงสร้างของเสา	33
2.2.5.3	งานเชื่อม	34
2.2.6	การเลือกใช้วัสดุ	35
3.	การคำนวณและการออกแบบ	36
3.1	แนวความคิดในการออกแบบ	36
3.1.1	เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็ก	36
3.1.2	เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกระบอก	36
3.1.3	เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกึ่งอัตโนมัติ	37
3.2	การคำนวณหาขนาดมอเตอร์	39
3.2.1	การทดลองหา Torque ของชุดกะเทาะ	39
3.2.2	แสดงวิธีการคำนวณ	40
3.3	การคำนวณหาความยาวสายพาน	41
3.3.1	การคำนวณหาความยาวสายพานจากมอเตอร์ถึงเพลากลาง	43
3.3.2	การคำนวณหาความยาวสายพานจากเพลากลางถึงเพลาชุดกะเทาะ	45
3.3.3	การคำนวณหาความยาวสายพานจากเพลากลางถึงเพลาระง่อน	46
3.4	การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา	48
3.4.1	เพลลาตัวกลาง	48
3.4.2	เพลาชุดกะเทาะ	49
3.4.3	เพลาระง่อน	50
3.5	การออกแบบบรอนเพลลา	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบถังป้อน (Hopper)	55
3.7 การออกแบบชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	56
3.7.1 การออกแบบและคำนวณแผ่นจานกะเทาะ	56
3.7.2 การออกแบบฝาปิดและช่องทางเข้าของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	57
3.7.3 การออกแบบตัวกรอบชุดกะเทาะ	58
3.8 การออกแบบช่องทางออกของฝักข้าวโพด	58
3.9 การออกแบบชุดตะแกรงร่อน	59
3.10 การออกแบบโครงสร้าง	60
3.11 การออกแบบรอยเชื่อม	66
4. การทดสอบและผลการทดลอง	68
4.1 วิธีการทดสอบ	68
4.2 ผลการทดสอบ	71
5. วิจารณ์ สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	78
5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ	78
5.2 ปัญหาที่พบระหว่างการทำงาน	78
5.3 แนวทางในการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	79
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก.	81
ภาคผนวก ข.	93
บรรณานุกรม	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะการจับด้วยสายพาน	9
รูปที่ 2.2 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	10
รูปที่ 2.3 แรงบนสายพานลิ่ม	11
รูปที่ 2.4 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดสายพานลิ่ม	16
รูปที่ 2.5 แสดงเพลายู่ภายใต้แรงต่างๆ	19
รูปที่ 2.6 ส่วนต่างๆของบอลเบริง	22
รูปที่ 2.7 บอลเบริงต่างๆ	24
รูปที่ 2.8 ขั้นตอนในการประกอบบอลเบริงชนิดมีลูกกลิ้ง 1 แกนรองลึก	25
รูปที่ 2.9 ขอบเขตของมิติสำหรับอนุกรมมิติของเบริงต่างๆ	26
รูปที่ 2.10 Free Body Diagram ของคาน	31
รูปที่ 2.11 แผนภาพแรงเฉือน (Shearing Force Diagram)	32
รูปที่ 2.12 แสดงรอยเชื่อม	34
รูปที่ 3.1 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็กแบบแผ่นจานหมุน	36
รูปที่ 3.2 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกระบอก	36
รูปที่ 3.3 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกึ่งอัตโนมัติ	37
รูปที่ 3.4 แสดงวิธีการหา Torque	39
รูปที่ 3.5 แสดงถึงโครงสร้างในการส่งกำลัง	42
รูปที่ 3.6 แสดงการส่งกำลังของเพลาดั๊กกลาง	48
รูปที่ 3.7 แสดงการส่งกำลังของเพลาชุดกะเทาะ	49
รูปที่ 3.8 เพลาดั๊กกลาง แสดงแรงที่กระทำกับเพลาดั๊กโดยที่ F_1 ถึง F_6 เป็นแรงที่เกิดขึ้นจากสายพาน และ F_7 ถึง F_{10} เป็นแรงที่เกิดจากน้ำหนักของพลูล้อย	50
รูปที่ 3.9 แสดงการสมดุลแรงในแนวนอน	53
รูปที่ 3.10 แสดงการสมดุลแรงในแนวตั้ง	53
รูปที่ 3.11 แสดงการออกแบบถังป้อน	55
รูปที่ 3.12 ภาพฉายของถังป้อน	55
รูปที่ 3.13 รูปภาพฉายของแผ่นจานกะเทาะ	56
รูปที่ 3.14 รูปของฝาปิดและช่องทางเข้าของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	57
รูปที่ 3.15 ภาพฉายของฝาปิดและช่องทางเข้าของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	57
รูปที่ 3.16 รูปของตัวกรอบชุดกะเทาะ	58
รูปที่ 3.17 ภาพฉายของตัวกรอบชุดกะเทาะ	58
รูปที่ 3.18 รูปของชุดตะแกรกร้อน	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า	
รูปที่ 3.19	ภาพถ่ายของชุดตะแกรงร่อน	59
รูปที่ 3.20	แสดงภาพถ่ายของชุดทางออกของฝัก	63
รูปที่ 3.21	รูปแสดงการรับแรงที่กระทำของคานาด้านบน	63
รูปที่ 3.22	รูปแสดง SFD และ BMD ของคานาที่ถูกกระทำ	64
รูปที่ 3.23	รูปการหาโมเมนต์ความเคี้ยวรอบแกนสะเทินของคาน	65
รูปที่ 3.24	การออกแบบรอยเชื่อม	66
รูปที่ 4.1	รูปแสดงการอบข้าวโพดที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส	69
รูปที่ 4.2	แสดงการกะเทาะข้าวโพด	69
รูปที่ 4.3	รูปของฝักและเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการกะเทาะแล้ว	70
รูปที่ 4.4	ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ	70
รูปที่ 4.5	ขนาดของพลูเลย์ขนาดต่างๆที่ใช้ในการเปลี่ยนความเร็วรอบ	70
รูปที่ 4.6	ข้าวโพดที่นำมาซึ่งนำหนักก่อนนำไปกะเทาะ	74
รูปที่ 4.7	เมล็ดข้าวโพดที่หลุดออกจากฝักนำมาซึ่งนำหนักหลังจากผ่านการกะเทาะ	74
รูปที่ 4.8	เมล็ดข้าวโพดที่ไม่หลุดออกจากฝักนำมาซึ่งนำหนักหลังจากผ่านการกะเทาะ	74
รูปที่ 4.9	แผนภูมิแสดงผลการทดสอบของข้าวโพดที่ไม่ผ่านการอบที่ความเร็วรอบต่างๆ	75
รูปที่ 4.10	แผนภูมิแสดงผลการทดสอบของข้าวโพดที่ผ่านการอบ 2 ชั่วโมงที่ความเร็วรอบต่างๆ	75
รูปที่ 4.11	แผนภูมิแสดงผลการทดสอบของข้าวโพดที่ผ่านการอบ 4 ชั่วโมงที่ความเร็วรอบต่างๆ	76
รูปที่ 4.12	แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับความเร็วรอบของข้าวโพดที่ความชื้นต่างๆ	76
รูปที่ 4.13	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการกะเทาะกับความเร็วรอบของข้าวโพดที่ความชื้นต่างๆ	77
รูปที่ ข.1	แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพาน	93
รูปที่ ข.2	รูปด้านหลังของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	93
รูปที่ ข.3	รูปด้านหน้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	94
รูปที่ ข.4	รูปด้านข้างของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	94
รูปที่ ข.5	แสดงสวิทช์เปิด - ปิด ของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	95
รูปที่ ข.6	ภาพถ่ายของถังป้อน	95
รูปที่ ข.7	ภาพถ่ายของแผ่นจานกะเทาะ	96
รูปที่ ข.8	ภาพถ่ายของฝาปิดและช่องทางเข้าของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	96
รูปที่ ข.9	ภาพถ่ายตัวครอบของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	97
รูปที่ ข.10	ภาพถ่ายของช่องลำเลียงเมล็ด	97
รูปที่ ข.11	ภาพถ่ายของชุดตะแกรงร่อน	98
รูปที่ ข.12	ภาพถ่ายโครงสร้างของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิคซ์ ของล้อยาสพานลิมตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975Z(E) และ ISO/R 253-1962(E)	11
ตารางที่ 2.2	ตัวประกอบการใช้งาน	14
ตารางที่ 2.3	ตัวประกอบ K_2	15
ตารางที่ 2.4	ขนาดระบุของเพลามาตรฐาน ISO/R 775-7969	18
ตารางที่ 2.5	ค่าตัวประกอบความล้า	21
ตารางที่ 2.6	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	26
ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่ได้ออกแบบไว้	38
ตารางที่ 3.2	ตารางบันทึกผลการทดสอบหาค่า Torque เริ่มต้น	40
ตารางที่ 4.1	ตารางบันทึกผลการทดสอบของข้าวโพดที่ไม่ได้ผ่านการอบ	71
ตารางที่ 4.2	ตารางบันทึกผลการทดสอบของข้าวโพดที่ผ่านการอบ 2 ชั่วโมง	72
ตารางที่ 4.3	ตารางบันทึกผลการทดสอบของข้าวโพดที่ผ่านการอบ 4 ชั่วโมง	73
ตารางที่ ก.1	ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิม	81
ตารางที่ ก.2	ตัวประกอบแก้ไขสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิม	82
ตารางที่ ก.3	สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิมหน้าตัด "z" ต่อเส้น P_r (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 824$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$	83
ตารางที่ ก.4	ขนาดสายพานลิมและล้อยาสพานลิม ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 256-1962(E)	84
ตารางที่ ก.5	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิคซ์ d_p ของล้อยาสพานลิมตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 256-1962(E)	85
ตารางที่ ก.6	ค่าความปลอดภัย	85
ตารางที่ ก.7	มิติมาตรฐานและแรงประเมนของโรลลิงแบร์ริง (Co,C เป็น kN)	86
ตารางที่ ก.8	ตัวประกอบของการกระแทก	87
ตารางที่ ก.9	ตัวประกอบของสายพาน	87
ตารางที่ ก.10	ตัวประกอบ X และ Y สำหรับบอลโรลลิงแบร์ริง	88
ตารางที่ ก.11	แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลต่างๆ	89
ตารางที่ ก.12	ค่าคงที่ทางกายภาพของวัสดุวิศวกรรมบางชนิด	90
ตารางที่ ก.13	เหล็กแผ่นและลวด	91
ตารางที่ ก.14	ตารางเหล็กฉากฐาน	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันมีการปลูกข้าวโพดเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีผลผลิตเป็นจำนวนมากจึงต้องมีการนำข้าวโพดที่ได้ไปแปรรูปซึ่งในบางส่วนหนึ่ง ได้มีการนำฝักข้าวโพดมาแกะเพื่อให้ได้เมล็ดข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ซึ่งในการแกะหีบก่อนจะใช้แรงงานคนในการแกะเมล็ดข้าวโพด ซึ่งจะใช้เวลาและสิ้นเปลืองทรัพยากรเป็นอย่างมาก จึงได้มีการคิดค้น และพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดมาโดยตลอด เพื่อที่จะช่วยผ่อนแรงประหยัดเวลาและเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวจึงได้นำหัวข้อเรื่องนี้มาทำเป็นโครงการ Project ในการที่จะผลิตหรือออกแบบเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดต้องให้ได้เมล็ดข้าวโพดที่สมบูรณ์ เกิดความเสียหายกับเมล็ดข้าวโพดให้น้อยที่สุด รวมปริมาณในการผลิตจะต้องให้ได้ปริมาณที่ออกมาเหมาะสม เครื่องก็ต้องมีขนาดที่เหมาะสม มีต้นทุนที่ไม่สิ้นเปลืองมาก ซึ่งเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดที่ได้จะช่วยเกษตรกรเป็นอย่างดี ดังนั้นเราจึงได้มีการพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดที่มีชุดตะแกรงร่อน ซึ่งจะทำหน้าที่ในการกำจัดขังที่เกิดจากการแกะเมล็ดข้าวโพด ซึ่งได้ติดตั้งเอาไว้ในเครื่องเดียวกันเพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำงานมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพด เพื่อใช้ในการด้านการเกษตร

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. เครื่องมีขนาด 545 x 765 x 1000 mm
2. ทดสอบเครื่องเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานที่ดีที่สุด

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพด

1. เพื่อให้เกษตรกรแกะเมล็ดข้าวโพดได้อย่างรวดเร็วและประหยัดเวลาในการเก็บเมล็ดข้าวโพด
2. ลดต้นทุนในการผลิตสามารถจำหน่ายได้ทันที
3. สามารถแกะเมล็ดข้าวโพดที่มีขนาดฝักที่แตกต่างกัน
4. มีราคาต้นทุนในการผลิตเครื่องต้นแบบในราคาที่ต่ำ
5. เป็นเครื่องขนาดเล็ก พอเหมาะกับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
6. ให้อัตราการแกะที่สูงและได้เมล็ดที่มีคุณภาพสมบูรณ์
7. มีความสะดวกในการกำจัดฝุ่นละอองและเมล็ดข้าวโพดแยกออกจากกันโดยชุดตะแกรงร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญและที่มา

ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่ง ทำรายได้ให้ประเทศคิดเป็นมูลค่าปีละประมาณ 10,000 ล้านบาท มีพืชที่ปลูกปีละประมาณ 8-9 ล้านไร่ ผลผลิตข้าวโพดที่ผลิตได้ นอกจากจะใช้เพื่อบริโภคภายในประเทศแล้ว ยังเหลือส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ความต้องการข้าวโพดของไทยมีจำนวนมาก แต่ประเทศไทยผลิตข้าวโพดได้เพียงประมาณ 4 ล้านตันเท่านั้น และเนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ ทำให้ผลผลิตข้าวโพดที่ผลิตได้ถูกใช้ภายในประเทศเพิ่มมากขึ้น

แหล่งข้าวโพดที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกประมาณครึ่งของประเทศ รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง ตามลำดับ จังหวัดที่ปลูกข้าวโพดที่สำคัญ ได้แก่ เพชรบูรณ์ นครราชสีมา เลย ลพบุรี นครสวรรค์ และปราจีนบุรี

2.1.1 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดประกอบด้วยดังต่อไปนี้

1. ดิน ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่ขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิด แต่จะขึ้นได้ดีในดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี ดินมีความเป็นกรดหรือด่าง (pH) ระหว่าง 5.5—8 มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 1.5 % ฟอสฟอรัสไม่ต่ำกว่า 100 ppm และมีโปแตสเซียมไม่ต่ำกว่า 100 ppm
2. ปริมาณน้ำฝน ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่ใช้น้ำค่อนข้างน้อย กล่าวคือ ตลอดฤดูปลูกต้องการน้ำเพียง 350-400 มม. เท่านั้น
3. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโต อยู่ระหว่าง 10-40 องศาเซลเซียส แต่ที่ 27 องศาเซลเซียส ข้าวโพดจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

2.1.2 ชนิดของข้าวโพด

ข้าวโพดที่ปลูกในประเทศไทยนี้มีหลายชนิดด้วยกัน แบ่งออกได้ดังนี้

1. ข้าวโพดไร่ชนิดหัวนุบ เป็นข้าวโพดที่ตอนบนของเมล็ดมีรอยนุบสีขาว เนื่องจากบริเวณตอนบนเป็นแป้งชนิดอ่อน ส่วนด้านข้างเมล็ดเป็นแป้งชนิดแข็ง เมื่อตากให้แห้งส่วนที่เป็นแป้งอ่อนจึงหลุดตัวทำให้เกิดหัวนุบข้าวโพดชนิดนี้ให้ผลผลิตสูง แต่มักมีปัญหาเรื่อง เชื้อราและแมลงทำลายบนฝักและเมล็ด
2. ข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็ง มักเป็นข้าวโพดที่เมล็ดมีลักษณะ แข็งแกร่ง ตอนบนของเมล็ดเรียบ หัวไม่นุบ เพราะมีแป้งชนิดอ่อนอยู่ตรงกลาง แต่ด้านนอกถูกห่อหุ้มด้วยแป้งชนิดแข็ง เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการทำอาหารสัตว์ จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ
3. ข้าวโพดหวาน เป็นข้าวโพดที่ปลูกเพื่อรับประทานฝักสดโดยเฉพาะ มีรสหวานเนื่องจากมีน้ำตาลมาก เมล็ดแก่จะหดย่นและเหี่ยวยุบ ข้าวโพดชนิดนี้มีอายุเพียง 70 วัน ก็เก็บฝักสดมารับประทานได้ พันธุ์ที่แพร่หลายที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ ซุปเปอร์สวีท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ข้าวโพดข้าวเหนียว มีลักษณะเนื้อเมล็ดเหนียวคล้ายจี๊ตึ่ง ซึ่งเป็นแป้งที่มีลักษณะคล้ายแป้งข้าวเหนียว ฝักสดเมื่อต้มแล้ว จะมีรสหวานและเป็นเมือกคล้ายข้าวเหนียว

5. ข้าวโพดคั่ว เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะเมล็ดเล็ก แข็ง ปลายแหลมมน เมื่อนำเอาไปคั่วจะแตกบานออก

2.1.3 พันธุ์ของข้าวโพด

ข้าวโพดในปัจจุบันเมื่อแบ่งโดยวิธีการผลิตเมล็ดสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. พันธุ์ผสมเปิด พันธุ์เหล่านี้เกษตรกรสามารถเก็บเมล็ดไว้ขยายพันธุ์องได้ 2-3 รุ่น คงมีเพียงพันธุ์ที่ผลิตโดยหน่วยราชการเท่านั้น เช่น พันธุ์นครสวรรค์ 1 , สุวรรณ 2, สุวรรณ 3, และ สุวรรณ 5

2. พันธุ์ลูกผสม จะมีการกำหนดต้นตัวผู้และต้นตัวเมีย ซึ่งมาจากต่างพันธุ์หรือต่างสายพันธุ์กัน ในท้องตลาดปัจจุบัน มีพันธุ์ลูกผสมเกือบทุกชนิดจำหน่าย ส่วนใหญ่เป็นลูกผสมสามทาง และลูกผสมเดี่ยว มีลูกผสมคู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ข้าวโพดที่พัฒนาโดยหน่วยงานของรัฐ ที่เผยแพร่สู่เกษตรกรในขณะนี้ คือ

1. นครสวรรค์ 1 (Nakhon Sawan) พัฒนาโดยศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ กรมวิชาการเกษตร เป็นพันธุ์ผสมเปิด ได้รับการรับรองพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตรเมื่อ พ.ศ. 2532 อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วัน ผลผลิต 500-800 กก./ไร่ ด้านทานโรคน้ำค้างได้ดี เมล็ดกึ่งหัวแข็ง สีเหลืองส้ม

2. สุวรรณ 1 (Suwan 1) เป็นพันธุ์ผสมเปิดได้รับการรับรองโดยคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ข้าวโพดของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เมื่อ พ.ศ. 2528 อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วัน ผลผลิต 500-700 กก./ไร่ ด้านทานโรคน้ำค้างได้ดี เมล็ดหัวแข็ง สีส้มเหลือง

3. สุวรรณ 2 (Suwan 2) ให้ผลผลิตต่ำกว่าสุวรรณ 1 เล็กน้อยแต่อายุออกดอกเพียง 45-50 วัน และมีอายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ลักษณะโดยทั่วไปและสีเมล็ดจะคล้ายพันธุ์สุวรรณ 1 มาก ความสูงต้นประมาณ 200 ซม. ความสูงฝักประมาณ 100 ซม.

4. สุวรรณ 3 (Suwan 3) เป็นพันธุ์ผสมเปิด ผลผลิต 600-800 กก./ไร่ อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วัน ด้านทานโรคน้ำค้างได้ดี เมล็ดกึ่งหัวแข็ง สีส้มเหลือง

5. สุวรรณ 5 (Suwan 5) เป็นข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดในบรรดาข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดด้วยกันในปัจจุบัน ด้านทานโรคน้ำค้างและโรคทางใบได้ดี ลำต้นสูง 210-240 ซม. เมล็ดสีส้มเหลือง อายุออกดอก 55 วัน อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ผลผลิต 910-950 กก./ไร่ พันธุ์สุวรรณนี้ยังเหมาะที่จะปลูกเพื่อตัดต้นสดไปเลี้ยงสัตว์ได้ เนื่องจากให้ผลผลิตต้นสูงและมีคุณภาพดี

6. สุวรรณ 2301 (Suwan 2301) เป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ให้ผลผลิต 800-1,000 กก./ไร่ ด้านทานโรคน้ำค้างได้ดี อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วัน เมล็ดหัวแข็งสีส้ม

7. สุวรรณ 2602 (Suwan 2602) เป็นพันธุ์ลูกผสมสามทาง ให้ผลผลิต 800-1,000 กก./ไร่ ด้านทานโรคน้ำค้างได้ดี อายุการเก็บเกี่ยว 100-110 วัน เมล็ดกึ่งหัวแข็งสีส้มเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สุวรรณ 3101 (Suwan 3101) เป็นพันธุ์ลูกผสมสามทาง ความสูง 200-220 ซม. เมล็ดสีส้ม เหลืองถึงหัวแข็ง อายุออกดอก 50-55 วัน ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์สุวรรณ 2602 ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน

9. สุวรรณ 3504 (Suwan 3504) เป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ให้ผลผลิต 850-1,000 กก./ไร่ วันออกดอก 52 วัน วันออกใหม่ 55 วัน ฝักสูง 120 ซม. ต้นสูง 220 ซม. ต้านทานการล้มหัก เป็นโรคราน้ำค้างเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ เปลือกหุ้มฝักมิดชิด

10. สุวรรณ 3601 (Suwan 3601) เป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ให้ผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ใกล้เคียงกับพันธุ์สุวรรณ 3504 แต่ให้ผลผลิตสูงกว่า

ปัจจุบันมรการผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อจำหน่ายเพียงพันธุ์ นครสวรรค์ 1 , สุวรรณ 5 , และ สุวรรณ 3601

2.1.4 ฤดูปลูกข้าวโพด

การปลูกข้าวโพดสามารถปลูกได้ทั้ง ต้นฤดูฝน คือ ระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม หรือ ปลายฤดูฝน คือ ระหว่างเดือน กรกฎาคม-สิงหาคม โดยทั่วไปการปลูกต้นฤดูหนาวมักจะได้ผลดีกว่าปลูกปลายฤดูฝน เพราะมีปริมาณฝนพอเหมาะ และปัญหาวัชพืชน้อยกว่าการปลูกในปลายฤดูฝน จึงทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่า แต่มีข้อเสียคือในระยะเก็บเกี่ยว มักมีฝนชุกทำให้ไม่สะดวกในการตากข้าวโพด ส่วนในปลายฤดูฝนนั้น จะมีปัญหาในช่วงการเตรียมดินปลูก ซึ่งทำได้ไม่สะดวก เพราะฝนชุก ดินอ่อนตัวและอาจทำให้ต้นข้าวโพดที่กำลังงอกเป็นโรคเน่าตายได้ สำหรับเขตที่มีชลประทาน สามารถปลูกข้าวโพดได้ตลอดปี

2.1.5 การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาข้าวโพด

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเพื่อขายเป็นเมล็ดนั้น ควรจะเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดแก่จัด ถ้าหากเก็บเกี่ยวเร็วเกินไปผลผลิตที่ได้จะต่ำและคุณภาพของเมล็ดไม่ดี ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดมีความชื้นสูงซึ่งทำให้เมล็ดถูกทำลายโดยโรคได้ง่าย ข้าวโพดที่ใช้ปลูกในประเทศไทยมีอายุตั้งแต่ 90-120 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ จึงควรเก็บเกี่ยวเมื่อครบอายุแก่จัดของพันธุ์ หรือสังเกตระยะที่หุ้มฝักแห้งเป็นสีฝาง หรือถ้าเป็นไปได้ควรปล่อยให้เมล็ดแห้งในแปลงให้นานที่สุดเท่าที่ทำได้ แล้วจึงค่อยเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทุ่นเวลาในการตาก ก่อนที่จะนำไปเก็บในยุ้งฉางหรือกะทะได้ ในการเก็บรักษาฝักต้องระวังฝน หรือความชื้นสูงมิฉะนั้นจะเกิดเชื้อรา ซึ่งอาจเป็นพิษต่อคนและสัตว์ที่กินเข้าไปได้

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดสามารถเก็บโดยใช้แรงงานคนหรือโดยใช้เครื่องเก็บเกี่ยวข้าวโพด ซึ่งเครื่องเก็บเกี่ยวมีหลายแบบและได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ประเทศที่ผลิตข้าวโพดรายใหญ่ เช่น อเมริกา จะเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเก็บเกี่ยวข้าวโพดทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากทำงานได้รวดเร็วและลดปัญหาแรงงานที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว สำหรับในประเทศไทย ในการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวข้าวโพดนั้นคงทำได้เฉพาะกลีกรที่ปลูกในเนื้อที่จำนวนมากและมีทุนทรัพย์สูงเท่านั้นจึงมีใช้กันน้อยรายและแต่ละรายนั้นมักอยู่ในรูปของบริษัทซึ่งปลูกข้าวโพดเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด การใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยวข้าวโพดนั้นนอกจากปัญหาดังกล่าวข้างต้นนั้นแล้ว เจ้าของยังต้องมีความรู้เรื่องเครื่องจักรกลดีพอสมควร เพื่อแก้ปัญหาความขัดข้องในเรื่องกลไก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องยนต์และเนื่องจากมีผู้ใช้ไม่น้อยอาจพบปัญหาสำคัญเกี่ยวกับเรื่องอะไหล่ที่ไม่มีจำหน่ายในท้องตลาดจึงต้องสั่งตรงจากผู้ผลิต ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นก่อนการซื้อเครื่องจักรเก็บเกี่ยวข้าวโพดควรพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียให้หนัก

2.1.6 วิธีการลดความชื้นข้าวโพด

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มี 2 วิธี คือ

1. การลดความชื้นแบบธรรมชาติ (natural drying) คือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์และลมธรรมชาติ ซึ่งมีข้อเสียหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิสูงเกินไป อาจถึง 70 องศาเซลเซียส อาจทำให้เปลือกเมล็ดร้าวหรือแตกได้ อัตราความแห้งไม่คงที่ และไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนี้การใช้แรงงานในการตากและเก็บเมล็ดในแต่ละวันมากอีกด้วย

2. การลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบ (artificial drying) คือ สามารถควบคุมอัตราการแห้งได้ดีกว่าวิธีธรรมชาติและลดความชื้นได้รวดเร็วกว่า อาจแบ่งออกตามระดับการใช้อุณหภูมิได้เป็น 3 ระดับ คือ

ก. การลดความชื้นด้วยเครื่องอบอุณหภูมิต่ำ (low temperature drier) คือ เป็นการลดความชื้นโดยการเป่าลมหรือผ่านอากาศเข้าสู่เมล็ด เป็นการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ (airflow rate) โดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ ข้อดีของเครื่องอบ คือ ไม่สิ้นเปลืองพลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ไม่ได้รับอันตรายจากความร้อน (heat damage) และไม่ประสบปัญหาเมล็ดแห้งเกินไป (over drying)

ข. การลดความชื้นด้วยเครื่องอบอุณหภูมิต่ำปานกลาง (medium temperature drier) คือ การลดความชื้นด้วยเครื่องอบที่ใช้อุณหภูมิต่ำปานกลาง มีหลักการคือการเป่าลมอุณหภูมิต่ำปานกลาง (30-50 องศาเซลเซียส) ผ่านชั้นของเมล็ดที่มีความหนาไม่มาก วิธีนี้ผู้ปฏิบัติต้องมีความรู้ในการจัดการจึงจะอบเมล็ดพันธุ์ได้ผลดี ต้องระมัดระวังการอบแห้งเร็วเกินไป (rapid drying) วิธีนี้จำเป็นต้องทราบความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์เพื่อพิจารณาปรับระดับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับความชื้นเมล็ด

ค. การลดความชื้นด้วยเครื่องอบอุณหภูมิสูง (high temperature drier) คือ ไม่สามารถใช้กับการผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ เนื่องจากทำลายความงอกของเมล็ด มักใช้กับเมล็ดพืชที่นำไปใช้บริโภคหรือใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เป็นการใช้อุณหภูมิที่สูงมาก (สูงกว่า 60 องศาเซลเซียส) เพื่อเร่งเวลาการอบให้สั้นลง การอบอาจทำให้โครงสร้างทางเคมีของเมล็ดเปลี่ยนแปลงไปทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงได้ ข้อจำกัดของการอบอุณหภูมิสูงขึ้นอยู่กับชนิดพืชและวัตถุประสงค์ของอุตสาหกรรม

2.1.7 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดเท่าที่ปฏิบัติกันโดยทั่วไปคือนำฝักข้าวโพดที่แห้งแล้วผ่านเครื่องกะเทาะเมล็ดที่มีกำลังหมุนช้า เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดแตกหักมากเกินไป เครื่องกะเทาะเมล็ดที่ใช้กันอยู่ในย่านจังหวัดนครสวรรค์และสระบุรีนั้นเป็นแบบที่ผลิตเองในประเทศไทย ในแถวอำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี การทำงานโดยนำเครื่องติดตั้งบนท้ายรถแทรกเตอร์ และใช้แรงขับเคลื่อนผ่านทางสายพานสามารถสีข้าวโพดได้ประมาณ 100 ถึงต่อชั่วโมง นอกจากนี้ก็ยังสามารถกะเทาะเมล็ดเองโดยใช้เครื่องมือเล็กๆข้อควรระวังในการกะเทาะเมล็ดคือไม่ควรให้เมล็ดข้าวโพดมีความชื้นไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้เมล็ดแตกหักได้ง่ายหลังจากกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแล้วทำความสะอาดเมล็ดแล้วบรรจุกระสอบ เพื่อที่จะขายหรือเก็บไว้ขายในช่วงที่มีราคาสูง

2.1.8 การใช้ประโยชน์ที่ได้จากข้าวโพด

ในบรรดาพืชอาหารที่มีปลูกกันในโลกนี้อาจกล่าวได้ว่าข้าวโพดเป็นพืชที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้มากกว่าพืชอื่นๆ เกือบทุกส่วนของข้าวโพดมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ โดยส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ เมล็ด ทำให้มีการนำเมล็ดไปใช้อย่างกว้างขวางทั้งในด้านอุตสาหกรรมและการเลี้ยงสัตว์ การใช้ประโยชน์จากข้าวโพดอาจแบ่งได้ดังนี้ คือ

1. ใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักและมีโปรตีนอยู่ด้วย จึงสามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ที่มีคุณภาพดีและราคาถูกลงด้วย 72 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวโพดที่ผลิตได้ นำไปใช้ในการผลิตอาหารเลี้ยงสัตว์ เช่น วัช หมู เป็นต้น

2. ใช้เป็นอาหารมนุษย์ เมล็ดข้าวโพดสามารถใช้เป็นอาหารมนุษย์ได้ มีประชากรในหลายประเทศที่นำเมล็ดข้าวโพดมาทำเป็นอาหาร โดยตรงเหมือนกับที่เรารับประทานข้าว เช่น ทำเป็นขนมปัง โรตีสี หรือใช้ทำขนม เป็นต้น

3. ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งในด้านอาหาร เช่น แป้ง น้ำมัน น้ำตาล น้ำเชื่อม น้ำส้ม อาหารกระป๋อง และ อุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น แอลกอฮอล์ พลาสติก ฟิล์ม เครื่องเคลือบ พรมน้ำมัน สารเหนียว กระดาษ เสื้อผ้า เป็นต้น

4. ฝักอ่อน ใช้ในการปรุงอาหารในรูปต่างๆ ต้นสดที่เหลือจากการเก็บฝักอ่อนยังสามารถนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี

5. ลำต้น สามารถทำกระดาษและไม้อัด ส่วนชังข้าวโพดใช้ทำจุกก๊อก กัดองยาสูบ ฉนวนกันความร้อน และฉนวนกันล่อไฟฟ้า

2.2 ทฤษฎีการคำนวณ

2.2.1 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าเราสามารถแบ่งออกตามแหล่งของการจ่ายไฟได้เป็น 2 ประเภท

1. มอเตอร์กระแสสลับ สามารถแบ่งอีกเป็น

ก. มอเตอร์เฟสเดียว

ข. มอเตอร์สองเฟส

ค. มอเตอร์สามเฟส

2. มอเตอร์กระแสตรง สามารถแบ่งอีกเป็น

ก. มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล

ข. มอเตอร์ชานาน

ค. มอเตอร์อนุกรม

ง. มอเตอร์ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้า ถ้าติดตั้งแม่เหล็กถาวรไว้ที่จุดกึ่งกลางของแม่เหล็กแล้วหมุนแท่งเหล็ก ขณะที่ปล่อยกระแสไฟสลับ 50 รอบต่อวินาที เข้าขดลวดของสเตเตอร์แท่งแม่เหล็กถาวร หรือโรตารีก็จะยัง หมุนต่อไป เนื่องจากการดูดและการผลักกันระหว่างขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของ สเตเตอร์และขั้วแม่เหล็ก ถาวรของโรเตอร์ ในต่อเริ่มต้นขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์ด้านบนจะมีขั้วเหนือส่วนด้านล่างจะเป็นขั้ว ใต้ ขั้วใต้ของโรเตอร์จะถูกดูดโดยขั้วเหนือของโรเตอร์ ในขณะที่เดียวกันก็จะถูกผลักโดยขั้วใต้ของสเตเตอร์ เช่นกัน และในเวลาเดียวกันขั้วเหนือของโรเตอร์จะถูกดูดโดยขั้วใต้และถูกผลักโดยขั้วเหนือของสเตเตอร์ ดังนั้นจึงมีแรงผลักและแรงดึงกระทำบน โรเตอร์เนื่องจากขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์ก่อนที่โรเตอร์จะ มาหยุดอยู่ในแนวขั้วเหนือและขั้วใต้ของสเตเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับก็เปลี่ยนทิศการไหลตรงข้ามและขั้วแม่ เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์ก็เปลี่ยนสลับกัน แรงเฉื่อยจะทำให้โรเตอร์หมุนผ่านกึ่งกลางและขั้วด้านบนของส เตเตอร์ซึ่งขณะนี้กลายเป็นขั้วใต้จะผลักขั้วใต้ของโรเตอร์และดูดขั้วเหนือของโรเตอร์ ในขณะเดียวกันขั้ว เหนือทางด้านล่างของสเตเตอร์ก็จะถูกผลักโดยขั้วเหนือของโรเตอร์และถูกดูดโดยขั้วใต้ของโรเตอร์ดังนั้น แรงผลักดันจึงเกิดขึ้นต่อเนื่องทำให้ โรเตอร์ยังคงหมุนด้วยความเร็วของโรเตอร์ เราเรียกความเร็วนี้ ว่า ความเร็วซิงโครนัส

2.2.1.1 การหาค่ากำลังของมอเตอร์

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

เมื่อ W_p = กำลังของมอเตอร์
 N = ความเร็วรอบของมอเตอร์
 T = แรงบิดของมอเตอร์

2.2.1.2 การหาความเร็วรอบของมอเตอร์

$$N_s = (120 \times \text{ความถี่ของกระแสไฟฟ้า}) / \text{จำนวนขั้ว}$$

$$N = N_s \left[1 - \frac{s}{100} \right] \quad (2.2)$$

เมื่อ s = ค่า Slip ของมอเตอร์ อยู่ระหว่าง 5 – 10 เปอร์เซ็นต์

2.2.2 การคำนวณหาขนาดของสายพาน

การส่งกำลังทางกลจากเพลานหนึ่งไปยังเพลานอีกอันหนึ่ง อาจทำได้ 3 วิธี คือ โดยใช้เฟือง ใช้สายพาน และใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (flexible) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสีย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายประการเมื่อเปรียบเทียบการส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีก็คือ มีราคาที่ถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุก และแรงสั่นได้ดี ขณะใช้งาน ไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับส่งกำลังระหว่างเพลลาที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่ต่ำ แต่ก็มีข้อเสียคือ อัตราทดที่ไม่แน่นอนนักเนื่องจากการสลิปสูง (slip) และการคืบ (creep) ของสายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลลา หรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนี้ยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดที่สูงมากได้ ซึ่งใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5

2.2.2.1 ชนิดและวัสดุสายพาน

สายพานแบ่งออกเป็นสี่ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน คือ สายพานแบน (flat belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า, สายพานลิ้ม (V-belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู, สายพานกลม (ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลมและไทม์มิงเบลต์ (timing belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูแต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อลดความยาวของสายพาน สายพานแต่ละชนิดมีลักษณะในการใช้งานต่างกัน

วัสดุที่ใช้ทำสายพานต้องมีค่าความต้านแรงสูง (strength) สามารถบิดตัวได้ดี และต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสสูง

วัสดุที่ใช้ทำสายพานซึ่งใช้งานกันมากก็คือหนัง (oak-tanned leather) แต่ถ้าเป็นการใช้งานเป็นพิเศษ เช่นอยู่ในบรรยากาศที่มีความชื้น มีไอของสารเคมี หรือมีน้ำมันอยู่ด้วย ก็มักใช้สายพานแบบ chrome leather เพื่อให้สายพานมีอายุการใช้งานได้นานพอสมควร จึงมักใช้ค่าความเค้นในการออกแบบสายพานต่ำกว่าความต้านแรงดึงสูงสุดของสายพานมาก โดยทั่วไปจะใช้ค่าความปลอดภัยประมาณ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายพานหนังมีค่าประมาณ 0.40-0.50 และความเร็วใช้งานของสายพานควรจะอยู่ในช่วง 1000-2000 m/min

สายพานอีกชนิดหนึ่งคือ สายพานยาง (rubber belts) สายพานประเภทนี้จะมีฝ้ายหรือผ้าใบเป็นไส้ภายใน และมียางหุ้มอยู่ภายนอก ยางที่ใช้หุ้มเป็นยางที่มีการอบด้วยกำมะถันในอุณหภูมิสูง (vulcanised) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความต้านแรง สายพานเหมาะสำหรับใช้งานที่มีน้ำมันหรือแสงแดด เมื่อเปรียบเทียบกับสายพานหนังแล้วสายพานยางจะมีราคาถูกกว่าแต่อายุการใช้งานสั้นกว่า สายพานยางทนต่อสภาพบรรยากาศในการใช้งานได้ดีกว่าสายพานหนัง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายพานจะมีค่าต่ำประมาณ 0.30-0.40 และสามารถรับแรงดึงได้ประมาณ 20 N ต่อชั้นต่อความกว้างสายพาน 1 mm

สายพานบาลาตา (balata belts) เป็นยางคล้ายสายพานยาง แต่ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการอบด้วยกำมะถัน ทนต่อกรดและความชื้นได้ดีแต่อุณหภูมิใช้งานไม่ควรเกิน 40 °C สายพานชนิดนี้มีความต้านแรงมากกว่าสายพานยางประมาณ 25 %

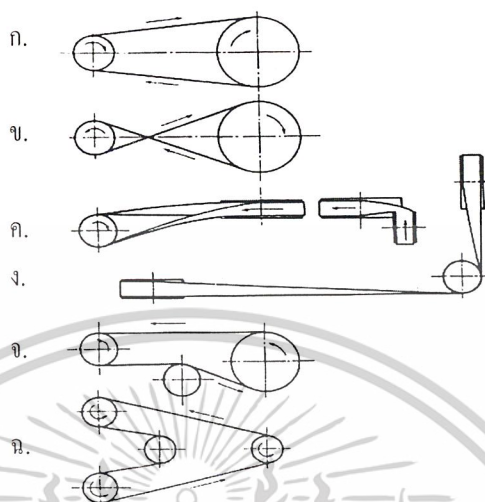
สายพานผ้าถัก (textile belts) ทำจากฝ้ายหรือผ้าใบซ้อนกันเป็นชั้นๆ แล้วยึดติดกัน จากนั้นจึงเคลือบด้วยน้ำมันลินซีด (linseed) เพื่อให้สายพานกันน้ำได้ มักใช้งานประเภทชั่วคราว

สายพานทุกชนิดที่กล่าวมานี้จะยึดตัวได้ดี ดังนั้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงจะยึดตัวทำให้เกิดการสลิปบนล้อสายพาน (pulley) ในทางปฏิบัติจึงมักจะยึดสายพานให้ตึงไว้ก่อนใช้งานทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการสลิปของสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 ลักษณะการขับด้วยสายพาน

เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขับของสายพานได้ต่างๆ กัน ลักษณะทั่วไปที่นิยมใช้ในการขับด้วยสายพานดูได้จากรูป 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะการขับด้วยสายพาน (ก) open drive (ข) crossed drive
(ค) quarter turn drive (ง) mule drive (จ) แสดงการขับ
โดยใช้ล้อช่วย (ฉ) reverse drive

เมื่อต้องการขับเพลลาที่อยู่ขนานกัน และต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนในทิศทางเดียวกัน ก็จะทำให้ได้ในลักษณะดังรูป 2.1 (ก) ซึ่งเรียกว่า โอเพนไดรฟ์ (open drive) และถ้าเพลลาอยู่ห่างกันมากควรจะทำให้สายพานด้านล่างตึง (tight) และด้านบนหย่อน (slack) แต่ถ้าต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนสวนทางก็ทำได้โดยใช้วิธีดังรูป 2.1 (ข) ซึ่งเรียกว่า ครอสไดรฟ์ (crossed drive) แต่การขับในลักษณะนี้จุดที่สายพานไขว้กันจะทำให้สายพานฉีกกัน ทำให้สายพานเกิดการสึกหรอมากดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันมิให้สายพานสึกหรอมากเกินไปจึงควรจะให้จุดศูนย์กลางของล้อสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่าสี่สิบเท่าของความกว้างสายพาน และทำงานที่ความเร็วสายพานไม่เกิน 15 m/s

การขับแบบควอเตอร์เทอนไดรฟ์ (quarter turn drive) ดังรูปที่ 2.1 (ค) ใช้เมื่อเพลลาทั้งสองตั้งฉากกัน และเพื่อป้องกันไม่ให้สายพานหลุดออกจากล้อสายพานในขณะที่ใช้งาน จึงต้องใช้ล้อสายพานที่กว้างเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องการมากกว่าความกว้างสายพานไม่น้อยกว่า 1.4 เท่า และก่อนใช้งานจะต้องทดสอบก่อนเสมอ ส่วนการขับแบบมิวล์ไดรฟ์ (mule drive) ดังในรูป 2.1 (ง) ใช้เมื่อเพลลาทั้งสองตั้งฉากกัน แต่ไม่อาจจัดในลักษณะควอเตอร์เทอนไดรฟ์ได้ หรือเมื่อต้องการให้หมุนกลับทิศทางได้

เมื่อไม่สามารถใช้ขับในลักษณะโอเพนไดรฟ์ได้เพราะส่วนโค้งสัมผัส (arc of contact) บนล้อสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป (เพราะอัตราทดสูง และล้อสายพานอยู่ใกล้กันมาก) หรือเมื่อไม่อาจทำให้สายพานตึงโดยวิธีอื่นก็อาจทำได้โดยใช้ล้อช่วย (idler) ดังรูป 2.1 (จ) เป็นการช่วยให้สายพานสัมผัสกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้อยมากขึ้นซึ่งเพิ่มกำลังที่ส่งได้ด้วย ส่วนการขับเคลื่อนแบบรีเวอร์สไดรฟ์ (reverse drive) ใช้เมื่อต้องการส่งกำลังไปยังเพลาหลายอันพร้อมกัน

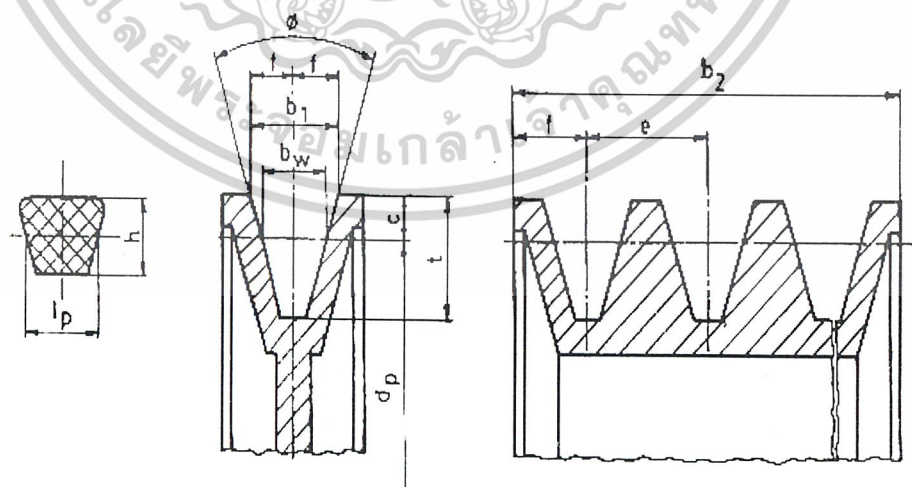
2.2.2.3 สายพานลิ่ม

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เร็ว กับร่องรูปลิ่มของสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานในได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขั้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะสมกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย

การขับเคลื่อนด้วยสายพานลิ่ม มีข้อดีคือเงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนั้นยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และเบร็งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับเคลื่อนด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับเคลื่อนโดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7 : 1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10 : 1

2.2.2.4 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (narrow V-belts) มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน ดูได้จากรูป 2.2 ส่วนขนาดต่าง ๆ ดูได้จากตาราง 2.1 และตาราง ก.4 ที่ภาคผนวก



รูปที่ 2.2 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

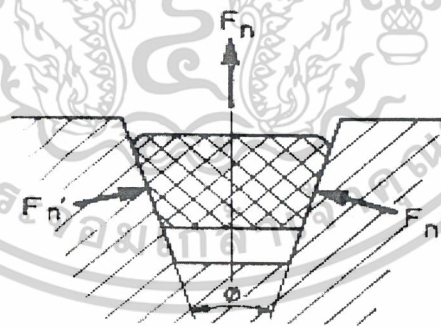
ขนาดเป็น มม

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

ตารางที่ 2.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ ของล้อยายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975Z(E) และ ISO/R 253-1962(E)

2.2.2.5 กลศาสตร์ของสายพานลิ้ม

ในการจับด้วยสายพานลิ้ม แรงปฏิกิริยาระหว่างสายพานกับล้อสานพานจะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส ดังรูป 2.3 ให้ F_n เป็นแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับร่องบนล้อยายพาน ดังนั้นจากสมการ $dF_n = dF$ ของสายพานแบน ในกรณีของสายพานลิ้มจะกลายเป็น $2dF_n = dF$



รูปที่ 2.3 แรงบนสายพานลิ้ม

แรงปฏิกิริยารวมของแรง F_n ทั้งสองแรงคือ

$$F_n = 2F_n' \sin \frac{\phi}{2}$$

หรือ

$$F_n' = \frac{F_n}{2 \sin \frac{\phi}{2}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า F_n' จะได้

$$\frac{F_n'}{\sin \frac{\phi}{2}} = dF$$

เมื่อพิจารณารูปที่ผ่านมา และรวมแรงในแนวตั้ง จะได้

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

เมื่อกำจัด F_n ออกจากสมการทั้งสองนี้จะได้

$$dF = \frac{f}{\sin \frac{\phi}{2}} \left(F + \frac{1}{2} dF \right) d\theta - \frac{f}{\sin \frac{\phi}{2}} F_c$$

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

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

อินทิเกรตสมการนี้จาก $\theta = 0$ ถึง α และจาก $F = F_2$ ถึง $F = F_1$ จะได้

$$\ln \frac{F_1 - \frac{wAv^2}{g}}{F_2 - \frac{wAv^2}{g}} = e \frac{af}{\sin \frac{\phi}{2}}$$

หรือ

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{\alpha f'} \quad (2.3)$$

โดยที่

$$f' = \frac{f}{\sin \frac{\phi}{2}}$$

และสังเกตได้โดยสายพานลึมหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = z(F_1 - F_2)v \quad (2.4)$$

โดยที่ V = ความเร็วของสายพาน เป็น m/s

Z = จำนวนสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวพิชต์โดยประมาณของสายพานลึ่มหาได้จากสมการ

$$L_p \approx 2c + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4c} \quad (2.5)$$

โดยสัญลักษณ์ต่างๆ ยังมีความหมายเช่นเดียวกับสายพานแบน แต่ในกรณีของสายพานลึ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิชต์แทนหรือในกรณีที่ทราบความยาวพิชต์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางก็ทำได้โดยใช้สมการ

$$c \approx p + \sqrt{p^2 - q} \quad (2.6)$$

โดยที่

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

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

2.2.2.6 การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นในสายพานลึ่ม

การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นจะช่วยทำให้การขับเคลื่อนด้วยสายพานมีประสิทธิภาพมีประสิทธิภาพดีและยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นมากเกินไปจะทำให้ขอบสายพานยึดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบร์ริงที่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไปด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงขึ้นต้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง คือ

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

ให้แรงดึงในแนวแกน

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

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{wAv^2}{g}$$

แรงลึ่มเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

โดยที่ Z = จำนวนสายพาน

ดังนั้นแรงดึงขึ้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลัง กับแรงลัพท์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง นั่นคือ

$$F_i = F_w + F_R \quad (2.7)$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = k_1 \cdot F \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.8)$$

โดยที่ K_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานซึ่งหาค่าได้จากตารางที่ 2.2 แล้วใช้แรงนี้เป็นแรงดึงขึ้นต้น

K_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ตารางที่ 2.2 ตัวประกอบการใช้งาน

ในกรณีที่ขับ โดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคงที่หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา ก็จำเป็นจะต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วย จากสมการ

$$\begin{aligned} F_R &= 2 \cdot z \cdot F_c \sin \frac{\alpha}{2} \\ &= 2 \cdot z \cdot \frac{wAv^2}{g} \sin \frac{\alpha}{2} \end{aligned}$$

ซึ่งเขียนใหม่ได้เป็น

$$F_R = k_2 \cdot z \cdot v^2 \sin \frac{\alpha}{2}$$

ค่า K_2 หาได้จากตารางที่ 2.3 ดังนั้นแรงดึงขึ้นต้นในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_i = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดสายพาน	K_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

ตารางที่ 2.3 ตัวประกอบ K_2

2.2.2.7 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ้ม

การคำนวณทางด้านกำลังจากสายพานลิ้มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้ก็จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลิ้มตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เช่นเดียวกับกรณีของสายพานแบน

ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง ก.4 ที่ภาคผนวก แต่ข้อควรระวังก็คือ ขณะใช้งานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรเกิน 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ้มสำหรับการส่งกำลัง อาจทำได้โดยใช้รูป 2.2 แต่กำลังที่ส่งได้จริงของสายพานจะต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้ม ซึ่งจะได้อีกกล่าวถึงต่อไป

การเลือกขนาดของสายพานลิ้มจะแตกต่างไปจากสายพานแบนเล็กน้อยคือ จะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ้มที่ต้องการใช้งานจากกำลังงานที่ต้องการขับ และตัวประกอบที่ใช้แก้ไขต่างๆ จำนวนเส้นของสายพานลิ้มหาได้จากสมการ

$$Z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_1} \quad (2.9)$$

โดยที่ Z = จำนวนเส้นของสายพานลิ้ม

W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง

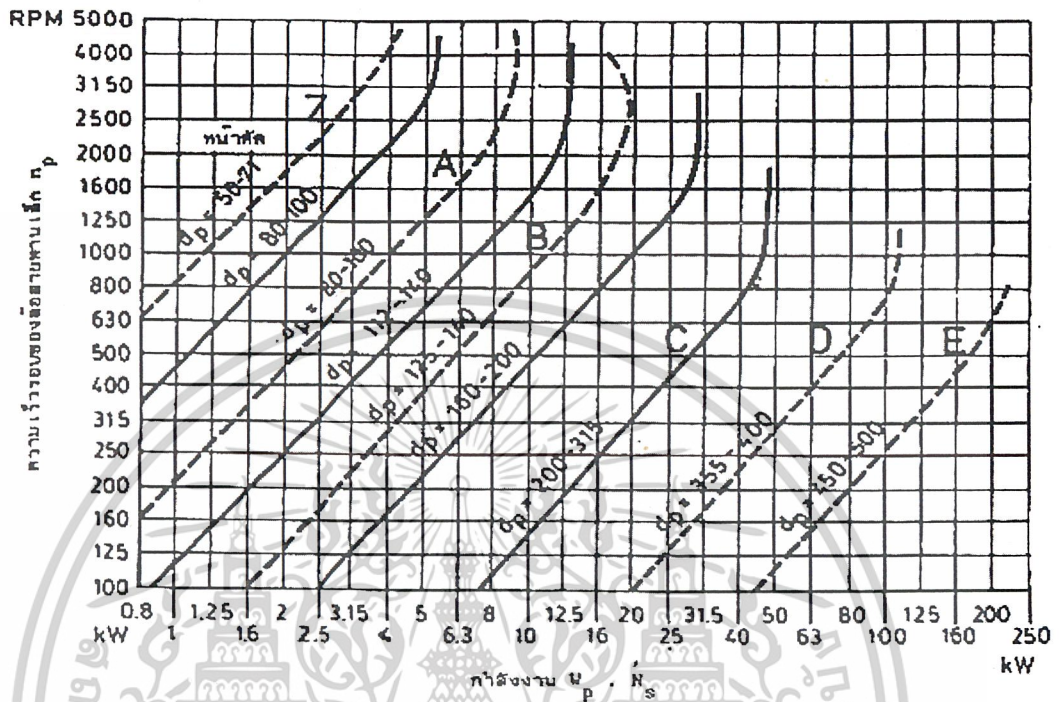
N_s = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตาราง ก. 1 ที่ภาคผนวก

N_1 = ตัวประกอบแก้ไขส่วน โคงค์สัมผัส หาค่าได้จากตาราง ก. 2 ที่ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_1 = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน หาค่าได้จากตาราง ก.3 ที่ภาคผนวก

P_R = กำลังที่สายพานลืมห้างหนึ่งเส้นส่งได้ หาค่าได้จากตาราง ก.3 ที่ภาคผนวก



รูปที่ 2.4 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดสายพานลืมห้าง

การหาขนาดของ พลูเลย์ ตัวใหญ่

สมการ

$$N_1 D = N_2 d$$

(2.10)

เมื่อ

N_1 = ความเร็วรอบของลูกเกะเทาะ

N_2 = ความเร็วรอบของมอเตอร์

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของพลูเลย์ตัวใหญ่

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของพลูเลย์ ตัวเล็ก

2.2.3 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีให้อยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้พิจารณาออกแบบเพลาโดยเฉพาะ เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลา (shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกน (axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกับเพลานแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลานและแกนก็นิยมเรียกกันว่าเพลาน ไม่ว่าจะชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือหยุดนิ่งก็ตาม

สปินเดิล (spindle) เป็นเพลานขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลานที่หัวแท่นกลึง (head-stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟต์ (stub shaft) หรือบางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (head shaft) เป็นเพลานที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลานอื่น ๆ

เพลานแนว (line shaft) หรือเพลานส่งกำลัง (power transmission shaft) หรือเพลานเมน (main shaft) เป็นเพลานที่ต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

แจ็กชาฟต์ (jackshaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (counter shaft) เป็นเพลานขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลานเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลานอ่อน (flexible shaft) เป็นเพลานที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งงอได้ เพลานประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (wire rope) ใช้ในการรับกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังกันได้น้อย

เพลานอาจจะได้รับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้เพลานเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลานให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลานยังจะต้องมีความแข็งเกร็ง (rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลานให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (deflection) ของเพลานก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลานเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลานมีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (critical speed) ของเพลานลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลานมีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลานเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลาน เช่น บอลเบริง (ball bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลานด้วย

2.2.3.1 วัสดุเพลาน

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลานทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลาน เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลานมีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบจึงต้องพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.2.3.2 ขนาดของเพลลา

เพื่อให้เพลลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (nominal size) ใน ISO/R 775-7969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของเบร้งที่ใช้รองรับเพลลาด้วยขนาดระบุของเพลลาได้จากตารางที่ 2.4

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

ตารางที่ 2.4 ขนาดระบุของเพลลามาตรฐาน ISO/R 775-7969

2.2.3.3 การพิจารณาในการออกแบบ

การคำนวณหาขนาดของเพลลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลลาเพื่อให้เพลลาทนต่อแรงที่มากกระทำอย่างเดียวนั้นไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลลาลูกเบี้ยว (cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลลาเกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากเกินไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนซึ่งมีผลทำให้เฟืองและเบร้งที่รองรับเพลลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ถึงแม้จะไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3° ต่อความยาวเพลลา 1 m สำหรับเพลลาส่งกำลังทั่วไปอาจใช้มุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาวเพลลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา ในกรณีของลูกเพลลาเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นจะให้มุมบิดได้ไม่เกิน 0.5° ตลอดความยาวของเพลลา

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความแข็งแรงทางด้านระยะโค้ง เพราะจะต้องใช้ระยะโค้งของเพลลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (clearance) ระหว่างล้อ สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาน เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบร็งสำหรับรองรับเพลลาให้เหมาะสม ถ้าเพลลา มีระยะ โกงมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบ (contact ratio) ของเฟืองลดลงด้วย

สำหรับเพลลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะ โกงระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบร็งควรจะไม่เกิน 0.08 mm/m

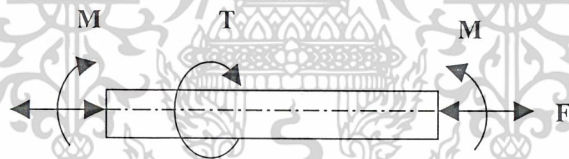
สำหรับเพลลาที่มีเฟืองตรง (spur gear) คุณภาพดีอยู่ด้วย ระยะ โกง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.125 mm และความลาดเอียงของเพลลา ณ ตำแหน่งนี้ควรน้อยกว่า 0.0286°

สำหรับเพลลาที่มีเฟืองคอกอก (bevel gear) คุณภาพดีติดอยู่ ระยะ โกง ณ ตำแหน่งที่เฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.075 mm

สำหรับเพลลาที่มีขนาดไม่เท่ากันตลอด (stepped shaft) วิธีที่นิยมใช้กัน คือวิธี graphical integration และ numerical integration

2.2.3.4 การออกแบบเพลลาตามโค้ดของ ASME

ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือน สูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (static design method) ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลลาให้พิจารณาเพลลาในรูป ให้เพลลาเป็นแบบกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ ความเค้นต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลลามีดังต่อไปนี้คือ



รูปที่ 2.5 แสดงเพลลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ

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

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

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

ในกรณีที่เป็นแรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอ (buckling) ได้ ดังนั้นสมการจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลามุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาอีกด้วย ดังนั้นเพลาก็เกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

ถ้าให้ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

C_i = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการจึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m M d}{\pi (d^4 - d_i^4)}$$

และ

$$\tau_{xy} = \frac{16C_i T d}{\pi (d^4 - d_i^4)}$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวม คือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

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

จัดรูปใหม่ลงในสมการจะได้รูปใหม่ว่า

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

โดยที่ $K = d_i/d$

ในกรณีที่ไม่มีแรง F กระทำอยู่ด้วย สมการจะลดรูปเหลือเพียง

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

หรือในกรณีของเพลาดัน $K = d_i/d = 0$ เมื่อแทนค่าในสมการจะได้สมการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau} \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งดูได้จากตาราง 2.5

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายู่นึง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลามหุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

ตารางที่ 2.5 ค่าตัวประกอบความล้า

นอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่าเพลาส่งมีข้ออยู่ในงานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

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

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

2.2.4 แบริ่ง (BEARING)

แบริ่งมีหน้าที่ รับแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวแกน และเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการส่งกำลัง ทำได้โดยการให้แบริ่งมีความเสียดทานน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียพลังงานกลไปเป็นความร้อนในน้ำมันให้น้อยที่สุด

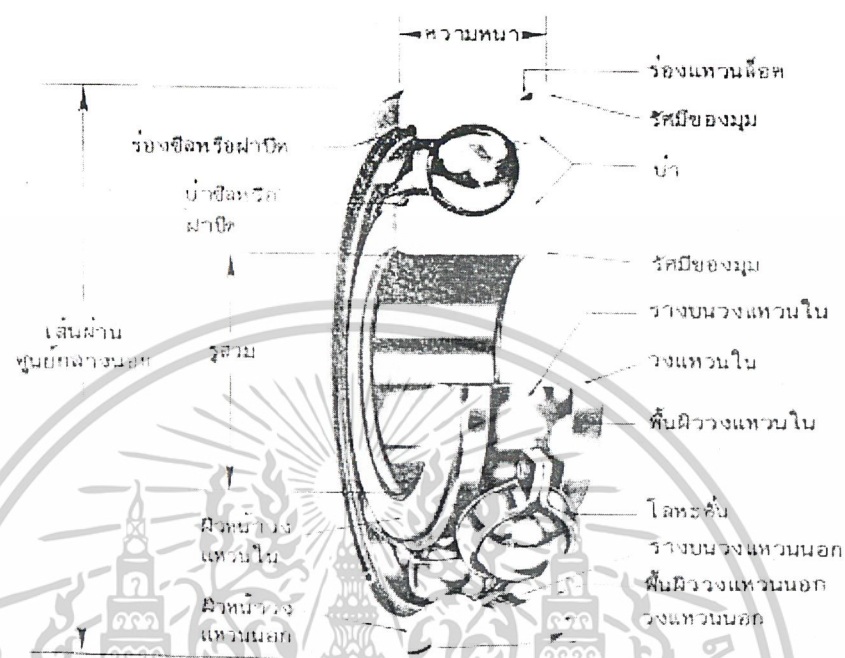
แบริ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. เจอร์นัลแบริ่งเจอร์ประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ เพลามหุนซึ่งเรียกว่า เจอร์นัล และส่วนที่รองรับเพล่า เรียกว่าแบริ่ง

2. โรลลิ่งแบริ่ง หรือ บอลแบริ่ง (rolling bearings) หมายถึง แบริ่งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (sliding contact) เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอนติฟริกชันแบริ่ง (antifriction bearings) ตัวอย่างเช่น บอลแบริ่ง (ball

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bearings) หรือตลับลูกปืน ดังรูป 2.6 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับรับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



รูปที่ 2.6 ส่วนต่างๆของบอลแบร์ริง

เนื่องจากมีการใช้โรลลิ่งแบร์ริงกันอย่างแพร่หลายทั่วไป สมาคมผู้ผลิตโรลลิ่งแบร์ริง (AFBMA : Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) จึงได้วางมาตรฐานการกำหนดขนาดและหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการเลือกแบร์ริงเหล่านี้ขึ้น จากมาตรฐานนี้ทำให้ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสามารถเลือกแบร์ริงจากแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตหนึ่ง และทำการเปลี่ยนแบร์ริงนี้โดยการเลือกจากอีกผู้ผลิตหนึ่งได้ โดยที่แบร์ริงที่เลือกจากผู้ผลิตทั้งสองยังคงมีขนาดเท่ากัน ถึงแม้ว่าสมาคม AFBMA ได้วางมาตรฐานวิธีการเลือกแบร์ริงตามความต้องการของการรับแรงและอายุการใช้งานเอาไว้ แต่ก็ยังมีผู้ผลิตที่มีการวางมาตรฐานการเลือกแบร์ริงของตนเองแตกต่างออกไปจากของ AFBMA แต่อย่างไรก็ตามแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตก็มีข้อมูลเพียงพอที่จะให้ทำการเปลี่ยนค่ามาเปรียบเทียบกับค่าของ AFBMA ได้

ข้อดีของโรลลิ่งแบร์ริงเปรียบเทียบกับเจอร์นัลแบร์ริง

1. มีความเสียดทานขณะสตาร์ทน้อย (low starting friction torque) จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง
2. ง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขมันหรือจาระบี มาจากโรงงานด้วยแล้วเกือบจะไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย
3. ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย
4. ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (axial space) น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สามารถรับแรงรูน (thrust load) และแรงในแนวรัศมี (radial load) ได้พร้อมกัน ยกเว้นโรลลิ่งเบร้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรง (straight roller bearing) สำหรับเจอร์นัลเบร้งรับแรงได้เฉพาะในแนวรัศมีเท่านั้น
6. สามารถที่จะทราบได้ว่าเบร้งกำลังจะเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดังซึ่งผิดไปจากปกติ
7. มีเคลียร์รันช์น้อยมากจึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เฟืองและลูกเบี้ยว เป็นต้น
8. สามารถใช้รองรับเพลานในตำแหน่งใดๆ เช่น ใช้รองรับเพลาน ซึ่งวางเรียงเป็นมุมกับแนวระดับ เป็นต้น
9. ทำการติดตั้งได้ง่าย

ข้อเสียของโรลลิ่งเบร้งเปรียบเทียบกับเจอร์นัลเบร้ง

1. ใช้เนื้อที่ทางด้านรัศมี (radial space) มากกว่า
2. โดยปกติแล้วราคาแพงกว่า
3. ขณะทำงานจะมีเสียงดังกว่า เนื่องจากการสัมผัสระหว่างผิวของลูกกลิ้งและวงแหวนบ้างในบางขณะ
4. อายุการใช้งานสั้นกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าสูงและกระทำซ้ำกัน (repeated load) จึงทำให้วัสดุเกิดความล้า
5. เมื่อมีแรงกระทำทำให้อายุการใช้งานลดลงได้มาก

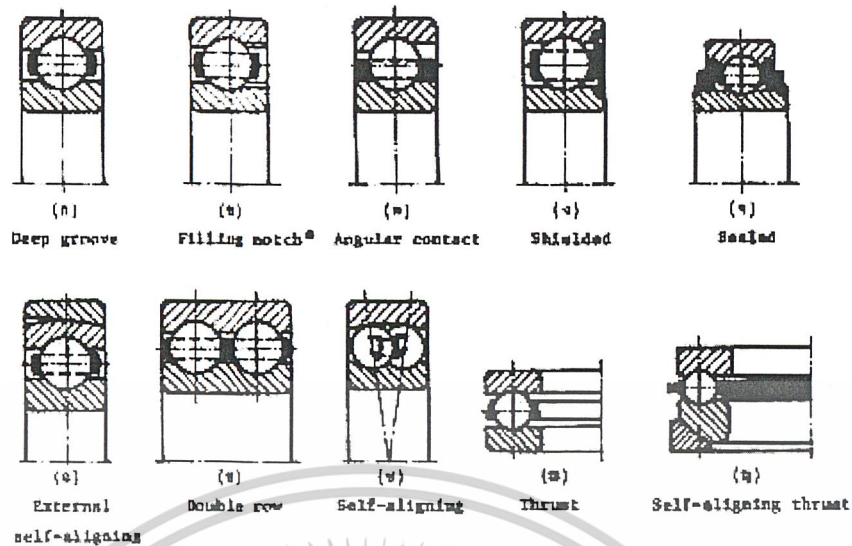
2.2.4.1 ชนิดของบอลเบร้ง

โดยทั่วไปแล้วโรลลิ่งเบร้งจะแบ่งออกเป็นสองพวกใหญ่ๆ คือ บอลเบร้งซึ่งมีลูกกลิ้ง (rolling element) เป็นรูปทรงกลม และโรลเลอร์เบร้ง (rolling bearing) ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกระบอกตรง (straight roller) หรือเป็นรูปทรงกระบอกเรียวก็ได้ (tapered roller) โดยปกติแล้วเบร้งเหล่านี้จะรับแรงได้ทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรูน ยกเว้นโรลเลอร์เบร้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงเท่านั้นเบร้งทั้งสองพวกนี้ยังแยกออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังที่ได้แสดงไว้ในรูป 2.7 ซึ่งจะกล่าวถึงคุณลักษณะของเบร้งแต่ละชนิดโดยสังเขป ดังต่อไปนี้

บอลเบร้งชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก (single-row deep-groove) เป็นเบร้งชนิดที่มีการใช้งานมากที่สุด ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งทรงกลม ดังรูป 2.7 (ก) สามารถรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมีและในแนวแกน (แรงรูน)

บอลเบร้งชนิด angular contact ดังรูป 2.7 (ค) เป็นเบร้งที่ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกนซึ่งมีค่าสูงๆ โดยมีมุมสัมผัส (contact angle) ต่างๆกัน เมื่อมุมสัมผัสเพิ่มขึ้น เบร้งก็สามารถที่จะรับแรงในแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลงในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงในแนวแกนสองทิศทางก็ให้ใช้แบบมีลูกกลิ้งสองแถว (double row) ดังรูป 2.7 (ข) หรือใช้เบร้งสองอันหันหน้าเข้าหากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

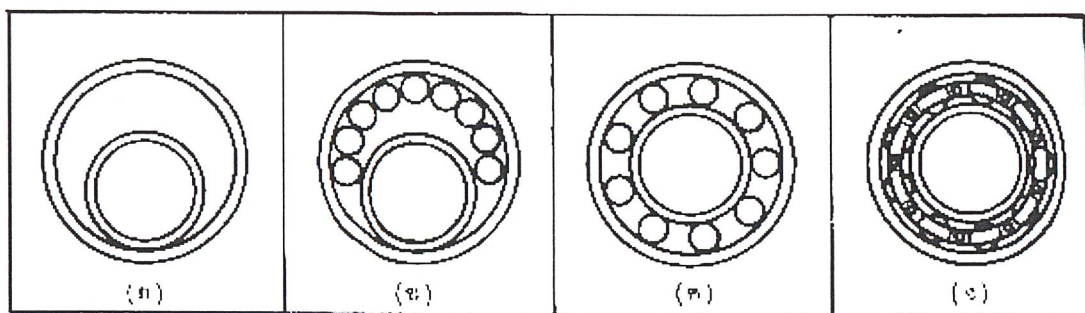


รูป 2.7 บอลเบริงต่างๆ

บอลเบริงชนิดปรับแนวได้เอง (self-aligning) ออกแบบสำหรับใช้ในกรณีที่เพลลาอาจจะมีการเอียงแนวเป็นมุมค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูป 2.7 (ฉ) และ 2.7 (ซ) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายใน ซึ่งอาศัยผิวทรงกลมของวงแหวนนอกในการช่วยปรับมุม ส่วนเบริงในรูปที่ 2.7 (ข) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายนอก สามารถปรับมุมได้สูงมากโดยการเสียดสีในผิวด้านนอกของวงแหวนนอกให้รับกับผิวหน้าของตัวรับเบริง (bearing housing) บอลเบริงกันรุนปรับแนวเองได้ (self-aligning thrust) ดังรูปที่ 2.7 (ฅ) ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกน ในกรณีที่เพลลาอาจมีการเอียงแนวเกิดขึ้น

2.2.4.2 การบรรจุลูกกลิ้ง

การบรรจุลูกกลิ้งลงในรางของวงแหวนทำได้ 4 ขั้นตอน ดังรูป 2.8 โดยเริ่มต้นจากการใส่วงแหวนในลงไปในช่วงแหวนนอก ดังรูป 2.8 (ก) จากนั้นจึงใส่ลูกกลิ้งลงในช่องว่างดังรูป 2.8 (ข) แล้วจึงเลื่อนวงแหวนในให้อยู่ในตำแหน่งดังรูป 2.8 (ค) สุดท้ายจึงใส่โลหะคั่นลงไปในช่วงระหว่างวงแหวนครอบลูกกลิ้งทุกลูกไว้ เพื่อให้ตำแหน่งของลูกกลิ้งอยู่ห่างกันสม่ำเสมอ ดังรูป 2.8 (ง) แต่เมื่อต้องการจะให้บอลเบริงรับแรงได้มากขึ้นก็จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนลูกกลิ้งให้ได้มากกว่าเดิม ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องตัดผิวหน้าของวงแหวนด้านหนึ่งให้เป็นช่องเพื่อใส่ลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นอีก ดังในรูป 2.8 (จ)

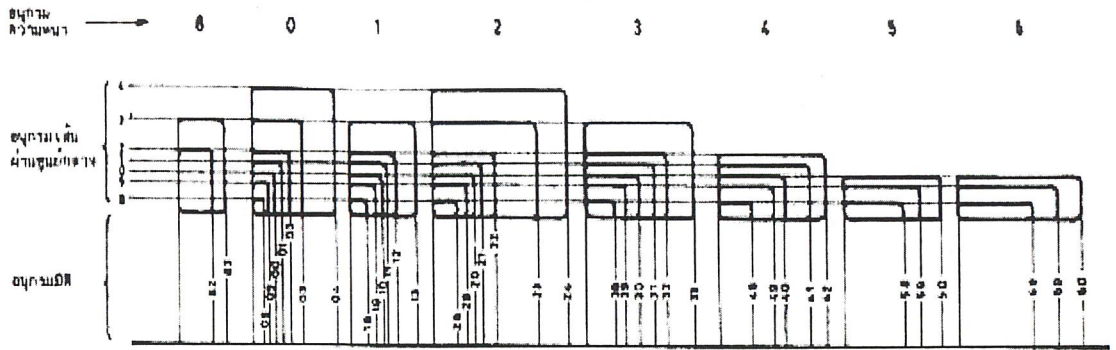


รูปที่ 2.8 ขั้นตอนในการประกอบบอลเบริงชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก

2.2.4.3 มิติมาตรฐานของโรลลิงเบริง

การกำหนดมาตรฐานของเบริงทำให้ผู้ผลิตสามารถที่จะผลิตเบริงได้ราคาถูกลงทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก และทำให้การดูแลรักษาตลอดจนการเก็บเบริงสำรองสามารถกระทำได้ง่ายขึ้นด้วยเหตุนี้เองสมาคม AFBMA ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์มาตรฐานของเบริงชนิดต่างๆ จึงร่วมกับสมาคมเกี่ยวกับโรลลิงเบริงอื่นๆ จัดทำมาตรฐานให้เข้ากับขององค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) มาตรฐานนี้จะบอกถึงมิติภายนอกของเบริง คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก-ภายใน และความหนาส่วนมิติภายในเบริงให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตจะออกแบบ

มาตรฐานดังกล่าวนี้จะเห็นได้จากรูป 2.9 ซึ่งประกอบด้วยอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง เรียงเบอร์จาก 8 9 0 1 2 3 และ 4 โดยอนุกรม 8 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุด และอนุกรม 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุด ส่วนความหนายอกได้ด้วยอนุกรมความหนา เรียงเบอร์จาก 8 0 1 2 3 4 5 และ 6 โดยที่อนุกรม 8 บางที่สุด และอนุกรม 6 หนาที่สุด ดังนั้นมาตรฐานของเบริงจึงบอกได้โดยรวมเบอร์ของอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง กับอนุกรมความหนาเข้าด้วยกัน เรียกว่าอนุกรมมิติ โดยที่เลขตัวแรกแทนอนุกรมความหนา และเลขตัวที่สองแทนอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่นเบริงที่อยู่ในอนุกรมมิติ 03 หมายถึง เบริงที่มีอนุกรมความหนา 0 และอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เป็นต้น จากรูป 2.9 จะเห็นได้ว่าผู้ออกแบบเครื่องจักรกลสามารถที่จะเลือกใช้เบริงที่มีความหนาตามความต้องการได้ โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเปลี่ยนไปเป็นขนาดต่างๆ กัน ในทางกลับกัน ถ้ากำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (คือการกำหนดอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง) ก็สามารรถที่จะเลือกเบริงที่มีความหนาต่างๆ กันได้



รูปที่ 2.9 ขอบเขตของมิติสำหรับอนุกรมมิติของแบริ่งต่างๆ

2.2.4.4 ความเสียหายของโรลลิ่งแบริ่ง

ความเสียหายของ โรลลิ่งแบริ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างลูกกลิ้งและรางบนวงแหวนค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหายสำหรับแบริ่งบางชนิด ดูได้จากตารางที่ 2.6

ชนิดของแบริ่ง	ขณะเริ่มทำงาน		ขณะทำงาน	
	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน
บอลแบริ่ง	0.0025	0.0060	0.0015	0.0040
Spherical roller bearing	0.0030	0.1200	0.0018	0.0080
Cylindrical roller bearing	0.0020		0.0011	

ตารางที่ 2.6 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหาย

โดยปกติแล้วค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ แรง ความเร็ว การหล่อลื่น และซีลของแบริ่ง (bearing seal) ดังนั้นในกรณีที่ผู้ออกแบบเห็นว่า ความเสียหายในแบริ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรกลที่กำลังออกแบบอยู่ ก็ควรที่จะปรึกษากับผู้ผลิตโดยตรง

ถึงแม้ว่าความเสียหายนี้จะมีความสำคัญน้อยมากสำหรับงานทั่วไป แต่สมการทางทฤษฎีที่ใช้สำหรับคำนวณหาพลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความเสียหาย ซึ่งควรทราบไว้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_p = \frac{2\pi nT}{60} = \frac{\pi f F_r d n}{60}$$

หรือ

$$W_p = \frac{\pi f F_a d n}{60} \quad (2.12)$$

โดยที่ W_p = กำลังงานเป็น W
 T = โมเมนต์บิดเนื่องจากความเสียดทาน เป็น Nm
 n = ความเร็วรอบของเพลเป็น rpm
 d = ขนาดรูสวม (bore) ของแบริ่งเป็น m
 F_r = แรงที่กระทำกับแบริ่งในแนวรัศมีเป็น N
 F_a = แรงที่กระทำกับแบริ่งในแนวแกนเป็น N
 f = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

สำหรับกำลังงานที่มีหน่วยเป็นกำลังม้าซึ่งยังมีการใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย ก็จะคำนวณได้จากสม

การ

$$hp = \frac{Tn}{63000} = \frac{fF_r d n}{126000} \quad (2.13)$$

โดยที่ F_r มีหน่วยเป็น lb และ d มีหน่วยเป็น in.

2.2.4.5 อายุใช้งานของแบริ่ง

แบริ่งที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่น หรือผงต่าง ๆ และไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงมากจนเกินความสามารถที่แบริ่งจะรับไว้ได้แล้วแบริ่งจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุแบริ่งเท่านั้น ดังจะเห็นได้ว่าแบริ่งที่เสียหายมีเศษผลโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย ดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวนจึงมีค่าสูงเข้าใกล้ความเค้นของเฮิร์ซ (ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการหาและที่มาของความเค้นเฮิร์ซ ซึ่งต้องใช้ทฤษฎีทาง อีลาสติซิตี) ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปรอบวงแหวน วัสดุส่วนที่รับแรงของแบริ่งจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่มีค่าเปลี่ยนจากศูนย์ไปยังค่าสูงสุดแล้วกลับลงมาเป็นศูนย์ (repeated stress) อยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากค่าความเค้นนี้สูงกว่าขีดจำกัดความทนทาน (endurance limit) ของวัสดุแบริ่ง ดังนั้นจึงเกิดการเสียหายขึ้นโดยความล้าซึ่งก็แสดงว่า อายุใช้งานของแบริ่งมีระยะเวลาจำกัด ขึ้นอยู่กับค่าของความเค้นที่กระทำซ้ำ จากผลการทดลองของ Lundberg ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการประเมินค่ามาตรฐานของ AFBMA พบว่า อายุใช้งาน L แปรผกผันเป็นสัดส่วนกลับกับแรงในแนวรัศมี P (ในกรณีที่มีทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรุน P จะเป็นแรงในแนวรัศมีสมมูล (equivalent radial load) ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป) นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L = \frac{1}{P^k}$$

โดยที่ค่าคงที่ $k = 3$ สำหรับบอลเบริง

$k = 10/3 \approx 3.33$ สำหรับโรลเลอร์เบริง

อายุใช้งาน L นี้มักจะนับเป็นจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วรอบของเพลอันหนึ่ง หรือนับเป็นจำนวน ล้อรอบ mr (equivalent radial load) จะได้ว่า

$$\frac{L1}{L2} = \left(\frac{P2}{P1} \right)^k$$

จะเห็นได้ว่าถ้าแรงลดลงหนึ่งเท่าแล้ว อายุใช้งานของบอลเบริงจะเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ

$$\frac{L1}{L2} = 2^3 = 8 \text{ เท่า}$$

สำหรับโรลเลอร์เบริง อายุใช้งานจะเพิ่มขึ้นอีก

$$\frac{L1}{L2} = 2^{3.33} = 10.06 \text{ เท่า}$$

ดังนั้นผู้เลือกใช้โรลเลอร์เบริงจึงต้องระมัดระวังในการคำนวณหาขนาดของแรงที่กระทำต่อเบริง ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด

2.2.4.6 การประเมินค่าอายุการใช้งานและแรง

ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการผลิตและควบคุมคุณภาพของโรลเลอร์เบริงอย่างทันสมัยแต่ก็ปรากฏว่าเบริงชนิดเดียวกันที่ผลิตออกมาภายใต้วิธีการและเครื่องมือขึ้นเดียวกันจะมีอายุการใช้งานแตกต่างกันไปมาก ทั้งนี้เนื่องจากความยากลำบากในการควบคุมความกลมของลูกกลิ้งและความเรียบของผิวหน้าลูกกลิ้ง เป็นต้น ดังนั้นอายุใช้งานที่ทางผู้ผลิตอ้างถึงจึงมีรากฐานมาจากการใช้หลักวิชาการทางด้านสถิติเข้าช่วยทางสมาคม AFBMA จึงได้ตั้งนิยามและวิธีการการเลือกเบริงขึ้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้ คือ

1. อายุการใช้งานของโรลเลอร์เบริงหมายถึงจำนวนรอบ หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่ ซึ่งเบริงหมุนได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนหรือลูกกลิ้ง
2. แรงสถิตย์ประเมิน (basic static load rating) หมายถึงแรงในแนวรัศมีที่ทำให้เกิดระยะยุบตัวของลูกกลิ้งและวงแหวนรวมกันเท่ากับ 0.0001 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง และใช้แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย c_0 ค่าของ c_0 สำหรับแบริ่งอนุกรมต่างๆ ดูได้จากตาราง ก.7 ที่ภาคผนวก ค่า c_0 นี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแบริ่ง จำนวนแฉวของลูกกลิ้งในแบริ่ง จำนวนลูกกลิ้งต่อแฉว มุมสัมผัสตลอดจนขนาดของลูกกลิ้งและวงแหวน

3. แรงพลวัตประเมิน(Basic dynamic capacity)ของ โรลลิ่งแบริ่ง หมายถึง แรงที่จะทำให้เกิดแนวรัศมีซึ่งแบริ่งที่มีลักษณะเหมือนกันจำนวนหนึ่งจะรับได้ โดยมีอายุประเมิน L_{10} เท่ากับหนึ่งล้านรอบเมื่อวงแหวนอันในเป็นตัวหมุน และวงแหวนตัวนอกอยู่นิ่งและใช้แทนด้วย C แรงพลวัตประเมินนี้มีค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดของแบริ่ง เพื่อให้รับแรงและมีอายุการใช้งานตามที่ต้องการที่แสดงไว้ในแค็ตตาล็อก (คือแรงในแนวรัศมีที่ทำให้อายุประเมินเท่ากับหนึ่งล้านรอบ)หรือในทางกลับกันเลือกแบริ่งจากแค็ตตาล็อกแล้วเปลี่ยนให้รับแรงได้เท่าตามการใช้งานจริงและคว่าอายุการใช้งานประเมินจะได้ตามอายุการใช้งานจริงหรือไม่หรือสามารถทำได้โดยสมการดังนี้

$$L_{10} = \left[\frac{C}{P} \right]^k \quad (2.14)$$

เมื่อ L_{10} = อายุการใช้งานจริงที่มีหน่วยเป็นล้านรอบ

C = แรงที่กระทำในรัศมี

P = แรงที่แบริ่งจะต้องรับ

$K = 3$ (สำหรับบอลแบริ่ง)

จากสมการนี้ทำให้ทราบว่าแบริ่งที่เลือกมาจากอายุประเมินจำนวนหนึ่งล้านรอบนั้นจะสามารถทำงานได้ที่ล้านรอบขณะใช้งานจริง

2.2.4.7 แรงสมมูล

ในการใช้งานจริง โรลลิ่งแบริ่งอาจจะรับทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนและวงแหวนในหรือนอกจะเป็นอันที่หมุนก็ได้ซึ่งก็แล้วแต่ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อีกประการหนึ่งแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตจะกำหนดให้เฉพาะอายุประเมินในทอมของแรงในแนวรัศมีเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนแรงและเงื่อนไขจากที่ใช้ทำงานจริงๆ มาให้เป็นแรงในแนวรัศมีโดยวงแหวนในเป็นตัวหมุน เรียกว่า แรงสมมูล (equivalent force) เพื่อที่จะได้ใช้ในการเลือกแบริ่งจากแค็ตตาล็อกได้ สมาคม AFBMA ได้กำหนดนิยามของแรงสมมูลไว้ดังนี้

แรงสมมูลหมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งให้กระทำต่อ โรลลิ่งแบริ่งโดยที่วงแหวนวงในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้ว จะทำให้แบริ่งมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุการใช้งานของแบริ่งที่รับแรงจริงซึ่งจะมีทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนพร้อมกัน และให้คำนวณได้จากสมการ

$$P = XVFr + YFa \quad (2.15)$$

$$\text{หรือ } P = VFr \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่	P	=	แรงสมมูล
	Fr	=	แรงในแนวรัศมี
	Fa	=	แรงในแนวแกนหรือแรงรุน
	V	=	ตัวประกอบการหมุน (rotation factor) มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุน และ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกหมุน ถ้าเป็นบอลเบริงชนิด self aligning ให้ใช้ค่าเท่ากับ 1 เสมอ
	X	=	ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี (radial load factor)
	Y	=	ตัวประกอบแรงรุน (thrust load factor)

ค่าแรงสมมูลที่ใช้ในการเลือกขนาดเบริง ให้ใช้ค่าที่ได้จากสมการ 2.15 และ 2.16 แล้วแต่ค่า P ไหนจะมากกว่า สำหรับบอลเบริงกันรุนและโรลเลอร์เบริงกันรุนแล้วให้คำนวณค่าแรงสมมูลจากสมการ 2.15 โดยให้ $V = 1$ ส่วน straight roller bearing นั้นจะใช้รับเฉพาะแรงในแนวรัศมีเท่านั้น จึงให้คำนวณแรงสมมูลจากสมการ 2.16 ค่า X และ Y สำหรับเบริงบางชนิดแสดงอยู่ในตาราง ก.10 และ ตาราง ก.8 ที่ภาคผนวก

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

1. e เป็นแรงสถิตย์ประณิน ; i เป็นจำนวนแถวของลูกกลิ้ง (สำหรับ deep groove bearing ให้ i เท่ากับ 1 เสมอ)
2. สำหรับ single row bearing เมื่อ $F_a / V F_r < e$ ใช้ $X = 1$ และ $Y = 0$ เมื่อคำนวณหาแรงสมมูลของเบริงคู่ซึ่งเป็น single-row angular contact ball bearing ติดตั้งแบบหันหน้าชนกันและหันหลังชนกัน ให้ถือว่าเป็น double-row angular contact ball bearing ถ้าติดตั้งแบบเรียงตามกันให้ถือว่าเป็นแต่ละอันเป็น single-row angular contact ball bearing
3. ให้ถือว่าเป็น double-row angular contact ball มีความสมมาตร (symmetry)
4. ค่า F_a / C_o สูงสุดขึ้นอยู่กับารออกแบบเบริง
5. สำหรับ $e = 0$; $F_a = 0$ และ $X = 1$

2.2.4.8 ตัวประกอบใช้งาน

แรงที่กระทำต่อเบริงจะได้รับการส่งทอดมาจากชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ ซึ่งอาจจะมีคุณสมบัติที่อ่อนนุ่มต่างกันไป อันอาจจะเป็นเหตุให้เบริงเสียหายเร็วขึ้นดังนั้นในการเลือกเบริงจึงควรที่จะเพิ่มค่าแรงสมมูลเสียก่อน ตัวประกอบเหล่านี้ได้มาจากประสบการณ์อันยาวนานของผู้ออกแบบเครื่องจักรกลเป็นจำนวนมาก เรียกว่า ตัวประกอบใช้งาน (service factor) และได้แสดงไว้ในตารางที่ ก.8 , ตารางที่ ก.9 ที่ภาคผนวก ซึ่งประกอบด้วยตัวประกอบของการกระแทก (impact factor) ตัวประกอบของสายพาน (belt factor) และตัวประกอบของเฟือง (gear factor) ซึ่งรวมเรียกว่า ตัวประกอบใช้งาน N_s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.9 อายุใช้งานโดยสังเขป

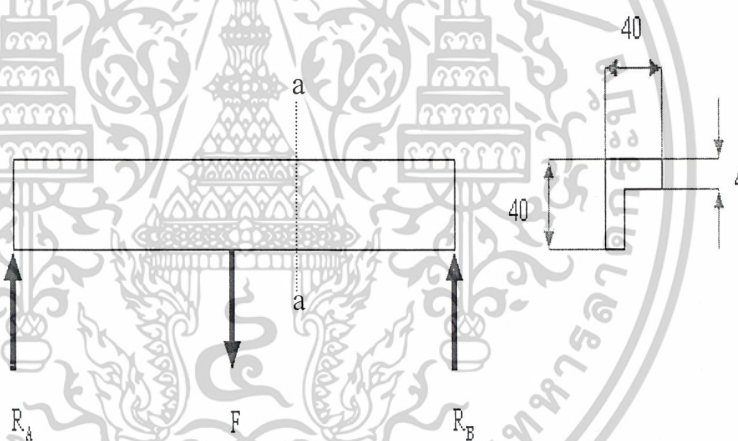
ในการเลือกใช้แบร็ริง ผู้ออกแบบเครื่องจักรกลจะต้องทราบว่า แรงที่กระทำต่อแบร็ริงมีค่าเท่าใด และอายุใช้งานของแบร็ริงจะนานเท่าใด ตารางที่ ก.11 ที่ภาคผนวก แสดงถึงอายุใช้งานของแบร็ริงในเครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้เลือกใช้แบร็ริง

2.2.5 การคำนวณโครงสร้าง

2.2.5.1 การออกแบบคาน

การออกแบบคานจัดว่าเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะคานทำหน้าที่รับน้ำหนัก ไม่ว่าจะเป็นความเค้นดัด (bending stress) และการยุบตัว ซึ่งความเค้นดัดที่เกิดขึ้นจะเกิดที่ผิวนอกสุดจะเป็นตำแหน่งที่มีความเค้นดัดสูงมากที่สุด จึงต้องมีความแข็งแรง เป็นองค์ประกอบหลัก

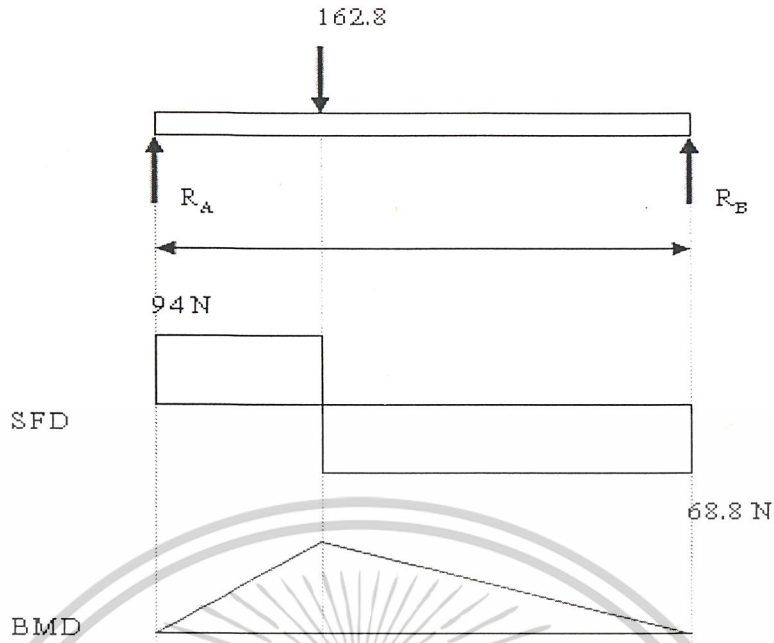
จากรูปที่ 2.10 เป็นรูปที่แสดง Free Body Diagram ของคาน ซึ่งมีแรงกระทำเป็นจุด มีจุดรองรับแรงปฏิกิริยา 2 จุดคือ R_A และ R_B ที่ส่วนตัด $a-a$ แบ่งคานออกเป็นสองส่วน ในสภาพสมดุลของส่วนตัดแต่ละด้านจำเป็นต้องมีแรงเฉือนด้าน (Resisting Shear, V) และโมเมนต์ด้าน (Resisting Moment, M) กระทำ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 Free Body Diagram ของคาน

แผนภาพแรงเฉือน (Shearing Force Diagram) และแผนภาพ โมเมนต์ดัด (Bending Moment Diagram) ในคานที่เกิดขึ้นในคานกับชนิดของแรงกระทำ ถ้าเป็นแรงที่กระทำบนคานเป็นแรงกระทำจุด (Concentrated) ให้พิจารณารูปที่ 2.11 โดยมีแรง F กระทำเป็นจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แผนภาพแรงเฉือน (Shearing Force Diagram)

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \tag{2.17}$$

เมื่อ σ = ค่าความเค้นในคาน (Mpa)

M = Moment ที่เกิดขึ้นในคาน (N.m)

c = รัศมีของคาน (m)

b = ความกว้างของคาน (m)

h = ความสูงของคาน (m)

t = ความหนาของคาน (m)

I = ค่า Moment of inertia (m⁴)

โดยทั่วไปความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในคานจะมีค่าน้อยมาก จนกระทั่งไม่ต้องนำมาคิดในการออกแบบ แต่ถ้าคานสั้นและมีพื้นที่หน้าตัดสูง ความเค้นเฉือนก็จะมีความสำคัญ สำหรับคานที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความเค้นเฉือนสูงสุดจะเกิดในแกนสะเทิน และมีค่า 1.5 เท่าของความเค้นเฉือนเฉลี่ยหรือเท่ากับ

$$\tau = 3V/2A \tag{2.18}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับหน้าตัดกลม

$$\tau = 4V/3A \quad (2.19)$$

เมื่อ $V =$ แรงเฉือนสูงสุด
 $A =$ พื้นที่หน้าตัด

ตัวประกอบของความปลอดภัย (Factor of safety)

โดยทั่วไปค่าความปลอดภัยหมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านทานแรงดึงหรือความต้านแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นใช้งาน (working stress) ในชิ้นส่วนที่กำลังออกแบบ ซึ่งเรียกสั้นๆว่า ความเค้นใช้งาน โดยมีสมการ ดังนี้

$$N_u = \frac{\sigma_u}{\sigma_d} = \frac{\text{ความต้านแรงดึง}}{\text{ความเค้นที่คำนวณได้}} \quad (2.20)$$

$$N_y = \frac{\sigma_y}{\sigma_d} = \frac{\text{ความต้านแรงดึงคราก}}{\text{ความเค้นที่คำนวณได้}} \quad (2.21)$$

ค่าความปลอดภัยจะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงาน
2. ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวข้องกับภารกิจที่จะสูญเสียชีวิต หรือทรัพย์สินสมบัติจำนวนมากหรือไม่
3. นำหนักของชิ้นงานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเบาที่สุดหรือไม่
4. จำนวนชิ้นงานที่ผลิตออกมา ถ้าผลิตออกมากครั้งละมาก ๆ ควรระวังในการใช้ค่าความปลอดภัยทั้งนี้เพื่อจะได้ประหยัดวัสดุให้ได้มากที่สุด
5. เนื้อวัสดุที่ผลิตออกมาอาจจะไม่สม่ำเสมอจนทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน

ค่าความปลอดภัยสามารถดูได้จากตารางที่ ก.6 ที่ภาคผนวก เป็นตารางสำหรับผู้ที่มีความชำนาญในการออกแบบน้อย ก็อาจจะใช้ค่าที่แนะนำในตารางได้

2.2.5.2 การออกแบบโครงสร้างของเสา (Columns)

ในการออกแบบเสาหรือชิ้นงาน มีความจำเป็นที่จะต้องความแข็งแรง และระยะ โกงที่มีเสถียรภาพด้วยในการหาความแข็งแรงของเสาจะกำหนดให้สิ่งต่างๆ อยู่ในสภาวะสมดุลในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยใช้ภาระกดเป็นหลัก การให้ภาระมากเกินไปเป็นเหตุให้ชิ้นส่วนเกิดการ โค้งงอไปจากเดิม โดยส่วนใหญ่ ชิ้นส่วนที่รับแรงกดในแนวแกน ซึ่งเป็นในแนวตั้งตามสัดส่วนความสูง โดยเฉพาะ เสา และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโก่งงอที่ปรากฏขึ้น เรียกว่า Buckling บ่อยครั้งที่เกิดความเสียหายกับ โครงสร้าง และเป็นผลให้การออกแบบของเสาควรได้รับการพิจารณาเป็นพิเศษ สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$P_{cr} = \frac{C\pi^2 EI}{L^2} \quad (2.22)$$

$$n_d = \frac{P_{cr}}{F} \quad (2.23)$$

เมื่อ P_{cr} = Critical load

n_d = Factor of safety

F = น้ำหนักที่กระทำกับเสา (N)

C = recommended value มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{4}$

E = Modulus of elasticity มีค่าเท่ากับ 207 GPa

l = ความสูงของเสา (m)

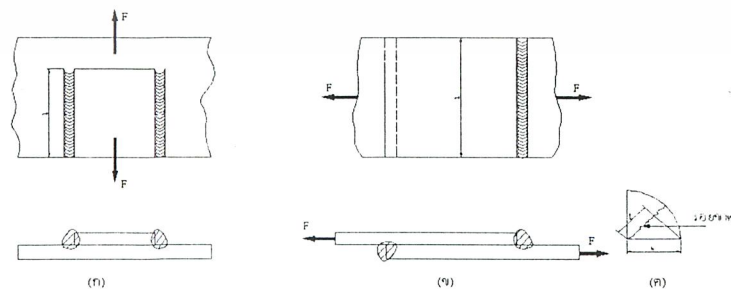
I = Moment of inertia (m^4)

2.2.5.3 งานเชื่อม (Welding Joint)

งานเชื่อมคือ กระบวนการที่นำชิ้นส่วน 2 ชิ้นมาทำให้ติดกัน โดยความร้อน ในการคำนวณเกี่ยวกับรอยเชื่อม มักจะมีค่าด้านทานแรงดึงครากแทนที่จะเป็นแรงต้านทานแรงดึงสูงสุดที่โลหะของลวดเชื่อมจะรับได้ ในทางปฏิบัติ ผู้ออกแบบจะต้องทราบค่าความเค้นดึงคราก ของลวดเชื่อมชนิดต่างๆ ที่จะนำไปใช้ โดยผู้ผลิตจะเป็นผู้ให้รายละเอียดนี้ สำหรับในที่นี้ แนะนำให้ใช้ค่า

$$\sigma_y = 0.82 \sigma_u \quad (2.24)$$

ส่วนค่าความเค้นเฉือนครากก็ยังคงใช้ค่าประมาณ $\tau_y = 0.6 \sigma_y$ นอกเสียจากว่า จะใช้ทฤษฎีความเสียหายประกอบกับการคำนวณก็ให้ใช้ค่าความต้านทานแรงเฉือนครากตามทฤษฎีนั้นๆ



รูปที่ 2.12 แสดงรอยเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่รอยเชื่อมมุม รับแรงเฉือนตามรูปที่ 2.12 (ก) รอยเชื่อมมักจะขาดในแนวของคอดังในรูปที่ 2.12 (ข) ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณก็คือพื้นที่ของรอยเชื่อมที่คอด ถึงแม้ว่ารอยเชื่อมจะมีรอยนูนเสริมขึ้นมา ซึ่งจะช่วยเพิ่มกำลังของรอยเชื่อมเข้าไปอีก แต่ก็ไม่ได้นำมาใช้ในการคำนวณหาความแข็งแรงของรอยเชื่อม จากรูปที่ 2.12 (ค) จะเห็นได้ว่า

$$t = h \cos 45^\circ \quad (2.25)$$

ดังนั้นแรง F ที่รอยเชื่อม ควรรับได้คือ

$$F = \frac{\tau_y 2tL}{N} \quad (2.26)$$

2.2.6 การเลือกใช้วัสดุ

การเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ จึงจำเป็นจะต้องศึกษาหรือพิจารณาจากคุณสมบัติวัสดุนั้นให้ตรงกับงานที่จะออกแบบ ดังนั้นใน โครงงานฉบับนี้จะเลือกใช้วัสดุที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ในการสร้าง

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Carbon Steel) หมายถึงเหล็กกล้าที่มีส่วนประสมของคาร์บอนเป็นหลัก แต่ก็มีสารอื่นประสมอยู่ด้วย ซึ่งสารเหล่านี้คิดมากลับเนื้อเหล็กแต่เริ่มการผลิตจากสินแร่ เช่น ซิลิคอน ฟอสฟอรัส กำมะถัน เป็นต้น เหล็กกล้าคาร์บอนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel)
2. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel)
3. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel)

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) หมายถึง เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.3 % คุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ คือเหนียว แต่มาแข็งแรงนัก สามารถนำไปกลึง กัด ไส ได้ง่าย นอกจากนี้ยังเป็นเหล็กที่อ่อน สามารถรีดหรือตีเป็นแผ่นได้ง่าย เหล็กชนิดนี้เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการความเค้นแรงดึงสูง นอกจากนี้เหล็กชนิดนี้ไม่สามารถที่จะนำมาชุบแข็งหรือชุบผิวแข็งได้ แต่ถ้าต้องการชุบแข็งจะต้องใช้วิธีเติมคาร์บอนที่ผิวก่อน เพราะมีคาร์บอนน้อย

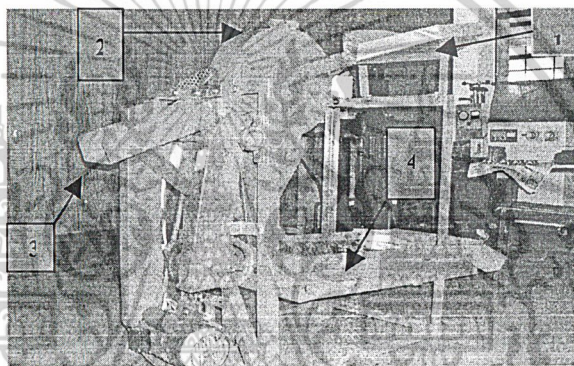
บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

3.1 แนวความคิดในการออกแบบ

3.1.1 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็ก

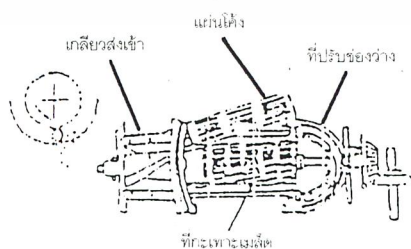
ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรไทยปลูกอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลาช้านานเพราะข้าวโพดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ฝักเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ชังข้าวโพดสามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้าได้ เป็นต้น ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงเห็นความสำคัญและได้ทำการออกแบบ HP เพื่อให้เกษตรกรมีเครื่องมือในการทำงานกะเทาะที่สะดวกและรวดเร็วและมีประสิทธิภาพแต่ราคาไม่แพงให้กับเกษตรกร



รูปที่ 3.1 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็กแบบแผ่นจานหมุน

วิธีการใช้ ใส่ฝักข้าวโพดไว้ที่ Hopper (1) แล้วทำการเปิดเครื่อง ฝักข้าวโพดจะเข้าไปที่ชุดกะเทาะ (2) เครื่องจะเริ่มทำการกะเทาะ โดยใช้หลักการของแผ่นจานหมุน แผ่นจานหมุนจะเป็นตัวกะเทาะ เมล็ดข้าวโพดที่ได้จะตกไปที่ชุดตะแกรงร่อน (4) เพื่อทำการร่อนเอาฟ่อนออก ส่วนฝักข้าวโพดจะออกทางด้านช่องทางออกของฝักข้าวโพด (3)

3.1.2 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกระบอง



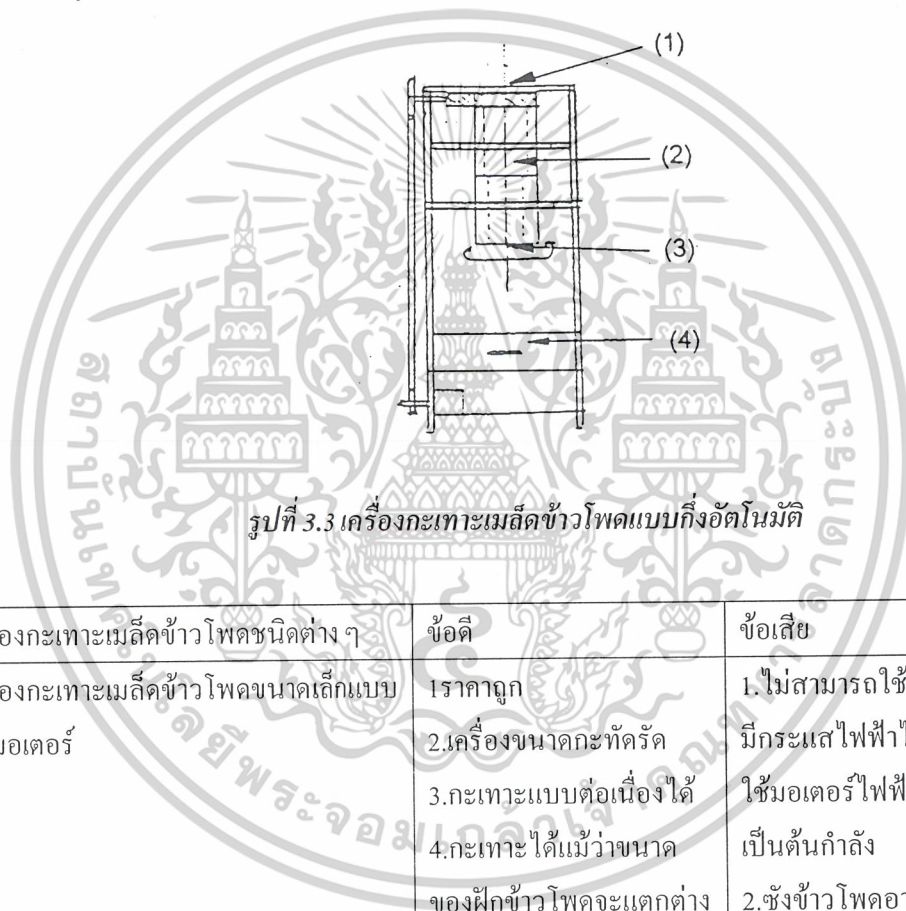
รูปที่ 3.2 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกระบอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้งาน เมื่อบริษัทนำฝักข้าวโพดใส่เข้าไปในถังปั่นข้าวโพด เมื่อเครื่องเริ่มทำงานข้าวโพดจะถูกปั่นในถังทรงกระบอกที่มีร่องแบบสว่านและมีตะแกรงรอบ ๆ จนเมล็ดข้าวโพดถูกกะเทาะออกหมด จึงหยุดเครื่องเพื่อนำซังออก

3.1.3 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกึ่งอัตโนมัติ

วิธีการใช้งานเปิดเครื่องทำการป้อนเมล็ดข้าวโพดจากด้านบน (1) ที่ละฝัก โดยใช้มือกดฝักข้าวโพดให้เข้าไปในชุดกะเทาะ(2)ภายในชุดกะเทาะมีฟันซึ่งกำลังหมุน โดยรับกำลังมาจากมอเตอร์เพื่อทำหน้าที่กะเทาะเมล็ดข้าวโพด เมล็ดที่ถูกกะเทาะออกแล้วจะหลุดลงทางด้านล่าง (3) พร้อมกับซังที่ถูกกะเทาะจนหมดลงไปสู่ถังเก็บ (4) เช่นเดียวกัน



รูปที่ 3.3 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกึ่งอัตโนมัติ

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดชนิดต่าง ๆ	ข้อดี	ข้อเสีย
เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็กแบบใช้มอเตอร์	1.ราคาถูก 2.เครื่องขนาดกะทัดรัด 3.กะเทาะแบบต่อเนื่องได้ 4.กะเทาะได้แม้ว่าขนาดของฝักข้าวโพดจะแตกต่างกันมาก 5.กะเทาะได้ปริมาณมากในเวลาทีน้อย	1.ไม่สามารถใช้ในพื้นที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าได้เนื่องจากใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นต้นกำลัง 2.ซังข้าวโพดอาจจะได้รับความเสียหายเนื่องจากการกะเทาะ
เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกระบอก	1.เครื่องขนาดกะทัดรัด 2.ราคาถูก 3.ง่ายต่อการรักษาความสะอาด	1.ทำงานได้ไม่ต่อเนื่อง 2.เวลาทำงานมีเสียงดัง 3.ขั้นตอนการสร้างเครื่องทำได้ยาก 4.มีความยุ่งยากในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบกึ่งอัตโนมัติ	1.กะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้หมดทั้งฝัก 2.เครื่องขนาดกะทัดรัด 3.ซังข้าวโพดได้รับความเสียหายน้อย 4.ไม่มีเสียงดังขณะปฏิบัติงาน	1.กะเทาะได้ที่ละฝัก 2.ต้องใช้มือช่วยกดฝักข้าวโพดลงไป 3.ราคาไม่เหมาะสมกับปริมาณข้าวโพดที่กะเทาะได้ 4.การผลิตมีความยุ่งยาก
---	---	---

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่ได้ออกแบบไว้

สรุป ในโครงการฉบับนี้เลือกเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็กแบบใช้มอเตอร์มาเป็นเครื่องต้นแบบในการที่จะออกแบบต่อไป เนื่องจาก

- 1.มีราคาต้นทุนในการผลิตเครื่องต้นแบบในราคาที่ต่ำ
- 2.เครื่องมีขนาดเล็กกะทัดรัด
- 3.สามารถที่จะกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบต่อเนื่องได้
- 4.สามารถกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่มีขนาดฝักที่ไม่เท่ากันได้
- 5.อัตราในการกะเทาะสูง

จากบทที่ 2 เราได้ทราบถึงชนิดของอุปกรณ์ หน้าที่ ระบบการทำงาน และทฤษฎีที่สำคัญของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็กแบบมอเตอร์ไปแล้ว ในบทนี้เราพิจารณาถึงคุณสมบัติของวัสดุที่จะต้องใช้ในการผลิต เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็กแบบใช้มอเตอร์ ถ้าหากเลือกวัสดุที่ผิดประเภทอาจก่อให้เกิดความเสียหายทั้งในด้านชีวิตและทรัพย์สิน การเลือกวัสดุที่ดีเกินไปทำให้ต้นทุนในการผลิตนั้นสูงตามไปด้วยการเลือกต้นทุนในส่วน of วัสดุ นั้น ต้องคำนึงถึงค่าความปลอดภัย และความเหมาะสมในการทำงาน รวมทั้งการรับโหลดต่างๆ ที่เกิดขึ้นด้วย

สำหรับการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็กแบบใช้มอเตอร์จำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสม ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยชิ้นส่วนที่สำคัญดังกล่าวประกอบไปด้วย

- 1.มอเตอร์
- 2.ระบบส่งผ่านกำลัง
- 3.เพลลา
- 4.แบริ่ง
- 5.โครงสร้าง
- 6.รอยเชื่อมต่อ

วัสดุอื่นๆนอกเหนือจากนี้สามารถจะเลือกใช้ที่มีขายในท้องตลาดได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสั่งทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์ (Motor)

3.2.1 การทดลองหา Torque ของชุดกะเทาะ

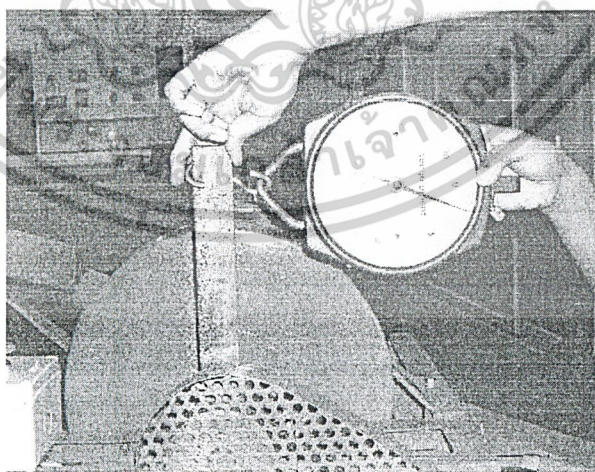
การทดสอบหา Torque นั้นเพื่อใช้ในการคำนวณหาขนาดมอเตอร์ เนื่องจากเราสามารถทราบค่า Torque ในขั้นต้นของการกะเทาะได้ ดังนั้นจึงได้มีการทำชุดทดลองในการทดสอบหา Torque แทนการคำนวณ เนื่องจากเราสามารถคำนวณได้ว่าชุดกะเทาะเราต้องใช้ Torque เริ่มต้นเท่าไร เพราะคิดตัวแปรหลายอย่างเช่น การเรียงตัวของข้าวโพดในแต่ละฝัก ความเหนียวของข้าวโพด ขนาดของฝักและเมล็ดข้าวโพดที่ไม่แน่นอนอน ดังนั้นเราจึงทำการทดสอบหาค่า Torque เพื่อใช้ในการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ต่อไป จุดประสงค์ เพื่อต้องการทราบค่า Torque เพื่อใช้ในการกะเทาะข้าวโพด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด
2. ดาซึ่งสปริง (สามารถวัดออกมาเป็น N.m ได้ทันที)
3. ข้าวโพดที่ใช้ในการทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. ใส่ฝักข้าวโพดลงในชุดกะเทาะ
2. ดาซึ่งสปริงมาเกี่ยวกับแกนที่ต่อกับเพลลาโดยที่แกนมีความยาว 13 cm. จึงจะสามารถวัดออกมาเป็น N.m ได้ทันที
3. ทำการดึงดาซึ่งสปริงจนกว่าเพลลาจะเริ่มหมุน แล้วทำการบันทึกผล
4. ทำการทดสอบ 3 ครั้ง ต่อ 1 ฝัก
5. ทำการทดสอบ จำนวน 16 ฝัก
6. อ่านค่าที่ได้จากดาซึ่ง แล้วใช้ค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณ เพื่อหาค่า Torque



รูปที่ 3.4 แสดงวิธีการหา Torque

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝักที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ฝักที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	3.1	2.9	2.8	9	4.1	4.3	4.0
2	3.5	3.3	3.0	10	3.1	3.1	3.1
3	3.3	3.1	2.8	11	3.4	3.0	2.8
4	3.0	3.3	3.3	12	3.9	3.0	3.2
5	3.0	2.8	2.5	13	3.9	4.1	3.9
6	4.0	3.8	3.4	14	4.5	4.1	3.8
7	3.1	3.5	3.0	15	4.8	4.5	4.3
8	3.6	3.0	3.2	16	4.1	3.7	3.0

หมายเหตุ ค่าในตารางมีหน่วยเป็น N.m

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบหาค่า Torque เริ่มต้น

3.2.2 แสดงวิธีการคำนวณ

จากตาราง 3.1 ในการทดลองทั้งหมด 16 ครั้ง Torque ที่ใช้ในการดึงมากที่สุดคือ 4.8 N.m แต่มีการคูณค่าความถี่เข้าไป 1.5 ดังนั้น ค่า Torque ที่จะใช้จริงในการคำนวณเท่ากับ 4.8×1.5 เท่ากับ 7.2 N.m ดังนั้นจึงนำค่า Torque ที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดต่อไป

จากข้อมูลรายงานการวิจัย เรื่อง MAIZE QUALITY IMPROVEMENT RESEARCH CENTRE PROJECT ซึ่งวิจัยโดย กรมวิชาการเกษตรและ JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY จะได้ความเร็วพั่นกะเทาะที่เหมาะสมคือ 5 m/s โดยที่ระดับความเร็ว จะให้ประสิทธิภาพเชิงคุณภาพในการกะเทาะสูง กล่าวคือเมล็ดจะแตกน้อยที่สุด

ข้อกำหนดในการคำนวณจากโครงสร้างที่เราได้ออกแบบให้ คือ แผ่นจานกะเทาะที่เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 280 mm และจะใช้ความเร็วที่ปลายสุดของแผ่นจานกะเทาะเท่ากับ 5 m/s

$$V = 5 \text{ m/s} = 300 \text{ m/min}$$

ความเร็วรอบของเพลาชุดกะเทาะ

$$N_1 = \frac{V}{2\pi r} = \frac{300}{2\pi(0.14)} = 340 \text{ rpm}$$

กำลังของมอเตอร์

$$\begin{aligned} W_p &= \frac{2\pi TN}{60} \\ &= \frac{2 \times \pi \times 7.2 \times 340}{60} \\ &= 256 \text{ watt} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก 1 แรงม้าเท่ากับ 746 Watt

$$W_{P(\text{กะเทาะ})} = \frac{256}{746} = 0.343 \text{ Hp}$$

ดังนั้นแรงม้าที่ใช้ในชุดกะเทาะประมาณ 0.35 Hp

หากำลังมอเตอร์ที่ชุดตะแกรงร่อน

ข้อกำหนด ให้ตะแกรงร่อนมีความถี่ในการร่อนเท่ากับ $N = 150 \text{ rpm}$

ค่า Torque ที่ใช้ในการดึงชุดกะเทาะซึ่งได้มาจากการทดสอบค่า มีค่าเท่ากับ 4.5 N.m แต่มีการคูณค่าความ

เผื่อ เท่ากับ 1.5 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในโครงสร้าง ดังนั้น $Torque = 6.75 \text{ N.m}$

กำลังมอเตอร์ที่ใช้ในชุดตะแกรงร่อน

$$W_{p\text{ ตะแกรงร่อน}} = \frac{2 \times \pi \times T \times N}{60} = 106 \text{ watt}$$

ดังนั้นแรงม้าที่ใช้ในชุดตะแกรงร่อนประมาณ 1.5 Hp

เราสามารถที่จะหากำลังมอเตอร์ที่จะใช้ทั้งหมดได้ ของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด ดังนี้

$$\begin{aligned} W_p &= W_{p\text{ กะเทาะ}} + W_{p\text{ ตะแกรง}} \\ &= 0.35 + 0.15 \\ &= 0.5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

ดังนั้น กำลังมอเตอร์ที่ใช้ ควรใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า

3.3 การคำนวณความยาวสายพาน

จากข้อมูลของการวิจัยเรื่อง MAIZE QUALITY IMPROVEMENT RESEACH CENTRE PROJECT ซึ่งวิจัยโดย กรมวิชาการเกษตร ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในการคำนวณหากำลังของมอเตอร์ แต่เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่เราได้สร้างขึ้น สามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วรอบ 220 rpm ซึ่งความเร็วรอบนี้ได้มาจากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง ซึ่งเราจะกล่าวอีกครั้งในบทที่ 4

แต่เมื่อเราทำการสังเกต เราจะพบว่า ที่ความเร็วรอบ 220 rpm จะใช้กำลังของมอเตอร์ลดลง เพราะมีความเร็วรอบที่ลดลง ซึ่งชุดกะเทาะจะใช้กำลังมอเตอร์ลดลงเหลือ $W_p = 0.22 \text{ Hp}$

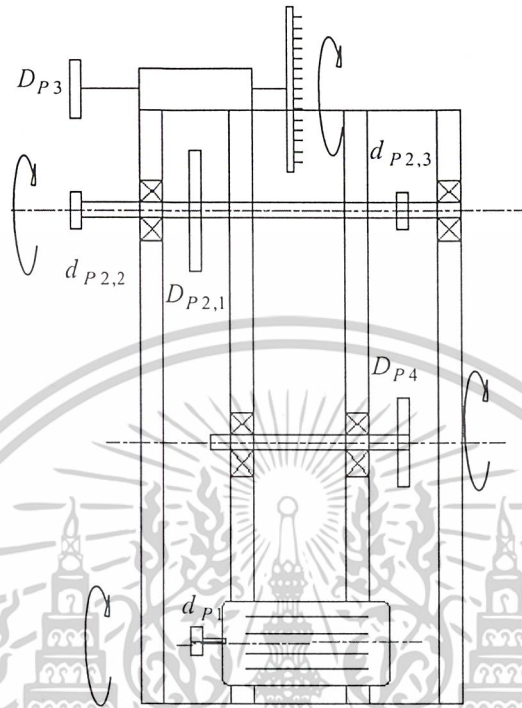
ได้มาจาก

$$W_p = \frac{2 \pi N T}{60} = \frac{2 \pi (200) (7.2)}{60} = 465.8 \text{ watt}$$

$$W_p = 0.22 \text{ Hp}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนี่เป็นข้อดีอีกข้อหนึ่งของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าว โพลแบบจานหมุนที่เราได้สร้างขึ้น
 ดังนั้นในการคำนวณหาความยาวของสายพาน จึงขอแสดงการคำนวณในความเร็วรอบ 220 rpm
 เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าว โพลมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด



รูปที่ 3.5 แสดงถึงโครงสร้างในการส่งกำลัง

เมื่อ	N_1 = ความเร็วรอบของมอเตอร์	= 1420 rpm
	N_2 = ความเร็วรอบของเพลาตัวกลาง	= 355 rpm
	N_3 = ความเร็วรอบของชุดกะเทาะ	= 220 rpm
	N_4 = ความเร็วรอบของชุดตะแกรงร่อน	= 150 rpm
	d_p = พลูเลย์ (Pulley) ตัวเล็ก	
	D_p = พลูเลย์ (Pulley) ตัวใหญ่	

เราสามารถที่จะหาขนาดของพลูเลย์ (Pulley) ได้ดังนี้

$$d_{p1} = 2 \text{ in} = 50 \text{ mm} \quad \text{กำหนดขึ้น}$$

$$D_{p2,1} = \frac{N_1}{N_2} \times d_{p1} = \frac{1420}{355} \times (2 \text{ in}) = 8 \text{ in} = 200 \text{ mm}$$

$$d_{p2,2} = 2.5 \text{ in} = 63 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d_{p2,3} = 2.5 \text{ in} = 63 \text{ mm}$$

$$D_{p3} = \frac{N_2}{N_1} \times d_{p2,2} = \frac{355}{220} \times (2.5 \text{ in}) = 4 \text{ in} = 101 \text{ mm}$$

$$D_{p4} = \frac{N_3}{N_4} \times d_{p2,3} = \frac{355}{150} \times (2.5 \text{ in}) = 6 \text{ in} = 152 \text{ mm}$$

เมื่อได้ข้อกำหนดทางด้านบนจนครบแล้วทำให้การออกแบบสายพานมีความง่ายมากขึ้นในการคำนวณ และในทางปฏิบัติ เพื่อ ไปเลือกซื้อสายพาน

3.3.1 การคำนวณหาความยาวสายพานจากมอเตอร์ถึงเพลาคัตกลาง ขั้นแรกต้องหาขนาดหน้าตัดของสายพานก่อน โดยใช้ รูปที่ ข.1

กำลังที่ใช้ส่ง
$$W_p = 0.5 \text{ Hp} \times 746 \frac{\text{watt}}{\text{Hp}} \times 10^{-3} \frac{\text{kW}}{\text{watt}} = 0.373 \text{ kW}$$

จากตารางที่ ก.1 ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.1$

ดังนั้น
$$W_p \times N_s = 0.373 (1.1) = 0.4103 \text{ kW}$$

จากรูปที่ ข.1 เลือกสายพานหน้าตัด "Z"

อัตราทด
$$m_\omega = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1420}{355} = 4$$

เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก จากตาราง ก.4 ที่ภาคผนวก

ให้
$$d_p = 50 \text{ mm}$$

$$D_p = m_\omega \times d_p = 4 \times 50 = 200 \text{ mm}$$

ใช้ค่า $C = 730 \text{ mm}$

หาความยาวพิตช์โดยประมาณจากสมการ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_p = 2(730) + 1.57(200 + 50) + \frac{(200 - 50)^2}{4(730)}$$

$$L_p = 1860 \text{ mm}$$

จากตาราง ก.3 ที่ภาคผนวก ความยาวพิชท์ที่ใช้ $L_i = 1900$

จะได้

$$L_p = L_i + 22 = 1900 + 22 = 1922 \text{ mm}$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคานาผนังได้จากสมการ

$$C = P + \sqrt{P^2 - q}$$

$$\begin{aligned} P &= 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\ &= 0.25(1922) - 0.393(200 + 50) \\ &= 382 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\ &= 0.125(200 - 50)^2 \\ &= 2812 \text{ mm} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} C &= 382 + \sqrt{(382)^2 - 2812} \\ &= 760 \text{ mm} \end{aligned}$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{200 - 50}{760} = 0.197$$

จากตาราง ก.2 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

$$N_a = 0.82$$

จากตาราง ก.3 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบความยาวแก้ไขสายพาน

$$N_L = 1.26 \quad (\text{interpolate นอกช่วง})$$

สำหรับล้อสายพานขนาด 50 mm อัตราทด $m_\omega = 4$ และ $n = 1420$ จากตาราง ก.3 จะได้

$$P_R = 0.42 \text{ kW ต่อเส้น}$$

จากสมการ

$$\begin{aligned} Z &= \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_L} \\ &= \frac{0.373 \times 1.1}{0.42 \times 0.82 \times 1.26} \\ &= 0.945 \text{ เส้น} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเลือกใช้สายพานหน้าตัด $z \times 1900 L_i$ จำนวน 1 เส้น

3.3.2 การกำหนดหาความยาวสายพานจากเพลตั่วกลางถึงเพลตั่วคละเกาะ

ขั้นแรกต้องหาขนาดหน้าตัดของสายพานก่อนโดยใช้ รูปที่ ข.1

กำลังที่ใช้ส่ง $Wp = 0.22 \times 746 \times 10^{-3} = 0.164 \text{ kW}$

จากตาราง ก.1 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.1$

ดังนั้น $Wp \times N_s = 0.164 (1.1) = 0.180 \text{ kW}$

จากรูปที่ ข.1 เลือกสายพานหน้าตัด “Z”

อัตราทด $m_\omega = \frac{n_2}{n_3} = \frac{355}{220} = 1.61$

เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก จากตาราง ก.4 ที่ภาคผนวก

ให้ $d_p = 63 \text{ mm}$

$$D_p = m_\omega \times d_p = 1.61 \times 63 = 101 \text{ mm}$$

ใช้ค่า $C = 410 \text{ mm}$

หาความยาวพิตซ์โดยประมาณจากสมการ

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

$$L_p = 2(410) + 1.57(101 + 63) + \frac{(101 - 63)^2}{4(410)}$$

$$L_p = 1078 \text{ mm}$$

จากตาราง ก.3 ที่ภาคผนวก ความยาวพิตซ์ที่ใช้ $L_i = 1105$

จะได้ $L_p = L_i + 22 = 1105 + 22 = 1127 \text{ mm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ

$$C = P + \sqrt{P^2 - q}$$

$$\begin{aligned} P &= 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\ &= 0.25(1127) - 0.393(101 + 63) \\ &= 229 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\ &= 0.125(101 - 63)^2 \\ &= 181.45 \text{ mm} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} C &= 229 + \sqrt{(229)^2 - 181.45} \\ &= 457 \text{ mm} \end{aligned}$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{101.6 - 63}{457} = 0.083$$

จากตาราง ก.2 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

$$N_a = 1$$

จากตาราง ก.3 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบความยาวแก้ไขสายพาน

$$N_L = 1.08 \quad (\text{interpolate นอกช่วง})$$

สำหรับล้อสายพานขนาด 63 mm อัตราทด $m_w = 1.61$ และ $n = 355$ จากตาราง ก.3 จะได้

$$P_R = 0.22 \text{ kW ต่อเส้น}$$

จากสมการ

$$\begin{aligned} Z &= \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_L} \\ &= \frac{0.164 \times 1.1}{0.22 \times 1 \times 1.08} \\ &= 0.759 \text{ เส้น} \end{aligned}$$

ดังนั้นเลือกใช้สายพานหน้าตัด $z \times 1105 L_i$ จำนวน 1 เส้น

3.3.3 การคำนวณหาความยาวสายพานจากเพลาทัวกลางถึงเพลาชุดตะแกรงร่อน

ขั้นแรกต้องหาขนาดหน้าตัดของสายพานก่อน โดยใช้ รูปที่ ข.1

$$\text{กำลังที่ใช้ส่ง} \quad W_p = 0.142 \times 746 \times 10^{-3} = 0.106 \text{ kW}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง ก.1 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบใช้งาน $N_S = 1.1$
 ดังนั้น $W_p \times N_S = 0.106 (1.1) = 0.1166 \text{ kW}$

จากรูปที่ ข.1 เลือกสายพานหน้าตัด “Z”

อัตราทด $m_\omega = \frac{n_2}{n_4} = \frac{355}{150} = 2.36$

เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก จากตาราง ก.4 ที่ภาคผนวก

ให้ $d_p = 63 \text{ mm}$

$$D_p = m_\omega \times d_p = 2.36 \times 63 = 150 \text{ mm}$$

ใช้ค่า $C = 390 \text{ mm}$

หาความยาวพิตซ์โดยประมาณจากสมการ

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

$$L_p = 2(390) + 1.57(150 + 63) + \frac{(150 - 63)^2}{4(390)}$$

$$L_p = 1119 \text{ mm}$$

จากตาราง ก.3 ที่ภาคผนวก ความยาวพิตซ์ที่ใช้ $L_i = 1120$

จะได้ $L_p = L_i + 22 = 1120 + 22 = 1142 \text{ mm}$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ

$$C = P + \sqrt{P^2 - q}$$

$$\begin{aligned} P &= 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\ &= 0.25(1142) - 0.393(150 + 63) \\ &= 201 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\ &= 0.125(150 - 63)^2 \\ &= 935 \text{ mm} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = 201 + \sqrt{(201^2) - 935}$$

$$= 399 \text{ mm}$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$\frac{D_P - d_P}{C} = \frac{150 - 63}{399} = 0.083$$

จากตาราง ก.2 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

$$N_a = 0.97$$

จากตาราง ก.3 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบความยาวแก้ไขสายพาน

$$N_L = 1.08 \quad (\text{interpolate นอกช่วง})$$

สำหรับล้อสายพานขนาด 63 mm อัตราทด $m_w = 2.36$ และ $n = 355$ จากตาราง ก.3 จะได้

$$P_R = 0.22 \text{ kW ต่อเส้น}$$

จากสมการ

$$Z = \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_L}$$

$$= \frac{0.106 \times 1.1}{0.22 \times 0.97 \times 1.08}$$

$$= 0.50 \text{ เส้น}$$

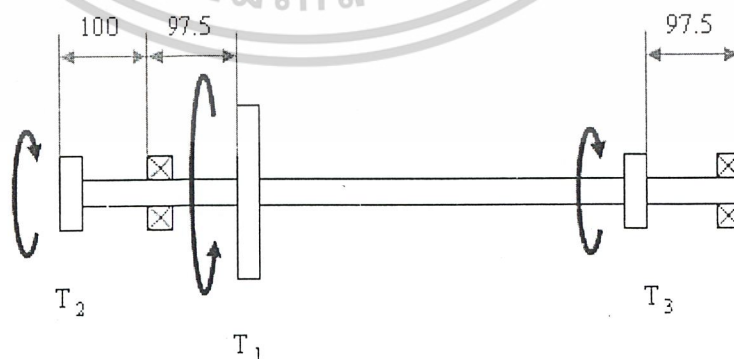
ดังนั้นเลือกใช้สายพานหน้าตัด $z \times 1120 L_1$ จำนวน 1 เส้น

3.4 กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา

3.4.1 เพลลาตัวกลาง

เลือกใช้เหล็ก st 37 ความเค้นแรงเฉือนไม่เกิน 37 N/mm^2

มอเตอร์มีขนาด $W_p = 0.5 \text{ Hp} = 373 \text{ watt}$



รูปที่ 3.6 แสดงการส่งกำลังของเพลลาตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_p = \frac{2 \pi N_2 T_1}{60} = \frac{2 \times \pi \times 355 \times T_1}{60} = 373 \text{ watt}$$

$$\therefore T = 10.03 \text{ N.m}$$

จาก

$$\frac{J}{c} = \frac{\pi c^4}{2c} = \frac{T}{\tau_{allow}}$$

$$c = \left[\frac{2T}{\pi \tau_{allow}} \right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{2 \times 10.03 \times 10^3}{\pi \times 37} \right]^{\frac{1}{3}} = 5.56 \text{ mm}$$

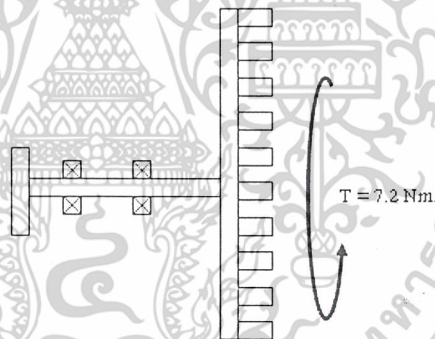
$$d = 2c = 2 \times 5.56 = 11.12 \text{ mm}$$

จากตาราง ก.6 ใช้ความปลอดภัย $F_s = 2$

ดังนั้นจะได้

$$d = 11.12 \times 2 = 22.24 \text{ ให้ใช้เป็น } 25 \text{ mm}$$

3.4.2 เฟลาชุดกะเทาะ



รูปที่ 3.7 แสดงการส่งกำลังของเฟลาชุดกะเทาะ

ค่า Torque ที่ใช้ในการคำนวณ จะเป็น Torque ที่มีค่าสูงสุดซึ่งได้มาจากการทดสอบแล้วคูณค่าความเผื่อ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในโครงสร้าง ดังนั้นค่า Torque = 7.2 N.m

ใช้เหล็ก st 37 มีความเค้นเฉือนไม่เกิน 37 N/mm^2

จากสมการ

$$\tau_{allow} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \left[\frac{16 \times (7.2 \times 10^3 \text{ N.m})}{\pi \times d^3} \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้
$$d = \left[\frac{16(7.2 \times 10^3)}{\pi \times 37} \right]^{\frac{1}{3}} = 15.48 \text{ mm}$$

ใช้ค่าความปลอดภัย $F_S = 1.5$

ดังนั้น $d = 15.48 \times 1.5 = 23.23 \approx 25 \text{ mm}$

3.4.3 เพลาคู่ตะแกรงร่อน

เมื่อ $T = 4.5 \text{ N.m}$ ได้มาจากการทดสอบแรงดึง

ใช้เหล็ก st 37 มีความเค้นเฉือนไม่เกิน 37 N/mm^2

จากสมการ
$$\tau_{allow} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \left[\frac{16 \times (4.5 \times 10^3 \text{ N.m})}{\pi \times d^3} \right]$$

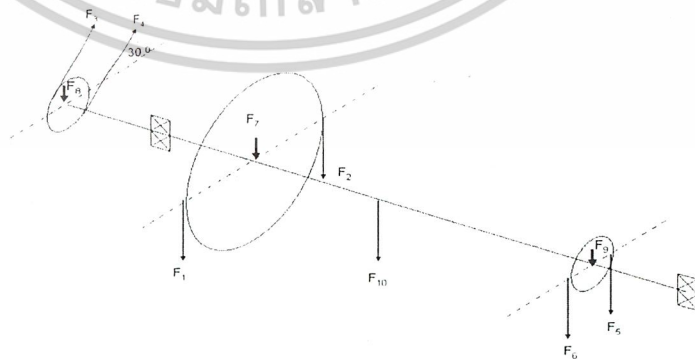
จะได้
$$d = \left[\frac{16(4.5 \times 10^3)}{\pi \times 37} \right]^{\frac{1}{3}} = 8.5 \text{ mm}$$

ใช้ค่าความปลอดภัย $F_S = 3$ เนื่องจากรับแรงกระทำจากชุดตะแกรงร่อน จากตาราง ก.6

ดังนั้น $d = 8.5 \times 3 = 25.5 \text{ mm}$ ใช้เป็น 25 mm

3.5 การออกแบบรองเพลาลูก

ในการคำนวณรองเพลาลูกนั้น เราจำเป็นต้องทราบแรงที่กระทำกับรองเพลาลูกให้ได้ก่อน ซึ่งหาได้จากสมการสมดุลแรง



รูปที่ 3.8 เพลาคู่กลาง แสดงแรงที่กระทำกับเพลาลูกโดยที่ F_1 ถึง F_6 เป็นแรงที่เกิดขึ้นจากสายพาน F_7 ถึง F_{10} เป็นแรงที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักของเพลาลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพด้านบนเราสามารถทราบอัตราส่วนแรงดึงในสายพานที่สี่สายพาน A, B และ C

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{F_3}{F_4} = \frac{F_5}{F_6} = 4$$

ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้ได้มาจาก หนังสือออกแบบเครื่องจักรกลความเร็วรอบสายพาน 355 rpm จากตาราง ก.11 อายุการใช้งานประมาณ 12,000 ชั่วโมง

$$W_p = 0.5 \text{ HP} = 373 \text{ watt} \quad (\text{ที่พลูเลย์ A})$$

$$W_p = 0.35 \text{ HP} = 261 \text{ watt} \quad (\text{ที่พลูเลย์ B})$$

$$W_p = 0.15 \text{ HP} = 112 \text{ watt} \quad (\text{ที่พลูเลย์ C})$$

จากสมการ
$$W_p = \frac{2 \pi N T}{60} \quad \text{และ} \quad W_{pA} = W_{pB} + W_{pC}$$

แทนค่า
$$W_{pA} = 373 = \frac{2 \pi (355) T_1}{60}$$

ดังนั้น
$$T_1 = 10 \text{ N.m}$$

จะได้
$$F_1 = \frac{T_1}{r_A} = \frac{10}{0.101} = 99 \text{ N}$$

$$F_2 = 24 \text{ N}$$

แทนค่า
$$W_{pB} = 261 = \frac{2 \pi (355) T_3}{60}$$

ดังนั้น
$$T_3 = 7 \text{ N.m} \quad \text{จะได้} \quad F_3 = \frac{T_3}{r_B} = \frac{7}{0.0175} = 220 \text{ N}$$

$$F_4 = 55 \text{ N}$$

แทนค่า
$$W_{pC} = 112 = \frac{2 \pi (355) T_5}{60}$$

ดังนั้น
$$T_5 = 3 \text{ N.m} \quad \text{จะได้} \quad F_5 = \frac{T_5}{r_C} = \frac{3}{0.03175} = 94 \text{ N}$$

$$F_6 = 23 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเนื่องจากน้ำหนักวัสดุที่กระทำบนจุดต่างๆ บนเพลลา
แรงเนื่องจากน้ำหนักของพลูเลย์ A

$$F = mg = \rho Vg = WV$$

เมื่อ W = น้ำหนักจำเพาะ

V = ปริมาตรของวัสดุ

จากตาราง ข.16 ค่าคงที่ทางกายภาพของวัสดุวิศวกรรม

Carbon steel มีน้ำหนักจำเพาะ (W) = 76.5 kN/m³

Cast iron มีน้ำหนักจำเพาะ (W) = 70.6 kN/m³

ปริมาตรของพลูเลย์ A

$$V_A = \frac{\pi}{4} d^2 \times t \quad \text{เมื่อ } t = \text{ความหนา}$$

$$V_A = \frac{\pi}{4} (0.203)^2 \times 0.022$$

$$= 7.12 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

แต่พลูเลย์ A เป็นวงล้อ ซึ่งไม่ใช่วงล้อตันจึงทำให้มีปริมาตรเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น

ดังนั้น

$$V_A = 7.12 \times 10^{-4} / 2 = 3.56 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

จะได้

$$F_7 = W_{\text{cast iron}} \times V_A = (70.6 \times 10^3) (3.56 \times 10^{-4}) = 25 \text{ N}$$

ปริมาตรของพลูเลย์ B

$$V_B = \frac{\pi}{4} d^2 \times t \quad \text{เมื่อ } t = \text{ความหนา}$$

$$V_B = \frac{\pi}{4} (0.063)^2 \times 0.022$$

$$= 6.85 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

จะได้

$$F_8 = W_{\text{cast iron}} \times V_B = (70.6 \times 10^3) (6.85 \times 10^{-5}) = 4.8 \text{ N}$$

ปริมาตรของพลูเลย์ C = ปริมาตรของพลูเลย์ B

$$\therefore F_9 = 4.8 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรของเพลากลาง = $\frac{\pi}{4} d^2 \times L$ เมื่อ L = ความยาวของเพล

$$V_{\text{เพล}} = \frac{\pi}{4} (0.025)^2 \times 0.645$$

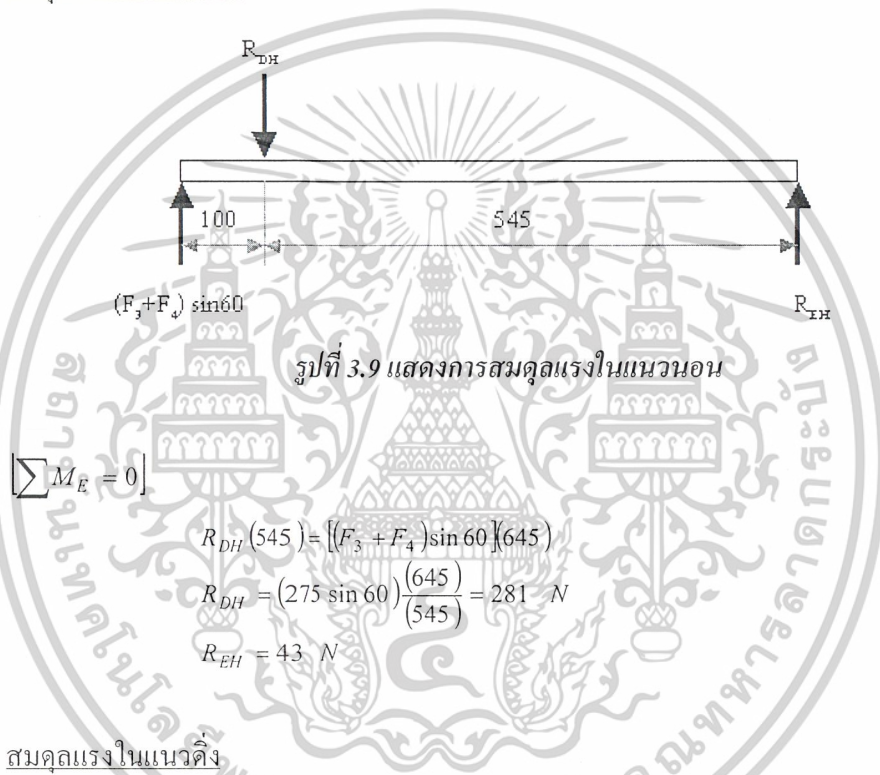
$$= 3.16 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

จะได้

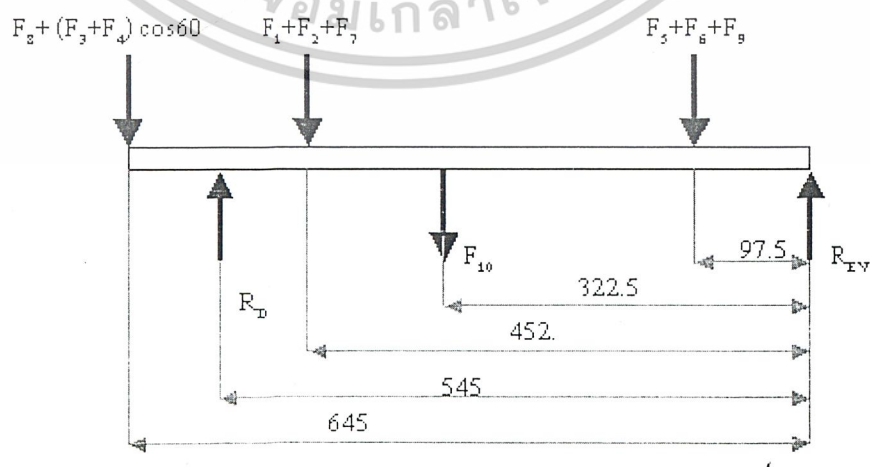
$$F_{10} = W_{\text{carbon steel}} \times V_{\text{เพล}} = (70.6 \times 10^3) (3.16 \times 10^{-4}) = 24 \text{ N}$$

เมื่อเราได้แรงที่กระทำกับเพลทั้งหมดแล้ว เราสามารถที่จะหาแรงกระทำกับเพลรองได้ โดยการ สมดุลแรงในแนวนอนและแนวตั้ง

สมดุลแรงในแนวนอน



สมดุลแรงในแนวตั้ง



รูปที่ 3.10 แสดงการสมดุลแรงในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum M_E = 0$$

$$[F_8 + (F_3 + F_4) \cos 60](645) - R_{DV}(545) + [F_1 + F_2 + F_7](447.5) + [F_{10}](322.5) + [F_5 + F_6 + F_9](97.5) = 0$$

$$[142.3](645) - R_{DV}(545) + [148](447.5) + [24](322.5) + [121.8](97.5) = 0$$

จะได้ $R_{DV} = 325 \text{ N}$

$$R_{EV} = 111 \text{ N}$$

ดังนั้น

$$R_D = \sqrt{(R_{DH})^2 + (R_{DV})^2} = \sqrt{281^2 + 325^2} = 429 \text{ N}$$

$$R_E = \sqrt{(R_{EH})^2 + (R_{EV})^2} = \sqrt{43^2 + 111^2} = 119 \text{ N}$$

ต้องการเลือกเบร้งให้ขนาดของเบร้งมีขนาดเท่ากันที่จุด D และจุด E จึงต้องเลือกคำนวณแรงที่กระทำกับ เบร้งมากที่สุด คือ เบร้ง D ซึ่งมีค่า $F_r = 429 \text{ N}$

ให้วงแหวนในเป็นตัวหมุน จะได้ $V = 1$

ให้แรงกระทำตามแนวแกน $F_a = 0$

จากสูตร

$$P = V \times F_r$$

$$P = 1 \times 429 = 429 \text{ N}$$

จากตาราง ก.11 ที่ภาคผนวก แนวทางในการเลือกอายุการใช้งาน

ให้เบร้งมีอายุใช้งาน

$$L_{10} = 12000 \text{ hr}$$

$$L_{10} = \frac{12000 \times 355 \times 60}{10^6} = 255.6 \text{ m}$$

จากสูตร

$$L_{10} = \left[\frac{C}{N_s P} \right]^k \text{ เมื่อ } k = 3$$

จากตาราง ก.9 ที่ภาคผนวก ตัวประกอบสายพาน $N_s = 2$

แทนค่า
$$255.6 = \left[\frac{C}{2 \times 0.429} \right]^3$$

จะได้ค่า $C = 5.44 \text{ kN}$

จากตารางที่ ก.7 ที่ภาคผนวก สามารถใช้เบร้ง single - row deep groove อนุกรมมิติ 02 ขนาดรูสวม 25 จะมีค่า $C_0 = 4.03 \text{ kN}$ และ $C = 9.34 \text{ kN}$ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณได้ จึงสามารถที่จะใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

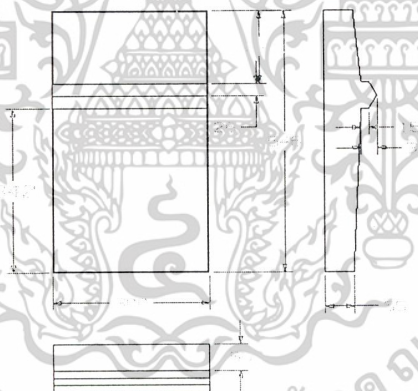
ดังนั้นเลือกแปรง single – row deep groove อนุกรม 02 ขนาดรูสวม 25 mm

ส่วนตัวรองเพลตตัวอื่นๆที่มีอยู่ในเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด มีความเร็วในการหมุน และแรงที่กระทำน้อยกว่าเพลตตัวกลาง ดังนั้นสามารถที่จะใช้ แปรง single – row deep groove อนุกรม 02 ขนาดรูสวม 25 mm สามารถที่จะใช้กับตัวรองเพลตตัวอื่นๆ ในเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้

3.6 การออกแบบถังป้อน (Hopper)



รูปที่ 3.11 แสดงการออกแบบถังป้อน



รูปที่ 3.12 ภาพฉายของถังป้อน

เนื่องจากขนาดของฝักเมล็ดข้าวโพดมีขนาดโดยประมาณ ดังนั้นมีความยาวของฝักข้าวโพดโดยประมาณ 16-17 cm ความกว้างของฝักประมาณ 4-5 cm และมีน้ำหนักต่อฝักประมาณ 150 g ในการออกแบบต้องการที่จะใส่ฝักข้าวโพดประมาณ 2 kg โดยกำหนดให้มีความเอียง 10 องศาที่ปากทางเข้าชุดกะเทาะมีความกว้าง 52 mm ถังป้อนมีขนาดมิติ 546x300x55 ที่ก้นของถังป้อนจะทำให้เป็นกรวยลงไปเพื่อให้ข้าวโพดไหลลงมาเรียงกันเป็นแถว เพื่อที่จะทำให้เข้าสู่ชุดกะเทาะได้ดียิ่งขึ้น วัสดุที่ใช้ทำถังป้อนเลือกใช้เหล็กแผ่นมาตรฐาน จากตารางที่ ก.13 ที่ภาคผนวก ตาม DIN 1541 และ 1542 มีความหนา 2 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

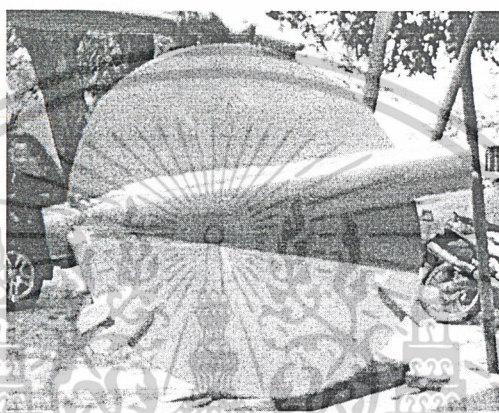
แทนค่า
$$73.1 = \frac{4(240 \times 15)}{\pi c^3}$$

จะได้
$$c = 3.9 \text{ mm}$$

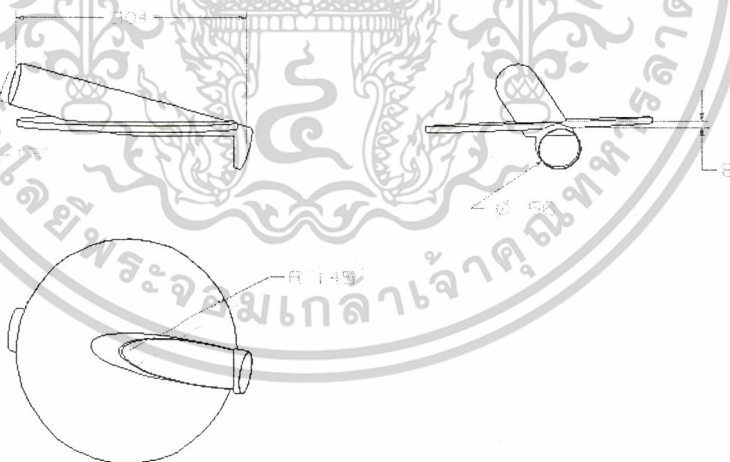
$$d = 2c = 2 \times 3.9 = 7.8 \text{ mm}$$

ดังนั้น หนามบนแผ่นจานกะเทาะใช้ Stainless Steel ขนาด 8 mm ยาว 15 mm
แผ่นจานกะเทาะที่ขีดหนามมีความหนา 10 mm

3.7.2 การออกแบบฝาปิดและช่องทางเข้าของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด



รูปที่ 3.14 รูปของฝาปิดและช่องทางเข้าของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

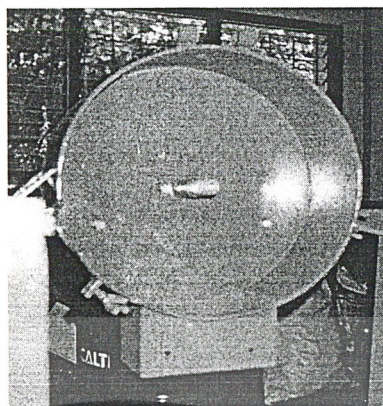


รูปที่ 3.15 ภาพฉายของฝาปิดและช่องทางเข้าของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

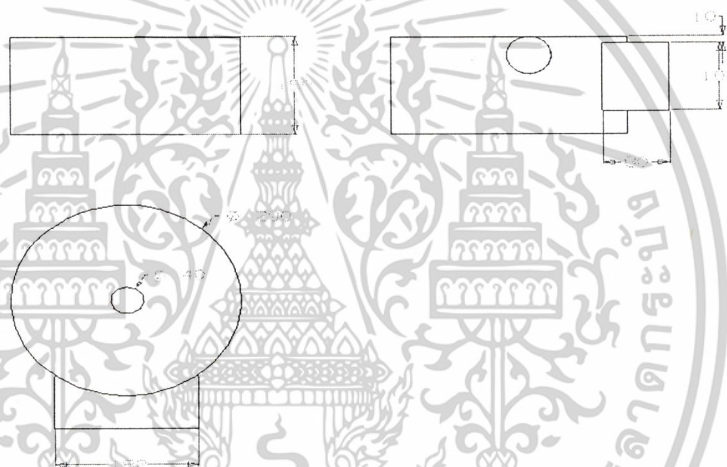
ฝาปิดจะทำจากแผ่นเหล็กหนา 3 mm ตามมาตรฐาน DIN 1541 จากตาราง ก.13 ที่ภาคผนวก โดยเชื่อมติดกับท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 56 mm ทำมุมเอียงในแนวตั้ง 10 องศา และทำมุมในแนวระนาบ 15 องศา เพื่อที่จะทำให้ข้าวโพดไหลลงได้เอง ส่วนด้านหลังของฝาปิด จะทำการตัดท่อให้ขนานกับแผ่นจานกะเทาะ เพื่อใช้ในการกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 การออกแบบตัวครอบชุดกะเทาะ



รูปที่ 3.16 รูปของตัวครอบชุดกะเทาะ



รูปที่ 3.17 ภาพฉายของตัวครอบชุดกะเทาะ

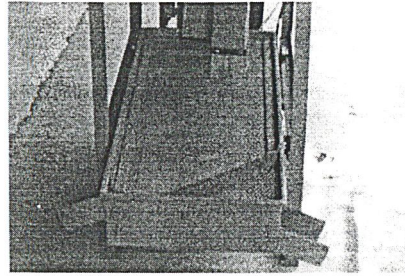
เลือกใช้เหล็กแผ่นหนา 4 mm จากตาราง ก.13 ที่ภาคผนวก มาทำการขึ้นรูป มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 290 mm มีช่องทางออกของเมล็ดข้าวโพดที่กะเทาะได้เท่ากับ 182 mm

3.8 การออกแบบช่องทางออกของฝักข้าวโพด

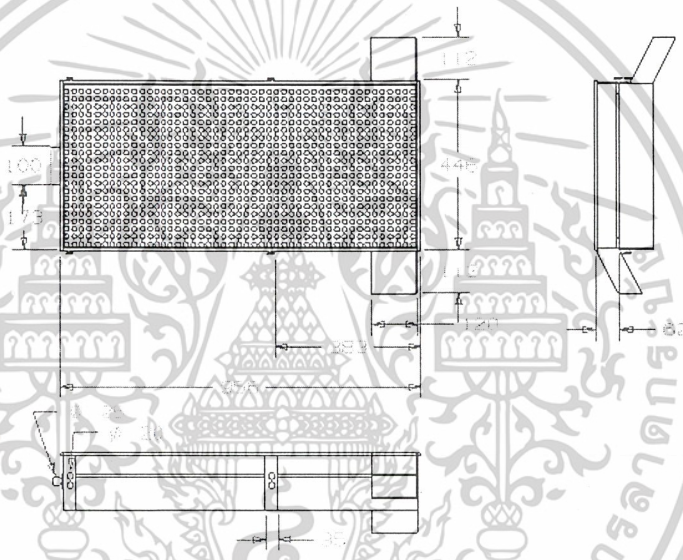
เนื่องจากในขณะที่ทำการกะเทาะเมล็ดข้าวโพด ฝักของข้าวโพดที่ออกมานั้นก็จะมีเมล็ดข้าวโพดบางส่วนออกมาด้วย ดังนั้นเราจึงต้องทำการออกแบบให้ช่องทางออกของฝักข้าวโพดมีตะแกรงที่วางตัวในแนวยาวกับฝักข้าวโพดเข้ามาเสริม เพื่อทำการดักเมล็ดข้าวโพดที่ออกมาพร้อมฝักกลับลงไปที่ชุดตะแกรงร้อนโดยที่ฝักไม่ตกลงไปด้วย ตะแกรงนี้ทำด้วยเหล็กเส้นขนาด 6 mm วางห่างกัน 15 mm สูงจากพื้นของชุดทางออกของฝักข้าวโพด 20 mm และโครงสร้างของช่องทางออกของฝักเมล็ดข้าวโพดจะใช้แผ่นเหล็กหนา 1 mm จาก ตาราง ก.13 ที่ภาคผนวก นำมาขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การออกแบบชุดตะแกรงร่อน



รูปที่ 3.18 รูปของชุดตะแกรงร่อน



รูปที่ 3.19 ภาพฉายของชุดตะแกรงร่อน

ตะแกรงร่อนที่เราออกแบบนั้น ต้องการที่จะร่อนเอาเศษขังและฝุ่นละอองที่ติดมากับเมล็ดข้าวโพด โดยที่ไม่เกิดการฟุ้งกระจาย เราจึงทำการออกแบบให้ชุดตะแกรงร่อนมี 2 ชั้น โดยชั้นแรกจะใช้ตะแกรงที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm และวางเอียงทำมุมกับพื้นตะแกรงร่อน 5 องศา เพื่อให้เศษขังและฝุ่นละอองตกลงสู่พื้นตะแกรงร่อน โดยที่ไม่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย ส่วนชั้นที่ 2 จะเป็นตัวรองรับเศษขังและฝุ่นละอองที่ตกลงมา

ชุดตะแกรงร่อนมีขนาดมิติ 446x995x150 มิลลิเมตร ใช้หลักการทำงานโดยการเลื่อนเข้าออกตามรางที่กำหนดไว้ ด้วยความเร็ว 150 rpm ซึ่งชุดตะแกรงร่อนจะติดตั้งให้เอียงจากพื้นประมาณ 15 องศา เพื่อให้ข้าวโพดไหลไปยังช่องทางออกของข้าวโพดได้สะดวก วัสดุที่นำมาทำ คือ เหล็กแผ่นหนา 1 มม. จากตาราง ก.13 ที่ภาคผนวก นำมาขึ้นรูป แล้วทำขอบด้านบน โดยที่ขอบใช้เหล็กขนาด 10x10 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การออกแบบโครงสร้าง

คำนวณแรงรวมที่คานต้องรองรับ

พิจารณาที่ถังป้อน (Hopper)

จากรูปที่ 3.11 แสดงการออกแบบของถังป้อนและรูปที่ 3.12 แสดงภาพฉายของถังป้อน

คำนวณหาปริมาตรของรูปที่ 3.12 จะได้ ปริมาตรของถัง Hopper

$$V_{\text{ถังป้อน}} = V_{\text{คานล่าง}} + V_{\text{คานข้าง}}$$

$$V_{\text{คานล่าง}} = (0.546 \times 0.300 \times 0.002) = 3.27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{คานข้าง}} &= 2(0.546 \times 0.055 \times 0.002) + 2(0.300 \times 0.055 \times 0.002) \\ &= 1.86 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{ถังป้อน}} = (3.27 + 1.86) \times 10^{-4} = 5.13 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

จากตาราง ข.16 น้ำหนักจำเพาะ (W) ของ carbon steel มีค่า 76.5 kN/m³

แรงเนื่องจากถังป้อน หากจากสมการ $F = W \times V$

แรงเนื่องจากถังป้อน

$$\begin{aligned} F_{\text{ถังป้อน}} &= W_{\text{carbon steel}} \times V_{\text{ถังป้อน}} \\ &= 7605 \times 10^3 \times 5.13 \times 10^{-4} = 39 \text{ N} \end{aligned}$$

ดังนั้น แรงเนื่องจากขั้วโศดที่ในถังป้อนเป็นจำนวน 2 kg

$$F_{\text{ขั้วโศด}} = 2 \times 9.81 = 19.6 \text{ N}$$

พิจารณาที่ชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโศด

จากรูปที่ 3.13 , 3.14 , 3.15 , 3.16 และ 3.17

ปริมาตรของหนามกะเทาะ ($V_{\text{หนาม}}$)

$$V_{\text{หนาม}} = \left(\frac{\pi}{4} \times (0.008)^2 \times 0.015\right) \times 75 = 5.65 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

ปริมาตรของแผ่นกะเทาะ ($V_{\text{แผ่น}}$)

$$V_{\text{แผ่น}} = \left(\frac{\pi}{4} \times 0.28^2 \times 0.01\right) = 6.15 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรของฝาปิดและท่อทางเข้าของข้าวโพด ($V_{ฝาปิด}$)

$$\begin{aligned} V_{ฝาปิด} &= \left(\frac{\pi}{4} \times 0.29^2 \times 0.003 \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times (0.056^2 - 0.050^2) \times 0.304 \right) \\ &= 3.49 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

ปริมาตรของกรอบชุดกะเทาะ ($V_{กรอบ}$)

$$\begin{aligned} V_{กรอบ} &= \left(\frac{\pi}{4} \times 0.29^2 \times 0.004 \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times (0.29^2 - 0.282^2) \times 0.150 \right) \\ &\quad + 2(0.182 \times 0.08 \times 0.004) + 2(0.104 \times 0.080 \times 0.004) - (0.182 \times 0.104 \times 0.004) \\ &= 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$V_{ชุดกะเทาะ}$ = ปริมาตรของชุดกะเทาะ

$$= V_{หมัน} + V_{แผ่น} + V_{ฝาปิด} + V_{กรอบ}$$

$$= 5.65 \times 10^{-5} + 6.15 \times 10^{-4} + 3.49 \times 10^{-4} + 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$= 3.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

แรงเนื่องจาก ชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

$$F_{ชุดกะเทาะ} = W_{carbon\ steel} \times V_{ชุดกะเทาะ}$$

$$= 76.5 \times 10^3 \times 3.5 \times 10^{-3}$$

$$= 267 \text{ N}$$

พิจารณาที่ชุดตะแกรงร้อน

จากรูปที่ 3.18 และ 3.19

ปริมาตรของพื้นตะแกรง ($V_{พื้น}$)

$$V_{พื้น} = 0.446 \times 0.956 \times 0.001 = 4.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

ปริมาตรของผนังตะแกรง ($V_{ผนัง}$)

$$V_{ผนัง} = 2(0.956 \times 0.150 \times 0.001) + 2(0.446 \times 0.150 \times 0.001)$$

$$= 4.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

ปริมาตรของขอบตะแกรงร้อน ($V_{ขอบ}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{\text{ขอบ}} = 0.010 \times 0.010 \times (0.956 + 0.956 + 0.446 + 0.446)$$

$$= 2.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

ปริมาตรของขอบรองตะแกรงร้อน ($V_{\text{รอง}}$)

$$V_{\text{รอง}} = 0.025 \times 0.005 \times (2.8)$$

$$= 3.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

ปริมาตรของแผ่นตะแกรงร้อน ($V_{\text{แผ่นตะแกรง}}$)

$$V_{\text{แผ่นตะแกรง}} = \frac{0.446 \times 0.956 \times 0.001}{2} = 2.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

ปริมาตรของช่องทางออกของเม็ลล์คและเศษซัง ($V_{\text{ทางออก}}$)

$$V_{\text{ทางออก}} = ((0.112 \times 0.120 \times 0.01) + (2 \times 0.062 \times 0.112 \times 0.001)) \times 2$$

$$= 5.46 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

ดังนั้นจะได้

$V_{\text{ชุดตะแกรงร้อน}} = \text{ปริมาตรชุดตะแกรงร้อน}$

$$V_{\text{ชุดตะแกรงร้อน}} = V_{\text{พื้น}} + V_{\text{ผนัง}} + V_{\text{ขอบ}} + V_{\text{รอง}} + V_{\text{แผ่นตะแกรง}} + V_{\text{ทางออก}}$$

$$= 4.2 \times 10^{-4} + 4.2 \times 10^{-4} + 2.8 \times 10^{-4} + 3.5 \times 10^{-4}$$

$$+ 2.1 \times 10^{-4} + 5.46 \times 10^{-5}$$

$$= 1.73 \times 10^{-3}$$

แรงเนื่องจากชุดตะแกรงร้อน

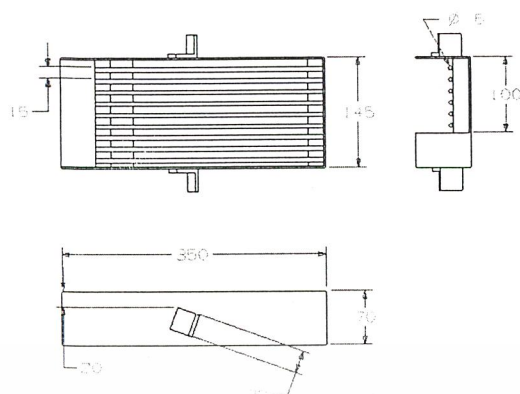
$$F_{\text{ชุดตะแกรงร้อน}} = W_{\text{carbon steel}} \times V_{\text{ชุดตะแกรงร้อน}}$$

$$= 76.5 \times 10^3 \times 1.73 \times 10^{-3}$$

$$= 132 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาที่ชุดทางออกของฝัก



รูปที่ 3.20 แสดงภาพฉายของชุดทางออกของฝัก

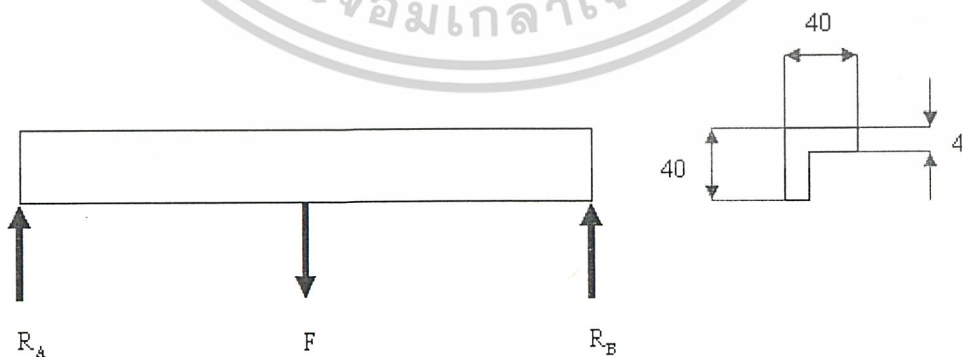
ปริมาตรของช่องทางออกของฝัก ($V_{\text{ช่องทางออกของฝัก}}$)

$$\begin{aligned} V_{\text{ช่องทางออกของฝัก}} &= (0.145 \times 0.350 \times 0.001) + 2(0.070 \times 0.350 \times 0.001) \\ &\quad + 6\left(\frac{\pi}{4}(0.008)^2 \times 0.3\right) \\ &= 1.9 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

แรงเนื่องจากช่องทางออกของฝัก

$$\begin{aligned} F_{\text{ช่องทางออกของฝัก}} &= W_{\text{carbon steel}} \times V_{\text{ช่องทางออกของฝัก}} \\ &= 76.5 \times 10^3 \times 1.9 \times 10^{-4} \\ &= 14.5 \text{ N} \end{aligned}$$

จุดที่รองรับน้ำหนักมากที่สุด คือ คานตัวบน ดังนั้นในการคำนวณจึงคำนวณที่คานตัวบนเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 3.21 รูปแสดงการรับแรงที่กระทำของคานตัวบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แรงที่กระทำโดยน้ำหนักของชุดกะเทาะ ถังป้อน และข้าวโพด กำหนดให้กระทำเป็นจุดบนคานเพียงจุดเดียว และพิจารณาที่คานเพียงอันเดียว จึงทำให้แรงที่กระทำเหลือเพียงอันเดียว ดังรูปที่ 3.21

$$\begin{aligned} F &= F_{\text{ถังป้อน}} + F_{\text{ข้าวโพด}} + F_{\text{ชุดกะเทาะ}} \\ &= 39 + 19.6 + 267 \\ &= 325.6 \text{ N} \end{aligned}$$

หาขนาดของแรงรับ



รูปที่ 3.22 รูปแสดง SFD และ BMD ของคานที่ถูกกระทำ

$$\sum M_B = 0$$

$$\begin{aligned} R_A(765) &= [162.8](442) \\ R_A &= 94 \text{ N} \\ R_B &= 68.8 \text{ N} \end{aligned}$$

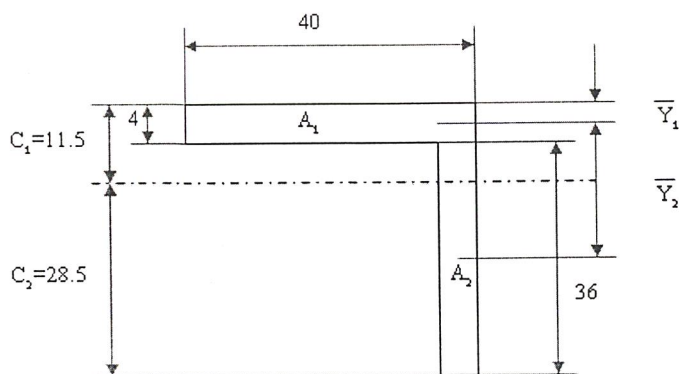
โมเมนต์สูงสุดในคาน

$$M_{\max} = 94 \times 0.323 = 30.3 \text{ N.m}$$

จากสมการ

$$\sigma = \frac{Mc}{I_{N.A.}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 รูปการหาโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสะเทินของคาน

$$\begin{aligned}\bar{y} &= \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2} \\ &= \frac{(40 \times 4 \times 2) + (4 \times 36 \times 22)}{(40 \times 4) + (4 \times 36)} \\ &= 11.5 \\ I_{N.A.} &= \frac{bh^3}{12} + Ad^2 \\ &= \left[\left(\frac{40 \times 4^3}{12} \right) + (40 \times 4 \times 9.5^2) \right] + \left[\left(\frac{4 \times 36^3}{12} \right) + (4 \times 36 \times 14.25^2) \right] \\ &= 59446 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

ค่า $c_1 = 11.5 \text{ mm}$ และ $c_2 = 28.5 \text{ mm}$

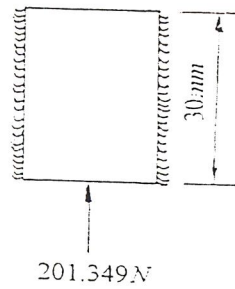
พิจารณาที่ค่า C มีค่าสูงสุด คือ c_2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{Mc}{I_{N.A.}} \\ &= \frac{30.3 \times 10^3 \times 28.5}{59446} \\ &= 14.25 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

จากตารางที่ ก.14 ที่ภาคผนวก เป็นเหล็ก Unkilled Steel มีค่าความเค้น 370 N/mm^2 ดังนั้นจะเห็นว่าความเค้นที่คำนวณได้คือ 14.25 N/mm^2 มีค่าน้อยกว่าค่าในตารางมากจึงทำให้สามารถที่จะใช้เหล็กฉาก $40 \times 5 \text{ mm}$ ในการทำโครงสร้างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 การออกแบบรอยเชื่อม



รูปที่ 3.24 การออกแบบรอยเชื่อม

ใช้ลวดเชื่อม E151 ซึ่งสามารถต้านแรงดึง $\sigma_u = 400 \text{ N/mm}^2$

จากสมการ

$$\sigma_y = 0.82 \sigma_u$$

$$\sigma_y = 0.82 \times 400$$

$$\sigma_y = 328 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_y = 0.6 \sigma_y$$

$$\tau_y = 0.6 \times 328$$

$$\tau_y = 196.8 \text{ N/mm}^2$$

กำหนดให้แนวเชื่อมมีค่าความปลอดภัย (F.S) = 3.

จากสมการ

$$F = \frac{\tau_y \cdot 2l \cdot N}{FN}$$

$$l = \frac{FN}{2\tau_y \cdot L}$$

เมื่อ

$$F = 201,349 \text{ N}$$

$$L = 30 \text{ mm}$$

$$N = 3$$

$$\tau_y = 196.8 \text{ N/mm}^2$$

แทนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t = \frac{(201.349) \times (3)}{(2) \times (198.8) \times (30)}$$

$$t = 0.051 \text{ mm}$$

จากสมการ

$$h = \frac{t}{0.707}$$

$$h = 0.072 \text{ mm}$$

เพราะฉะนั้นในการทำงานเลือกใช้รอยเชื่อมขนาด 1 mm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบ

เครื่องแกะเมล็ดข้าวโพดขนาดเล็ก (corn strip machine)

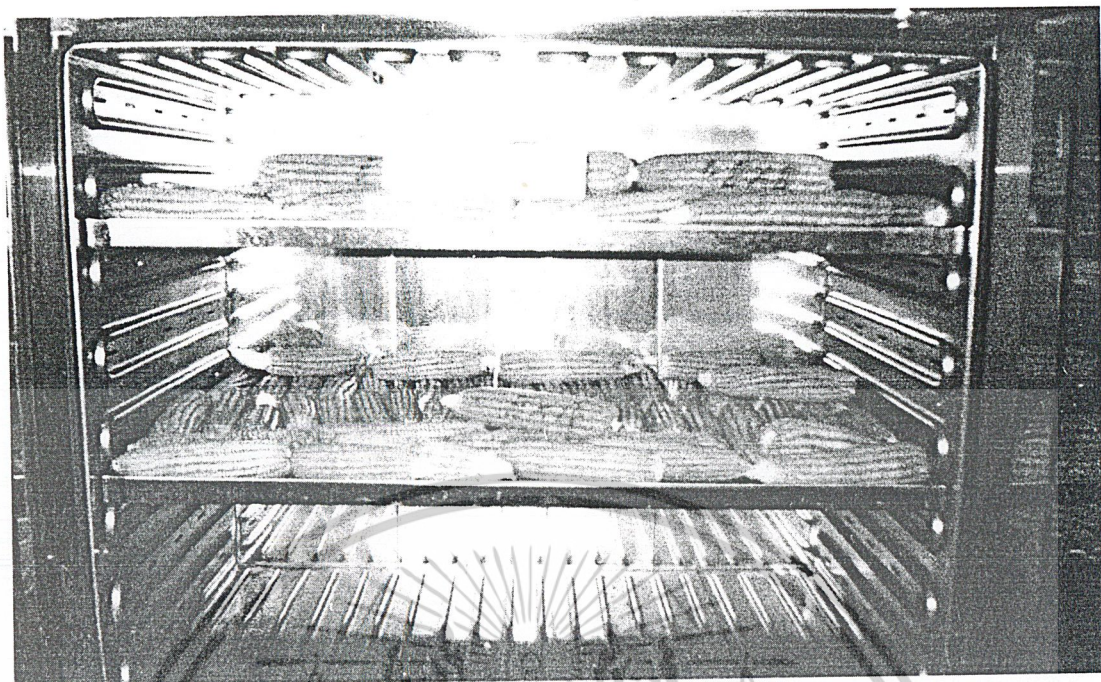
วัตถุประสงค์

- เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแกะเมล็ดข้าวโพด
- หาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่เหมาะสมกับงาน

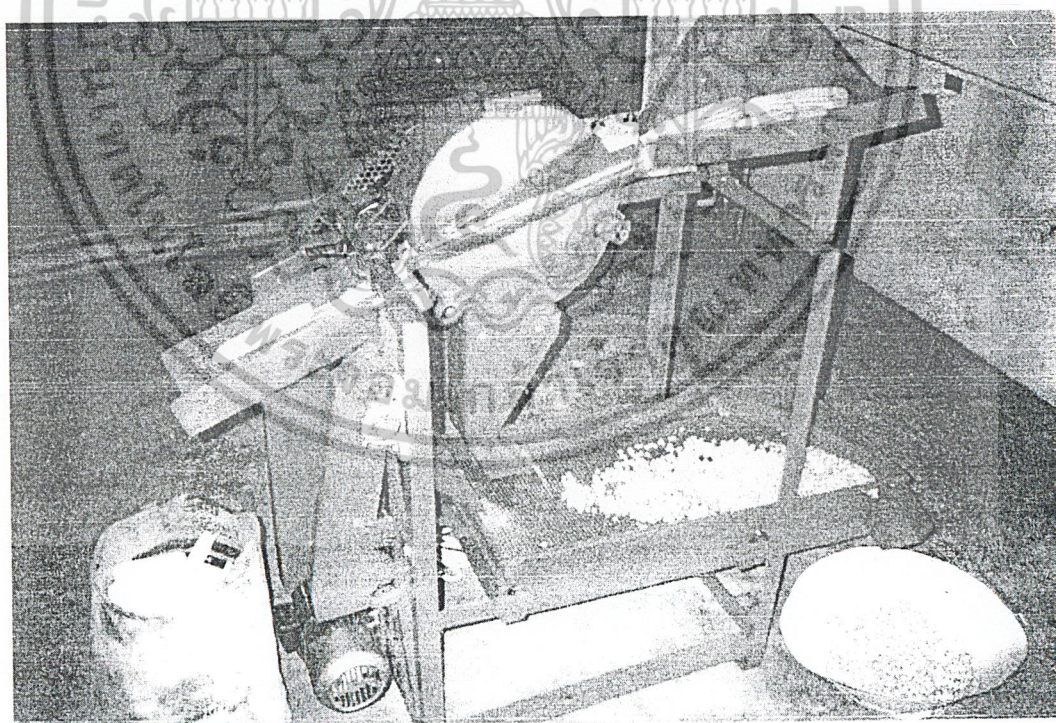
4.1 วิธีการทดสอบ

1. เตรียมข้าวโพดที่จะทำการทดสอบ โดยมี ข้าวโพดที่ไม่ผ่านการอบและข้าวโพดที่ผ่านการอบ 2 ชั่วโมงกับ 4 ชั่วโมง
2. นำข้าวโพดที่ไม่ได้ผ่านการอบมาชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 1 กิโลกรัม
3. ปรับตั้งเครื่องแกะให้มีความเร็วรอบที่ 180 รอบต่อนาที
4. ทำการแกะเมล็ดข้าวโพดที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที
5. ในขณะที่ทำการแกะให้ทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มแกะจนกระทั่งข้าวโพดแกะทั้งหมด
6. บันทึกผลการทดลองลงในตาราง
7. ทำการตั้งแต่ละี้ยวที่ 1 ถึงข้อที่ 5 โดยปรับตั้งเครื่องแกะให้มีความเร็วรอบเป็น 200, 220, 250 และ 280 rpm ตามลำดับ
8. นำข้าวโพดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 1 กิโลกรัม
9. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 6
10. นำข้าวโพดที่ผ่านการอบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 1 กิโลกรัม
11. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 6
12. นำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาความเร็วรอบที่ทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

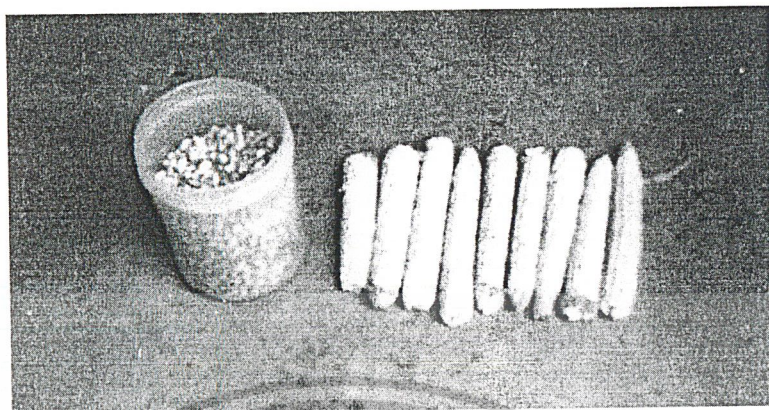


รูปที่ 4.1 รูปแสดงการอบข้าวโพดที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส

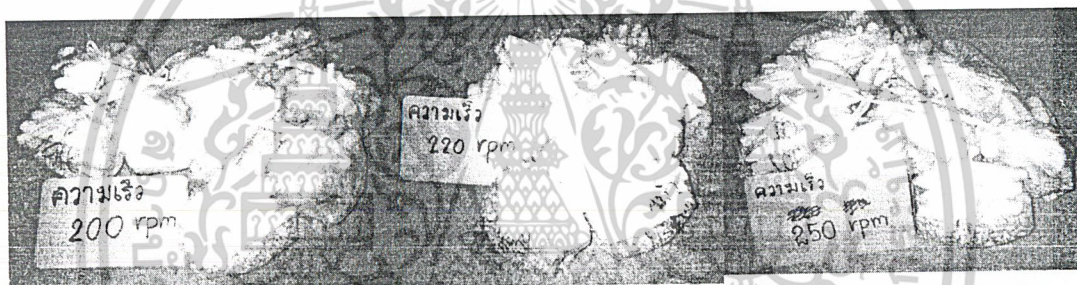


รูปที่ 4.2 แสดงการกะเทาะข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 รูปของฝักและเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการกะเทาะแล้ว



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 4.5 ขนาดของพลูเลย์ขนาดต่างๆที่ใช้ในการเปลี่ยนความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบ

ข้าวโพดที่ไม่ผ่านการอบ							
ความเร็วรอบที่ กะเทาะ (rpm)	น้ำหนักข้าว โพดทั้งหมด (g)	เมล็ดที่ออก จากฝัก (g)	เมล็ดที่ติดฝัก (g)	น้ำหนัก ของฝัก (g)	เวลาที่ใช้ กะเทาะ (sec)	อัตราการ กะเทาะ (g)/(sec)	ประสิทธิภาพ (%)
	1030	840	60	128	40	25.750	93.333
180	1050	833	41	164	37	28.378	95.309
	1020	812	63	135	39	26.154	92.800
เฉลี่ย	1033.333	828.333	54.667	427.000	116.000	26.761	93.809
	1020	824	58	130	33	30.909	93.424
200	1014	824	32	157	31	32.710	96.262
	1048	836	62	132	31	33.806	93.096
เฉลี่ย	1027.333	828.000	50.667	139.667	31.667	32.442	94.234
	1012	840	18	154	30	33.733	97.902
220	1012	826	20	154	29	34.897	97.636
	1004	820	26	150	29	34.621	96.927
เฉลี่ย	1009.333	828.667	21.333	152.667	29.333	34.409	97.490
	990	796	32	142	23	43.043	96.135
250	990	808	24	140	26	38.077	97.115
	1006	802	48	136	30	33.533	94.353
เฉลี่ย	995.333	802.000	34.667	139.333	26.333	37.797	95.857
	1000	806	40	142	23	43.478	95.272
280	1100	811	38	140	28	39.286	95.524
	1025	799	45	136	27	37.963	94.668
เฉลี่ย	1041.667	805.333	41.000	139.333	26.000	40.064	95.156

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดสอบของข้าวโพดที่ไม่ได้ผ่านการอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดที่ผ่านการอบ 2 ชั่วโมง							
ความเร็วรอบที่ กะเทาะ (rpm)	น้ำหนักข้าว โพดทั้งหมด (g)	เมล็ดที่ออก จากฝัก (g)	เมล็ดที่ติดฝัก (g)	น้ำหนัก ของฝัก (g)	เวลาที่ใช้ กะเทาะ (sec)	อัตราการ กะเทาะ (g)/(sec)	ประสิทธิภาพ (%)
	1112	820	21	141	38	29.263	97.503
180	1036	803	19	121	35	29.600	97.689
	998	799	18	135	33	30.242	97.797
เฉลี่ย	1048.667	807.333	19.333	132.333	35.333	29.679	97.661
	1006	860	15	140	33	30.485	98.286
200	1030	890	12	124	31	33.226	98.670
	996	838	16	146	29	34.345	98.126
เฉลี่ย	1010.667	862.667	14.333	136.667	31.000	32.602	98.366
	940	852	6	138	27	34.815	99.301
220	1034	890	12	128	29	35.655	98.670
	1028	866	6	144	30	34.267	99.312
เฉลี่ย	1000.667	869.333	8.000	136.667	28.667	34.907	99.088
	1016	870	6	136	22	46.182	99.315
250	990	856	8	126	26	38.077	99.074
	1020	840	14	160	30	34.000	98.361
เฉลี่ย	1008.667	855.333	9.333	140.667	26.000	38.795	98.921
	1001	854	10	139	25	40.040	98.843
280	1040	840	19	180	24	43.333	97.788
	1101	850	22	136	28	39.321	97.477
เฉลี่ย	1047.333	848.000	17.000	151.667	25.667	40.805	98.035

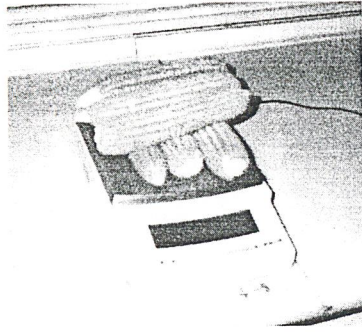
ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบของข้าวโพดที่ผ่านการอบ 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดที่ผ่านการอบ 4 ชั่วโมง							
ความเร็วรอบที่ กะเทาะ (rpm)	น้ำหนักข้าว โพดทั้งหมด (g)	เมล็ดที่ออก จากฝัก (g)	เมล็ดที่ติดฝัก (g)	น้ำหนัก ของฝัก (g)	เวลาที่ใช้ กะเทาะ (sec)	อัตราการ กะเทาะ (g)/(sec)	ประสิทธิภาพ (%)
	1029	868	23	131	32	32.156	97.419
180	1066	855	41	126	34	31.353	95.424
	1014	853	18	140	33	30.727	97.933
เฉลี่ย	1036.333	858.667	27.333	132.333	33.000	31.404	96.915
	1042	888	20	134	33	31.576	97.797
200	1078	906	40	136	31	34.774	95.772
	1034	876	12	146	31	33.355	98.649
เฉลี่ย	1051.333	890.000	24.000	138.667	31.667	33.200	97.374
	1038	886	14	132	30	34.600	98.444
220	1044	904	10	126	30	34.800	98.906
	1008	858	12	140	28	36.000	98.621
เฉลี่ย	1030.000	882.667	12.000	132.667	29.333	35.114	98.659
	1016	872	12	132	22	46.182	98.643
250	1016	870	8	136	26	39.077	99.089
	1100	936	22	144	30	36.667	97.704
เฉลี่ย	1044.000	892.667	14.000	137.333	26.000	40.154	98.456
	1020	879	15	129	24	42.500	98.322
280	1016	856	14	139	22	46.182	98.391
	1039	881	19	134	27	38.481	97.889
เฉลี่ย	1025.000	872.000	16.000	134.000	24.333	42.123	98.198

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดสอบของข้าวโพดที่ผ่านการอบ 4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ข้าวโพดที่นำมาซึ่งนำหนักก่อนนำไปกะเทาะ



รูปที่ 4.7 เมล็ดข้าวโพดที่หลุดออกจากฝักนำมาซึ่งนำหนักหลังจากผ่านการกะเทาะ

รูปที่ 4.8 เมล็ดข้าวโพดที่ไม่หลุดออกจากฝักนำมาซึ่งนำหนักหลังจากผ่านการกะเทาะ

หมายเหตุ ประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดหาได้จาก

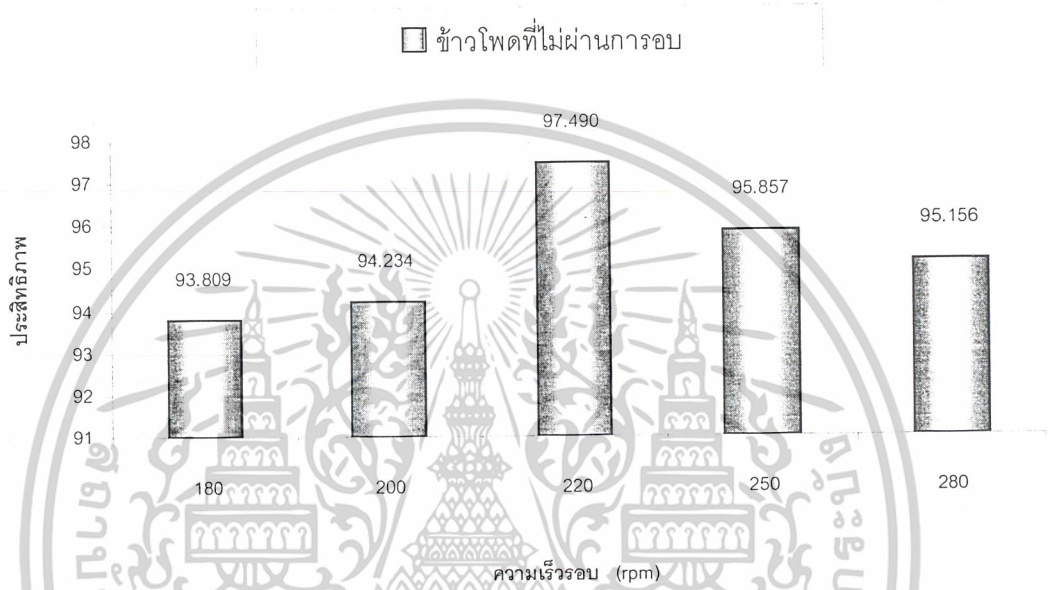
$$\eta_{\text{เครื่องกะเทาะ}} = \frac{\text{เมล็ดข้าวโพดที่ออกจากฝัก}}{\text{เมล็ดข้าวโพดที่ออกจากฝัก} + \text{เมล็ดที่ไม่ออกจากฝัก}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

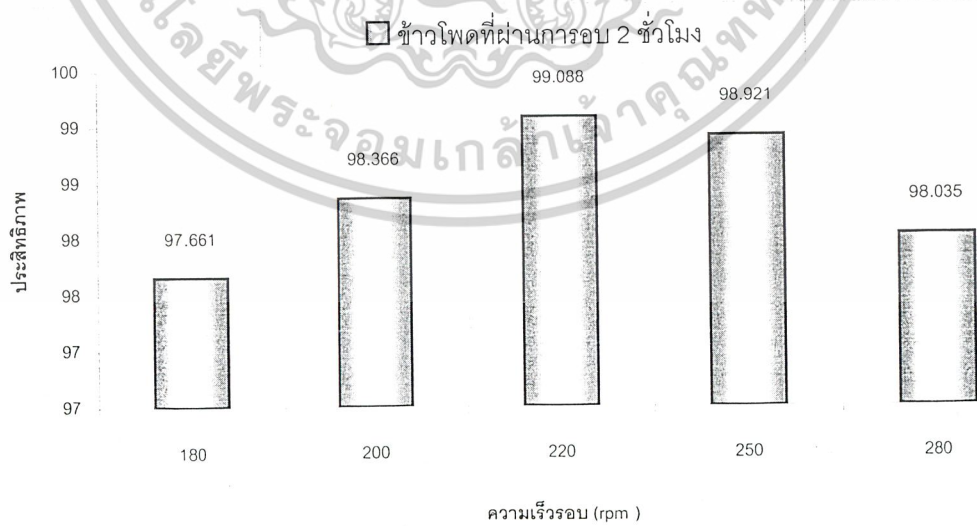
อัตราการกะเทาะของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

$$\text{อัตราการกะเทาะ} = \frac{\text{น.น. ของเมล็ดข้าวโพดทั้งหมดที่ได้}}{\text{เวลาที่ใช้ ในการกะเทาะ}}$$

กราฟแสดงผลการทดสอบ

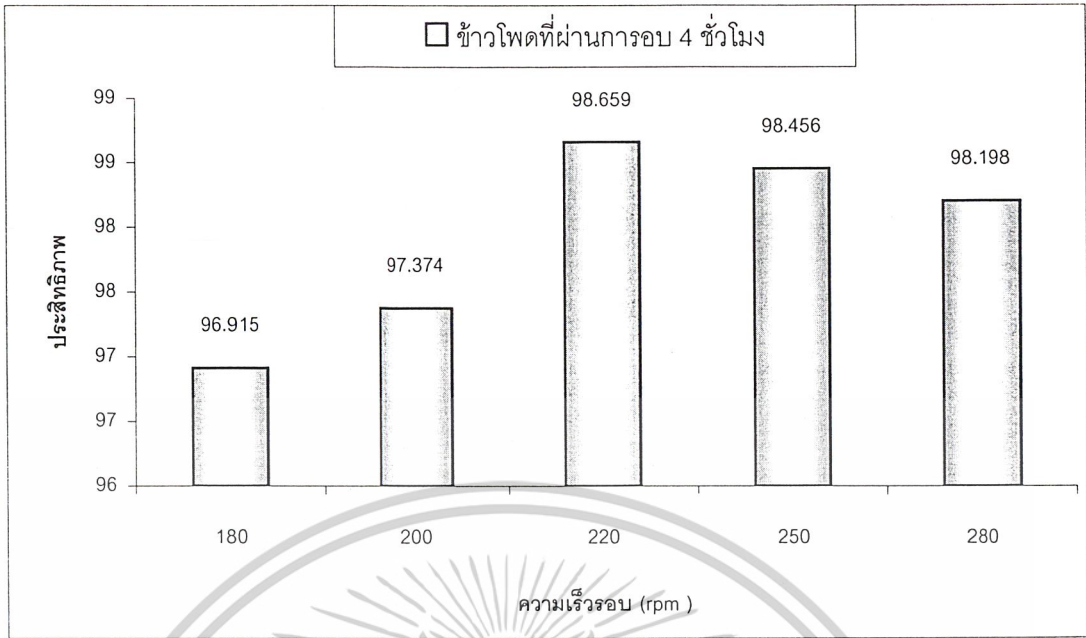


รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงผลการทดสอบของข้าวโพดที่ไม่ผ่านการอบที่ความเร็วรอบต่างๆ

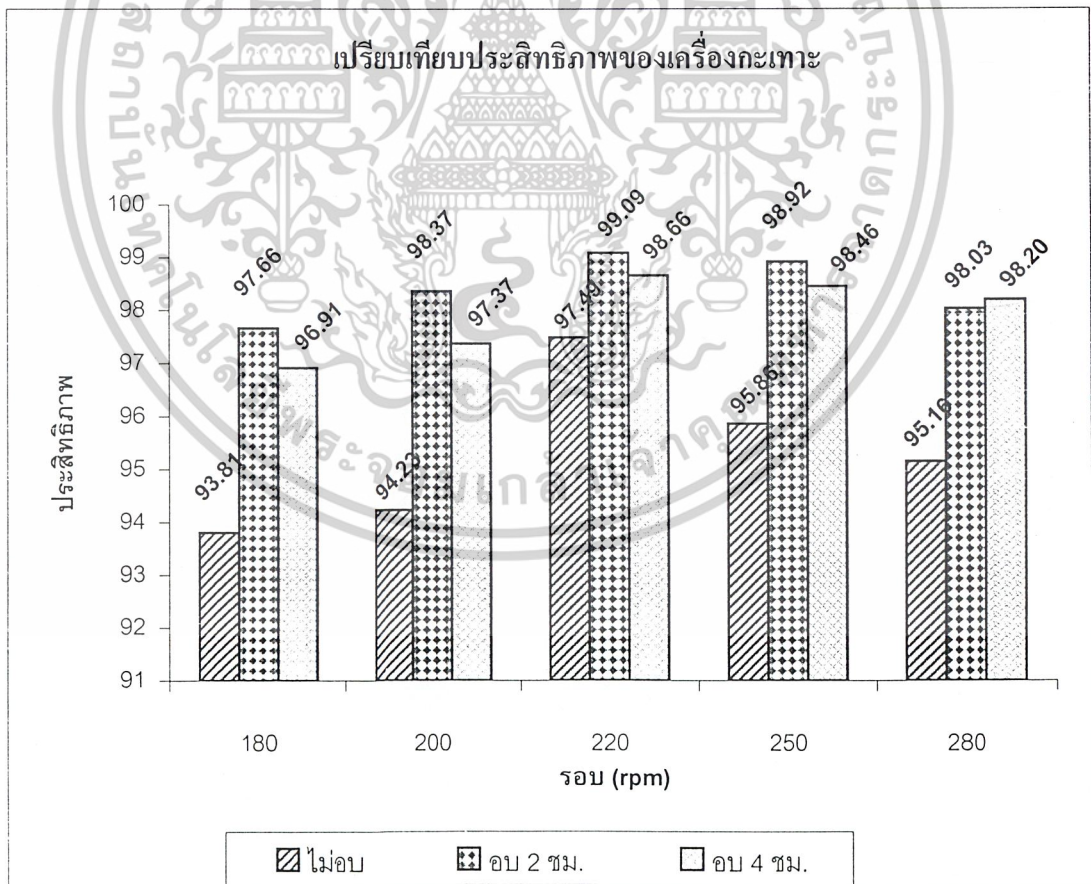


รูปที่ 4.10 แผนภูมิแสดงผลการทดสอบของข้าวโพดที่ผ่านการอบ 2 ชั่วโมงที่ความเร็วรอบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

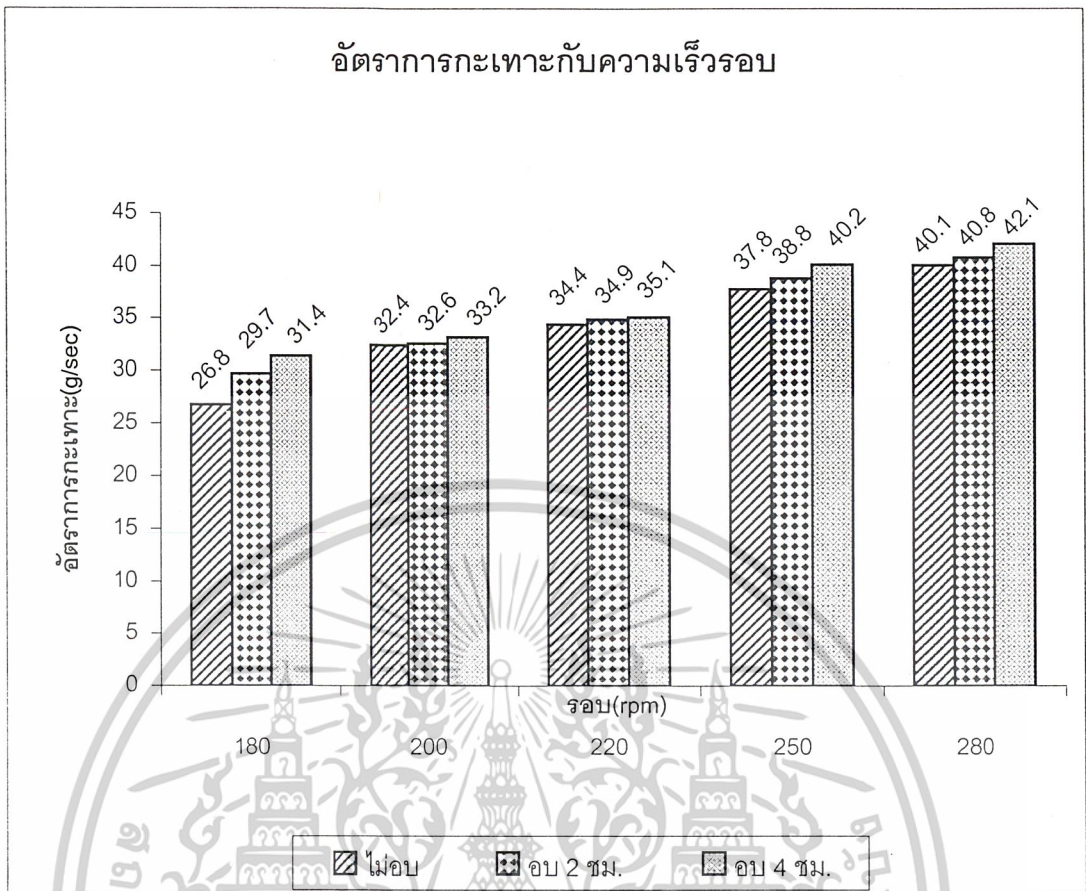


รูปที่ 4.11 แผนภูมิแสดงผลการทดสอบของข้าวโม่ที่ผ่านการอบ 4 ชั่วโมงที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 4.12 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับความเร็วรอบของข้าวโม่ที่ความชื้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการกระเทาะกับความเร็วยรอบของข้าวโพดที่ความชื้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิจารณ์ สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

เมื่อเราทำการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพกับความชื้นของข้าวโพดพบว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดจะให้ประสิทธิภาพสูงสุดกับข้าวโพดที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและเหลือความชื้นอยู่ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ เพราะฝักข้าวโพดมีความแห้งพอเหมาะสามารถกะเทาะได้ง่าย แต่เมื่อนำข้าวโพดที่ผ่านการอบ 4 ชั่วโมง มีความชื้นประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ มาทำการทดสอบปรากฏว่าประสิทธิภาพในการกะเทาะต่ำลง เป็นเพราะฝักของข้าวโพดมีความแห้งเกินไปทำให้ซังข้าวโพดแตกหักได้ง่าย ทำให้ไม่สามารถที่จะกะเทาะเมล็ดข้าวโพดออกได้ทั้งหมด และถ้านำข้าวโพดที่ไม่ผ่านการอบมาทำการทดสอบ ก็ให้ประสิทธิภาพที่ต่ำลงเช่นกัน ซึ่งเป็นเพราะข้าวโพดมีความชื้นอยู่มากถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ข้าวโพดมีความเหนียวและทำการกะเทาะเมล็ดให้ออกจากฝักได้ยากขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับความเร็วรอบเราจะพบว่าประสิทธิภาพในการกะเทาะที่ดีที่สุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 220 rpm แต่ถ้าเราเพิ่มความเร็วรอบเป็น 250 rpm เราจะพบว่าประสิทธิภาพในการกะเทาะจะต่ำลง เพราะชุดกะเทาะหมุนเร็วเกินไปทำให้กะเทาะออกไม่หมด แต่ถ้าเราใช้ความเร็วที่ 200 rpm ประสิทธิภาพก็ต่ำลงเช่นกัน เป็นเพราะการหมุนของชุดกะเทาะหมุนช้าทำให้ดีข้าวโพดให้หลุดจากฝักทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร

เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราการกะเทาะ จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบสูงขึ้นไปจะทำให้อัตราการกะเทาะสูงขึ้นไปด้วย แต่เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพจะเห็นว่าที่ความเร็วรอบ 220 rpm สามารถกะเทาะได้ประสิทธิภาพที่สูงที่สุด

ดังนั้น เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่ได้สร้างขึ้นนี้ ใช้ความเร็วรอบที่ 220 rpm และใช้ข้าวโพดที่มีความชื้นประมาณ 6% จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 99.09% และให้อัตราการกะเทาะ 34.41 g/sec

5.2 ปัญหาที่พบระหว่างการทำงาน

1. ขนาดของฝักข้าวโพดไม่ได้มาตรฐานเช่น ฝักข้าวโพดมีลักษณะไม่ค่อยตรง เล็กบ้าง ใหญ่บ้าง ฝักข้าวโพดขึ้นรา เป็นต้น ทำให้เครื่องกะเทาะไม่ดีเท่าที่ควร
2. ความชื้นของข้าวโพดถึงแม้ว่าจะผ่านการอบมาแล้วย่อมจะมีความชื้นไม่เท่ากัน
3. ในการทดลองอาจเกิดการผิดพลาดต่างๆ เช่น การจับเวลาในการกะเทาะ เป็นต้น
4. วัสดุในท้องตลาดมีขนาดจำกัด
5. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

1. ควรทำช่องทางเข้าเครื่องกะเทาะให้ใหญ่กว่านี้ เพราะจะทำให้อัตราการกะเทาะสูงขึ้น
2. ควรพัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดให้สามารถกะเทาะฝักข้าวโพดที่ไม่ได้มาตรฐานได้ดีขึ้น
3. สร้างถังป้อนใหม่เพื่อที่จะทำให้ฝักข้าวโพดไหลเข้าไปเองได้ดีขึ้น
4. พัฒนาให้เครื่องกะเทาะมีเสียงเบาโดยการทำชุดตะแกรงร่อนโดยอาศัยหลักการของการสั่น
5. พัฒนาทางด้านอัตราการกะเทาะของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ตารางต่างๆ

ตารางที่ ก.1 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ้ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการจับ	ชนิดของอุปกรณ์จับ					
	มอเตอร์กระแสสลับ : normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase.			มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring.		
	มอเตอร์กระแสตรง : shunt wound เครื่องยนต์ต้นคาภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วสูงกว่า 600 rpm			มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound. เครื่องยนต์ต้นคาภายใน : ที่มีหลายหนึ่งลูกสูบ ความเร็วต่ำกว่า 600 rpm เทลามาเนน คลัตช์		
ชั่วโมงการทำงานต่อวัน			ชั่วโมงการทำงานต่อวัน			
	< 10	10-16	> 16	≤ 10	10-16	> 16
งานเบา : เครื่องกวนของเหลว, เครื่องโม่ดิน, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบห้อง, พัดที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทอ, เขียวหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของหินเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เทลามาเนน, เครื่องชักผ้า, เครื่องมือกล Punches Presses shears, เครื่องพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่ง	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเลื่อย และเครื่องจักรทดงานไม้, เครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
งานหนักพิเศษ : Crushers(Gyratory-Jaw roll),mills (Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber calenders extruders-mill	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตัวประกอบแก้ไขสัมพัทธ์ N_a สำหรับสายพานลื่น

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

* ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าโดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " z "

ต่อเส้น P_r (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 824$ mm

และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

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

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	424	449	474	494	524	554	584	624	654	704	734	824
N_1	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_1	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17						

ความยาวสกรูที่ใช้ $L_p = L_1 + 22(\text{mm})$

L_1	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	1400
	1450	1500	1525	1580	1600	1680	1700	1730	1800	1810	1900	2000
	2080	2240	2480									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ขนาดของสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957 (E)

ขนาดเป็น mm

ขนาดสายพาน		Y	Z	A	B	C	D	E	
l_p		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
h		4	6	8	11	14	19	25	
b_w		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
b_l		6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40	
c		1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	12	
e		8 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7	
f		6 ± 0.5	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2	
t_{min}		7	11	14	18	24	28	33	
32°	ϕ	≤ 63	-	-	-	-	-	-	
34°	ส่วทับ	-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-	-	
36°	เส้นผ่านศูนย์กลาง	63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 630	
38°	พิสัย d_p	-	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630	
b_2	จำนวน	1	12	16	20	25	34	48	58
	ร่องบน	2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
	ล้อสายพาน	3	28	40	50	63	85	122	147
		4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
		5	44	64	80	101	136	196	236
		6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
		7	60	88	110	139	187	270	325
		8		100	125	158	212.5	307	369.5
		9		112	140	177	238	344	411
		10		124	155	196	263.5	381	458.5
		11		136	170	215	289	418	503
		12		148	185	234	314.5	455	547.5
$d_{p_{min}}$		28	50	80	125	200	355	500	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ขนาดของสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957 (E)

ขนาดเป็น mm

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

ตารางที่ ก.6 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงยู่นิ่ง	1.5-2	3-4	5-6
แรงเข้าทิศทางเดียวหรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7-8
แรงเข้าสองทิศทางหรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10-12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5-7	10-15	15-20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของโรลิ่งเบริง (C₀, C เป็น kN)

รูผ่าน d mm	D.D. dia. D mm	ชุดมาตรฐาน 02										ชุดมาตรฐาน 22			ชุดมาตรฐาน 32			
		Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		ความหนา B mm	Spherical Roller Bearing		ความหนา B mm	Double-Row Non-Filling Notch Ball Bearing		
		C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C		C ₀	C		C ₀	C	
4	13	-	-	0.57	1.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	16	-	-	0.94	1.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	19	0.53	1.94	0.94	1.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	22	0.66	2.05	1.35	2.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	0.66	2.05	1.35	2.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	26	0.93	2.07	1.96	3.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	30	1.34	4.23	1.96	3.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	32	1.48	4.30	3.05	5.25	3.27	5.52	-	-	-	-	-	-	-	-	14.3	3.56	5.52
15	35	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.54	-	-	-	-	-	-	-	-	15.9	5.56	8.10
17	40	2.43	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	6.36	9.03
20	47	3.18	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	20.6	8.19	11.30
25	52	4.03	9.34	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26	-	-	-	-	20.6	11.30	15.17
30	62	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.08	15.80	9.88	17.67	-	-	-	-	23.8	12.73	16.46
35	72	6.68	12.19	13.66	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.25	-	-	-	-	27.0	18.33	22.87
40	80	8.59	14.82	15.66	22.43	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	34.13	23	43.92	60.52	30.2	28.61	34.17	
45	85	9.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.79	21.23	27.72	22.29	35.91	23	50.28	63.19	30.2	32.57	38.36	
50	90	10.55	17.49	19.80	27.01	26.03	32.31	22.74	28.79	23.90	37.56	23	53.40	65.41	30.2	36.18	41.03	
55	100	13.40	20.60	25.05	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84	25	66.75	81.43	33.3	45.83	50.73	
60	110	15.53	23.14	30.94	40.36	40.72	48.50	35.55	43.16	37.65	56.07	28	83.21	99.23	36.5	56.51	61.41	
65	120	17.22	23.85	34.13	44.05	44.95	52.51	41.83	48.95	45.39	66.30	31	99.68	116.60	38.1	62.30	66.75	
70	125	18.78	26.65	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	53.40	45.39	74.76	31	105.91	121.00	39.7	68.53	72.53	
75	130	21.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.00	31	111.70	125.50	41.3	75.20	77.00	
80	140	23.54	30.35	44.50	56.07	62.74	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22	33	129.00	143.70	44.4	81.43	85.00	
85	150	28.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.75	99.68	36	149.50	166.40	49.2	86.77	87.66	
90	160	31.77	43.79	60.52	73.87	85.44	92.56	74.31	82.32	91.67	127.27	40	179.80	195.80	52.4	98.34	100.60	
95	170	36.85	48.95	69.42	83.66	91.67	100.00	77.87	87.66	101.46	139.73	43	221.10	235.80	55.6	127.30	127.30	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 ตัวประกอบของการกระแทก

ชนิดของแรง	N _s		
	บอลแบร์ริง	โรลเลอร์แบร์ริง	ตัวอย่าง
แรง เรียบสม่ำเสมอ	1.0	1.0	มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องอัดอากาศ
แรงกระแทกเล็กน้อย	1.5	1.0	เครื่องตัดโลหะ ขึ้นจัน
แรงกระแทกอย่างหนัก	2.0-3.0	1.3-2.0	เครื่องบดแร่ เครื่องเขย่า

ตารางที่ ก.9 ตัวประกอบของสายพาน

ชนิดของสายพาน	N _s
สายพานลิ่ม (V-belts)	1.5-2.0
สายพานแบน	2.0-4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 ตัวประกอบ X และ Y สำหรับบอลโรลเลอร์เบริง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ

ชนิดของเครื่องจักรกล	อายุเป็นชั่วโมงทำงาน
เครื่องมือวัดและเครื่องมือที่ใช้ไม่บ่อยนัก ตัวอย่างเช่น เครื่องมือสำหรับห้องทดลอง อุปกรณ์สำหรับประตูเลื่อน	500
เครื่องยนต์ เครื่องบิน	500-2000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานช่วงเวลาสั้น ๆ หรือทำงานเป็นพัก ๆ ตัวอย่างเช่น เครื่องมือต่าง ๆ รอกยกของในโรงงาน เครื่องจักรที่ทำงานโดยใช่มือจับ เครื่องจักรกล เกราะขุดรื้อ บันจันที่ใช้ในงานประกอบ เครื่องขนถ่าย บันจันที่ใช้ในงานหล่อ .เครื่องจักรกลที่ใช้ในบ้าน	4000-8000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานเป็นพัก ๆ แต่มีความสำคัญต่องานที่ทำมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรสำรองของโรงต้นกำลัง อุปกรณ์ลำเลียงในสายงานผลิต ลิฟท์ บันจันยกสินค้าทั่วไป เครื่องมือกลที่ใช้ไม่บ่อยนัก	8000-12 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ไม่ได้ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดเฟืองทดสำหรับงานทั่วไป	12 000-20 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรมทั่วไป บันจันที่ใช้ยกของตลอดเวลา เครื่องเป่าลม เพลาส่งกำลัง	20 000-30 000
เครื่องจักรที่ใช้งานต่อเนื่อง (ทำงาน 24 ชั่วโมง) ตัวอย่างเช่น เครื่องแยกของ เครื่องอัดอากาศ ปั๊ม เพลาส่งกำลัง ลูกกลิ้งของสายพานลำเลียง รอกในเหมืองแร่ มอเตอร์ไฟฟ้า	40 000-60 000
เครื่องจักรที่ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ละการทำงานมีความสำคัญมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ โรงไฟฟ้า ปั๊มในเหมืองแร่ สถานีส่งน้ำประปา เครื่องจักรในเรือเดินสมุทร	100 000-200 000

ที่มา : แคลคูล็อกและข้อมูลทางวิศวกรรมทั่วไปของ SKF Industries, Phila., Pa.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.12 ค่าคงที่ทางกายภาพของวัสดุวิศวกรรมบางชนิด

วัสดุ	โมดูลัสตามยืดหยุ่น E		โมดูลัสความแข็งเกร่ง G		อัตราส่วน ปัวซอง ν	น้ำหนักจำเพาะ ρ		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminum(all alloys)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Beryllium copper	18.0	124.0	7.00	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Brass	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Carbon steel	30.0	207.0	11.50	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Cast iron, gray	14.5	100.0	6.00	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Copper	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Douglas fir	1.6	11.0	0.60	4.1	0.330	0.016	28	4.3
Glass	6.7	46.2	2.70	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.00	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Lead	5.3	36.5	1.90	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesium	6.5	44.8	2.40	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molybdenum	48.0	331.0	17.00	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel metal	26.0	179.0	9.50	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Nickel silver	18.5	127.0	7.00	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Nickel steel	30.0	207.0	11.50	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Phosphor bronze	16.1	111.0	6.00	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Stainless steel (18-8)	27.6	190.0	10.60	73.1	0.305	0.280	484	76.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 เหล็กแผ่น และ ลวด

เหล็กแผ่น, ลวด															
เหล็กแผ่น เหล็กแผ่นบาง DIN 1541 (5.32)			เหล็กแผ่นบาง เหล็กแผ่นบางมาก DIN 1616 (5.67)				โลหะแผ่นนอกกลุ่มเหล็ก DIN 1751 (11.63), 1783 (11.63)								
ความหนา มม.	แผ่น เบอร์ Nร.	มวล MA kg/m ²	ความหนา มม.	มวล MA kg/m ²	ความลึก IE เป็นมมสำหรับ ช่วงความแข็ง			ความหนา มม.	D-Cu kg/m ²	CuZn37 kg/m ²	CuAl8 kg/m ²	Al 99,8 kg/m ²	MgAl 6 kg/m ²	Zn 97,5 kg/m ²	
					A	B	C		มวลขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัด MA in						
0,18	32	1,42	0,18	1,42	6,9	6,4	5,9	0,2	1,78	1,68	1,54	0,540	—	1,44	
0,2	31	1,57	0,2	1,57	7,1	6,6	6,1	0,22	1,96	1,85	1,69	—	—	—	
0,22	30	1,73	0,22	1,73	7,3	6,8	6,3	0,25	2,22	2,10	1,92	0,675	—	1,80	
0,24	29	1,88	0,24	1,88	7,4	6,9	6,4	0,3	2,67	2,52	2,31	0,810	0,546	2,15	
0,28	28	2,20	0,26	2,04	7,6	7,1	6,6	0,4	3,56	3,36	3,08	1,08	0,728	2,87	
0,32	27	2,48	0,28	2,20	7,7	7,2	6,7	0,45	4,00	3,78	3,46	—	—	3,23	
0,38	26	2,98	0,3	2,36	7,9	7,4	6,9	0,5	4,45	4,20	3,85	1,35	0,910	3,59	
0,44	25	3,45	0,32	2,51	8,0	7,5	7,0	0,6	5,34	5,04	4,62	1,62	1,09	4,31	
0,5	24	3,92	0,34	2,67	8,1	7,6	7,1	0,7	6,23	5,88	5,38	—	—	5,03	
0,56	23	4,38	0,36	2,83	8,3	7,8	7,3	0,8	7,12	6,72	6,16	2,16	1,46	5,74	
0,63	22	4,94	0,38	2,98	8,4	7,9	7,4	0,9	8,00	7,55	6,93	—	—	6,46	
0,75	21	5,88	0,4	3,24	8,5	8,0	7,5	1	8,90	8,40	7,70	2,70	1,82	7,18	
0,88	20	6,91	0,45	3,53	8,7	8,2	7,7	1,1	9,80	9,25	8,46	—	—	—	
1	19	7,85	0,49	3,84	8,9	8,4	7,9	1,2	10,7	10,1	9,24	3,24	2,18	8,62	
1,13	18	8,86	ดัดกลิ้งเคลือบเหล็กแผ่นขาว					1,4	12,5	11,8	10,8	—	—	—	10,1
1,25	17	9,81	ออย					1,5	13,4	12,7	11,6	4,05	2,73	—	10,8
1,38	16	10,8	โดยการรวม					1,6	14,2	13,4	12,6	—	—	—	—
1,5	15	11,8	F 24 24					1,8	16,0	15,1	13,9	4,86	3,28	—	12,9
1,75	14	13,7	F 30 30					2	17,8	16,9	15,4	5,40	3,64	—	14,4
2,0	13	15,7	โลหะ Electrolyte					2,2	19,6	18,5	16,9	—	—	—	15,8
2,25	12	17,7	E 1 5,6					2,5	22,2	20,9	19,2	6,75	4,55	—	18,0
2,5	11	19,6	E 2 11,2					2,8	25,0	23,6	21,5	—	—	—	20,1
2,75	10	21,5	E 3 16,8					3	26,8	25,3	23,1	8,10	5,46	—	21,5
			E 4 22,4					3,2	29,0	27,4	24,6	—	—	—	—
เหล็กแผ่นเรียบปานกลาง DIN 1542 (4.59)								3,5	31,2	29,5	26,9	9,45	6,37	25,1	
3	—	23,6	ดัดเกรด					4	35,6	33,6	30,4	10,8	7,28	28,7	
3,5	—	27,4	W 1 เลือกรูปร่าง					4,5	40,1	37,8	34,6	—	—	—	
4	—	31,4	สัญญาณด้วยตัวอย่าง					5	44,5	42,0	38,5	13,5	9,10	35,9	
4,5	—	35,4	เหล็กแผ่นบาง 0,32 - A - W 1					ผลผลิตด้วย : เป็นแผ่น เป็นเส้น เป็นม้วน							
4,75	—	37,3	แผ่นขาว 0,45 - CE3 - W2					สัญญาณด้วย : เหล็กแผ่น 1,5×800×2000 DIN 1751-CuZn37 F45							
ผลผลิต : เหล็กแผ่นตาม DIN 1541 และ 1542 จะรับค่า ขุดสังกะสี สำหรับ Deep drawing หรือ ดัดวงรถ															
เหล็กแผ่นหนาตาม DIN 1543 เป็นเหล็กแผ่นหนามากกว่า 4,75 มม.															
วัสดุ : DIN 1623-17100-17155-17200-17210-17211															
สัญญาณของเหล็กแผ่นสำหรับขึ้นรูปแบบ Deep drawing ที่มีขนาดหน้า 1,5 มม. กว้าง 800 มม. ยาว 1600 มม.															
ตาม DIN 1541 หล่อแข็ง (killed steel) มีตัวตนตาม DIN 1623															
เหล็กแผ่น Deep drawing 1,5 × 800 × 1600 DIN 1541 - RSt 13 05 m															
ลวดเหล็ก DIN 177 (5.67)				ลวดกลมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก DIN 46420 (6.70), 46431 (6.70)											
ขนาด φ มม.	มวล kg/1000 m	ขนาด φ มม.	มวล kg/1000 m	ขนาด φ มม.	E-Cu kg/1000 m	CuZn 36 Pb 1 kg/1000 m	Al 99 kg/1000 m	ขนาด φ มม.	E-Cu kg/1000 m	CuZn 36 Pb 1 kg/1000 m	Al 99 kg/1000 m				
0,1	0,0616	1	6,16	0,05	0,0175	—	—	0,63	2,78	—	0,842				
0,12	0,0887	1,12	7,69	0,1	0,0699	0,0667	0,0212	0,71	3,53	—	1,07				
0,16	0,158	1,25	9,66	0,12	—	0,0965	—	0,8	4,47	4,26	1,36				
0,2	0,246	1,6	15,8	0,125	0,109	—	0,0332	0,9	5,66	5,42	1,72				
0,22	0,298	2	24,6	0,14	0,137	0,131	0,0416	1	6,99	6,67	2,12				
0,25	0,385	2,24	30,9	0,16	0,179	0,171	0,0543	1,2	—	9,65	—				
0,28	0,484	2,5	38,5	0,2	0,280	0,268	0,0848	1,25	10,9	—	3,31				
0,36	0,798	2,8	48,4	0,25	0,437	0,417	0,133	1,4	13,7	13,1	4,16				
0,4	0,989	3,33	77,7	0,3	—	0,601	—	1,6	17,9	17,1	5,43				
0,45	1,25	4	98,9	0,315	0,694	—	0,211	2	28,0	26,8	8,48				
0,5	1,54	4,5	125	0,36	—	0,865	—	2,5	43,7	41,7	13,3				
0,56	1,93	5	154	0,4	1,12	1,07	0,339	3	62,9	60,1	19,1				
0,63	2,45	5,6	193	0,45	1,42	1,36	0,429	3,5	—	81,7	—				
0,71	3,11	6,3	245	0,5	1,75	1,67	0,530	4	112	107	33,9				
0,8	3,95	7,1	311	0,56	2,19	2,09	0,665	4,5	142	136	42,9				
0,9	4,99	8	395	0,6	—	2,41	—	5	175	167	53,0				
วัสดุ Unkilled steel DIN 17140. ผลผลิต : เป็นขดหรือเป็นม้วน															
ลวด 1.6 DIN 177-DS-1 สีวเงา สัญญาณสำหรับลวดที่มีขนาดแนนอนมีขนาด φ d = 0,4 มม. จาก E-CuF20 กลุ่ม 0,4 DIN 46431-E-Cu F20															

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.14 ตารางเหล็กฉากฐาน

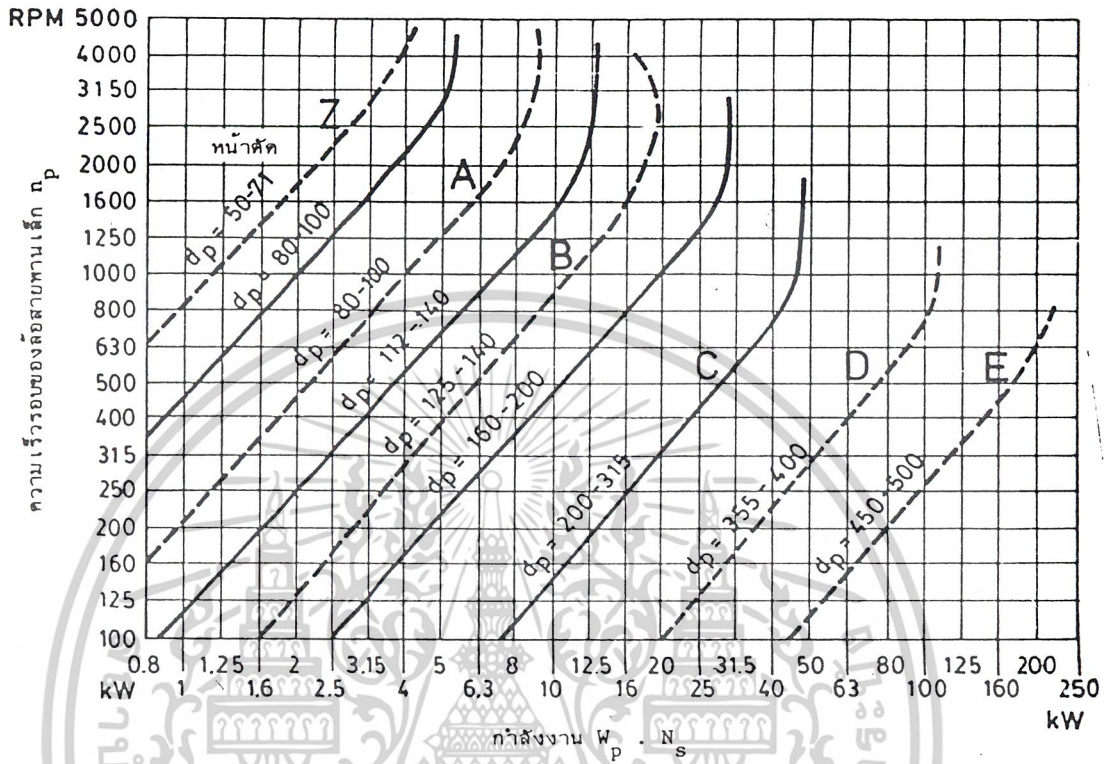
เหล็กฉากฐานเท่ากัน															DIN 1028 (11.76) และ 997 (11.70)								
ขนาด, ระยะและขนาดรูโตะสุดท้ายข้อมได้เป็น มม.		พื้นที่หน้าตัด	มวล	ชื่อย่อ	ระยะแกน	สำหรับแกนตัด		ขนาด, ระยะและขนาดรูโตะสุดท้ายข้อมได้เป็น มม.		พท. หน้าตัด	มวล	ชื่อย่อ	ระยะห่างจากแกน	สำหรับแกนตัด									
a	s	r ₁	r ₂	w ₁	d ₁	S	m _L	L	e	I	W	a	s	r ₁	r ₂	w ₁	d ₁	S	m _L	L	e	I	W
						cm ²	kg/m		cm	cm ⁴	cm ³							cm ²	kg/m		cm	cm ⁴	cm ³
20	3			12	4,3	1.12	0.88	20×3	0.60	0.39	0.28	60	6					6.91	5.42	60×6	1.69	22.8	5.29
25	3	3.5	2			1.42	1.12	25×3	0.73	0.79	0.45	60	8	4			17	9.03	7.09	60×8	1.77	29.1	6.88
25	4			15	6,4	1.85	1.45	25×4	0.76	1.01	0.58	65	7	9	4.5		21	8.7	6.83	65×7	1.85	33.4	7.18
30	3			17	8,4	1.74	1.36	30×3	0.84	1.41	0.65	70	7					9.4	7.38	70×7	1.97	42.4	8.43
30	4	5	2.5			2.27	1.78	30×4	0.89	1.81	0.86	70	9	4.5			21	11.9	9.34	70×9	2.05	52.6	10.6
35	4			18	11	2.67	2.10	35×4	1.00	2.96	1.18	75	7				40	10.1	7.94	75×7	2.09	52.4	9.67
35	5					3.28	2.57	35×5	1.04	3.56	1.45	75	8	5			23	11.5	9.03	75×8	2.13	58.9	11.0
40	4	6	3	22	11	3.08	2.42	40×4	1.12	4.38	1.56	80	6					9.35	7.34	80×6	2.17	55.8	9.57
40	5					3.79	2.97	40×5	1.16	5.43	1.91	80	8	10	5	4.5	23	12.3	9.66	80×8	2.26	72.3	12.6
45	4	7	3.5	25	13	3.49	2.74	45×4	1.23	6.43	1.97	80	10					15.1	11.9	80×10	2.34	87.5	15.5
45	5					4.3	3.38	45×5	1.28	7.83	2.43	90	7					12.2	9.61	90×7	2.45	92.6	14.1
50	5					4.8	3.77	50×5	1.40	11.0	3.05	90	9	11	5.5	50	25	15.5	12.2	90×9	2.54	116	18.0
50	6	7	3.5	30	13	5.69	4.47	50×6	1.45	12.8	3.61	100	8					15.5	12.2	100×8	2.74	145	19.9
50	7					6.56	5.15	50×7	1.49	14.6	4.15	100	10	12	6	55	25	19.2	15.1	100×10	2.82	177	24.7
60	5	8	4	35	17	5.82	4.57	60×5	1.64	19.4	4.45	100	12					22.7	17.8	100×12	2.90	207	29.2

เหล็กฉากที่อยู่ในเครื่องหมายนี้ ให้เลือกใช้ก่อน
 ที่แนะนำให้เลือกใช้อันดับต่อไปคือ 110×10, 120×12, 150×15, 180×18 และ 200×20.

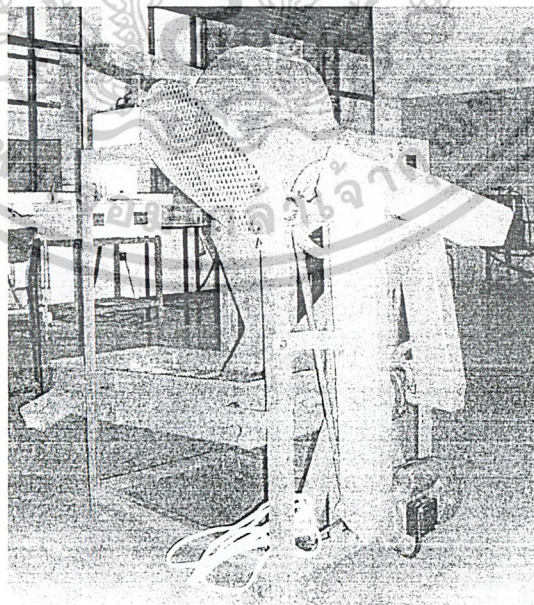
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รูปต่างๆ

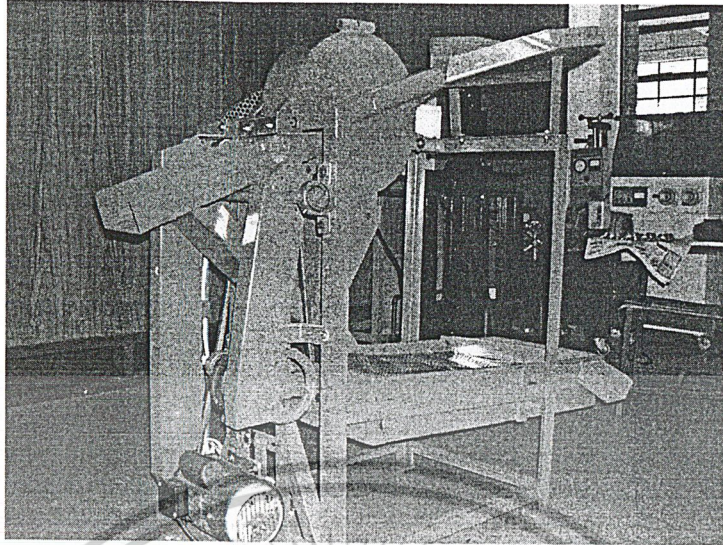


รูปที่ ข.1 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพาน

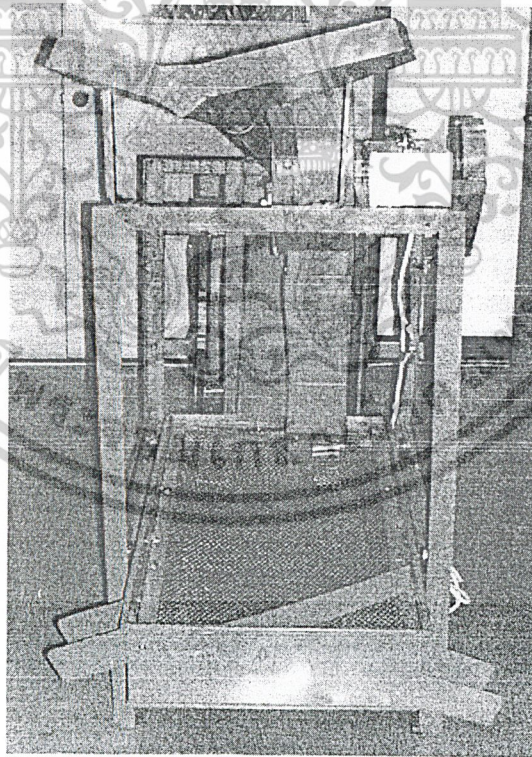


รูปที่ ข.2 รูปด้านหลังของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

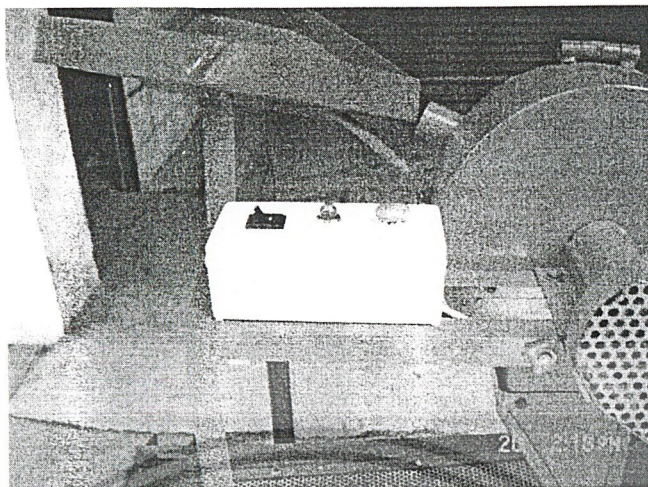


รูปที่ ข.3 รูปด้านหน้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

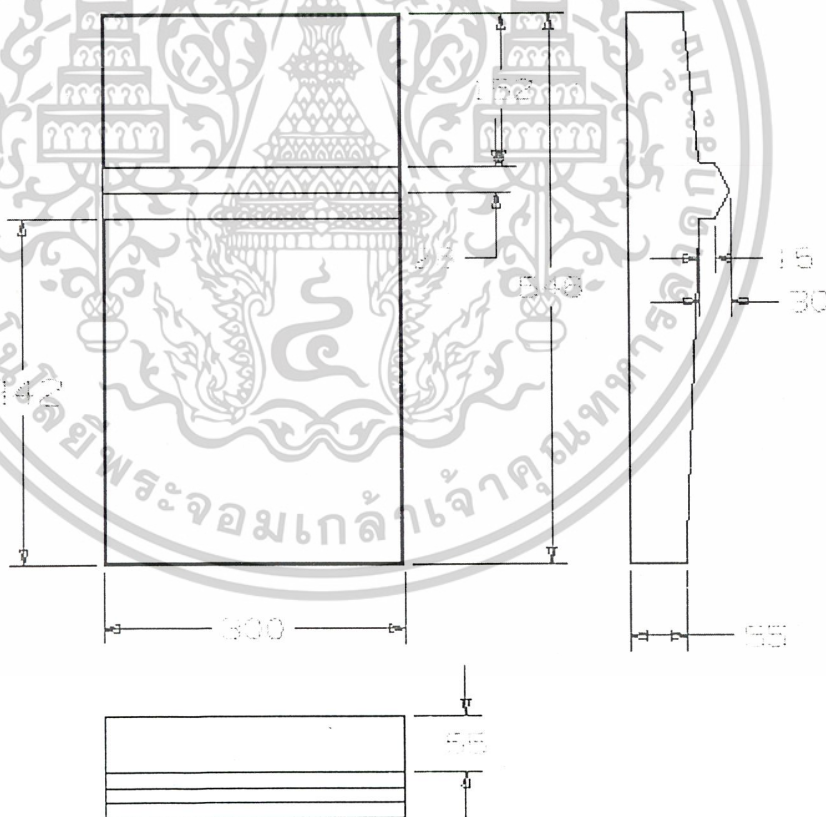


รูปที่ ข.4 รูปด้านข้างของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

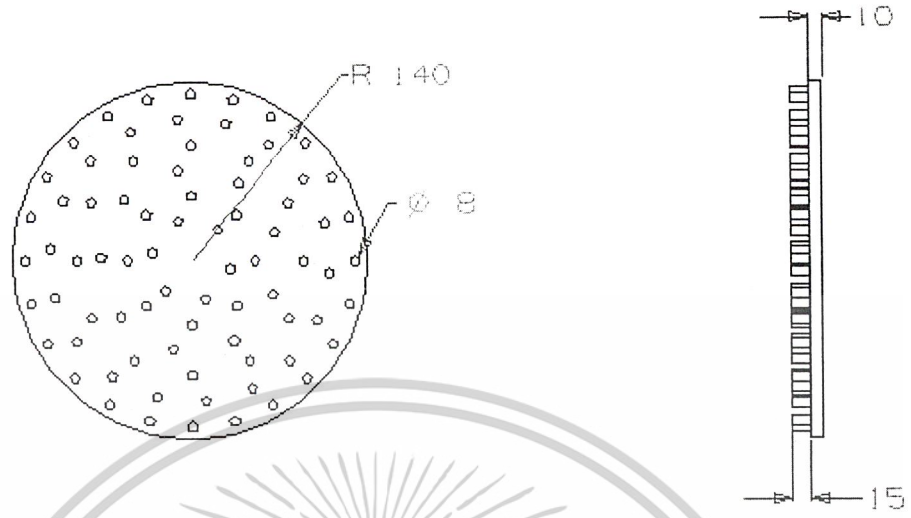


รูปที่ ข.5 แสดงสวิทช์เปิด-ปิด ของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

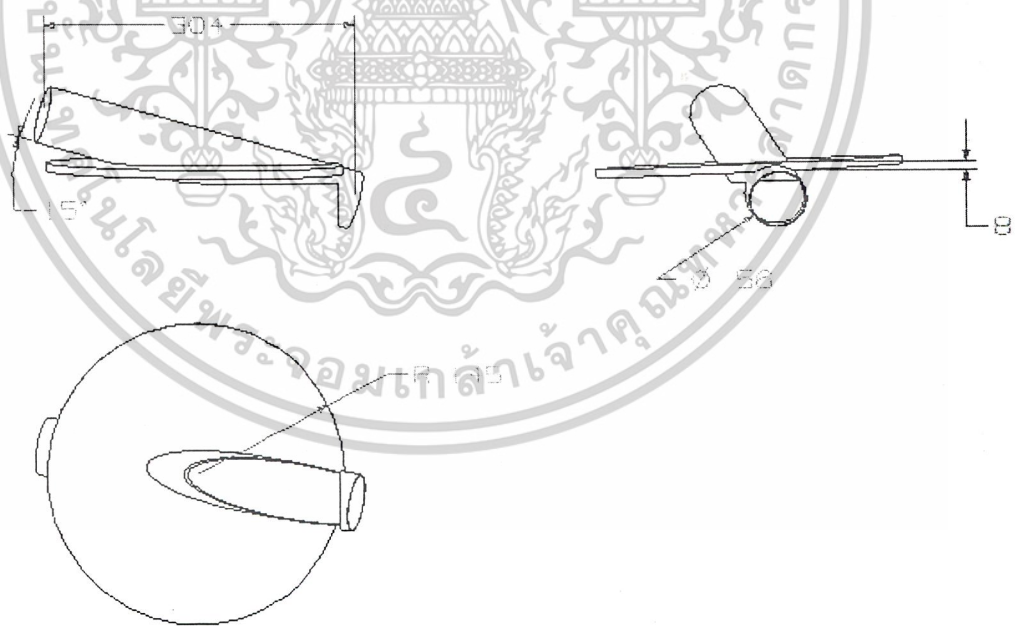


รูปที่ ข.6 ภาพลายของถังป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

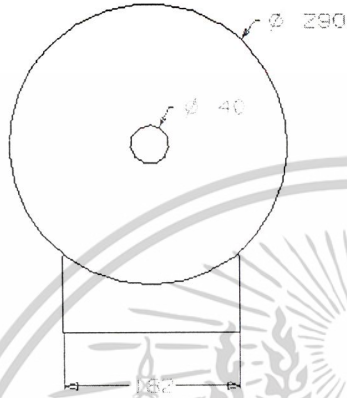
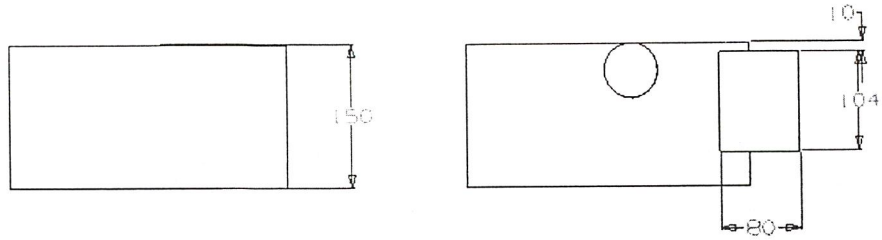


รูปที่ ข.7 ภาพฉายของแผ่นงานกะเทาะ

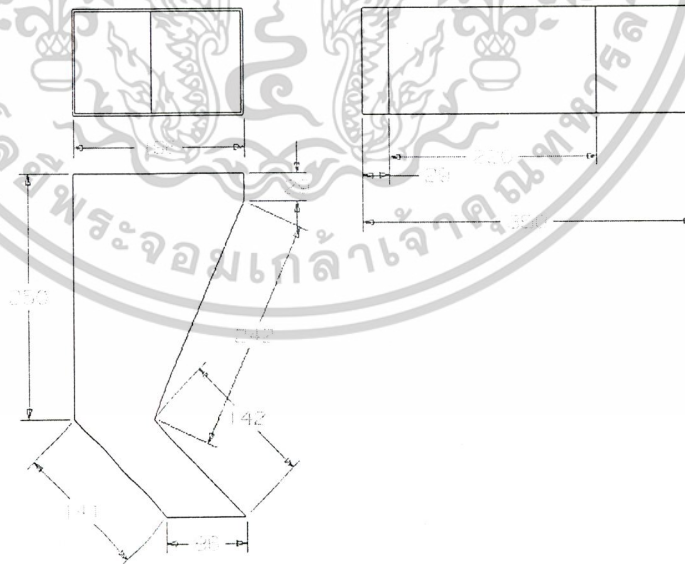


รูปที่ ข.8 ภาพฉายของฝาปิดและช่องทางเข้าของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

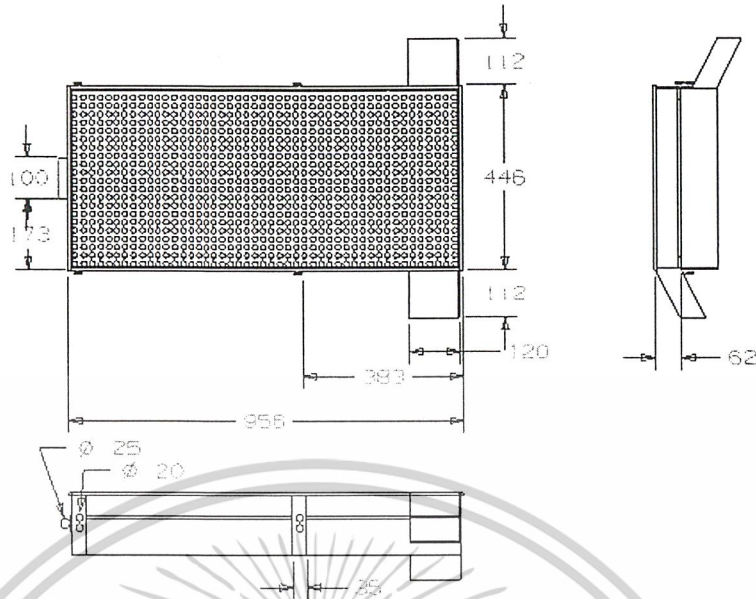


รูปที่ ข.9 ภาพฉายตัวกรอบของชุดกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

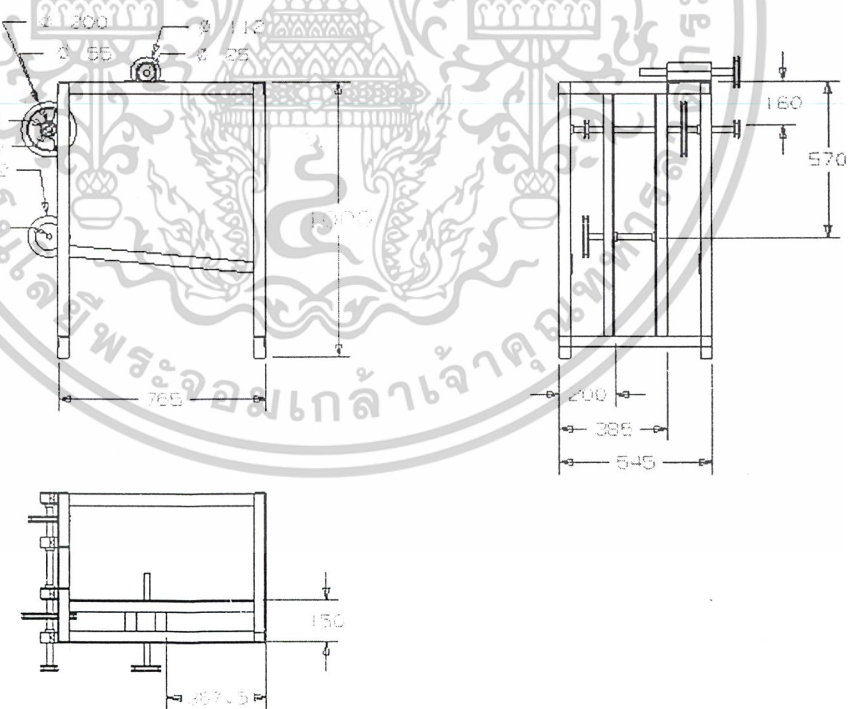


รูปที่ ข.10 ภาพฉายของช่องลำเลียงเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.11 ภาพฉายของชุดตะแกรงร่อน



รูปที่ ข.12 ภาพฉายโครงสร้างของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] รศ.ดร. วันชัย จันทร์ประเสริฐ, เทคโนโลยีเมทีลคัพซันส์พีชไร้, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.
- [2] ดร. ไสว พงษ์เก่า, พีชเศรษฐกิจ 1, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.
- [3] เกษม สุขสถาน และคณะ, พีชเศรษฐกิจ 2, กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] สถาบันวิจัยพีชไร้ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เอกสารวิชาการการปลูกพีชไร้, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว, 2539.
- [5] ภรต ภูษธร ณ อุทยา ชัชวาล วิจารย์ และ อนุพันธุ์ เทอดวงศัรกุล, รายงานวิจัยการทดสอบและการประเมินผลเครื่องกะเทาะข้าวโพด, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 2530.
- [6] ดร.วริทธิ์ อิงภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ หจก.เอช-เอ็น การพิมพ์, 2521.
- [7] ดร.วริทธิ์ อิงภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2, กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ หจก.เอช-เอ็น การพิมพ์, 2541.
- [8] รศ. บรรเลง ศรีนิล และ ผศ. ประเสริฐ กิ้วยสมบูรณ์, ตารางงานโลหะ, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524.
- [9] Ferdinand P. Beer and E. Russell Johnston, Jr. "Mechanics of Materials" Second Edition Copyright 1992 by McGraw-Hill Inc.
- [10] R.C. Hibbeler "Mechanics of Materials" Second Edition Copyright 1994 by Russell C. Hibbeler Macmillan college Publishing Company, New York, USA.