



รายงานวิจัย
เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง

โดย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม เจนวนิไลศิลป์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท กองทุนส่งเสริมการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ประจำปี 2558

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม เจณวีเลิศศิลป์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท กองทุนส่งเสริมการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ประจำปี 2558

ชื่อโครงการ	เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง
ผู้วิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกษม เจนวิไลศิลป์
หน่วยงานที่สังกัด	วิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ปีงบประมาณ	2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง ซึ่งเหมาะกับเกษตรกรที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ไว้สำหรับเลี้ยงสัตว์ หรือปลูกเอาไว้นขายเพื่อเป็นอาชีพ เพราะการกะเทาะเมล็ดเอาไปขายนั้น จะได้ราคาสูงกว่าการขายทั้งฝักข้าวโพด แต่โดยส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรมักจะขายข้าวโพดไปทั้งฝัก เพราะเครื่องกะเทาะที่มีใช้อยู่ในท้องตลาดใช้เวลาในการกะเทาะค่อนข้างนาน และมีราคาสูง ด้วยเหตุนี้ทางกลุ่มจึงได้คิดสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซังเพื่อประโยชน์ของเกษตรกรและเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดในภายต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกได้ดังนี้ การศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การออกแบบชิ้นส่วน จัดสร้าง และนำไปทำการทดลองการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง โดยความสามารถในการทำงานของเครื่องนั้น คือการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดออกจากฝักโดยมีความชื้นไม่เกิน 25 % แยกฝุ่นออกโดยการเป่า และแยกซังข้าวโพดออกจากเมล็ดแล้วทำการสับซังข้าวโพดโดยมีมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์

ผลการวิจัย พบว่า เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซังสามารถกะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้ 446.67 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมล็ดข้าวโพดที่แตกหัก 0.28 % และประสิทธิภาพของเครื่องในการกะเทาะทำได้ 94.29 %

คำสำคัญ : เครื่องกะเทาะ, เมล็ดข้าวโพด, สับซัง

Research Title	Cracker and chopped dried corn cob
Researcher	Asst. Prof. Kasem Jenwilaisilp
Office	Mechanical Engineering Faculty of Industrial Education
Year	2015

ABSTRACT

This research is a cracker and chopped dried corn cob It's good to farmers planting maize. For animal or plant to sell out to a professional. Because grain crackers sold out will be higher than the sale price and ear corn but by most farmers tend to sell corn to the ear. Because crackers are using is to take the time to crack relatively long and costly this is why the group has thought a cracker corn dry and chopped Sang for the benefit of farmers and a way to create crackers seed corn under the next

The research is divided study related theories. Design parts and used to build the experimental work of crackers and chopped dried corn cob the ability to operate a machine. The crackers are out of ear corn with moisture content up to 25% separate dust from the blasting corn cobs and separate out the seeds then chop cob The 2 hp motor size, etc. are used to drive the 220-volt electricity.

The results crackers and chopped corn cob was concluded that could crack corn seed 446.67 kg/hr. There was a broken corn 0.28% and the efficiency of the machine was 94.29%.

Keywords : Cracker, corn, cop

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชั่งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเงินกองทุนส่งเสริมการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ปี 2558 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เพื่อร่วมงานทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์แนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้และ ขอขอบคุณ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมบุคลากรให้ทำงานวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายเกียรติคุณ กล่อมจิตต์ และ นายพงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ช่วยดำเนินการสร้างและเก็บรวบรวมข้อมูลในการทดสอบ และเพื่อนๆ ทุกท่านที่มีได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่เป็นการกำลังใจและสนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ
เกษม เจนวิไลศิลป์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของโครงการ	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะรับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3
การวัดความชื้น	6
การกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	8
ขั้นตอนการออกแบบ	11
คุณสมบัติทางกลของวัสดุ	14
ค่าความปลอดภัย	16
เพลลา	17
สกรูขนถ่าย	23
มอเตอร์	29
สายพาน	34
แบริ่ง	44
พัดลม	49
หลักทั่วไปของการระบายอากาศ	53
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	54
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	55
ขั้นตอนการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดและสับซัง	57
การคำนวณ	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	80
ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดและสับซัง	80
ผลการทดสอบ	88
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	91
สรุปผลการวิจัย	91
ข้อเสนอแนะ	91
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ประวัติผู้วิจัย	

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องวัดความชื้นแบบบอบไล่ความชื้น	7
รูปที่ 2.2 เครื่องวัดความชื้นจากต่างประเทศที่ใช้กับเมล็ดพืชได้หลายชนิด	8
รูปที่ 2.3 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบใช้มือ	8
รูปที่ 2.4 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบใช้เครื่อง	9
รูปที่ 2.5 เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบใช้ดี	10
รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการออกแบบ	11
รูปที่ 2.7 ความเค้น – ความเครียด	14
รูปที่ 2.8 เพลายู่ภายใต้แรงต่างๆ	20
รูปที่ 2.9 หลักการสร้างสกรูขนถ่ายที่ใช้ขนถ่ายในแนวระดับ	24
รูปที่ 2.10 ตัวสกรูขนถ่ายที่ใช้ขนถ่าย	25
รูปที่ 2.11 ลักษณะโครงสร้างต่างๆ ของชุดลำตัวสกรู	27
รูปที่ 2.12 แพลตฟอร์มอัตราขนถ่ายที่เนื่องจากชุดสกรูขนถ่ายตั้งเอียง	29
รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	31
รูปที่ 2.14 โครงมอเตอร์ชนิดมีคืบ พร้อมแกนขดลวดและขดลวดที่พันเสร็จเรียบร้อยแล้ว	31
รูปที่ 2.15 ล้อสายพานทำมุมเอียง มุมป้านรับสายพาน	36
รูปที่ 2.16 แรงดึงของสายพาน	37
รูปที่ 2.17 หน้าตัดสายพานลิ้มและล้อสายพาน	38
รูปที่ 2.18 ส่วนต่าง ๆ ของบอลเบริง	45
รูปที่ 2.19 แผนผังรูปร่างภายนอกของพัลลมชนิดต่าง ๆ	50
รูปที่ 2.20 พัลลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซีไบพัดแอร์ฟอยล์ และพัลลมแอ็กเซียลชนิดไบพัลลม	50
รูปที่ 2.21 ซีไบพัดของพัลลมเซ็นตริฟูกอล	51
รูปที่ 2.22 ไบพัลล์คมีตรง	51
รูปที่ 2.23 ไบพัลล์ที่โค้งเข้าข้างหน้า (Sirocco)	52
รูปที่ 3.1 แผนภูมิการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดและสับซัง	56
รูปที่ 3.2 โครงของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	57

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.3	การม้วนเหล็กเพื่อทำเป็นฝาครอบลูกกะเทาะ	58
รูปที่ 3.4	นำฝาครอบลูกกะเทาะมาติดตั้งที่ตัวเครื่อง	58
รูปที่ 3.5	นำตะแกรงมาติดตั้งเข้าที่ตัวเครื่อง	59
รูปที่ 3.6	เชื่อมติดใบตี	59
รูปที่ 3.7	นำเหล็กแผ่นมาม้วนขึ้นรูปให้เป็นโครงพัดลม	60
รูปที่ 3.8	นำเหล็กเพลามาเชื่อมติดกับใบพัดลม	60
รูปที่ 3.9	ฝาครอบเพลากะเทาะข้าวโพด	61
รูปที่ 3.10	ถาดรองเมล็ดที่ติดตั้งกับตัวเครื่อง	61
รูปที่ 3.11	ปล่องระบายฝุ่น	62
รูปที่ 3.12	ฝาครอบสายพาน	62
รูปที่ 3.13	ติดตั้งใบพัดลมกับแบริ่งไปที่โครงพัดลมให้เข้ากับโครง	63
รูปที่ 3.14	ติดเพลาคี	63
รูปที่ 3.15	ติดตั้งชุดต้นกำลังและกลไกประกอบด้วยมอเตอร์ต้นกำลัง	64
รูปที่ 3.16	เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	64
รูปที่ 3.17	หาแรงบิดเบื้องต้น	65
รูปที่ 3.18	ระบบส่งกำลัง	66
รูปที่ 3.19	เพลากะเทาะ	69
รูปที่ 3.20	ภายในห้อง	75
รูปที่ 3.21	ชุดสับซัง	78
รูปที่ 3.22	ใบพัดลมเป่าฝุ่น	79
รูปที่ 4.1	ตรวจสอบสายพาน	80
รูปที่ 4.2	ตรวจสอบชุดสับซัง	81
รูปที่ 4.3	ตวงเมล็ดข้าวโพด	81
รูปที่ 4.4	เทเมล็ดข้าวลงในเครื่องวัดความชื้น	82
รูปที่ 4.5	อ่านค่าความชื้นของเมล็ดข้าวโพด	82
รูปที่ 4.6	ซังถังใส่ข้าวโพด	83
รูปที่ 4.7	ซังข้าวโพด	83

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8	เสียบปลั๊กเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด
รูปที่ 4.9	เดินเครื่อง
รูปที่ 4.10	เทข้าวโพดที่เตรียมไว้ลงไปปากเครื่อง
รูปที่ 4.11	เริ่มทำการกะเทาะข้าวโพด
รูปที่ 4.12	ซึ่งเมล็ดข้าวโพดที่กะเทาะได้
รูปที่ 4.13	ซึ่งซึ่งข้าวโพดที่ผ่านการสับแล้ว
รูปที่ 4.14	เดินเครื่องทิ้งไว้

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ค่าความปลอดภัย	17
ตารางที่ 2.2	ขนาดระบุของเพลตามาตรฐาน	19
ตารางที่ 2.3	ตัวประกอบความล้า	22
ตารางที่ 2.4	เปรียบเทียบระยะพิตช์ของเกลียว	28
ตารางที่ 2.5	ขนาดและค่าของสายพานแต่ละเบอร์	40
ตารางที่ 2.6	ขนาดของล้อสายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO /R 32- 1975 (E) และ ISO / R 256 1962 (E) ขนาดเป็น mm	41
ตารางที่ 2.7	ตัวประกอบของ N_s สำหรับสายพานลิ้ม	43
ตารางที่ 2.8	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	47
ตารางที่ 2.9	ตัวประกอบของการกระแทก	48
ตารางที่ 2.10	ตัวประกอบสายพาน	48
ตารางที่ 4.1	แสดงผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง	87

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เปิดเผยถึงสถานการณ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปี 2557/58 (ณ กันยายน 2557) มีเนื้อที่ปลูกมี 7.40 ล้านไร่ ผลผลิต 5.01 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่ 676 กิโลกรัม ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นี้เกษตรกรจะขายเฉพาะเมล็ดของข้าวโพดเท่านั้น ซึ่งเกษตรกรต้องกะเทาะฝักข้าวโพดเพื่อให้ได้เมล็ด ในอดีตการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดอาจใช้มือในการกะเทาะ หรือเครื่องกะเทาะขนาดเล็กทำงานด้วยมือ หรือใช้เครื่องยนต์ที่ชุดเอาเมล็ดข้าวโพดออกจากชังโดยจานหมุน ซึ่งมีเหล็กแหลมโผล่ออกมาจากผิวหน้า ฝักข้าวโพดจะถูกกดเข้าแนบกับหน้าจานโดยเหล็กสปริง เรียกว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบสปริงบางเครื่องอาจจะมีอุปกรณ์เป่าเศษผงข้าวโพดออกจากเมล็ดที่กะเทาะได้

จากการศึกษาพบว่าในการกะเทาะเมล็ด ถ้าใช้แรงงานคนกะเทาะนั้นจะเสียเวลามากและไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาจากการกะเทาะด้วยแรงงานมาเป็นการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะที่มีสมรรถนะเหมาะสม และมีราคาในการสร้างเครื่องที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายมาก ซึ่งเหมาะที่จะใช้เครื่องกะเทาะที่ใช้เฉพาะในกลุ่มเกษตรกรกลุ่มเล็กๆ หรือสำหรับใช้ในครัวเรือน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชัง เพื่อใช้ในครัวเรือนหรือ ใช้ในกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดสำหรับเลี้ยงสัตว์ ซึ่งทำให้เกษตรกรสามารถกะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้จำนวนมากกว่าการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดด้วยมือ ลดต้นทุนในการผลิตและยังสามารถเพิ่มรายได้เมื่อขายเมล็ดข้าวโพดให้แก่โรงงานอุตสาหกรรม เพราะการขายเมล็ดข้าวโพดอย่างเดียวจะได้ราคาดีกว่าการขายข้าวโพดทั้งฝัก และยังสามารถสับชังข้าวโพดเพื่อนำชังข้าวโพดที่ได้จากการสับนั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชัง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชัง

ขอบเขตของโครงการ

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชังนี้ สามารถกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้ง ที่มีความชื้นไม่เกิน 25 % และกะเทาะได้ปริมาณของเมล็ดข้าวโพดประมาณ 300 กิโลกรัม/ชั่วโมง พร้อมแยกฝุ่น

และสับซังข้าวโพดขนาดไม่เกิน 3 เซนติเมตร เพื่อนำซังใช้ประโยชน์ได้ต่อไป โดยมีมอเตอร์ต้นกำลังขนาด 3.5 แรงม้า และคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดที่กะเทาะออกมามีการแตกหักไม่เกิน 15 % โดยมีประสิทธิภาพของเครื่องไม่ต่ำกว่า 65 %

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซังที่สร้างขึ้นนี้ มีประสิทธิภาพ และสามารถช่วยเกษตรกรให้ประหยัดเวลาในการกะเทาะเมล็ดข้าวโพด และช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตให้กับเกษตรกร

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการสร้างเครื่องได้ถูกต้อง ปลอดภัยต่อผู้ใช้ และลดต้นทุนในการสร้าง คือ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าวโพด ประสิทธิภาพการออกแบบ การกะเทาะเมล็ดข้าวโพด และอุปกรณ์ติดตั้งต่างๆ ที่มีอยู่ในตัวเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, e-book)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เปิดเผยถึงสถานการณ์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปี 2557/58 (ณ กันยายน 2557) มีเนื้อที่ปลูกมี 7.40 ล้านไร่ ผลผลิต 5.01 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่ 676 กิโลกรัม ซึ่งผู้ปลูกได้เปลี่ยนจากพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ผสมเปิด มาใช้พันธุ์ลูกผสม กันมากประมาณ 90% ของพื้นที่ ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม ให้ผลผลิตสูงและมีลักษณะสม่ำเสมอ ทำให้ ง่ายต่อการดูแลและจัดการ ผลผลิต ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 94% ของประเทศ นำไปใช้ในอุตสาหกรรม ผลิตอาหารสัตว์

ฤดูปลูก

การปลูกข้าวโพดในสภาพไร่ ควรปลูกในฤดูฝน ซึ่งสามารถปลูกได้ทั้งต้นฤดูฝน ตั้งแต่ปลาย เดือนมีนาคมถึงต้นเดือนมิถุนายน (ตามแต่การเริ่มมีฝนของแต่ละพื้นที่ซึ่งเสี่ยงต่อฝนทิ้งช่วง) และ ปลายฤดูฝน ปลูกได้ตั้งแต่กลางเดือนกรกฎาคมถึงกลางเดือนสิงหาคม

การเตรียมดิน

การไถพรวน ทำให้ดินที่มีความร่วนซุยและระบายน้ำได้ดี ช่วยให้รากข้าวโพดหาอาหารได้ไกล ทำให้เมล็ดข้าวโพดงอกได้ดี ซึ่งควรไถอย่างน้อย 2 ครั้ง คือ

1. ไถตะ คือ ไถครั้งแรกด้วยผาน 3 หรือผาน 4 ควรไถให้ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร เพื่อ พลิกหน้าดิน ช่วยให้ระบายน้ำได้ดี และช่วยในการกำจัดวัชพืชและเศษซากพืชต่าง ๆ ในดิน ทำความ สะอาดแปลงไปด้วยในตัว หลังจากไถตะเสร็จแล้ว ควรตากดินไว้ระยะหนึ่ง
2. ไถแปร ควรไถด้วยผาน 7 เพื่อย่อยดินก้อนใหญ่ให้แตกและร่วนซุยมากยิ่งขึ้น ถ้ามีความ จำเป็น อาจมีการพรวนซ้ำ เพื่อให้ดินละเอียดเหมาะแก่การปลูกข้าวโพด

วิธีการปลูก

1. ปลูกด้วยเครื่องปลูก หลังจากไถแปรจนดินมีความร่วนซุยดีแล้ว ควรรอให้ฝนตกดีก่อนทำ การปลูก (ฝนตกอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร) ปลูกขณะดินชื้น ซึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวโพดงอกได้ดี ในการ

ปลูกควรปรับเครื่องปลูกให้มีระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุมประมาณ 20-25 เซนติเมตร ปลูกลึก 4-5 เซนติเมตร

2. ใช้แรงคนปลูก หลังจากไถแปรแล้ว ต้องรอให้ฝนตกอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร ดินจะมีความชื้น ทำให้การขึ้นร่อนซึ่งอาจใช้ วัว – ควาย รถไถก็ได้ โดยขึ้นร่อนให้มีระยะระหว่างร่อง 75 เซนติเมตร แล้วใช้คนหยอดเมล็ดลงในร่องให้มีระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร แล้วกลบดินหนา 4-5 เซนติเมตร โดยใช้เมล็ด 1 เมล็ด/หลุม ใช้เมล็ดพันธุ์ 3 กิโลกรัม/ไร่

การใส่ปุ๋ย

ควรมีการใส่ปุ๋ยให้ต้นข้าวโพด เพื่อให้มีธาตุอาหารใช้ในการสร้างผลผลิตให้เพิ่มขึ้น ซึ่งการใส่ปุ๋ยควรแบ่งใส่ 2 ครั้ง

1. ปุ๋ยรองพื้น ควรใส่รองกันหลุมหรือโรยเป็นแถวแล้วกลบพร้อมปลูก ถ้าใช้เครื่องปลูกจะมีถังสำหรับใส่ปุ๋ยพร้อมอยู่แล้ว ถ้าปลูกด้วยมือ ควรหยอดปุ๋ยที่กันหลุมแล้วกลบดินบาง ๆ ก่อนหยอดเมล็ด ไม่ควรให้ปุ๋ยสัมผัสกับเมล็ดโดยตรง เพราะอาจทำให้เมล็ดเน่าได้

ปุ๋ยรองพื้นที่ใช้ อาจใช้สูตร 16-20-0, 15-15-15, 20-20-0 หรือสูตรอื่น ๆ ตามความเหมาะสม ถ้าเป็นไปได้ ควรมีการวิเคราะห์ดิน เพื่อหาสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมกับพื้นที่ โดยปุ๋ยรองพื้น ควรใส่อัตราประมาณ 25-30 กิโลกรัม/ไร่

2. ปุ๋ยแต่งหน้า หลังจากปลูกประมาณ 25-30 วัน ควรมีการใส่ปุ๋ยอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) โรยข้างต้นในอัตรา 20-25 กิโลกรัม/ไร่ ใส่ขณะดินมีความชื้นหรือใส่แล้วกลบด้วยเครื่องทำร่น พูนโคน

การป้องกันและกำจัดวัชพืช

1. หลังจากปลูกข้าวโพด ก่อนข้าวโพดงอก (และก่อนหญ้างอกหรือหญ้าออกต้นเล็กไม่เกิน 3 ใบ) ให้พ่นสารควบคุมวัชพืชขณะดินชื้น โดยให้สารอาหารซิน อัตรา 500 กรัม/ไร่ หรืออะลาคลอร์ อัตรา 600 ซีซี/ไร่ หรือใช้ทั้งสองอย่างรวมกันโดยใช้สารอาหารซิน 350 กรัม+อะลาคลอร์ 500 กรัม/ไร่

2. ควรมีการทำร่นพูนโคน เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 25-30 วัน เพื่อเป็นการกำจัดวัชพืชที่งอกใหม่ โดยการใช้ผานหัวหมู หรือใช้จอบถาก

3. การกำจัดวัชพืช ถ้ามีวัชพืชในแปลงข้าวโพดมากอาจใช้สารพาราควอต (กรัมม็อกโซน) ฉีดพ่นเพื่อฆ่าหญ้า โดยใช้อัตรา 80 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร (8 ขอนแกง/น้ำ 1 ปี๊บ) ทั้งนี้การฉีดพ่นจะต้องใช้ด้วยความระมัดระวังไม่ให้สารโคนต้นข้าวโพดเพราะจะทำให้ข้าวโพดไหม้ตายได้

ความต้องการน้ำของข้าวโพด

ข้าวโพดมีความต้องการใช้น้ำตลอดฤดูปลูก ประมาณ 500-600 มิลลิเมตร หรือ ประมาณ 800-900 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ แต่ไม่ชอบน้ำท่วมขัง การปลูกข้าวโพดในสภาพไร่ โดยทั่วไปจะปลูก

ในช่วงฤดูฝน แต่บางครั้งให้น้ำได้ถ้าฝนทิ้งช่วง หรือกรณีปลูกข้าวโพดในช่วงหน้าแล้ง ซึ่งจำเป็นต้องให้น้ำ มีวิธีปฏิบัติดังนี้

1. การให้น้ำครั้งแรกเมื่อปลูก ในการปลูกข้าวโพด หลังจากไถพรวนเตรียมแปลงเสร็จแล้ว ควรให้น้ำก่อนปลูกข้าวโพดโดยน้ำ 50-65 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ แล้วจึงหลอด้ข้าวโพดขณะดินมีความชื้นพอเหมาะ ถ้าจำเป็นต้องหยอดข้าวโพดก่อนน้ำ ควรให้น้ำประมาณ 35-50 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ถ้าให้น้ำมากกว่านี้ จะต้องรับระบายน้ำออกจากแปลงทันที

2. การให้น้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด หลังจากข้าวโพดงอกแล้ว ควรให้น้ำ 65-80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/สัปดาห์ โดยให้อีก 11-12 ครั้ง (สัปดาห์) การให้น้ำแต่ละครั้งไม่ควรให้น้ำท่วมขัง หรือดินชื้นแฉะเป็นเวลานาน ถ้าให้น้ำมากเกินไป ควรรับระบายน้ำออกจากแปลงทันที

การเก็บเกี่ยวข้าวโพด

ข้าวโพดพันธุ์ต่าง ๆ ในประเทศไทย มีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 100-120 วัน ซึ่งการเก็บเกี่ยว ควรเก็บเมื่อข้าวโพดแก่เต็มที่ กาบหุ้มฝักแห้ง ใบแห้ง (เมล็ดควรมีความชื้นไม่เกิน 30% เมื่อเก็บเกี่ยว) ทำได้ทั้งใช้แรงงานคน หรือใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยว

การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว

ถ้าใช้แรงงานคนเก็บเกี่ยวข้าวโพดเป็นฝัก อาจสีข้าวโพดแล้วขายทันที หรือถ้าต้องการเก็บข้าวโพดไว้รอขายเมื่อราคาดี ควรเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ความชื้นต่ำ แล้วเก็บไว้ในยุ้งฉางที่มีการระบายอากาศดี หมั่นตรวจดูว่าฝักข้าวโพดมีราเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าเริ่มมีรา ต้องนำฝักข้าวโพดออกตากแดดทันที

ระดับเกษตรกร

- ตากฝักข้าวโพดบนลานซีเมนต์ที่แห้งและสะอาด มีแสงแดดจัด 2-3 วัน เพื่อให้ฝักข้าวโพดมีความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 23 เปอร์เซ็นต์

- ฝักข้าวโพดที่มีความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 23 เปอร์เซ็นต์ จะปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน หรือพบในปริมาณน้อยกว่า 50 ส่วนในพันล้านส่วน (พรบ.ควบคุมอาหารสัตว์ พ.ศ.2525 กำหนดให้เมล็ดข้าวโพดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีปริมาณสารอะฟลาทอกซินได้ไม่เกิน 100 ส่วนในพันล้านส่วน)

- ควรเก็บฝักข้าวโพดไว้ในยุ้งฉางที่มีหลังคา กันฝนและถ่ายเทอากาศได้ดี

ระดับพ่อค้าท้องถิ่น

- ควรกะเทาะฝักข้าวโพดที่มีความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 26% ด้วยเครื่องกะเทาะที่มีความเร็วรอบ 8-12 รอบ/วินาที

- หลังการกะเทาะแล้ว ต้องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดให้เหลือประมาณ 15% โดยการตากเมล็ดบนลานซีเมนต์ที่แห้งและสะอาด มีแสงแดดจัด 1-2 วัน และกลับเมล็ดทุกครั้งชั่วโมง

- หากตากฝน และเมล็ดข้าวโพดมีความชื้นอยู่ระหว่าง 18-30% จะสามารถชะลอการเน่าเสียและการปนเปื้อนและสารอะฟลาทอกซินได้ประมาณ 10 วัน โดยต้องปฏิบัติดังนี้
 - นำเมล็ดข้าวโพดมากองไว้ในที่ร่มและใช้ผ้าพลาสติกใส หนา 0.1 มิลลิเมตร คลุม และทับชายพลาสติกกรอบกองด้วยถุงทราย หรือ ม้วนกระสอบป่านแล้วรวมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อัตรา 0.5 กิโลกรัม/เมล็ด 1,000 กิโลกรัม หรือใช้เครื่องดูดอากาศจากภายในกองออก แล้วรวมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตรา 0.3 กิโลกรัม/เมล็ด 1,000 กิโลกรัม
 - หลังจากนั้นต้องนำเมล็ดข้าวโพดไปลดความชื้นให้เหลือ 15% ภายใน 1-2 วัน

การวัดความชื้น (<http://www.dsk-agro.com>.)

การวัดความชื้นแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1. การวัดโดยตรง (Direct Methods) เป็นการวัดความชื้นโดยนำเมล็ดพืชมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อยกน้ำออกจากเนื้อสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1.1 การทำปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction) โดยการแยกน้ำด้วยปฏิกิริยาเคมี วิธีนี้ไม่นิยมใช้เนื่องจากใช้เวลานานและมีราคาแพง

1.2 การอบไล่ความชื้น (Heating Oven) เป็นวิธีที่นิยมใช้ โดยนำตัวอย่างเมล็ดพืชที่บดเป็นแป้งแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบน้ำหนักก่อนและหลังการอบ จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

1.3 การกลั่น (Distillation) นำตัวอย่างเมล็ดพืชที่บดเป็นแป้งผสมกับตัวทำละลายโทลูอีน (toluene) แล้วนำไปต้ม น้ำจะระเหยออกมาและควบแน่นเป็นหยด ซึ่งวัดเป็นปริมาตรและน้ำหนักได้

1.4 การใช้รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นไมโครเวฟ (Infrared and Microwave Radiation) เป็นการใช้อินฟราเรดหรือคลื่นไมโครเวฟ เพื่อระเหยน้ำในแป้งที่ได้จากการ บดตัวอย่างเมล็ดพืช วิธีการวัดความชื้นเหล่านี้มีจุดเด่นที่ให้การวัดถูกต้องแต่จุดด้อยสำคัญคืออุปกรณ์และเครื่องมือมีราคาแพง การใช้งานต้องเตรียมอุปกรณ์หลายชิ้น และการวัดแต่ละครั้งใช้เวลานาน



รูปที่ 2.1 เครื่องวัดความชื้นแบบบอโลความชื้น

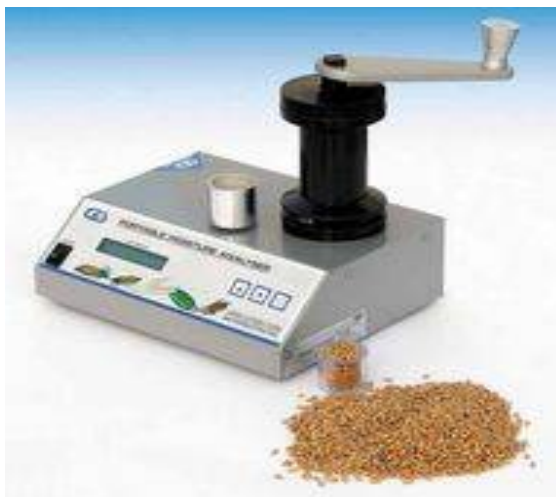
2. การวัดโดยอ้อม (Indirect Methods) เป็นการวัดสมบัติทางไฟฟ้าของเมล็ดพืชด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัดค่าความจุไฟฟ้า การวัดโดยอ้อมวัดได้หลายวิธีเช่นกันคือ

2.1 ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) อุปกรณ์วัดจะวัดความต้านทานไฟฟ้าของเมล็ดพืช โดยบรรจุเมล็ดพืชตัวอย่างลงช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในภาชนะปิดแน่น ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จะแปรเป็นค่าปริมาณความชื้น

2.2 ความจุไฟฟ้า (Capacitance) ตัวอย่างจะถูกบรรจุในภาชนะปิด โดยผนังภาชนะทำหน้าที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าความถี่สูงออกมา การวัดวิธีนี้จำเป็นต้องใช้ตารางคาลิเบรชัน (calibration) ประกอบด้วยค่าความชื้นที่ได้จากการวัดด้วยวิธีนี้จะมีความแม่นยำมากกว่าการวัดจากค่าความต้านทานไฟฟ้า

2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) เป็นวิธีหาค่าความชื้นในเมล็ดพืชจากการวัดความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศ ระหว่างเมล็ด เนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่าง เมล็ดเปลี่ยนแปลง ซึ่งความถูกต้องของค่าความชื้นที่วัดได้จากวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัว ของความชื้น ดังนั้นการวัดด้วยวิธีนี้ต้องรอเวลานานประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศต่างๆเกิดสมดุลก่อนวัดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องการวัดความชื้นโดยอ้อมมีจุดเด่นตรงรู้ผลเร็ว สะดวก และทำได้บ่อย จุดด้อยคือ ค่าที่ได้จากการวัดเป็นค่าประมาณการ ในปัจจุบันเครื่องวัดความชื้นนิยมใช้เป็นเครื่องที่อาศัยการวัดความชื้น โดยอ้อม เนื่องจากลักษณะเครื่องเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีขนาดกะทัดรัด ใช้งานง่าย และทราบผลเร็ว สำหรับเครื่องวัดความชื้น

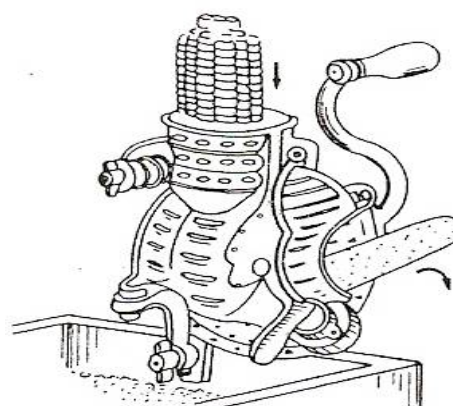
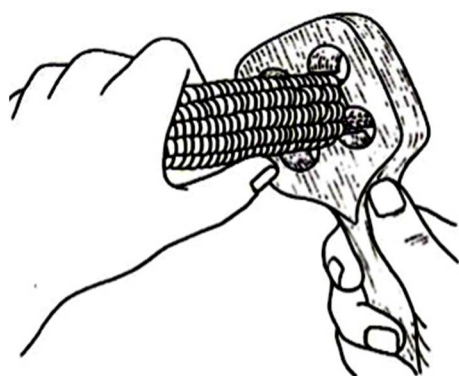
เมล็ดพืชที่มีขายส่วนใหญ่จะเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ และยังมีราคาค่อนข้างแพง ตั้งแต่ราคาเกือบหมื่นบาทจนถึงหลายหมื่นบาทขึ้นอยู่กับความสามารถในการวัด ของเครื่องมือ



รูปที่ 2.2 เครื่องวัดความชื้นจากต่างประเทศที่ใช้กับเมล็ดพืชได้หลายชนิด

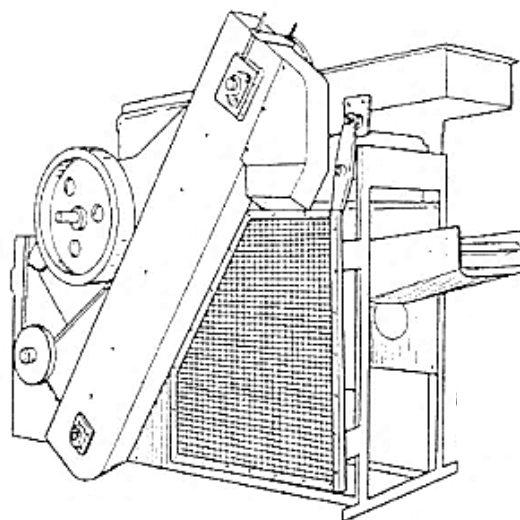
การกะเทาะเมล็ดข้าวโพด (จักร, 2528:253-254)

1. การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบดั้งเดิม โดยการกะเทาะแบบดั้งเดิมนั้นมีการกะเทาะโดยการการใช้มือหมุนเอาโดยแสดงดังรูปที่ 3



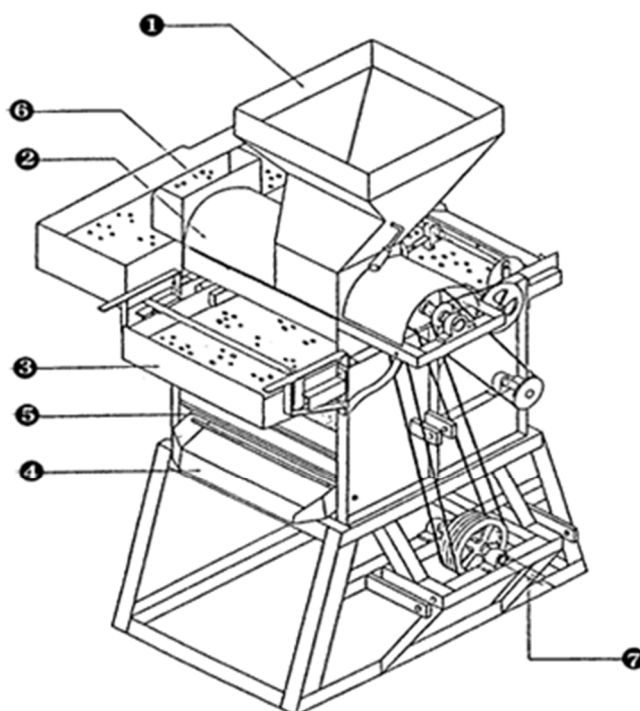
รูปที่ 2.3 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบใช้มือ

2. การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบใช้เครื่อง โดยการกะเทาะเครื่องขนาดเล็กทำงานด้วยเครื่องยนต์ที่ชุดเอาเมล็ดข้าวโพดออกจากซังโดยจานหมุนซึ่งมีเหล็กแหลมโผล่ออกมาจากผิวหน้า ฝักข้าวโพดจะถูกกดเข้าแนบกับหน้าจานโดยเหล็กสปริง เรียกว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบสปริง บางเครื่องอาจจะมีอุปกรณ์ที่ฟัดหรือเป่าเศษผงจากซังข้าวโพดออกจากเมล็ด



รูปที่ 2.4 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบใช้เครื่อง

2.1 เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบซีดี มีส่วนประกอบหลัก คือ ถังป้อน ลูกกะเทาะ ตะแกรงกะเทาะ ตะแกรงคัดแยก ช่องทางออกเมล็ด หน่วยทำความสะอาด ช่องทางออกซัง พัดลมดูดทางออกสิ่งเจือปน คันบังคับปิดเปิด ช่องปรับปริมาณลม การเรียงตัวของซีดีด้านใกล้ถังป้อนมีลักษณะเป็นเกลียว เพื่อพาข้าวโพดไหลไปอีกทางหนึ่งในขณะกะเทาะ ตะแกรงกะเทาะเป็นตะแกรงโค้งรูปครึ่งวงกลมอยู่ด้านล่างของลูกกะเทาะ เมล็ดข้าวโพดและสิ่งเจือปนที่ได้จากการกะเทาะจะไหลผ่านรูตะแกรงกะเทาะลงสู่ตะแกรงคัดแยก การเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของตะแกรงคัดแยก ทำให้เกิดการแยกตัวระหว่างซังและเมล็ดข้าวโพดในทิศทางตรงข้ามกัน ซังข้าวโพดส่วนที่ผสมมาพร้อมเมล็ดจะไหลออกทางด้านท้ายของตะแกรง เมล็ดข้าวโพดและสิ่งเจือปนขนาดเล็กจะผ่านรูตะแกรงคัดแยกร่วงลงสู่ชุดทำความสะอาด เพื่อให้เมล็ดและสิ่งเจือปนแยกออกจากกัน และมีพัดลมดูดอากาศ ดูดสิ่งเจือปนออกไปทางด้านท้ายปล่องขับทิ้ง พัดลมจะมีช่องปรับปริมาณลมอยู่ด้านข้างเพื่อควบคุมปริมาณลมให้เหมาะสมตามที่ต้องการ



- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 1) ภาชนะบรรจุฝัก | 5) หน่วยทำความสะอาด |
| 2) หน่วยกะเทาะ | 6) ช่องทางออกของซัง |
| 3) ตะแกรงคัดแยก | 7) เฟลาส่งกำลัง |
| 4) ช่องทางออกของเมล็ด | |

รูปที่ 2.5 เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบซี่ตี

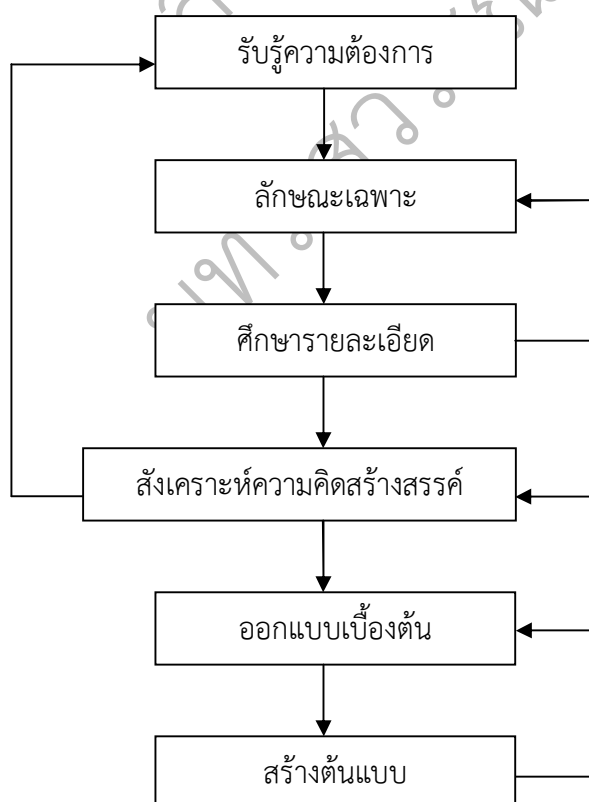
ที่มา : (สมโภชน์ สุตาจันทร์, 2538)

การทำงานของเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบซี่ตี ให้เดินเครื่องยนต์ทำงานสักระยะหนึ่ง แล้วเทฝักข้าวโพดลงในถังป้อน ฝักข้าวโพดจะไหลลงไปยังห้องกะเทาะซึ่งอยู่ระหว่างลูกกะเทาะกับตะแกรงกะเทาะ ฝักข้าวโพดจะถูกกะเทาะโดยซี่ตีและตะแกรงกะเทาะ ในขณะที่กะเทาะฝักข้าวโพดจะเคลื่อนตัวไปตามแนวแกนของลูกกะเทาะ ซึ่งด้านบนของผนังกะเทาะที่อยู่ด้านท้ายของห้องกะเทาะมีครีบลูกกลมติดอยู่เพื่อบังคับให้ซังข้าวโพดที่ถูกกะเทาะเมล็ดแล้วเคลื่อนที่ออกจากเครื่องกะเทาะโดยมีบานพับควบคุมการไหลออกด้านทางออกซังข้าวโพดซังข้าวโพดที่ไหลออกมาอาจมีเมล็ดที่กะเทาะแล้วบางส่วนติดออกมาด้วยก็จะร่วงผ่านรูตะแกรง ตะแกรงที่รองรับซังข้าวโพดอยู่แล้วผ่านลงไปยังตะแกรงคัดแยกต่อไป เมล็ดข้าวโพดและส่วนของฝักข้าวโพดบางส่วนที่มีขนาดเล็กจะไหลลอดรูตะแกรงกะเทาะไปยังตะแกรงคัดแยก เมล็ดข้าวโพดและสิ่งเจือปนที่อยู่บนตะแกรงคัดแยกจะถูกคัดแยกและผ่านการทำความสะอาดโดยพัดลม เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วจะไหลลงสู่

ภาชนะรองรับ จากรายงานการทดสอบเครื่องกะเทาะข้าวโพดของ ภรต และคณะ (2530) พบว่าเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบซี่ตีมีความสามารถในการทำงาน 8.8 ตันต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการกะเทาะ 99 เปอร์เซ็นต์ การสูญเสียและการแตกหักไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความสะอาด 99 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ความเร็วลูกกะเทาะ 680 รอบต่อนาที ความชื้นเมล็ดที่ใช้ทดสอบ 14.0 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก มีผู้ปฏิบัติงาน 6-8 คน

ขั้นตอนการออกแบบ (วริทธิ์, 2522:40-44)

การออกแบบเป็นกระบวนการที่น่าสนใจมากกว่าควรจะเริ่มต้ง่าย ๆ ควรจะเริ่มต้นจากกระดาษเปล่าแผ่นหนึ่ง แล้วเริ่มลงมือแสดงความคิดเห็นลงไปจะเกิดอะไรขึ้น มีอะไรบ้างที่เป็นตัวควบคุม หรือมีผลต่อการตัดสินใจ และสุดท้ายงานออกแบบจะสิ้นสุดที่ใดต้งั้นจึงจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบจะสิ้นสุดที่ใด ต้งั้นจึงจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบทั่วไป ซึ่งงานบางประเภทอาจไม่เป็นไปตามขั้นตอนดังกล่าวนี้ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบทั่วไป ต้งจะเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการออกแบบ

1. รับรู้ความต้องการ การออกแบบอาจเริ่มต้นจากการ ที่วิศวกรได้รับรู้ ความต้องการและ ตัดสินใจที่จะทำอะไรบางอย่างขึ้นหรืออาจได้รับข้อมูลจากลูกค้าที่เกี่ยวข้อง กับผลิตภัณฑ์ในการ ใช้งานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจเป็นแรงผลักดันให้มีการออกแบบขึ้นได้ การแข่งขันกันทางด้าน อุตสาหกรรมทำให้เกิดความต้องการในการออกแบบอุปกรณ์ กระบวนการและเครื่องจักรกลใหม่ ๆ สิ่งสำคัญก็คือ ต้องยอมรับรู้ว่า เกิดความต้องการขึ้นแล้วใช้ประสบการณ์พื้นฐานที่มีอยู่ ทำความเข้าใจ กับความต้องการนั้นให้ถ่องแท้

2. ลักษณะจำเพาะ รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเท่าที่จะได้ ซึ่งอาจประกอบไปด้วย คุณสมบัติ ขนาด ราคา จำนวนที่ต้องการผลิต อายุการใช้งานอุณหภูมิใช้ งาน ความเชื่อถือได้ และสิ่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง เช่น น้ำหนัก ขนาดต่าง ๆ พร้อมทั้ง บางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต ความชำนาญของช่างและการ แข่งขัน ทางด้านการตลาด เป็นต้น การออกแบบงานบางประเภทต้องทำตามกฎเกณฑ์ เช่น หม้อไอน้ำ ภาชนะความดันก็จำเป็นต้องศึกษาเกณฑ์นั้น ให้ทราบถึงสิ่งสำคัญต่าง ๆ ที่เป็นข้อควร ระมัดระวังและปฏิบัติตาม

3. ศึกษารายละเอียด เมื่อได้ลักษณะจำเพาะต่าง ๆ แล้วขั้นต่อไปก็ศึกษารายละเอียด ทั้งนี้ก็ เพื่อแยกแยะ ถึงสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือความล้มเหลว ทั้งทางด้านเทคนิคและด้าน เศรษฐศาสตร์

โดยปกติแล้วผู้ที่รับผิดชอบในการศึกษารายละเอียด มักจะเป็นวิศวกรที่ผ่านงานออกแบบ มาแล้ว อย่างมากมีพื้นความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ต่าง ๆ เป็นอย่างดีรู้วิธีการเลือกใช้วัสดุรู้ วิธีการผลิตและความต้องการของแผนกขายทำการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นผู้รับผิดชอบโครงการ ทั้งหมด มีบ่อยครั้งที่ผลจากการศึกษารายละเอียดจะทำให้ลักษณะจำเพาะต้องเปลี่ยนไปเพื่อ ความสำเร็จของโครงการจึงทำให้มีวงป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะ

4. สังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ ในการออกแบบ เพื่อศึกษารายละเอียดแล้ว ต่อไปก็จะถึง ขั้นการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบซึ่งเป็นขั้นตอนที่ท้าทายและน่าสนใจที่สุดในการ ออกแบบ เพราะถ้าไม่มีสิ่งขีดจำกัดอันใดแล้ว ผู้ออกแบบจะทำหน้าที่เป็นวิศวกร นักประดิษฐ์ และ จิตรกร ในเวลาเดียวกัน ซึ่งในขณะนี้เขาจะเป็นนักสร้างสรรค์

5. การสังเคราะห์คือ การวิเคราะห์และทำให้อำนวยประโยชน์ที่สุดในขั้นนี้ จะต้อง สังเคราะห์ความคิดใหม่ ๆ กับความคิดเก่าเพื่อทำให้เกิดความคิดใหม่ขึ้น ความคิดสร้างสรรค์ เป็นสิ่งที่ สั่งสอนกันไม่ได้ แม้ว่าจะใช้วิธีการกระตุ้นก็ตาม แต่ก็เชื่อได้ว่าการศึกษาที่เหมาะสมทำให้นักศึกษามี กระบวนการคิดสร้างสรรค์กว้างขึ้น

6. ออกแบบเบื้องต้น และปรับปรุงหลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ ในการออกแบบแล้ว อาจจะมีวิธีการออกแบบที่เหมาะสมกับลักษณะจำเพาะ และความต้องการ หลายวิธี จึงจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นแบบเบื้องต้น และปรับปรุงต่อไป

ในขั้นนี้จำเป็นต้องมีแบบแสดงเครื่องจักรกลหรือระบบที่มีความเกี่ยวข้องกันเพื่อหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของระบบทั้งหมด แบบควรมีขนาดสำคัญพร้อมทั้งรูปประกอบรูปด้านข้าง อย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้น ยังต้องพิจารณาทางด้านไดนามิกของระบบด้วยเพื่อความมั่นใจว่าจะทำงานได้

โดยปกติแล้วขั้นนี้ จะยังไม่ได้สมบูรณ์ จึงต้องมีวงป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะเพื่อทำให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน พร้อมกันนี้ก็จะมีการปรับปรุง เพื่อพิสูจน์ให้เห็นถึงแนวความคิด เพื่อหาวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเพื่อประเมินผลของอุปกรณ์ หรือค้นหาสิ่งที่ยังไม่แน่ชัดจากข้อมูลทางเทคนิค และประสบการณ์ที่ผ่านมา ด้านนี้ช่วงการออกแบบเบื้องต้นอาจจะซ้ำหรือเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่ได้ อันที่จริงแล้วการปรับปรุงจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่อไป

7. ออกแบบรายละเอียดการออกแบบรายละเอียดเกี่ยวข้องกับขนาดจริง และขนาดของ ส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมดทั้งที่จะผลิตขึ้นเอง หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จที่จะซื้อมาใช้ ซึ่งจะประกอบเข้าด้วยกันทั้งหมดเป็นระบบดังนั้น จึงต้องมีแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนทุกชิ้นแสดงรูปด้านต่าง ๆ เท่าที่จำเป็นโดยต้องกำหนดทั้งขนาด พิกัดความเผื่อไว้ให้ครบถ้วนวัสดุที่ใช้ กรรมวิธีทางความร้อน จำนวน ชิ้นส่วน ชื่อชิ้นส่วน และบางครั้งอาจจะต้องใช้แบบประกอบของชิ้นส่วนงานสำเร็จด้วย

โดยปกติช่วงเขียนแบบจะทำงานไปพร้อมกับวิศวกร เพื่อเขียนแบบที่วิศวกรกำหนดขึ้น วิศวกร จะต้องให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น รูปแบบเบื้องต้นที่วิศวกรควรจะ ร่างขึ้นมาก่อน จะต้องให้ได้ขนาด ชนิดของวัสดุ โดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ และประสบการณ์ที่ผ่านมา ซึ่งหมายความว่าวิศวกรต้องใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กลศาสตร์ความแข็งแรงของวัสดุกลศาสตร์ของไหลการสั่นสะเทือน โลหะวิทยา กระบวนการผลิต โดยวิศวกรอาจจะหาผู้ช่วยที่มีความชำนาญ พิเศษเฉพาะสาขามาช่วยได้

8. สร้างต้นแบบ และทดสอบ หลังจากที่มีรายละเอียดต่าง ๆ สมบูรณ์มีแบบแยกชิ้นแบบ ประกอบ รวมทั้งวัสดุและรายการชิ้นส่วนต่าง ๆ แล้วจึงทำการสร้างต้นแบบและทดสอบ

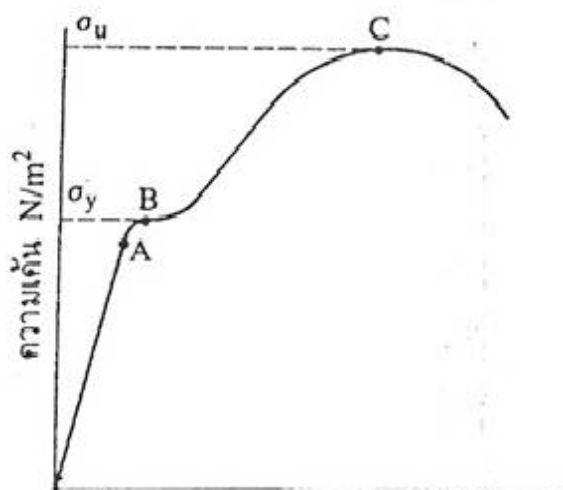
เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็เตรียมประเมินผลและทดสอบผลจากการทดสอบ อาจจะ ทำให้ต้องเปลี่ยนแปลง หรือปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้นหรือ แบบรายละเอียดบางประการ ซึ่ง แสดงไว้เป็นวงป้อนกลับ หลังจากเปลี่ยนแปลงปรับปรุงชิ้นส่วนบางชิ้นแล้วจะทดสอบและ ประเมินผลใหม่อีกครั้ง หรืออาจต้องทำหลายครั้ง จนกระทั่งวิศวกร ผู้ออกแบบพึงพอใจในงานของ เขามีสมรรถนะ

9. การออกแบบอย่างเป็นระบบ ลำดับการออกแบบเป็นขบวนการอย่างหนึ่ง ที่นำไปสู่เป้าหมายด้านการกำหนด ปัญหาหรือภารกิจที่จำเป็น เพื่อจัดทำเอกสารการผลิต (แบบและใบสั่งงาน) สิ่งรบกวนที่กระทบต่อขบวนการตัวอย่างเช่น ความยุ่งยากจากการทำให้ความสามารถในการทำงานเป็นจริงได้ และสถานการณ์การออกแบบที่เป็นอยู่สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของปัญหาที่กำหนดได้ การออกแบบประกอบด้วย การทำงานเป็นขั้นตอน

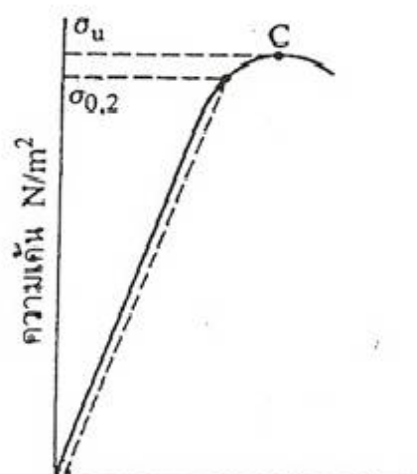
คุณสมบัติทางกลของวัสดุ (วริทธิ์, 2522:16-18)

ก่อนที่จะได้ทำการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ จะขอกล่าวถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุ เพราะ มีความสำคัญ ในการออกแบบชิ้นส่วน เครื่องจักรกลจะต้องคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นสำคัญซึ่งจะพบว่ามีชื่อเรียกต่าง ๆ อยู่มาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปจึงจะได้นิยามความหมายของชื่อต่าง ๆ ไว้ พอสังเขปดังนี้

ความต้านทานแรงดึง อัลติเมท (Ultimate tensile strength) , σ_u เป็นความเค้นสูงสุดที่วัสดุจะรับได้ ซึ่งคำนวณได้จากการนำแรงที่ใช้ดึงวัสดุตัวอย่างหารด้วยพื้นที่ หน้าตัดเดิม และแทนด้วยจุด C บนกราฟ ความเค้น - ความเครียดในรูปที่ 6 ในบางครั้งอาจเรียกให้สั้นลงได้ว่าความต้านแรงดึง (Tensile strength)



(ก) วัสดุเหนียว



(ข) วัสดุเปราะ

รูปที่ 2.7 ความเค้น - ความเครียด

ขีดจำกัดความเป็นสัดส่วน (Proportional Limit) เป็นค่าความเค้นค่าสุดท้ายที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียด ดังจุด A เมื่อพ้นจุดนี้ไปแล้ว กราฟจะเป็นเส้นโค้ง ในทางปฏิบัติจะหาจุดนี้ยากมาก ฉะนั้นในการคำนวณจึงนิยมใช้ความต้านแรงดิงคราก (Yield Strength) แทน

ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic Limit) อยู่ระหว่าง A และ B เป็นจุดสุดท้ายที่เมื่อเอาแรงภายนอกออกแล้วชิ้นตัวอย่างทดสอบจะกลับมามีขนาดเท่าเดิม กราฟในช่วง A,B นี้ จะมีความโค้งเล็กน้อย

ความต้านแรงดิงคราก (Yield strength), y เป็นจุดที่ชิ้นทดสอบยืดออกได้มากโดยที่เพิ่มแรงอีกเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งแทนด้วยจุด B หรือเรียกว่า จุดครากความเค้นที่จุดนี้ ถือเป็นหลักในการออกแบบทั่ว ๆ ไป สำหรับวัสดุที่ไม่มีจุดคราก เช่น เหล็กหล่อ ก็อาจใช้ความต้านแรงดิงเป็นหลักในการออกแบบหรืออาจจะหาความเค้นที่เรียกว่า ความเค้นที่จุดยีนถาวร (Proof stress) มาใช้แทนความต้านแรงดิงคราก โดยการลากเส้นขนาน กับส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟตามเปอร์เซ็นต์ ของความเครียดที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ 0.2 % และเพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างความเค้นที่จุดยีนถาวร กับความต้านแรงดิงครากจึงใช้สัญลักษณ์แทนความ เค้นที่จัดยัตถาวร 0.2 % หรืออาจเรียกสั้น ๆ ว่า ความเค้นพิสูจน์ 0.2 %

ยังโมดูลัส (Young modulus) หรือโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) เป็นอัตราส่วนระหว่างความเค้นต่อความเครียดในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรง

โมดูลัสเฉือน (Shear modulus) หรือโมดูลัสความแข็งแรง (Modulus of elasticity) ในการทดสอบชิ้นส่วนโดยใช้แรงเฉือนแล้วเขียนกราฟระหว่างความเค้นเฉือน (Shear stress) กับความเครียดเฉือน (Shear strain) ก็จะได้กราฟลักษณะเดียวกับการทดสอบแรงดิง อัตราส่วนระหว่างความเค้นเฉือนต่อความเครียดเฉือนในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรงเรียกว่า โมดูลัสเฉือน

จากที่กล่าวมาเบื้องต้นนี้เป็นเพียงแต่คุณสมบัติทางกลที่สำคัญต่อการออกแบบแสดงคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะได้นำมาใช้ประกอบการคำนวณ ออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ต่อไปโดยมีหน่วย ความเค้นเป็นกิปต่อตารางนิ้ว (KSI : KIPS/IN²) ในการใช้คำนวณในระบบหน่วยเอสไอ ในการทำการแปลงหน่วยดังนี้

$$1 \text{ ksi} = 6.895 \text{ MN/m}^2 \text{ หรือ } \text{N/mm}^2$$

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความต้านแรงเฉือนคราก (Yield strength in shear) ซึ่งใช้ในการออกแบบเสมอ แต่มิได้ให้ไว้ในตารางดังที่กล่าวมาแล้ว แต่อย่างไรก็ตามให้ใช้ค่าประมาณตารางได้ดังนี้ $\tau_y = 0.60\sigma_y$

ค่าความปลอดภัย (วริทธิ์, 2522:206-215)

โดยทั่วไปแล้วค่าความปลอดภัย หมายถึง ตัวเลขที่นำไป หาค่าความต้านแรงดึงหรือความต้านแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นงาน (Working stress) ในชิ้นส่วนที่กำลังออกแบบ ซึ่งเรียกสั้น ๆ ว่า ความเค้นออกแบบ (Design stress) หรือความเค้นใช้งาน เช่น เหล็กกล้าชนิดหนึ่งมีความต้านแรงดึง และความต้านแรงดึงครากเท่ากับ 700 MN/m^2 และ 420 MN/m^2 ตามลำดับ และในการออกแบบชิ้นงานหนึ่ง โดยใช้เหล็กกล้าชนิดนี้ ผู้ออกแบบคิดว่าตามลักษณะการใช้งานแล้ว ความเค้นใช้งานควรจะไม่เกิน 140 MN/m^2 ฉะนั้นค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านแรงดึงเป็นหลักคือ

$$N_u = \frac{700}{140} = 5$$

และค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านทานแรงดึงครากเป็นหลักคือ

$$N_u = \frac{420}{140} = 3$$

ในกรณีที่ได้มีการกำหนดขนาดของชิ้นงานมาแล้ว ค่าความปลอดภัยของชิ้นงานนั้นคือ

$$N_u = \frac{\text{ความต้านแรงดึง}}{\text{ความเค้นที่คำนวณได้}}$$

$$N_u = \frac{\text{ความต้านแรงดึงคราก}}{\text{ความเค้นที่คำนวณได้}}$$

สำหรับปัญหาที่ไม่เป็นแบบเชิงเส้น (Nonlinear) เช่น ท่อโลหะหรือเสาที่อาจจะเสียหายเนื่องมาจากการโก่งงอจะต้องใช้ค่าความปลอดภัยกับแรงที่มากระทำโดยตรงแทนที่จะใช้กับความเค้น ทั้งนี้เพราะในปัญหาแบบไม่ใช่เชิงเส้นความเค้น ที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน อาจจะมีได้แปรผันโดยตรงกับแรงในกรณีเช่นนี้

$$N_u = \frac{\text{แรงที่ทำให้แตกหัก}}{\text{แรงที่ใช้ออกแบบ}}$$

ค่าความปลอดภัยที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับตัวประกอบมากดังนี้

(ก) ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงานว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ในประเภทอยู่นิ่งหรือเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน

(ข) ลักษณะการใช้งานของชิ้นงาน ว่าเกี่ยวข้องกับการที่อาจจะสูญเสียชีวิต หรือทรัพย์สินจำนวนมากหรือไม่

(ค) น้ำหนักของชิ้นงานที่มีความจำเป็นที่ต้องเบาที่สุด หรือไม่ เช่น ชิ้นส่วนสำหรับเครื่องบิน เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ การใช้ค่าความปลอดภัยจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดเป็นพิเศษ

(ง) จำนวนของชิ้นงานที่จะผลิตออกมา ถ้าผลิตครั้งละมาก ๆ ควรระมัดระวังในการใช้ค่าความปลอดภัยที่ไม่สูงจนเกินไป ทั้งนี้เพื่อให้ประหยัดวัสดุได้มากที่สุด

(จ) เนื้อวัสดุที่ผลิตออกมาอาจไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน สำหรับผู้ที่มีความชำนาญในการออกแบบน้อย ก็อาจจะใช้ค่าที่แนะนำไว้ในตารางที่ 2.1 เป็นแนวทางในการคำนวณออกแบบได้

ตารางที่ 2.1 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียว/โลหะเหนียว		เหล็กหล่อ/โลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงอยู่นิ่ง	1.5-2	3-4	5-6
แรงซ้ำทิศทางเดียวกันหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7-8
แรงซ้ำสองทิศทาง	4	8	10-12
แรงกระแทกเล็กน้อย	5-7	10-15	15-20
แรงกระแทกอย่างหนัก			

ค่าความปลอดภัยสำหรับแรงซ้ำทิศทางเดียว (Repeated, one dimension) หรือแรงซ้ำสองทิศทาง (Repeated and Reversed) ที่ให้ไว้ในตารางที่ 2.1 หมายถึงค่าความปลอดภัยที่จะนำไปใช้ เมื่อสมมุติให้เป็นแรงนิ่ง (Dead load) ในขณะออกแบบสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาโดยคิดละเอียดลงไปถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงและความทนวัสดุต่อแรงที่เปลี่ยนอยู่เสมอจะใช้ค่าความปลอดภัยแตกต่างกันไป

เพลลา (Shaft) (วรวิทย์, 2522:228-239)

เพลลาอาจจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้ คือ เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

1. แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุนเช่นล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่า เพลลา ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม

2. สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head shaft) เป็นเพลาชนิดที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาดรูปร่าง และส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อเพลา อื่น ๆ

3. เพลาแนว (Line shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power transmission shaft) หรือเพลาเมน (Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลัง ไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ

4. แจ็คชาฟต์ (Jackshaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่อยู่ระหว่าง เครื่องต้นกำลังเพลาเมน หรือเครื่องจักรกล

5. เพลาอ่อน (Flexible shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัว หรือโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วย สายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริง หรือลวดเกลียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงดันหรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้น การคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วยแรงเหล่านี้ ยังอาจจะมี การเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหาย เพราะความล้าได้ ฉะนั้น จึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอ สำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลาจะต้องมีความแข็งแกร่ง (rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมผิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาเป็นสิ่งสำคัญ ในการกำหนดของเพลา เช่นเดียวกันเพราะถ้าเพลา มีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤติ (Critical speed) ของเพลาลดลงซึ่งอาจจะทำให้เพลา มีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตินี้ได้ ระยะโก่ง นี้ยังมีผลต่อการเลือก ชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบร์ริง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเบี่ยงแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

6. วัสดุเพลา วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นๆ ทำเพลา เช่น AISI 31140 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลา มีราคาถูกที่สุดควรออกแบบเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

7. ขนาดของเพลา เพื่อให้เพลา มีขนาดมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐาน ของเพลา ซึ่งเป็นขนาดระบบ (Nominal Size) ใน ISO/R 775 – 1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบร์ริงที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลา ดูได้จากตารางที่ 2

ตารางที่ 2.2 ขนาดระบุของเพลตามาตรฐาน

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	140	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

8. การพิจารณาการออกแบบเพลลา การคำนวณหาขนาด ของเพลลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานในบางครั้ง การหาขนาดเพลลาเพื่อให้เพลลาทนต่อแรงที่มากกระทำอย่างเดียวย ไม่เป็นการเพียงพอเช่นในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam shaft) ในเครื่องยนต์ที่สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้น มุมบิดของเพลลาที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน จะต้องมีความไม่มากกว่าที่กำหนดไว้เป็นต้น นั่นคือเพลลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการถ้ามุมบิดมากเกินไป นอกจากจะเสียหายความเที่ยงตรง ทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบร้งที่รองรับเพลลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น ถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดเพลลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3 สำหรับเพลลาส่งกำลัง ทั่วไปจะมุมบิดได้ถึง 1 ต่อ ความยาวเพลลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้มุมบิดได้ไม่เกิน 0.5 ตลอดความยาวของเพลลา ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือความแข็งแรงทางด้านระยะโก่ง เพราะจะต้องใช้ระยะโก่ง ของเพลลาที่อยู่ใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพานเฟืองโครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบร้งสำหรับรองรับเพลลาให้เหมาะสมถ้าเพลลามีระยะโก่งมากเกินไป จะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบ (Contract ration) ของเฟืองลดลงด้วย ทำให้การส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบร้ง มารองรับเพลลา ก็เช่นกันจำเป็นจะต้องเลือกแบร้งชนิดที่อนุญาตให้มีการเอียงแนวสำหรับการใช้งาน ได้พอเหมาะกับระยะโก่งของเพลลาที่จะเกิดขึ้นซึ่งอาจจะเป็นแบร้งแบบธรรมดา หรือแบร้งแบบปรับแนวตัวเอง (Self – aligning bearing) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าระยะโก่งเป็นสำคัญ

9. ระยะโคง ดังกล่าวมานี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว จะถือว่าค่าต่อไปนี้ เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งแรงทางด้านระยะโคงได้ดังนี้คือ

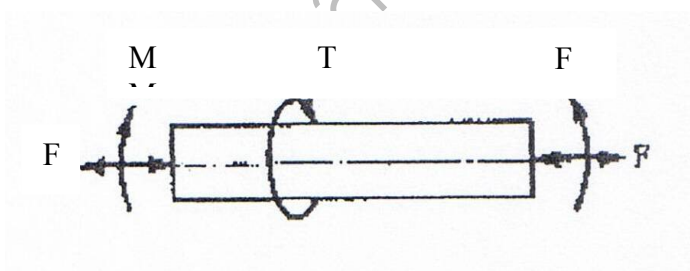
9.1 สำหรับเพลาที่มีเฟืองตรง (Spur gear) คุณภาพดีอยู่ด้วย ระยะโคง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.125 mm และความลาดเอียงของเพลา ณ ตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า 0.0286

9.2 สำหรับเพลาที่มีเฟืองตอกจอก (Bevel gear) คุณภาพดีติดอยู่ระยะโคง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.05 mm

10. การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ.2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) ถึงแม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตาม วิธีการออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลาให้เพลาเป็นแบบกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ ความเค้นต่างๆที่เกิดขึ้นบนเพลา มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.8 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ

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

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

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

F	=	แรงกระทำ N
M	=	โมเมนต์ N.m
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก m
d _i	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน m
c	=	ระยะห่างจากแกนสะเทิน ไปยังผิววนอกสุด m
r	=	รัศมี m
J	=	โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่ cm ⁴
I	=	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ cm ⁴
T	=	โมเมนต์บิด N.m

ในกรณีที่เป็แรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอ (Buck ling) ได้ ดังนั้นสมการที่ (2.1) จะกลายเป็น

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

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร เพราะเพลามุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้ ดังนั้นเพลาก็เกิดความเสี่ยงหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

ถ้าให้	C _m	=	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด
	C _t	=	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการที่ (2.2) และสมการ (2.3) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32 C_m M d}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.5)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 C_t T d}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.6)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \quad (2.7)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

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

แทนค่าในสมการ (2.4), (2.5), (2.6) และสมการ (2.7) ลงในสมการข้างบนนี้แล้ว จัดรูปแบบใหม่จะได้ว่า

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

ในกรณีของเพลตตัน $K = d_i/d = 0$ เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (2.8) ก็จะได้สมการที่มีรูปคล้ายกับหนังสือกลศาสตร์วัสดุทั่วไปคือ

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} \left((C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right)^{1/2} \quad (2.9)$$

จากสมการ (2.9) เป็นสูตรของ ASME Code ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบตามทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและค่าประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาได้จากตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลตอยู่นิ่ง		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
เพลตหมุน		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5
แรงกระตุกอย่างหนัก	2.0 - 3.0	1.5 - 3.0

นอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่าเพลตซึ่งมีใช้ในงานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

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

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

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพล่าที่บอกถึงหมายเลขของโลหะ หรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการที่ (2.10) โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณคือ

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \text{ หรือ } \tau_d = 0.3\sigma_u \quad (2.10)$$

และถ้าเพลามีร่องลิ้มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้เพียง 75 %

สกรูขนถ่าย (Screw Conveyor) (บุญศักดิ์, 2524: 163-168)

1. ลักษณะกำหนดตามนอร์ม DIN

ชุดสกรูขนถ่ายใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุปริมาณมวล ได้ทั้งในแนวระนาบหรือแนวลาดเอียงก็ได้ ประกอบด้วยรางตัวถังและแกนสกรูหมุนขับเคลื่อนวัสดุภายในรางตัวถังนั้นๆ ลักษณะสร้างของสกรูเป็นได้ทั้งแผ่นเกลียวสกรูเต็มตัว หรือแผ่นเส้นเกลียวขับหรือแกนทวนก็ได้

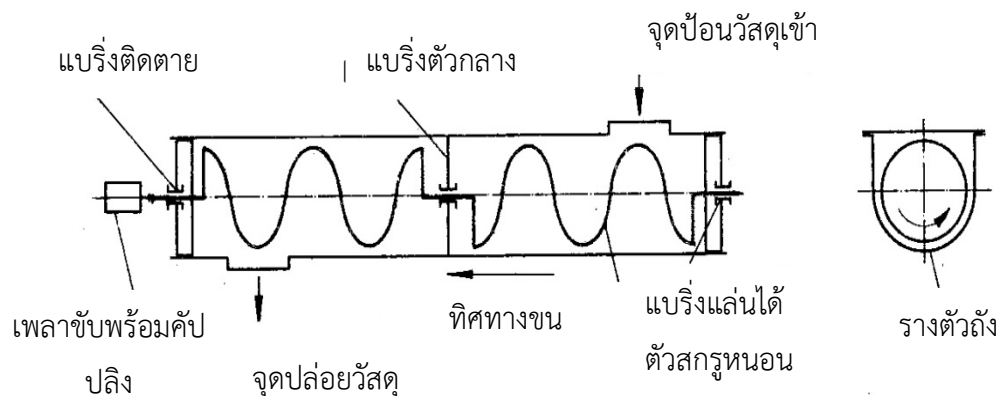
ชุดสกรูขนถ่ายนี้นับว่าเป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่เก่าแก่รู้จักใช้มานานที่สุด สร้างได้ง่ายเพราะแท้จริงมีองค์ประกอบเพียง 3 ชิ้น คือรางตัวถัง เกลียวสกรูขนถ่าย และต้นกำลังขับ (รูปที่ 2.8) ข้างล่างนี้ แสดงลักษณะสร้างง่าย ๆ ของสกรูขนถ่ายในแนวระดับ

แรงขับเคลื่อนวัสดุนั้นขับออกมาจากผิวเกลียวสกรูหมุนใช้งานอยู่ ทำให้ต้นวัสดุเคลื่อนได้ไปข้างหน้า ข้อสำคัญคือควรระวังป้องกันอย่าให้แรงน้ำหนักวัสดุขนถ่ายและแรงเสียดทานระหว่างมวลวัสดุขนถ่ายกับกำแพงรางตัวถัง ไปขัดขวางการหมุนรอบของสกรูแต่ละรอบ ขณะหมุนขนถ่ายได้ ในขณะที่หมุนขนถ่าย ตัวรางขนถ่ายทั้งรางจะต้องปิดแน่นมิดชิด เพื่อกันฝุ่นมิให้เล็ดหนีออกมาปนฝุ่นแก๊สไม่รั่วและปิดแน่นแข็งแรงไม่ให้ความกดดันใด ๆ รั่วออกมาเลย จึงจะใช้ขนถ่ายวัสดุต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นฝุ่นละเอียดมีกลิ่นเหม็น เป็นพิษ หรือที่อาจจะเปิดได้อย่างสะดวกไม่มีปัญหาใด ๆ นอกจากนี้ หากปิดฝารางตัวถังสกรูขนถ่ายจนแน่น ยังสามารถป้องกันอุบัติเหตุได้ด้วยเพราะชิ้นส่วนที่หมุนโดยมีอันตราย นั้น ถูกปกปิดไว้อยู่ข้างใน

ในเชิงปฏิบัติ วัสดุปริมาณมวลต่าง ๆ สามารถขนถ่ายด้วยชุดสกรูขนถ่ายได้เป็นอันมาก ไม่ว่าวัสดุนั้นจะเป็นผงละเอียดเมล็ดหรือก้อนเล็ก ๆ ก็ตาม หรือจะมีความชื้นเป็นไยเป็นเส้นอย่างไรก็ได้ แนวเคลื่อนขนถ่ายกระทำได้ทั้งในแนวระนาบและแนวที่เอียงทำมุมกับแนวระนาบได้ถึงประมาณ 20° สกรูขนถ่ายลักษณะพิเศษยังมีอีก ที่ใช้ขนถ่ายในแนวชัน และในแนวยืน และที่จะต้องมีการกิจร่วมปฏิบัติงานกับกระบวนการอื่น ๆ อีกด้วยพร้อมกัน ได้ แก่งานผสมกวนให้เข้ากัน งานกวนของเหลว งานชะล้างให้สะอาดงานแยกคัดขนาดและงานผลัดความร้อนให้เย็นหรือร้อน เป็นต้น

ชุดสกรูขนถ่ายมีลักษณะสร้างไม่ยาก ทั้งระบบป้อน และระบบคายออกก็กระทำได้สะดวกนำไปใช้ผนวกเข้ากับกระบวนการงานอัตโนมัติต่าง ๆ ได้โดยง่าย ญินตสร้างก็แข็งแรงและให้ความต้านทานได้ดีด้วย มีขนาดกะทัดรัด ขนาดพื้นที่หน้าตัดเล็กกินที่ติดตั้งน้อย เพราะเหตุนี้เองจึงเหมาะ

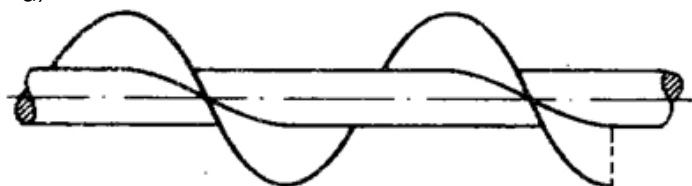
มากที่จะนำไปใช้งานขนถ่ายในตำแหน่งที่จำกัด ให้กินที่แต่น้อย ๆ เช่นในจุดระหว่าง เครื่องจักรกล เครื่องกลเคมีและถังภาชนะต่าง ๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.9 หลักการสร้างสกรูขนถ่ายที่ใช้ขนถ่ายในแนวระดับ

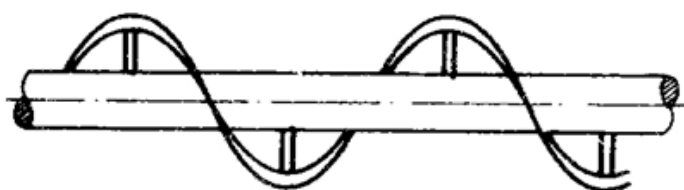
ขนาดปริมาณขนถ่ายนั้น มีพิสัยได้ตั้งแต่ 1 ถึง 300 m^3/h ความยาวขนถ่ายมีได้ตั้งแต่เกณฑ์ปกติขึ้นไปจนถึงประมาณ 50 เมตร พิสัยความเร็วรอบตั้งแต่ 10 ถึง 250 รอบต่อนาที ส่วนความเร็วเคลื่อนขนถ่ายมักไม่เร็วกว่า 0.5 m/s

a)



สกรูเต็มตัวหรือสกรูเต็มใบ

b)



สกรูแผ่นเส้นเกลียว

c)



สกรูแบบใบพัดหรือใบตัด

รูปที่ 2.10 ตัวสกรูหนอนที่ใช้ขับเคลื่อนถ่าย

2. ลำตัวสกรูหนอน

องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของชุดสกรูหนอนถ่าย คือลำตัวสกรูนั่นเอง (รูปที่ 2.15) ข้างบนแสดงลักษณะสร้างสำคัญ ๆ ให้เห็นไว้ตัวสกรูเต็มตัวหรือเต็มรูปแบบนั้นเหมาะสมใช้ ขับขนถ่ายวัสดุที่เป็นผงและเม็ดเล็ก ๆ ที่ไม่เกาะติดผนังง่ายนัก ตัวสกรูที่เป็นแผ่นเส้นเกลียวเหมาะสมใช้ขับเคลื่อนถ่ายวัสดุก้อน ๆ และเกาะติดผนังพอประมาณส่วนตัวสกรูที่เป็นชุดแผ่นใบพัดเหมาะสมใช้เป็นแกน กวน หมุน และเหมาะกับวัสดุที่ชอบเกาะติดผนังรอบตัวถัง

ทิศทางเล่นขนถ่ายนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของเกลียวสกรู และทิศทางหมุน เกลียวสกรูหมุนได้ทั้งเกลียวขวาและเกลียวซ้าย สุดแต่จะจัดบนเพลาลูกหมุนเดียวกันได้คือ อาจสร้างเกลียวขวาข้างหนึ่งและเกลียวซ้ายที่อีกข้างหนึ่งก็ได้ โดยทิศทางขนถ่ายจะตรงข้ามกันเรื่องของเกลียวสกรูกับทิศทางเล่นขนถ่ายนี้กระทำได้หลายลักษณะสุดแต่จะต้องการทิศทางเล่นล่างเป็นอย่างไร วิธีสำคัญ ๆ ดูได้จากตัวเส้นเกลียวหรือแผ่นเกลียวเองปกติจะสร้างจากแผ่นเหล็กติดกับแกนหมุนด้วย วิธี เชื่อม เพลากลียวสกรูนั้นนิยมใช้ท่อนมากขึ้นทุกที เพราะให้ความแข็งแรงเท่า ๆ กันแต่มีมวลน้อยกว่าเพลาลูกติดตัน นอกจากนี้การประกอบขึ้นรูปที่ใช้ท่อเหล็กยังง่ายมากกว่าด้วย

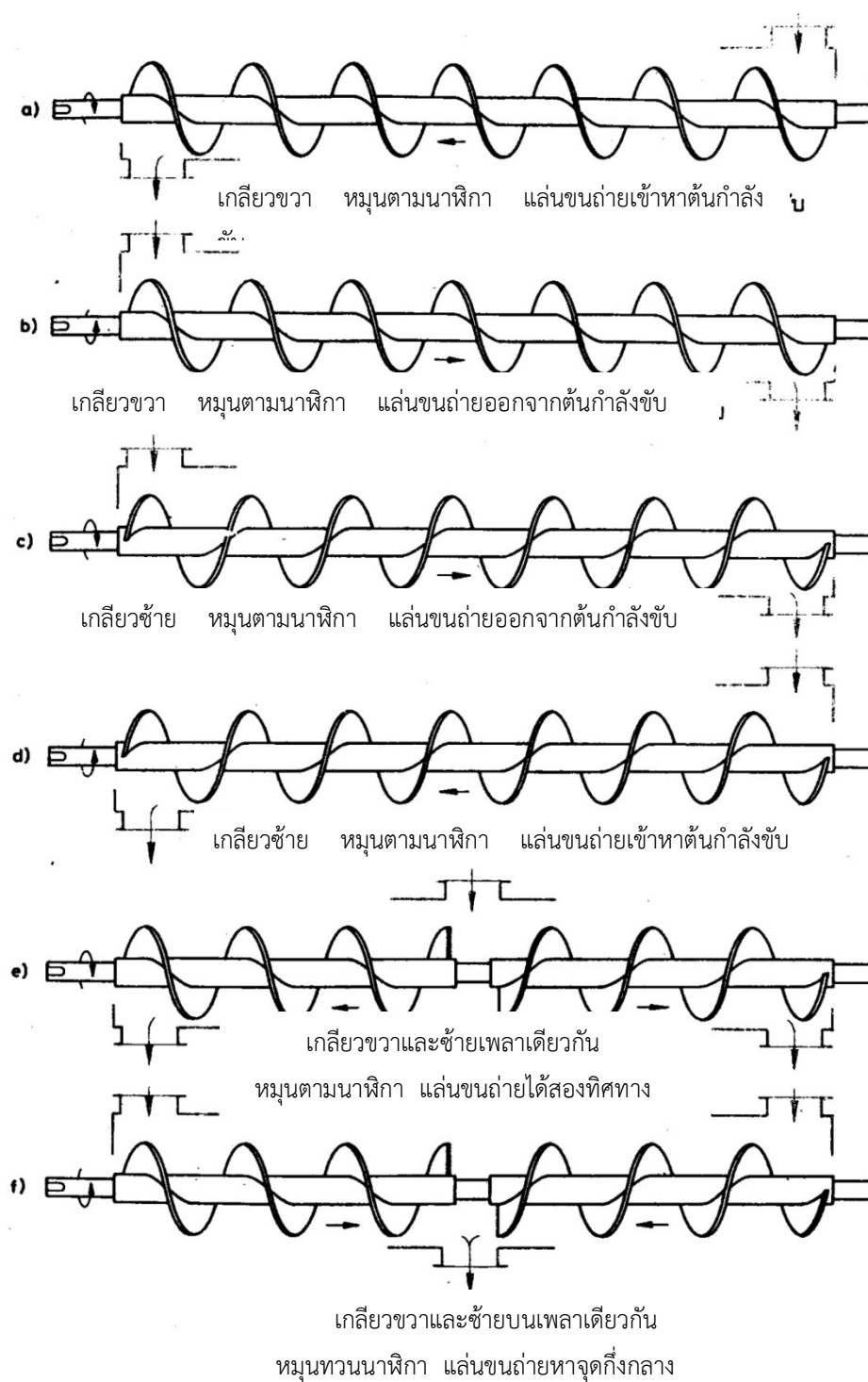
เพลาสกรูนั้นที่ทั้งสองข้างจะต้องใช้แบริ่งติดตั้งไว้ หากระยะขนถ่ายยาวมากจะต้องติดตัวแบริ่งตัวกลาง ๆ ทางไว้อีกด้วย ระยะเว้นห่างระหว่างแบริ่งควรมีระยะ 2.5 ถึง 3 เมตร ควรใช้แบริ่งเปลือกที่ถอดเข้าออกได้สะดวก และตัวถังเปลือกแบริ่งเป็นได้ทั้งเหล็กหล่อ ทองแดงหล่อหรือพลาสติก

แบริ่งตัวกลางนั้นมีหน้าที่สองอย่างพร้อมกันคือจับยึดเพลายาว ๆ ให้แน่น และช่วยให้หมุนได้ศูนย์ ขนาดของแบริ่งก็ดี และภารกิจที่ดีจะต้องเลือกใช้ให้พอเหมาะกับขนาดเพลาลูกและคัปปลิงหน้าเพลาลูก คัปปลิงหน้าเพลาลูกนั้นประกอบขึ้นรูปได้ง่าย ถอดเข้าออกก็ง่าย บริการได้สะดวกซึ่งจำเป็นที่สุด คัปปลิงหน้าเพลาลูกอาจกันวัสดุขนถ่ายไว้ได้บ้างแต่ไม่มากนัก เพราะสกรูที่ป้อนเข้ามาก่อน หน้าเพลาลูกกับที่ตึง วัสดุออกไปที่หลังหน้าเพลาลูกยังร่วมกันทำงานอยู่ และหน้าเพลาลูกทั้งสองยังแนบกันสนิทอยู่ตลอดเวลา

3. ร่างตัวถัง

ขนาดของร่างตัวถังนั้น กำหนดได้จากขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของเกลียวสกรู และจากตัววัสดุขนถ่ายนั้น ๆ เอง (เช่นพิจารณาจากมาตรการสีกหรือเป็นต้น) ปกติจะสร้างด้วยแผ่นเหล็กที่หนา 3 ถึง 8 มม. ม้วนขึ้นรูปตัวถัง ขอบตัวถังด้านบนจะพับแบนไว้ ร่างตัวถังที่มีฝาปิดแน่นหนา จะยังมีความแข็งแรงมากขึ้นระยะเบียดระหว่างตัวสกรูกับผนังร่างตัวถังปกติมีค่าระหว่าง 5 ถึง 10 มม. ถ้าสกรูโตมากขึ้น ระยะเบียดก็ควรมากขึ้นตาม ระยะเบียดที่ยอมรับได้จริง ๆ นี้ แท้จริงขึ้นอยู่กับความสามารถทำงานได้ประณีตของช่องผู้ผลิตเอง และชนิดของวัสดุขนถ่ายนั้น ๆ

ในการที่จะลดการจับติดผนังของวัสดุขนถ่ายที่เป็นก้อน ๆ ให้น้อยลง ตัวแกนเกลียวจะตั้งศูนย์ให้เยื้องศูนย์จากร่างตัวถังไว้ระยะหนึ่ง แสดงเรื่องนี้ให้เห็นไว้แล้ว ว่าเพลาสกรูได้เยื้องไว้ให้มีระยะเบียดระหว่างตัวถังกับสกรูในลักษณะที่หมุนแล้ว



รูปที่ 2.11 ลักษณะโครงสร้างต่างๆ ของชุดลำตัวสกรู

กรณีชุดสกรูขนถ่ายด้วยระยะทางยาว ๆ หากจำเป็นต้องมีจุดสามารถปล่อยออกได้หลาย ๆ จุด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ดัง (รูปที่ 2.16) เช่นที่ข้างบนของถังบั้งเกอร์ต่าง ๆ เป็นต้น จะต้องใช้แผ่นเปิด

ปิดที่เป็นแผ่นแบน ๆ เลื่อนเข้าออกหรือแผ่นอุปกรณ์อื่นก็ตาม ตัวขับแผ่นอาจใช้ล้อมือหมุนหรือระบบไฟฟ้าขับก็ได้ ตัวแผ่นผาตัวถึงนั้นปกติจะประสานแน่นด้วยสลักเกลียวเข้ากับรางตัวถึง วิธีนี้จะเปิดผาได้เร็ว หากมีข้อบกพร่องเกิดขึ้นจะได้บริการข้างในได้ทันที

4. วิธีการคำนวณอัตราขนถ่าย

ในกรณีเกลียวเต็มใบ

$$I_V = 60 \frac{D^2}{4} \text{sn} \phi k \quad (2.11)$$

I_V คือ อัตราขนถ่ายเชิงปริมาตร m^3/h

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวสกรู m

S คือ ระยะพิทช์เกลียวสกรู m

n คือ ความเร็วรอบ rev/min

ϕ คือ แฟคเตอร์ความเต็มรางตัวถึง

k คือ แฟคเตอร์ลดปริมาณขนถ่ายอันเนื่องจากชุดสกรูขนถ่าย

กรณีวัสดุขนถ่ายนั้นหนักและผิวแข็งคม

$$\phi = 0.125$$

กรณีวัสดุขนถ่ายนั้นหนักและไม่แข็งคมมากนัก

$$\phi = 0.25$$

กรณีวัสดุขนถ่ายนั้นเบาและไม่แข็งคมมากนัก

$$\phi = 0.32$$

กรณีวัสดุขนถ่ายนั้นเบาและไม่แข็งคมเลย

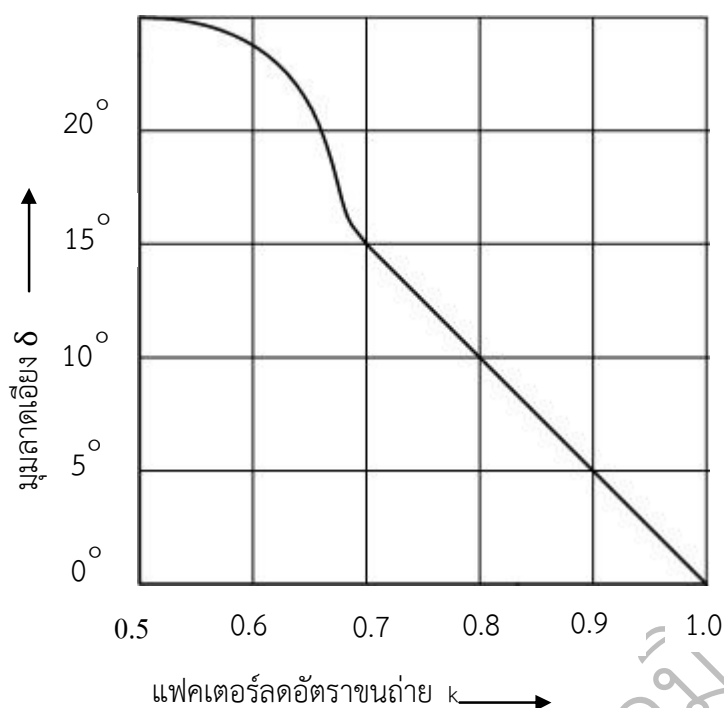
$$\phi = 0.4 - 0.5$$

ในกรณีเกลียวสกรูเป็นเพียงแผ่นเกลียวหรือแบบใบพัดสกรู

$$I_{VB} = 0.7 \times I_V \quad (2.12)$$

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบระยะพิทช์ของเกลียว

D	ขนาด	125	160	200	250	300	400	500	630
	mm	800	1000						
S	ขนาด	125	160	200	250	300	350	400	450
	mm	500	560						



รูปที่ 2.12 แฟกเตอร์ลดอัตราขยายที่เนื่องจากชุดสกรูขนถ่ายตั้งเอียง

(ถ้ามุมลาดเอียง (δ) มากกว่า 25° ให้ใช้ค่าแฟกเตอร์ลดอัตราขยายน้อยที่สุด 0.5)

มอเตอร์ (Motor) (ไซซาญ, 2541:1-18)

ในปัจจุบันนี้โรงงานต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เพราะเหตุว่าในปัจจุบันนี้มีไฟฟ้ากระแสสลับใช้อย่างกว้างขวาง ซึ่งในงานบางอย่างก็จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่เช่น มอเตอร์สตาร์ทรถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถราง หรือมอเตอร์ยกของหนักในเรือ มอเตอร์ที่กล่าวนี้เขาสร้างขึ้นให้มีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ขนาด 1/100 กำลังม้า จนกระทั่งถึงหลาย ๆ พันกำลังม้า

1. มอเตอร์แบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor หรือ D.C. Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor หรือ A.C. Motor)

มอเตอร์ คือ เครื่องที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่อินเตอร์ ของมอเตอร์โดยตรง แต่ได้จากการเหนี่ยวนำหรือที่เรียกว่า อินดักชัน (Induction) ดังนั้น จึงเรียกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับว่า อินดักชัน

มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนี้บางที่เรียกสั้น ๆ ว่า มอเตอร์ไฟสลับ หรือมอเตอร์กระแสสลับ แบ่งออกได้เป็นสองแบบด้วยกันคือ แบบที่มีโรเตอร์เป็นสไควเรลเกจ (Squirrel gage) หรือทรงกระบอก เรียกมอเตอร์แบบนี้ว่าสไควเรลเกจมอเตอร์ (Squirrel Motor) และแบบที่โรเตอร์พันด้วยเส้นลวดเล็ก ๆ ที่เรียกว่า วาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor) เรียกมอเตอร์แบบนี้ว่า วาวด์โรเตอร์มอเตอร์ (Wound Rotor Motor) หรือสลีปรिंगมอเตอร์ (Slip Ring Motor) มอเตอร์ไฟฟ้าหนึ่งเฟสจะแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้สองพวกคือ อินдукชันมอเตอร์ (Induction Motor) และซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor) ที่นี้จะกล่าวถึงอินдукชันมอเตอร์เพราะเป็นแบบที่ใช้งานแพร่หลาย

การหาแรงบิดจากสูตร

$$T = FR \quad (2.13)$$

$$T = \text{แรงบิด Nm}$$

$$F = \text{แรงที่กระทำ N}$$

$$R = \text{ระยะแนวในการกระทำ m}$$

การหาขนาดมอเตอร์จากสูตร

$$W_p = \frac{2\pi n T_1}{60} \quad (2.14)$$

$$\text{หรือ } W_p = T\omega = 2\pi n T \quad (2.15)$$

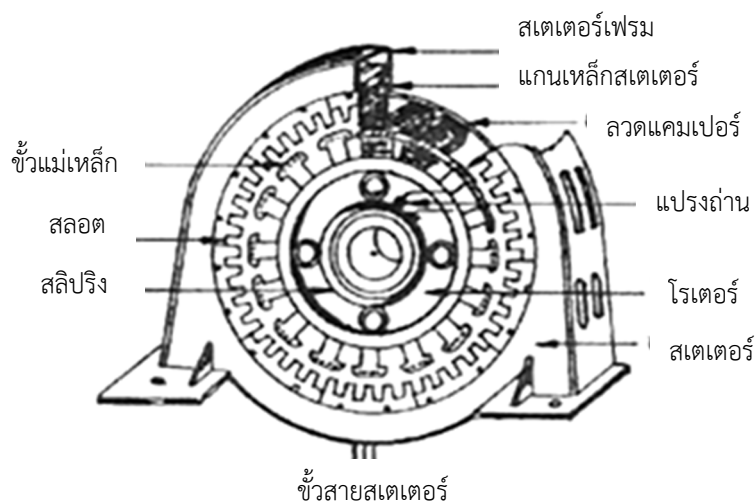
$$\text{เมื่อ } W_p = \text{กำลังม้ามอเตอร์ W}$$

$$T_1 = \text{แรงบิดมอเตอร์ Nm}$$

$$n = \text{ความเร็วรอบมอเตอร์ rev/s}$$

การหาลำดับขั้วของมอเตอร์

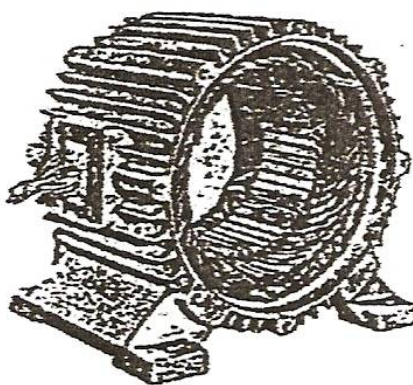
$$P = \frac{2\pi T N_s}{1000}$$



รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2. โครงมอเตอร์ (Fram หรือ Yoke)

โครงมอเตอร์ (Fram หรือ Yoke) บางที่เรียกสั้น ๆ ว่าโครง ทำด้วยเหล็กหล่อรูปทรงกระบอกกลวง ฐานส่วนล่างมีลักษณะเป็นขาตั้ง มีกล่องสำหรับต่อสายไฟอยู่ด้านบนหรือด้านข้าง โครงทำหน้าที่จับยึดแกนขดลวดให้แน่นอยู่กับที่ ผิวด้านนอกโดยรอบของโครงมอเตอร์บางตัวจะออกแบบให้มีลักษณะเป็นครีป เพื่อช่วยในการระบายความร้อน



รูปที่ 2.14 โครงมอเตอร์ชนิดมีครีป พร้อมแกนขดลวดและขดลวดที่พันเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ข้อพิจารณาในการเลือกใช้มอเตอร์

ข้อพิจารณาในการเลือกกำหนดมอเตอร์เพื่อใช้งาน คือ ต้องทราบปริมาณภาระหรือโหลดที่มอเตอร์นั้นจะต้องขับทั้งกำลังและทอร์กมีมอเตอร์อะไหล่วัสดุ เพื่อเปลี่ยนได้ทันทีที่ไม่เสียเวลาผลิต ฉะนั้น เพื่อเป็นการลดจำนวนมอเตอร์ ที่ควรมีไว้เป็นอะไหล่ จึงควรใช้มอเตอร์ขนาดและชนิดที่เป็นกำหนดมาตรฐาน เพราะสามารถจัดหาได้ง่ายกว่า ไม่ต้องซื้อหรือจัดหาแบบพิเศษโดยไม่จำเป็น

มอเตอร์เฟสเดียว ปกติจะมีขนาดไม่เกิน 250 วัตต์ หรือ 1/3 HP มอเตอร์ที่ขนาดโตกว่า ต้องเป็นมอเตอร์เฟสสามเฟส และที่นิยมใช้งานมากที่สุดคือ มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสสามเฟสโรเตอร์ กรงกระรอก

ระบบไฟฟ้าในประเทศไทย เป็นระบบเดียวกับยุโรป และแตกต่างจากระบบอเมริกัน ระบบของไทยคือ 380/220/50/3 และระบบสายส่งเป็น 22 kV และ 3500 W อย่างไรก็ตาม มอเตอร์อเมริกันที่ผลิตจำหน่ายเป็นสินค้าออกจะมีแทบหลายแบบให้ตรงกับระบบไฟของไทยได้โดยไม่ลำบากเลย ฉะนั้นการสั่งซื้อมอเตอร์มาใช้ให้ตรงกับจำนวนแรงดันและความถี่ของกระแสไฟฟ้าของไทย การที่ค่าแรงดันและความถี่เปลี่ยนไปจากค่าที่กำหนด จะมีอิทธิพลให้สมรรถนะกำลังของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงได้ มอเตอร์ที่เลือกกำหนดให้ใช้งานจะต้องให้ทอร์กพอเพียงกับงาน แม้ว่าขณะใช้งานแรงดันอาจลดลงบ้าง มอเตอร์นั้นก็ยังจะต้องสามารถสตาร์ท และขับโหลดได้เสมอ ตัวอย่างเรื่องนี้ได้แก่มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องเป่าลมร้อน เป็นต้น ขณะเริ่มสตาร์ทลมร้อนนั้นอาจยังไม่ร้อน คือยังเป็นลมเย็นอยู่ ลมเย็นนั้นแน่นและมีมวลมากกว่าลมร้อนขณะที่สตาร์ท จึงต้องใช้ทอร์กที่สูงกว่าได้ด้วย

ข้อควรสังเกตอย่างอื่นอีกข้อหนึ่งคือ บริษัทผู้ผลิตมอเตอร์มักให้ค่ากำหนดสมรรถนะ กำลังและทอร์ก ต่ำกว่าค่าจริงเสมอ เหตุผลคือเพื่อเป็นการประกันคุณภาพอย่างปลอดภัยไว้ก่อน ฉะนั้นเมื่อนำมาใช้งานจริง ๆ มอเตอร์ตัวนั้นจะทำงานด้วยโหลดเพียงบางส่วนไม่ใช่พูลโหลด และด้วยประสิทธิภาพที่ลดลง กว่าค่าที่ควรเป็นจริง และโดยที่ค่าไฟฟ้าใช้งานมอเตอร์ตัวนี้ในปีหนึ่ง ๆ รวมกันอาจมีค่าถึง 10 เท่าของราคามอเตอร์เดินด้วยโหลดน้อย และประสิทธิภาพต่ำกว่าไฟฟ้าจะยิ่งแพงขึ้นไปอีกด้วย

เครื่องจักรที่มอเตอร์จะต้องขับก็จะต้องได้รับการพิจารณาว่าลักษณะโหลดเป็นอย่างไรด้วย บางครั้งเครื่องจักรนั้น ๆ อาจมีแรงผลักดันตลับลูกปืนของมอเตอร์ หรือมีแรงสั่นสะเทือนสูงมาก หรือมีความร้อนสูง สิ่งพิเศษที่มากับโหลดเช่นนี้จะต้องปกป้องหรือป้องกันมิให้เป็นอันตรายแก่มอเตอร์นั้น ๆ ได้

มอเตอร์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมควรมีจะต้องมีการปกป้องที่เหมาะสม เช่น ปกปิดกันมิให้แก๊สที่มีอำนาจกัดกร่อนสามารถเข้าถึงขดลวดได้ เป็นต้น หากจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ที่ปกปิดมิดชิด (Tetc Motors) และแม้จะใช้มอเตอร์ที่ปกปิดมิดชิดเช่นนี้ก็ต้องระวังเลือกใช้วัสดุใบพัดที่ทนต่อ

การกัดกร่อนจากแก๊สที่ฟุ้งอยู่ในอากาศด้วย มอเตอร์ชนิดนี้มีราคาแพงกว่ามอเตอร์แบบเปิดโปรง ที่ด้านข้างแต่กันน้ำฝน (Open Drip-proof) ประมาณ 80 %

ข้อที่จะต้องระลึกเสมอในการเลือกกำหนดใช้มอเตอร์ของช่างเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานจริง ๆ คือ

1. จะต้องสามารถคำนวณและกำหนดลักษณะของโหลดปริมาณภาระทั้งทอร์กและสมรรถนะกำลังที่ต้องใช้จริงรวมทั้งภาระที่ต้องเอาชนะแรงเสียดทานด้วย

2. จะต้องทราบว่าแรงดันไฟฟ้าของไทยเป็นระบบสามเฟสสี่สาย ไฟระหว่างเฟสเป็น 380 โวลต์ ระบุว่าสายเฟสกับสายนิวตรอน 220 โวลต์เสมอ มอเตอร์ทั่วไปจะต้องใช้กับแรงดันดังกล่าว นอกจากนี้จะต้องทราบว่าควรใช้ระบบสตาร์ทและควบคุมมอเตอร์อย่างไรและสมรรถนะกำลังที่ต้องใช้จริง รวมทั้งภาระที่ต้องเอาชนะแรงเสียดทานด้วย

3. จะต้องทราบว่าแรงดันไฟฟ้าของไทยเป็นระบบสามเฟสสี่สาย ไฟระหว่างเฟสเป็น 380 โวลต์ ระบุว่าสายเฟสกับสายนิวตรอน 220 โวลต์เสมอ มอเตอร์ทั่วไปจะต้องใช้กับแรงดันดังกล่าว นอกจากนี้จะต้องทราบว่าควรใช้ระบบสตาร์ทและควบคุมมอเตอร์อย่างไร และความถี่ 25 Hz

วิธีเลือกสมรรถนะกำลังมอเตอร์

มอเตอร์ที่เลือกที่ได้ขนาดสมรรถนะถูกต้อง จะประหยัดทั้งการลงทุนครั้งแรก (คือไม่ต้องจ่ายเงินมากขึ้นซื้อมอเตอร์ขนาดใหญ่กว่าโดยไม่จำเป็น) และค่าใช้จ่ายงานและค่าบำรุงรักษาทั้งจะต้องมีประสิทธิภาพงานสูง อายุใช้งานนาน และคงทน

วิธีวัดภาระของโหลด ว่าต้องใช้สมรรถนะกำลัง และทอร์กจำนวนเท่าใดนั้น สามารถวัดได้หลายวิธีแต่วิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุดคือ ทดสอบหาค่าโหลดโดยตรงจากชนิดของโหลด และวัตรกิจของโหลดนั้น ๆ ขณะทดสอบจะได้ค่าอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นในมอเตอร์จริง ๆ อีกด้วย วิธีทดสอบหาค่าโหลดนี้ ทำได้กับโหลดที่ไม่สูงกว่า 200 HP หากสูงกว่านั้นควรทดสอบ ณ บริษัทผู้ผลิตจะเหมาะสมกว่า เพราะมอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ เช่นกัน ขณะใช้งานในสนาม จะต้องทำงานจริง ๆ ดังกำหนดโดยไม่มีข้อเปลี่ยนแปลงแก้ไขมากเท่ามอเตอร์ตัวเล็ก ๆ

4. ระบบควบคุมมอเตอร์ (Motor Control)

กล่าวโดยทั่ว ๆ ไป ระบบควบคุม และป้องกันอันตรายมอเตอร์นั้นใช้ระบบประสมแม่เหล็กไฟฟ้า ให้สตาร์ทมอเตอร์ควบคุมคู่สายต้นกำลัง วิธีสตาร์ทและหยุดมอเตอร์ควรกระทำจากแผงสวิตช์ที่อยู่ใกล้ ๆ ตำแหน่งใช้งานมอเตอร์เพื่อความปลอดภัยสวิตช์สตาร์ทควรมีทั้งที่ใกล้ตัวมอเตอร์

ระบบควบคุมมอเตอร์นอกจากจะใช้ควบคุมสตาร์ทและหยุดเดินมอเตอร์ แล้วยังจะต้องสามารถป้องกันอันตรายอื่น ๆ ได้อีก เช่น จากการโอเวอร์โหลดแรงดันต่ำลงเกินไปจนควร หรือมอเตอร์เริ่มเดินสะดุดในสภาวะดังกล่าวสวิตช์ไฟจะต้องเปิดออกตัดไฟได้โดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันมิให้มอเตอร์ชำรุดเสียหาย หรือในกรณีเกิดลัดวงจรขึ้นในมอเตอร์อีกด้วยเช่นกัน ระบบควบคุมมอเตอร์

จะต้องยอมให้กระแสขณะสตาร์ทมอเตอร์ซึ่งเป็นกระแสจำนวนสูงแล่นผ่านได้ แต่จะยอมให้กระแสสูงจากการลัดวงจรผ่านไปไม่ได้ หรือโอเวอร์โหลดมอเตอร์นาน ๆ ไม่ได้เด็ดขาด ฉะนั้น การที่จะตั้งปริมาณกระแสที่ยอมให้ลัดผ่านไปได้จะตั้งต่ำเกินไปไม่ได้ มิฉะนั้นกระแสจะแล่นผ่านไปไม่ได้ มอเตอร์ก็จะสตาร์ทหมุนไม่ติดมอเตอร์ตัวใดที่จะต้องสตาร์ทและหยุดเป็นอัตโนมัติ มอเตอร์ตัวนั้น ๆ จะต้องไม่กระทำการอันตรายไฟฟ้าแก่บุคลากรได้เลยอุปกรณ์ป้องกันอันตรายอื่น ๆ ที่ควรมี หรืออาจมีเพิ่มเติมได้แก่ เครื่องตรวจอุณหภูมิตัวลูกปืน และเครื่องตรวจอุณหภูมิของลวด เป็นต้น ว่ามอเตอร์ที่โอเวอร์โหลดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เป็นการชั่วคราวขณะใช้งาน จะทำให้อายุการใช้งานลดลงมา เช่น ลดลงจาก 12 ปีเหลือ 10 ปี

สายพาน (วริทธิ์, 2523:216-230)

การส่งกำลังทางกลจากเพลานหนึ่งไปยังเพลานี้อีกอันหนึ่ง อาจทำได้สามวิธีคือ โดยใช้เฟืองใช้สายพานหรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (Flexible) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่ายรับแรงกระตุก และการสั่นสะเทือนได้ดีขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลานที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่มีข้อเสียก็คือต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลานหรือปรับแรงตึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนั้น ยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้

สายพานแบ่งออกเป็นสี่ชนิด ตามลักษณะหน้าตัดของสายพานคือ สายพานแบน (Flat belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ้ม (V - belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลม (Ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลมและไทม์มิงเบลท์ (Timing belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูแต่จะทำเป็นร่อง คล้ายฟันเฟือง ตลอดความยาวของสายพาน สายพานแต่ละชนิดจะมีลักษณะในการใช้งานต่างกัน

1. วัสดุที่ใช้ทำสายพาน ซึ่งใช้งานกันมากก็คือ หนัง (Oak - tawned leather) แต่ถ้าเป็นการใช้งานเป็นพิเศษ เช่นอยู่ในบรรยากาศที่มีความชื้นมีไอของสารเคมี หรือมีน้ำมันอยู่ด้วย ก็มักจะใช้สายพานแบบ Chrome leather เพื่อให้สายพานมีอายุการใช้งานได้นานพอสมควร จึงมักใช้ ค่าความเค้นในการออกแบบ สายพานต่ำกว่า ความต้านแรงดึงสูงสุดของสายพานมาก โดยทั่วไป จะใช้ค่าความปลอดภัยประมาณ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายพานหนังจะมีค่าประมาณ 0.40 - 0.50 และความเร็วใช้งานของสายพานควรจะอยู่ในช่วง 1000 - 2000 m/min

สายพานอีกชนิดหนึ่ง คือสายพานยาง (Rubber belts) สายพานประเภทนี้จะมียางหรือ ผ้าใบเป็นไส้ภายในและมียางหุ้มอยู่ภายนอก ยางที่ใช้หุ้มจะเป็นยางที่อบด้วยกำมะถันใน

อุณหภูมิสูง (Vulcanized) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความต้านแรง สายพานยางเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีน้ำมันหรือแสงแดดเมื่อเปรียบเทียบกับสายพานหนังแล้วสายพานยางจะมีราคาถูกกว่าต่ออายุการใช้งานสั้นกว่าสายพานยาง ทนต่อสภาพบรรยากาศ ในการใช้งานได้ดีกว่า สายพานหนังค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย ของสายพานยาง จะมีค่าประมาณ 0.30 – 0.40 และสามารถรับแรงดันได้ประมาณ 20 N ต่อชิ้น ต่อความกว้าง สายพาน 1 mm

สายพานบาลาตา (Balata belts) เป็นยางคล้ายสายพานยางแต่ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีอบด้วยกำมะถันทนต่อการกรดและความชื้นได้ดี ต่ออุณหภูมิใช้งานไม่ควรเกิน 40 C สายพานชนิดนี้มีความต้านแรงมากกว่าสายพานยางประมาณ 25 %

สายพานผ้าฝ้าย (Textile belts) ทำจากฝ้ายหรือผ้าใบซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แล้วยึดติดกัน จากนั้นจึงเคลือบด้วยน้ำมันลินซีด (Linseed) เพื่อให้สายพานกันน้ำได้ มักใช้งานประเภทชั่วคราว

สายพานดังที่กล่าวมานี้เราเลือกใช้สายพานลิ่ม มาใช้กับเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้ง และสับซึ่งนี้เนื่องจากสายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงขึ้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อยทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกัน ระหว่าง ด้านข้างของสายพานที่เรียบ กับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูงซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีแม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อยและมีแรงดึง ขึ้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อยในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพานและในกรณีที่มิเหตุฉุกเฉินก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย

สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (Pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทนซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (Narrow V - belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่ม และล้อสายพาน

ข้อดีของสายพานลิ่ม

ส่งกำลังได้ดีในขณะที่ยังมีแรงรับภาระน้อยกว่า

1. มีการสิ้นเปลืองในขณะส่งกำลังน้อยมาก (ที่ประสิทธิภาพ ≈ 0.96)
2. มีมุมโอบน้อย แต่ให้อัตราทดได้มากถึง $i_{\max} \approx 15:1$ โดยที่ไม่ต้องมีลูกกลิ้งกดสายพาน
3. เปลืองที่น้อย, มีระยะห่างระหว่างแกนเพลาน้อยกว่า
4. สามารถให้หมุนย้อนทิศทางได้
5. สามารถจัดเรียงสายพานลิ่มได้หลายเส้นทำให้ส่งถ่ายกำลังงานได้มาก

ข้อเสียของสายพานร่องลิ่ม

1. ต้นทุนการผลิตสูงกว่าสายพานแบน
2. มีระยะห่างระหว่างแกนจำกัด
3. ไม่สามารถจัดสายพานส่งกำลังให้เป็นลักษณะชั่วคราวได้

สายพานทุกชนิดที่กล่าวมานี้จะยึดตัวได้ตึ่ตั้งนั้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึง จะยึดตัวทำให้เกิดการสปริงบนล้อสายพาน (Pulley) ในทางปฏิบัติจึงมักจะยึดสายพานให้ตึ่ก่อนใช้งานทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการสปริงของสายพาน

สายพานขับมีอัตราส่วนความเร็ว m_{ω} เรียกว่าอัตราทดดังนี้

$$m_{\omega} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2.16)$$

m_{ω} คือ อัตราทด

N_1 คือ ความเร็วรอบของล้อสายพานตัวขับ rpm

N_2 คือ ความเร็วรอบของล้อสายพานตัวตาม rpm

D_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานขับ mm

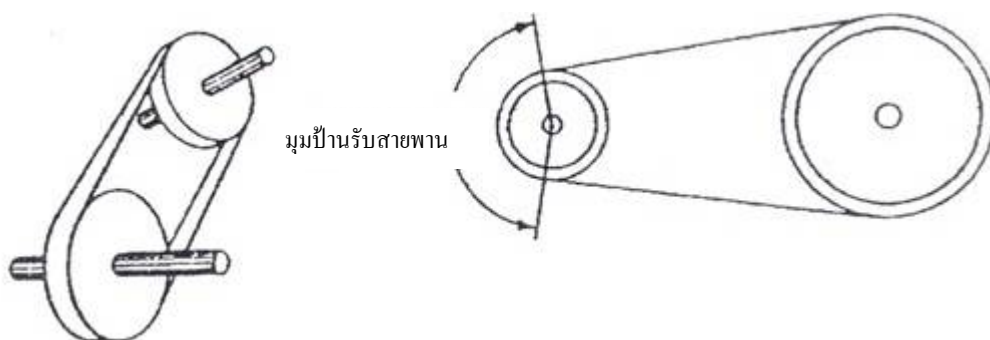
D_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานตาม mm

เมื่อ D_1 และ D_2 เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับ และล้อตาม และ D_2 กับ D_1 ก็คือความเร็วรอบ / นาทีของล้อขับและล้อตาม ตามลำดับ

อัตราส่วนของล้อสายพาน

$$\frac{F_1}{F_2} = 2.5 \quad (2.17)$$

$$F_1 = 2.5F_2 \quad (2.18)$$



รูปที่ 2.15 ล้อสายพานทำมุมเอียง มุมป้านรับสายพาน

โดยทั่วไปสายพานจะส่งถ่ายกำลังได้เพราะอาศัยความเสียดทานระหว่างล้อสายพานกับสายพาน ยกเว้นสายพานล้อยก (Timing belts) ซึ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อตลอดความยาวของสายพาน

เพื่อให้ได้ความเสียดทานดังกล่าวการติดตั้งสายพานบนล้อขับและล้อตามจำเป็นที่จะต้องให้ความตึงพอประมาณ ซึ่งทำให้เกิดความกดดันแบบทาน (Bearing Pressure) แสดงใน (รูปที่ 2.14) ใน (รูปที่ 2.15) แสดงความตึงของสายพาน ในขณะที่สายพานไม่หมุน $F_1 = F_2$ แต่ถ้ากำลังหมุนส่งถ่ายกำลัง F_1 (สายพานข้างตึง) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วน F_2 (สายพานข้างหย่อน) จะมีค่าลดลง

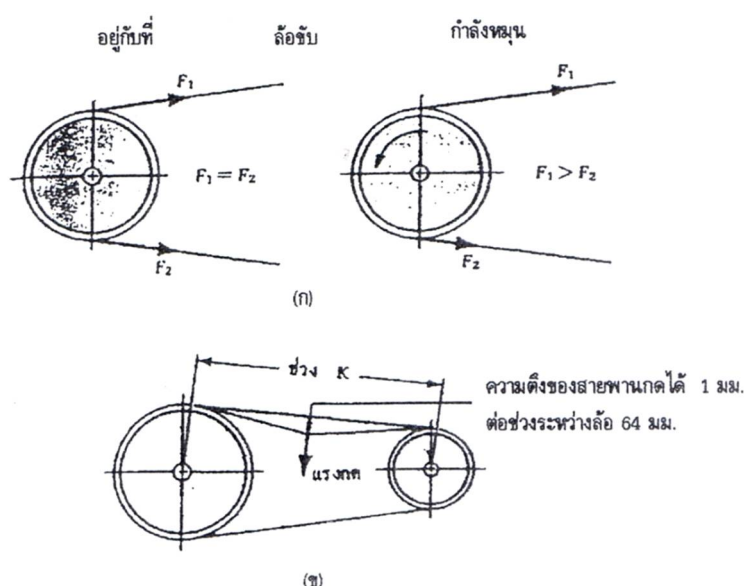
ส่วนแรงบิดที่เกิดขึ้นที่ล้อสายพานได้ดังนี้

$$T = (F_1 - F_2)r \quad (2.19)$$

แรงที่สายพานกดเพลลา

$$F = F_1 + F_2 \quad (2.20)$$

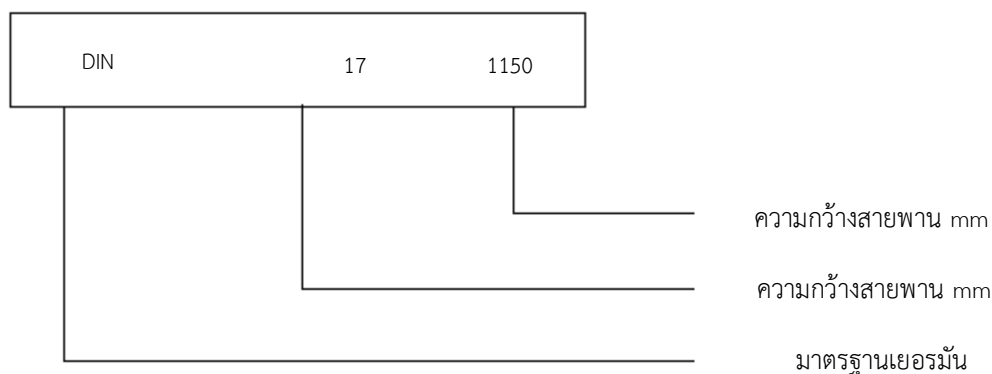
เมื่อ T คือ โมเมนต์ล้อสายพาน Nm
 F_1 คือ แรงสายพานข้างตึง N
 F_2 คือ แรงสายพานของหย่อน N
 r คือ รัศมีของล้อสายพาน m
 F คือ แรงกระทำล้อสายพาน N



รูปที่ 2.16 แรงตึงของสายพาน

(ก) แสดงแรงที่กระทำบนล้อขับเมื่ออยู่กับที่และกำลังหมุน

(ข) ความตึงของสายพานปรับเข้าโดยการขยับเข้าออกและล็อกได้



2. การคำนวณ การคำนวณระบบส่งกำลังด้วยสายพานหน้าแคบเป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งจะ
ใช้กับสายพานลิ่มแบบธรรมดาได้ด้วย อัตราทด หมายถึง อัตราส่วนของความเร็วรอบของพูลเลย์ตัว
ขับเคลื่อนต่อความเร็วรอบของพูลเลย์ตัวตาม

$$\text{อัตราทด } I = \frac{N_1}{N_2} \approx \frac{d_{w1}}{d_{w2}} \quad (2.21)$$

N_1 เป็นรอบ/นาที ความเร็วรอบของพูลเลย์ตัวเล็ก

N_2 เป็นรอบ/นาที ความเร็วรอบของพูลเลย์ตัวใหญ่

d_{w1} เส้นผ่านศูนย์กลางใช้งานของพูลเลย์ตัวเล็ก

d_{w2} เส้นผ่านศูนย์กลางใช้งานของพูลเลย์ตัวใหญ่

การส่งกำลังลักษณะธรรมดา จะอัตราทดถึง $I = 10$ ถ้าอัตราทสูงกว่านี้จำเป็นต้องใช้ล้อ
ทดสายพานช่วยความเร็วรอบของมอเตอร์โดยทั่วๆ ไปจะเท่ากับ 700, 950, 1450, 1800 รอบ/นาที

$$\text{ความเร็วของสายพาน } V = \pi d_{w1} N_1 = \pi d_{w2} N_2 \quad (2.22)$$

V คือ ความเร็วสายพาน หน่วยเป็น เมตร/วินาที

d_{w1}, d_{w2} คือ เส้นผ่านศูนย์กลางใช้งานของพูลเลย์

N_1, N_2 คือ ความเร็วรอบของพูลเลย์ หน่วยเป็น รอบ/นาที

ความเร็วสายพานที่เหมาะสมสำหรับสายพานลิ่มแบบธรรมดาคืออยู่ประมาณ $v = 20$ เมตร/
วินาที และสายพานลิ่มหน้าแคบจะอยู่ประมาณ $v = 30$ เมตร/นาที สายพานแบบธรรมดาไม่ควร
ใช้ต่ำกว่า 2 เมตร/วินาที และสูงกว่า 30 เมตร/วินาที และสายพานหน้าแคบไม่ควรใช้ความเร็วสูง
กว่า 40 เมตร/วินาที สายพานหน้าแคบในกรณีพิเศษ อาจจะอนุโลมให้ใช้ได้ถึง 60 เมตร/วินาที

มุมโอบของสายพานที่พูลเลย์ตัวเล็กจะคำนวณได้จาก

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{d_{w2} - d_{w1}}{2e} \quad (2.23)$$

e คือ ระยะห่างระหว่างพูลเลย์ตัวขับเคลื่อนและตัวตาม หน่วยเป็นมิลลิเมตร

มุมเอียงของแนวตั้ง จะเท่ากับ $\gamma = 90 - \frac{\beta}{2}$ หรือ $\frac{\pi}{2} \text{ rad} - \frac{\beta}{2}$ ที่ระยะห่างระหว่างเพลาคู่หนึ่ง จะคำนวณความยาวใช้งานของสายพานลิ้มได้ดังนี้

ความยาวใช้งานของสายพาน

$$L_w = 2e \sin \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{2} (d_{w_2} - d_{w_1}) + \gamma (d_{w_2} - d_{w_1}) \quad (2.24)$$

γ คือ มุมเอียงของแนวตั้ง หน่วยเป็น rad $\left(\gamma = \frac{\pi - \beta}{2} \right)$

สำหรับสายพานหน้าแคบแบบไม่มีตะเข็บรอยต่อสำหรับงานสร้างเครื่องมือกล จะต้องเลือกความยาวใช้งานมาตรฐาน L_w ในงานสร้างรถยนต์ จะคิดจากความยาวด้านนอกมาตรฐาน L_a ซึ่งคิดได้จากความยาวใช้งาน ในตารางตัวอย่าง สำหรับสายพานเบอร์ 9.5 $L_a = L_w + 11$ มิลลิเมตร และเบอร์ 12.5 $L_a = L_w + 16$ มิลลิเมตร ตัวอย่างการกำหนดขนาดของสายพานลิ้มหน้าแคบ SPZ 710 L_w และสายพานลิ้มเบอร์ 9.5 ซึ่งมี $L_a = 710$ มิลลิเมตร คือสายพานลิ้มหน้าแคบ 7.9×710

แต่สำหรับสายพานแบบธรรมดาไม่มีตะเข็บจะมีมาตรฐานสำหรับความยาวด้านใน ดูค่าได้จากตาราง เช่นกัน โดยที่ $L_i = L_w + c$

ตารางที่ 2.5 ขนาดและค่าของสายพานแต่ละเบอร์

สายพานเบอร์ 5	6	8	10	13	17	20	25	32	40	50
ค่า $c = 9.5 \text{ mm}$	12.5	15.5	19	25	38	41	50	63	82	100

ตารางที่ 2.6 ขนาดของล้อยาสายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO /R 32- 1975 (E) และ ISO / R 256 1962 (E) ขนาดเป็น mm

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

ในกรณีของสายพานวี ความสัมพันธ์ระหว่าง F_1 และ F_2 มีดังนี้คือ

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\mu\alpha}{e^{\sin\theta_2}} \quad \text{หรือ} \quad \frac{F_1}{F_2} = e^{\mu'\alpha} \quad (2.25)$$

โดยที่ $\mu' = \frac{\mu}{\sin\theta_2}$ (2.26)

และ $\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{\mu'\alpha}$ (2.27)

เมื่อ $F_c = mv^2 = \frac{WA}{g}v^2 = \text{แรงหนีศูนย์กลาง}$ (2.28)

m	=	มวล/ความยาว
W	=	น้ำหนัก/ปริมาตร
A	=	พื้นที่หน้าตัด
V	=	ความเร็วของสายพาน m/s

สายพานวีอาจใช้หลายเส้นเพื่อช่วยให้การถ่ายทอดกำลังได้มากขึ้นดังนี้

$$w_p = z(F_1 - F_2)v \quad (2.29)$$

z = จำนวนสายพาน

ความยาวของสายพานวีให้คิดความยาวพิตช์ มีค่าประมาณดังนี้

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad (2.30)$$

เมื่อทราบค่า L_p แล้วต้องการหาระยะห่างของจุดศูนย์กลางของพูลเลย์ สามารถใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

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

เมื่อ

$$P = 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \quad (2.31)$$

$$q = 0.125(D_p + d_p)^2 \quad (2.32)$$

โดยที่

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพาน mm

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของสายพานตัวขับ mm

D_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพานตัวตาม mm

L_p = ความยาวของสายพาน mm

ระยะ C ของเส้นสายพานที่ควรใช้สายพานวี ควรมีค่าอยู่ในช่วงต่อไปนี้

$$C_{\max} = 2(D_p + d_p) \quad (2.33)$$

$$C_{\min} = 0.7(D_p + d_p) \quad (2.34)$$

ตารางที่ 2.7 ตัวประกอบของ N_s สำหรับสายพานลิ้ม

ชนิดอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
ตัวประกอบการใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่าง เช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ : normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase.			มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high , repulsion induction, single phase, series wound and slip ring มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound.		
	มอเตอร์กระแสตรง : shunt wound			มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound.		
	เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เฟลาเมน คลิตซ์		
	ชั่วโมงการทำงานต่อวัน			ชั่วโมงการทำงานต่อวัน		
	≤10	10-16	> 16	≤10	10-16	>16
งานเบา : เครื่องกวาดของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบหอยโข่ง , พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 Kw , สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือเม็ดพืช , เครื่องผสมของข้นเหนียว , พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 KW เครื่องกำเนิดไฟฟ้า , เฟลาเมน , เครื่องชักผ้า , เครื่องมือกล Punches Presses – shears , เครื่องพิมพ์ , positive displacement rotary pumps	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4

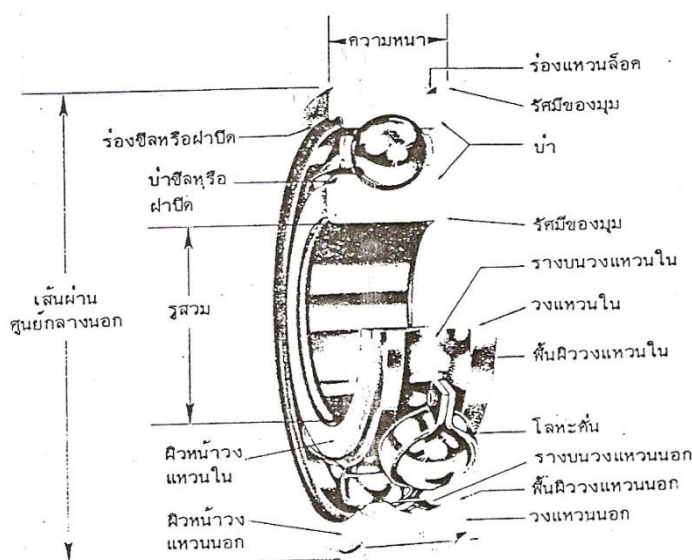
ตารางที่ 7 ตัวประกอบของ N_s สำหรับสายพานลีม (ต่อ)

ชนิดอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
	ชั่วโมงการทำงานต่อวัน			ชั่วโมงการทำงานต่อวัน		
	≤10	10-16	≤10	10-16	≤10	10-16
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ , bucket elevators , exciters , เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง , hammer mills , paper mill beathers , positive displacement blowers , เครื่องเลื่อย และ เครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องทอผ้า	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
งานหนักพิเศษ : Crushers. (Gyratory-Jaw-Roll) mills (Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber . calendars extruders - mills	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6

แบร์ริง (วริทธิ์, 2523:116-128)

ในการสร้างเครื่องกระเทาะเมล็ดข้าวโพดและสับชังนี้ ผู้วิจัยเลือกแบร์ริง ชนิดโรลลิงแบร์ริง (Rolling Bearings) มาใช้ดังจะได้ กล่าวถึงต่อไปถึงสาเหตุที่เลือกแบร์ริงชนิดนี้มาใช้

1. โรลลิงแบร์ริง (Rolling Bearings) หมายถึงแบร์ริง ชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบบแบร์ริงที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (ng contact) เนื่องจาก แบร์ริงชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่ง ที่นิยมใช้กัน ทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอนทฟริกชันแบร์ริง (Antifriction Bearing) ตัวอย่างเช่น บอลแบร์ริง (Ball bearing) หรือตลับลูกปืน ดังรูปที่ 2.23 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้า สองวง ที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งวงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้ รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่ง แล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



รูปที่ 2.18 ส่วนต่าง ๆ ของบอลแบร์ริง

เนื่องจากการใช้โรลลิงแบร์ริงกันอย่างแพร่หลายทั่วไป สมาคมผู้ผลิตโรลลิงแบร์ริง (AFBMA : Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) จึงได้วางมาตรฐาน การกำหนดขนาด และหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการเลือกแบร์ริงเหล่านี้ขึ้น จากมาตรฐานนี้ทำให้ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสามารถ เลือกแบร์ริงโดยการเลือกจาก อีกผู้ผลิตหนึ่งได้ โดยที่แบร์ริงที่เลือกจากผู้ผลิตทั้งสองยังคงมีขนาดเท่ากัน ถึงแม้ว่าสมาคม AFBMA ได้วางมาตรฐานวิธีการเลือกแบร์ริงตามความต้องการของการรับแรงและอายุการใช้งานเอาไว้แต่ก็ยังมีผู้ผลิตที่มีการวางมาตรฐานการเลือก แบร์ริงของตนเอง แตกต่างออกไปจากของ AFBMA แต่อย่างไรก็ตาม แค็ตตาล็อก ของผู้ผลิตก็ที่มีข้อมูลเพียงพอที่จะให้ทำการเปลี่ยนค่ามาเทียบกับค่าของ AFBMA ได้

ข้อดีของโรลลิงแบร์ริง

1. มีความเสียดทานขณะสาร์ทน้อย จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง
2. ง่ายต่อการหล่อลื่น และดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขมันหรือจาระบี มีมาจากโรงงานด้วยแล้ว เกือบจะไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย
3. ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย
4. ใช้เนื้อที่ทางด้านแกนน้อย
5. สามารถปรับปรุงรุ่นและแรงในแนวรัศมีได้พร้อมกัน ยกเว้นโรลลิงแบร์ริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรง

6. สามารถที่จะทราบได้ว่าแบริ่งกำลังจะเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดัง ซึ่งผิดไปจากปกติ
7. มีเคลียร์รันช์น้อยมาก จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำ ในการทำงาน เช่น เฟืองและลูกเบี้ยว เป็นต้น
8. สามารถใช้รองรับเพลานในตำแหน่งใด ๆ ได้เช่น ใช้รองรับเพลาสี่วางเรียงเป็นมุมกันแนวระดับ เป็นต้น
9. ทำการติดตั้งได้ง่าย

ข้อเสียของโรลลิงแบริ่ง

1. ใช้เนื้อที่ทางด้านรัศมี
2. โดยปกติแล้วราคาจะแพง
3. ขณะทำงานจะมีเสียงดังกว่า เนื่องจากการสัมผัสระหว่างผิวของลูกกลิ้งและวงแหวนบั้งในบางขณะ
4. อายุการใช้งานสั้นกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าสูงและกระทำซ้ำกัน จึงทำให้วัสดุเกิดความล้า
5. เมื่อมีแรงกระแทกทำให้อายุการใช้งานลดลงได้มาก

มิติมาตรฐานของโรลลิงแบริ่ง

มาตรฐานดังกล่าวนี้ประกอบด้วยอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter series) เรียงเบอร์จาก 8 9 0 1 2 3 และ 4 โดยที่อนุกรม 8 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุด และอนุกรม 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุด ส่วนความหนาบอกได้ด้วยอนุกรมความหนา (width series) เรียงเบอร์จาก 8 0 1 2 3 4 5 และ 6 โดยที่อนุกรม 8 บางที่สุด และ อนุกรม 6 ที่หนาที่สุด ดังนั้นมาตรฐานของแบริ่งจึงบอกได้โดยรวมเบอร์ของอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลางกับอนุกรมความหนาเข้าด้วยกัน เรียกว่าอนุกรมมิติ (dimension series) โดยที่เลขตัวแรกแทนอนุกรมความหนา และเลขตัวที่สองแทนอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่น แบริ่งที่อยู่ในอนุกรมมิติ 03 หมายถึง แบริ่งที่มีอนุกรมความหนา 0 และอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เป็นต้น จากรูป 2.48 จะเห็นได้ว่าผู้ออกแบบเครื่องจักรกลสามารถที่จะเลือกใช้แบริ่งที่มีความหนาตามความต้องการได้ โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดต่างๆกันในทางกลับกัน ถ้ากำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (คือการกำหนดอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง) ก็สามารถที่จะเลือกแบริ่งที่มีความหนาต่างๆกันได้

ความเสียหายในโรลลิงแบริ่ง

ความเสียหายในโรลลิงแบริ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างลูกกลิ้งและรางบนวงแหวน ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหายสำหรับแบริ่งบางชนิด ดูได้จากตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหาย

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

โดยปกติแล้วค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิความแรง ความเร็วการหล่อลื่นและซีลของแบริ่ง (bearing seal) ดังนั้นในกรณีที่ผู้ออกแบบเห็นว่าความเสียหายในแบริ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรกลที่กำลังออกแบบอยู่ก็ควรจะปรึกษากับผู้ผลิตโดยตรงถึงแม้ว่าค่าความเสียหายนี้จะมีค่าน้อยมากสำหรับงานทั่วไป แต่สมการทางทฤษฎีที่ใช้สำหรับคำนวณกำลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความเสียหาย ซึ่งควรทราบไว้ก็คือ

$$W_p = \frac{2\pi n T}{60} = \frac{\pi f F_r d n}{60} \quad (2.35)$$

$$\text{หรือ } W_p = \frac{\pi f F_a d n}{60} \quad (2.36)$$

$$W_p = \text{กำลังงานเป็น } W$$

$$T = \text{โมเมนต์บิดเนื่องจากความเสียหายเป็น Nm}$$

$$N = \text{ความเร็วรอบของเพลาเป็น rpm}$$

$$D = \text{ขนาดรูสวม (bore) ของแบริ่งเป็น m}$$

$$F_r = \text{แรงที่กระทำกับแบริ่งในแนวรัศมีเป็น N}$$

$$F_a = \text{แรงที่กระทำกับแบริ่งในแนวแกนเป็น N}$$

$$F = \text{ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย}$$

สำหรับกำลังงานที่มีหน่วยเป็นกำลังแรงม้าซึ่งยังมีการใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย ก็จะสามารถได้จากสมการ

$$h_p = \frac{T_n}{63000} = \frac{f F_r d n}{126000} \quad (2.37)$$

$$\text{โดย } F_r \text{ มีหน่วยเป็น lb และ } d \text{ มีหน่วยเป็น m}$$

แรงสมมูลในการใช้งานจริง โรลลิ่งแบริ่งอาจจะรับทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนและวงแหวนในหรือนอกจะเป็นอันที่หมุนก็ได้ ซึ่งก็แล้วแต่ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอีกประการหนึ่ง

แค่ตลิ่งของผู้นผลิตจะกำหนดให้เฉพาะอายุประเมนในเทอมของแรงในแนวรัศมีเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแรงและเงื่อนไขจากที่ใช้ทำงานจริงๆมาให้เป็นแรงในแนวรัศมีโดยมีวงแหวนในเป็นตัวหมุน เรียกว่า แรงสมมูล (equivalent force) เพื่อจะได้ใช้ในการเลือกแบร้งจากแค่ตลิ่งได้สมาคม AFBMA ได้กำหนดนิยามของแรงสมมูลไว้ดังนี้

แรงสมมูลหมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งถ้าให้กระทำต่อโรลลิ่งแบร้งโดยที่วงแหวนในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้ว จะทำให้แบร้งมีอายุใช้งานเท่ากับอายุใช้งานของแบร้งที่รับแรงจริง (ซึ่งอาจมีทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนพร้อมกัน) และให้คำนวณจากสมการ

$$P = X V F_r + Y F_a \quad (2.38)$$

$$\text{หรือ} \quad P = V F_r \quad (2.39)$$

โดยที่ P = แรงสมมูล

F_r = แรงในแนวรัศมี

F_a = แรงในแนวแกนหรือแรงรุน

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

X = ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี (radial load factor)

Y = ตัวประกอบแรงรุน (thrust load factor)

ตารางที่ 2.9 ตัวประกอบของการกระแทก

ชนิดของแรง	N_s		
	บอลแบร้ง	โรลลิ่งแบร้ง	ตัวอย่าง
แรงเรียบสม่ำเสมอ	1.0	1.0	มอเตอร์ไฟฟ้า , เครื่องอัดอากาศ
แรงกระแทกเล็กน้อย	1.5	1.0	เครื่องตัดโลหะ , ปั่นจั่น
แรงกระแทกอย่างหนัก	2.0 – 3.0	1.3 – 2.0	เครื่องบดแร่ , เครื่องเขย่า

ตารางที่ 2.10 ตัวประกอบสายพาน

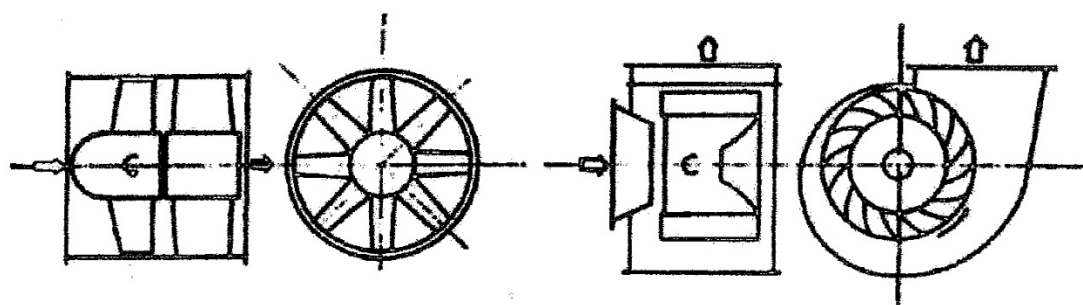
ชนิดของสายพาน	N_s
สายลิ่ม (V-belts)	1.5 – 2.0
สายพานแบน	2.0 – 4.0

พัดลม (Fans) (เกชา, 2538: 12-20)

เครื่องจักรที่เรียกว่า “เครื่องจักรกลลม” นั้นมีหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานกลให้กับอากาศโดยมีการเพิ่มความดันความเร็วให้สูงขึ้นโดยเครื่องจักรกลลมสามารถแบ่งออกตามแรงดันได้เป็นพัดลม (Fans) โบลเวอร์ (Blower) และเครื่องอัดลม (Compressor) ซึ่งพวกที่มีความดันต่ำกว่า 1000 bar ของเหลวจะเรียกโดยทั่วไปว่า พัดลม

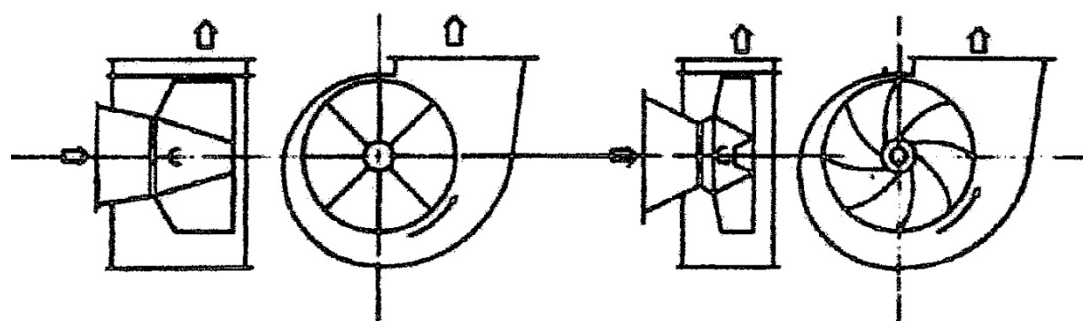
พัดลมจะทำงานโดยจะทำให้ใบพัดหมุน ซึ่งการหมุนของใบพัดจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ของอากาศ และสามารถแบ่งชนิดของพัดลมออกได้ 2 แบบ คือแบบที่อากาศเคลื่อนที่ในทิศทางที่ขนานไปกับแนวแกนของใบพัด โดยอาศัยแรงยกของใบพัดเรียกแบบนี้ว่าชนิดของลมตามแนวแกนของใบพัด (Axial Flow Type) ส่วนอีกพวกหนึ่งจะทำให้อากาศเคลื่อนที่ไปในทิศทางของรัศมีของใบโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Force) แบบนี้เรียกว่าชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง นอกจากชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแล้วยังสามารถแบ่งออกตามองศาของใบพัดได้อีกเป็นแบบผสม (Multi wing Type) แบบรัศมี (Radial Type) และแบบเทอร์โบ (Turbo Type) การจำแนกชนิดของพัดลมตามลักษณะภายนอกของพัดลมชนิดต่าง ๆ

ปัจจุบันมีการผลิตพัดลม (Fans) ออกมามากมายหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปจนบางครั้งทำให้สับสนระหว่างพัดลมกับปั๊มซึ่งมีรายละเอียดที่ค่อนข้างจะเหมือนกันดังนั้นจึงมีการจัดหมวดหมู่เพื่อให้สามารถแยกประเภทและเรียกชื่อได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งอาจแบ่งพัดลมตามทิศทางที่อากาศไหลผ่านออกได้เป็นสองชนิดใหญ่ ๆ คือ พัดลม เซ็นติฟูกอลและพัดลมแอกเซียล อากาศจะไหลผ่านพัดลมเซ็นตริฟูกอลในแนวรัศมีและไหลผ่านพัดลมแอกเซียลตามแนวแกนเมื่อเทียบกับเพลลาของมัน เพื่อใช้ระบายอากาศ



ชนิดทิศทางการไหลตามแนวแกนของ

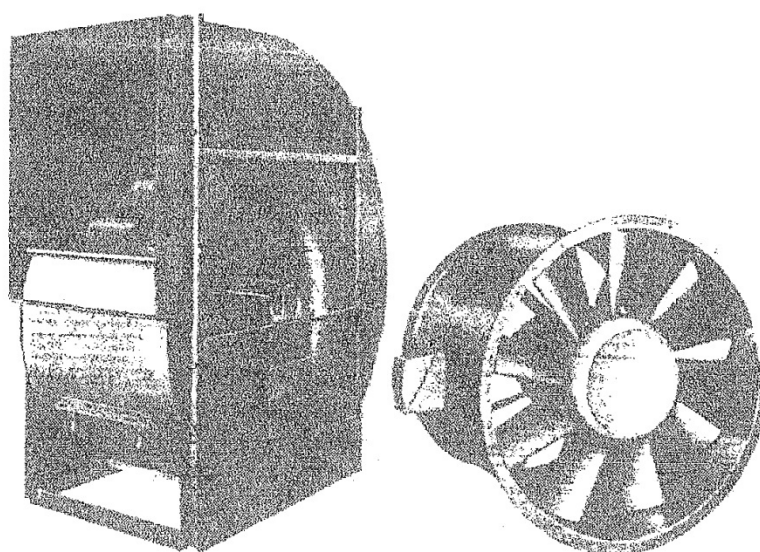
แบบผสม



แบบปริศมี

แบบเทอร์โบ

รูปที่ 2.19 แผนผังรูปร่างภายนอกของพัดลมชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 2.20 พัดลมเซ็นทรัลฟูกอลชนิดซีไบพัดแอร์ฟอยล์ และพัดลมแฉีกเซียลชนิดใบพัดลม

1) พัฒลมเซ็นตริฟูกอล อาจแบ่งพัฒลมเซ็นตริฟูกอลตามรูปร่างของซี่ใบพัดออกได้เป็น

- ก) แบบใบพัดรัศมีตรง
- ข) แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า
- ค) แบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง
- ง) ใบพัดแอร์ฟอยล์

พัฒลมแบบหมุนเหวี่ยงใช้ได้กับงานที่มีความต้านทานสูง หรือ “ หัวลม ” สูง



ซี่ใบพัดรัศมี



ซี่ใบพัดเอียง



แอร์ฟอยล์



ปลายซี่ใบพัดรัศมี

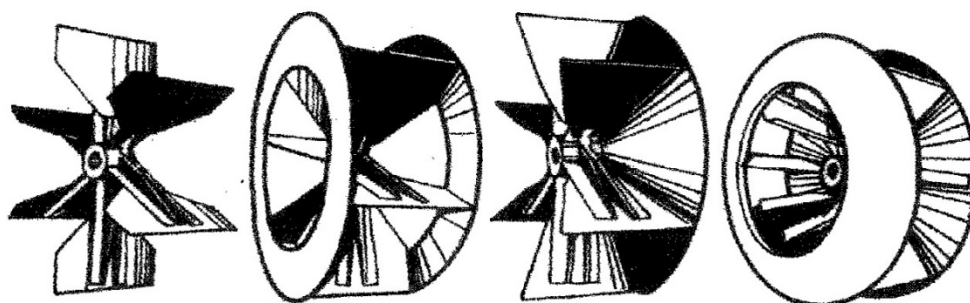


ซี่ใบพัดโค้งหลัง



ซี่ใบพัดโค้งหน้า

รูปที่ 2.21 ซี่ใบพัดของพัฒลมเซ็นตริฟูกอล



รูปที่ 2.22 ใบพัดรัศมีตรง

ก) พัดลมใบพัดรัศมีตรง

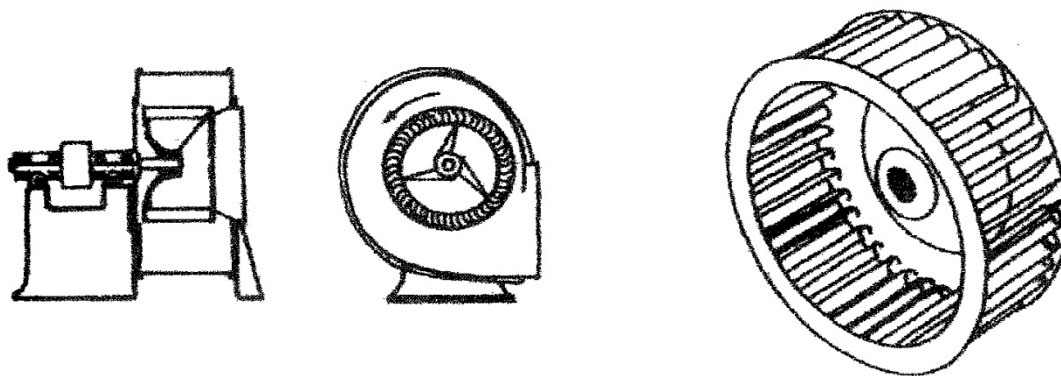
- ใบพัดเปิดรักษาความสะอาดเองได้ในตัว
- ใบพัดปิดข้างด้านหนึ่งเหมาะใช้กับผงหรือแบ่งเหนียว
- ใบพัดมีขอบวงแหวนทงานหนักได้ดี
- ตัวใบพัดมีใบพับหักกลับหลัง เคลื่อนลมได้มาก

เฟลาใบพัดชนิดนี้มักเป็นเฟลาโต มีจำนวนซี่ใบพัด 4 - 12 ลักษณะสร้างเป็นใบล้อมรอบด้วยความเร็วรอบต่ำ ปกติใช้เป็นพัดลมระบายอากาศเสียออกไปข้างนอก

ข้อได้เปรียบของใบพัดชนิดนี้ อยู่ที่สามารถสร้างใบพัดให้กว้างได้ ทำให้สามารถสร้างความสเตรติกได้สูง แม้ว่าปริมาณลมจะต่ำไปบ้างก็ตาม

ลักษณะสร้างใบพัดอาจจะสร้างได้หลายลักษณะดังรูปที่ 2.27 ใบพัดเปิดนั้นใช้ได้ทั่วไป หมุนพัดไปก็จะสามารถหมุนปิดสะอาดได้ด้วยตัวเอง ใบพัดที่ปิดไว้ข้างหนึ่งเหมาะกับลมที่มีผงแบ่งหรือฝุ่นเหนียว ๆ ใบพัดที่มีขอบวงแหวน ใช้ได้ดีกับงานหนัก และใบพัดที่ตัวใบพับหักกลับ นั้น เคลื่อนลมได้ดีเป็นจำนวนมากแต่ไม่เหมาะกับวัสดุที่เป็นก้อนหรือเป็นแท่งไฟเบอร์

ข) พัดลมใบพัดโค้งเข้าข้างหน้า



รูปที่ 2.23 ใบพัดที่ซี่โค้งเข้าข้างหน้า (Sirocco)

ใบพัดของพัดลมชนิดนี้มีความละเอียด 20 - 64 ซี่ เฟลาใบพัดมีขนาดเล็กหมุนเดียวความเร็วรอบสูงกว่าพัดลมใบพัดรัศมีตรง และส่งลมได้มาก ณ ความเร็วรอบต่ำ ลมที่เคลื่อนจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เร็วกว่าพัดลมใบโค้งเข้าข้างหลัง ณ ความเร็วรอบปลายใบพัดเท่ากัน ฉะนั้นจึงหมุนได้ช้า

กว่าพัดลมชนิดอื่น เหมาะใช้กับกระบวนอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องใช้เพลาชัวยาวๆ เดินได้เงียบและพื้นที่ติดตั้งน้อย

หลักทั่วไปของการระบายอากาศ (เกชา, 2538: 21-23)

การเคลื่อนที่ของอากาศ เกิดขึ้นจากความแตกต่าง ของความดันระหว่าง 2 จุด ซึ่งความดันที่แตกต่างกัน จะทำให้อากาศไหลจากบริเวณที่มีความดันสูงไปหาความดันต่ำ การเคลื่อนที่ของอากาศ มีความสัมพันธ์ของปริมาณอากาศ และความเร็วในการเคลื่อนที่ ดังนี้

$$Q = V \cdot A \quad (2.40)$$

Q คือ ปริมาณอากาศ (m^3/s)

V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ (m/s)

A คือ พื้นที่หน้าตัด (m^2)

ความเร็วรอบขอบหรือความเร็วตัด

ความเร็ว V คือระยะทางที่จุด P เคลื่อนที่ไปบนแนวเส้นรอบวงในหน่วยเวลา

ความเร็วขอบ V คือความเร็วของการตัดเฉือนเศษออก ซึ่งสำหรับการตัดเอนในลักษณะการหมุนจะมีค่าเท่ากับความเร็วขอบ

$$V = r \times \omega \quad \text{หรือ} \quad V = \pi \times d \times n \quad (2.41)$$

เมื่อ V = ความเร็วขอบคือความเร็วตัด (m/s)

ω = ความเร็วเชิงมุม ($1/s$)

r = รัศมี (m)

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (m)

ความเร็วเชิงมุม

ความเร็วเชิงมุม ω ($1/s$) วัดเป็นเรเดียน เมื่อจุดบนเส้นรอบวงเคลื่อนที่ไปตามเส้นรอบวง 1 วินาที ความเร็วเชิงมุมของทุกๆจุด (P, P1) ของวัตถุหมุนมีค่าเท่ากัน

$$\omega = 2 \times \pi \times n \quad 1/s \quad (2.42)$$

$$\begin{aligned} \omega &= \text{ความเร็วเชิงมุม (1/s)} \\ n &= \text{จำนวนความถี่รอบ (1/s)} \end{aligned}$$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วุฒิพันธ์ เต่งภาวดี, วิชา หมั่นทำการ และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดหวานฝักสด มีเป้าหมายเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริดส์ 10 โดยที่จุ่มข้าวโพดไม่ขาด ซึ่งกระบวนการกะเทาะเมล็ดจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การเจาะร่องแถวด้วยชุดเจาะร่อง และการกะเทาะเมล็ดด้วยเครื่องกะเทาะ ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ทำงานครั้งละ 1 ฝัก โดยชุดเจาะร่องมีส่วนประกอบหลัก คือ ชุดลูกกลิ้งเปิดร่อง และชุดมีเชาะแถว โดยมีหน้ากว้างของการรีดประมาณ 2 cm ส่วนชุดมีเชาะแถวเป็นตัวฉีกเมล็ดออก และในส่วนเครื่องกะเทาะเมล็ดมีส่วนประกอบหลัก คือ ชุดกะเทาะเมล็ด การทำงานของชุดกะเทาะเมล็ดจะทำงานโดยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เพื่อใช้ในการดันเมล็ดออกจากฝักที่ละแถว ซึ่งปัจจัยที่จะทำการศึกษา คือ ชนิดของชุดยางกะเทาะเมล็ดจำนวน 2 แบบ มุมในการกะเทาะเมล็ดจำนวน 3 มุม (36° , 42° และ 48°) และความเร็วรอบของชุดยางกะเทาะเมล็ดจำนวน 3 ระดับ (40, 50 และ 60 rpm) ผลการทดสอบพบว่า ชุดยางกะเทาะเมล็ดแบบที่ 2 ให้ผลการกะเทาะเมล็ดที่ดีกว่าแบบที่ 1 โดยใช้มุมในการกะเทาะเมล็ดและความเร็วรอบของชุดยางกะเทาะเมล็ด คือ 36° และ 60 rpm ตามลำดับ ซึ่งความเสียหายของเมล็ดที่ได้คือ 10.02% เวลาที่ใช้ในกระบวนการกะเทาะเมล็ด คือ 251.94 s/ears และกำลังที่ใช้ในการกะเทาะเมล็ด คือ 14.03 W/ears

จักรพันธ์ ด้วงคำจันทร์, สมโภชน์ สุกงจันทร์ และสมชาย ชวนอุดม ได้ศึกษาผลของความหนาและความเร็วของใบตีของเครื่องย่อยแบบ hammer mill ที่มีต่อความสามารถในการย่อยซังข้าวโพด โดยทำการทดสอบกับซังข้าวโพดแบบหมักและแบบไม่หมัก โดยใช้ความเร็วของใบตี 800, 1000, 1200, และ 1400 รอบต่อนาที และความหนาของตี 3, 6 และ 9 มิลลิเมตร ผลการศึกษาพบว่า การย่อยซังแบบหมักสามารถย่อยได้ง่ายกว่าแบบไม่หมัก การเพิ่มความเร็วและหรือความหนาของใบตีทำให้ความสามารถในการย่อยมีค่าเพิ่มขึ้น และในการใช้งานควรใช้ความเร็วและความหนาของใบตีที่ 1400 รอบต่อนาที และ 9 มิลลิเมตร ตามลำดับ

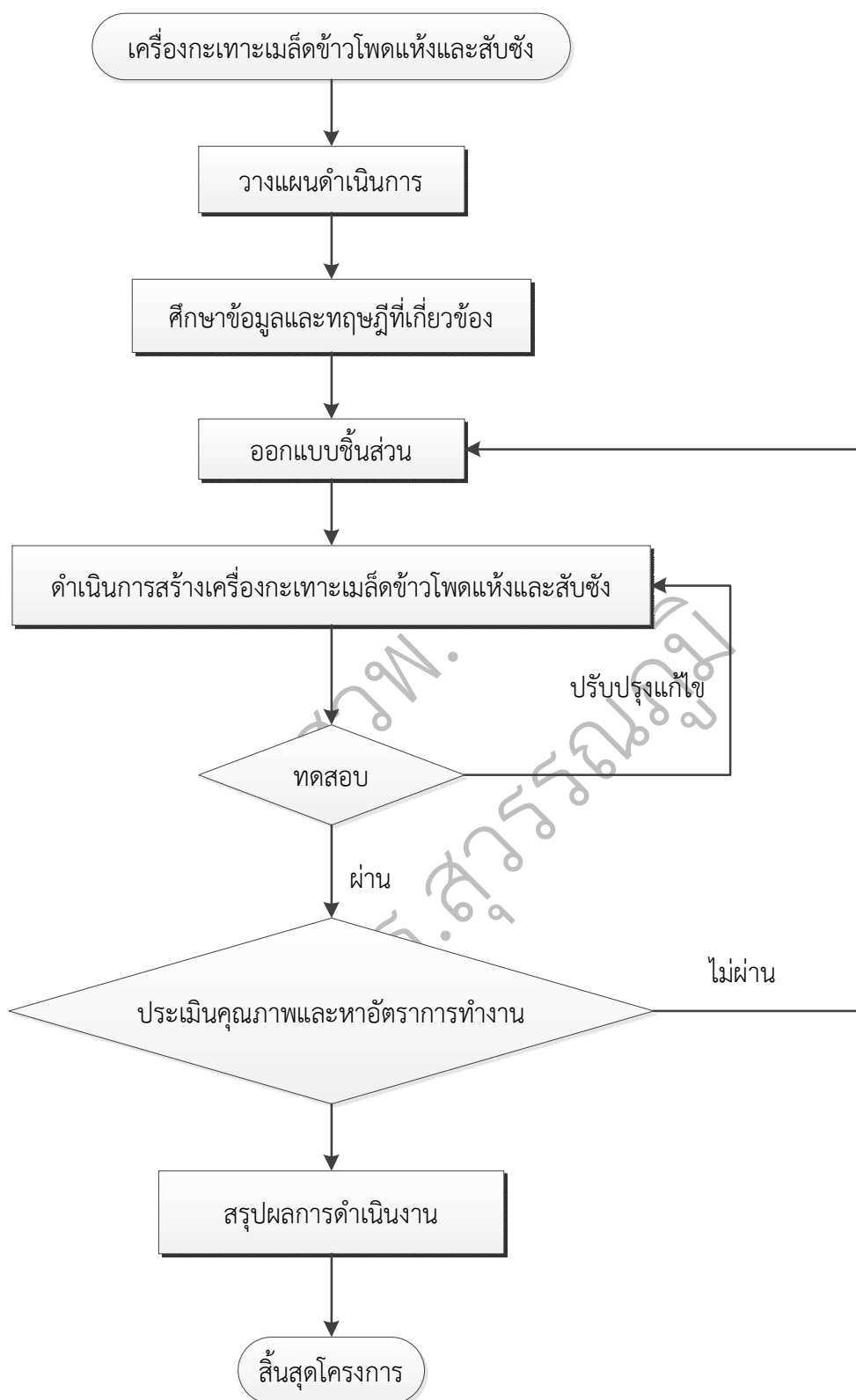
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายของการวิจัยที่จะออกแบบและสร้าง มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งพร้อมกับสับซังข้าวโพดไปภายในตัวเครื่อง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนเพื่อให้งานวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งเอาไว้ โดยสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

1. วางแผนการดำเนินงาน
2. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง
4. หาประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ



รูปที่ 3.1 แผนภูมิการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดและสับซัง

ขั้นตอนการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง

ผู้วิจัยได้จัดแบ่งขั้นตอนการสร้างไว้เป็นดังนี้

1. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์
 - 1.1 เหล็กฉาก
 - 1.2 เหล็กเพลลา
 - 1.3 เหล็กแผ่น
 - 1.4 แบริ่ง
 - 1.5 พูลเลย์
 - 1.6 สายพาน
 - 1.7 มอเตอร์
 - 1.8 อื่นๆ
2. ตัดเหล็กฉากตามขนาดเพื่อสร้างเป็นโครง
 - 2.1 เหล็กฉากยาว 100 ซม. 4 ชิ้น
 - 2.2 เหล็กฉากยาว 115 ซม. 4 ชิ้น
 - 2.3 เหล็กฉากยาว 85 ซม. 4 ชิ้น
3. นำเหล็กฉากมาเชื่อมให้เป็นโครงตามแบบของเครื่อง



รูปที่ 3.2 โครงของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

โครงสร้างของเครื่องทำด้วยเหล็กฉากหนา 1.5 มม. เชื่อมติดกับส่วนต่างๆ ของโครงเพื่อต้องการให้โครงสร้างมีความแข็งแรง เพราะลักษณะของเครื่องมีขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์ต่างๆ ที่โครงสร้างต้องรองรับน้ำหนัก จึงจำเป็นต้องใช้โครงสร้างที่แข็งแรงรองรับน้ำหนัก และเพื่อให้เกิดความสมดุลกับขนาดของแรงมอเตอร์ เมื่อทำการกะเทาะจึงทำให้เครื่องไม่มีการขยับตัว

4. ทำการม้วนเหล็กเพื่อทำเป็นฝาครอบลูกกะเทาะ



รูปที่ 3.3 การม้วนเหล็กเพื่อทำเป็นฝาครอบลูกกะเทาะ

ฝาครอบลูกกะเทาะทำขึ้นเพื่อครอบเพลากะเทาะเอาไว้เพื่อไม่ให้ฝักข้าวโพดกระเด็นออกเมื่อทำการกะเทาะ เหล็กที่นำมาทำการม้วนเพื่อเป็นฝาครอบลูกกะเทาะใช้เหล็กแผ่นดำ หนา 2 มม. เพื่อต้องการให้ฝาครอบลูกกะเทาะมีความแข็งแรงจึงต้องใช้เหล็กที่มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและอีกในทางหนึ่งคือที่ต้องใช้เหล็กที่มีความหนาขนาดนี้ก็ไม่หนาเกินไป เพราะทำการม้วนขึ้นรูปง่ายเมื่อทำการกะเทาะแล้วฝักของข้าวโพดจะกระทบกับฝาครอบลูกกะเทาะ

5. นำฝาครอบลูกกะเทาะมาติดตั้งที่ตัวเครื่อง



รูปที่ 3.4 นำฝาครอบลูกกะเทาะมาติดตั้งที่ตัวเครื่อง

ส่วนการติดตั้งในภาพคือการนำเอาฝาครอบลูกกะเทาะมาติดตั้งเข้ากับตัวโครงสร้างและดูว่าการติดตั้งมีการเยื้องหรือไม่แล้วค่อยทำการเชื่อมติดไว้เพื่อไม่ให้เกิดการแก้งานอีกในครั้งต่อไป

6. นำตะแกรงมาติดตั้งเข้าที่ตัวเครื่อง



รูปที่ 3.5 นำตะแกรงมาติดตั้งเข้าที่ตัวเครื่อง

ตะแกรงรองเมล็ดทำขึ้นเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกรองเพื่อให้เมล็ดข้าวโพดที่กะเทาะแล้วหล่นลงไป
ในช่องเมล็ดออก ตะแกรงรองเมล็ดของข้าวโพดใช้เป็นแบบตะแกรงที่สร้างขึ้นเองโดยใช้เหล็กกลม
ทั้งหมด 27 เส้น และมีเหล็กลักษณะครึ่งวงกลมกันอยู่อีก 3 ชิ้น เหล็กครึ่งวงกลมนี้ติดตั้งไว้เพื่อคัด
กรองซึ่งข้าวโพดให้ไหลไปที่ละอัน

7. นำเพลามาเชื่อมติดกับใบเตีเอาไว้ในองศาประมาณ 30 องศา



รูปที่ 3.6 เชื่อมติดใบเตี

เพลากะเทาะมีหน้าที่กะเทาะเอาเมล็ดข้าวโพดออกมาจากซัง แล้วตีให้ซังข้าวโพดไหลไปเรื่อยๆ ยังขบวนการต่อไป เพลากะเทาะใช้เพลขนาด 2 นิ้ว แล้วนำมาเชื่อมติดเข้ากับเหล็กที่ลักษณะคล้ายท่อน้ำหรือ PIPE แล้วนำใบตี หรือใบกะเทาะที่ตัดไว้มาเชื่อมติดกับเพลที่เชื่อมติดกับเหล็กท่อ

8. นำเหล็กแผ่นมาม้วนขึ้นรูปให้เป็นโครงพัดลม



รูปที่ 3.7 นำเหล็กแผ่นมาม้วนขึ้นรูปให้เป็นโครงพัดลม

โครงพัดลมทำขึ้นเพื่อเป็นตัวที่ติดกับใบพัดลมและยังเป็นตัวเป่าลมเอาฝุ่นของข้าวโพดออกไปยังทางออกของฝุ่น โครงพัดลมทำด้วยเหล็กแผ่นดำหนา 2 มม. นำมาม้วนขึ้นรูปและนำมาเชื่อมกับส่วนประกอบอื่นให้มีลักษณะคล้ายกับนกหวีด เพื่อให้สามารถเป่าลมออกมาอีกช่องทางหนึ่งที่ทำไว้เพื่อให้ลมออก และเพื่อเป่าเศษฝุ่นออกจากเมล็ด

9. นำเหล็กเพลามาเชื่อมติดกับใบพัดลม ให้เป็นใบพัดลม



รูปที่ 3.8 นำเหล็กเพลามาเชื่อมติดกับใบพัดลม

พัลลมถูกทำขึ้นเพื่อเป็นตัวเป่าเอาเศษฝุ่นของข้าวโพดออก พัลลมของเครื่องถูกสร้างขึ้นมาเอง โดยอาศัยหลักการใช้เพลาร้อยยาว จากนั้นใช้บูทสวมเข้าไปที่เพล และนำเหล็กแผ่นมาเจาะร้อยน็อต เพื่อทำเป็นใบพัลลม และใบของพัลลมตั้งตรง 90 องศา หมดทั้งสิ้น 4 ใบ

10. แสดงฝาครอบเครื่องและที่ใส่ข้าวโพดไปในเครื่องเพื่อทำการกะเทาะ



รูปที่ 3.9 ฝาครอบเพลากะเทาะข้าวโพด

ฝาครอบนี้ใช้เหล็กแผ่นหนา 2 มม. แล้วนำมาดัดขึ้นรูปเป็นครึ่งวงกลมโดยให้พอดีกับโครงสร้างที่กำหนดไว้และทำที่เทข้าวโพด ที่เทข้าวโพดนั้นทำเป็นปล่องโดยการตัดเหล็กแผ่นแล้วนำมาเชื่อมให้ติดกันตามแบบ

11. นำเหล็กมาเชื่อมเป็นทรงกรวยและมีช่องทางออกเป็นทรงกระบอกเพื่อทำเป็นถาดรองเมล็ด



รูปที่ 3.10 ถาดรองเมล็ดที่ติดตั้งกับตัวเครื่อง

ถาดรองเมล็ดเป็นอุปกรณ์ที่มีไว้สำหรับเป็นช่องที่เมล็ดข้าวโพดไหลออกมา ทำจากเหล็กแผ่น ขาวหนา 1.5 มม. ใช้วิธีการพับขึ้นรูปแล้วเจาะรูและใช้รีเวทส์ในการยึดติดไว้ จากนั้นนำมาติดตั้งเข้ากับตัวเครื่องที่ด้านล่าง

12. นำเหล็กมาเชื่อมมีช่องออกเป็นทรงกระบอกเพื่อทำเป็นปล่องระบายฝุ่น



รูปที่ 3.11 ปล่องระบายฝุ่น

ปล่องระบายฝุ่นมีไว้สำหรับการระบายฝุ่นให้ออกมาทางด้านหลังแล้วใช้ผ้าขาวบางครอบที่ปากช่องระบายอีกทีหนึ่งเพื่อไม่ให้ฝุ่นข้าวโพดฟุ้งกระจาย ขึ้นรูปโดยใช้เหล็กแผ่นขาว ขึ้นรูปโดยการพับแล้วนำมาเชื่อม จากนั้นใช้รีเวทส์แล้วใช้รีเวทส์ในการยึดติด แล้วนำมาประกอบติดตั้งเข้ากับตัวเครื่องทางด้านหลัง

13. นำเหล็กแผ่นมาเชื่อมติดกันเพื่อขึ้นรูปให้เป็นฝาครอบสายพาน



รูปที่ 3.12 ฝาครอบสายพาน

ฝาครอบสายพานทำขึ้นเพื่อป้องกันอันตรายเมื่อเครื่องทำการกะเทาะ เพราะถ้าไม่มีที่ครอบสายพานกันสายพานก็อาจมีอุบัติเหตุจากการทำงานได้ ทำขึ้นมาจากเหล็กแผ่นขาม้วนขึ้นรูป แล้วจากนั้นใช้เหล็กแผ่นมาเข้ารูเชื่อมติดไว้ แล้วนำมาติดตั้งไว้ที่สายพานของเครื่อง

14. ติดตั้งใบพัดลมกับแบริ่งไปที่โครงพัดลมให้เข้ากับโครง



รูปที่ 3.13 ติดตั้งใบพัดลมกับแบริ่งไปที่โครงพัดลมให้เข้ากับโครง

การติดตั้งใบพัดลมเข้ากับโครงพัดลมใช้แบริ่งขนาด 1.5 นิ้ว 2 ตัว แล้วนำมาติดกับโครงพัดลม แล้วทำการหมุนทดลองดูว่ามีส่วนไหนที่ติดขัดบ้างจากนั้นก็ทำการแก้ไข เพื่อให้หมุนได้

15. ติดเพลตเข้าไปในฝาครอบลูกกะเทาะพร้อมด้วยแบริ่ง



รูปที่ 3.14 ติดเพลต

ส่วนการติดตั้งเพลากะเทาะ หรือเพลาคีก็คล้ายกันกับการติดตั้งใบพัดลมเข้ากับโครงพัดลม คือ ใช้แบริ่ง 2 ตัว ติดกับโครงจากนั้นก็นำเพลาลูก 2 ด้านติดกับแบริ่งแล้วลองหมุนดู จากนั้นก็ทำการแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ

16. ติดตั้งชุดต้นกำลัง และกลไก ประกอบด้วย มอเตอร์ต้นกำลัง



รูปที่ 3.15 ติดตั้งชุดต้นกำลังและกลไกประกอบด้วยมอเตอร์ต้นกำลัง

ส่วนการติดตั้งชุดกลไกต่างๆ นั้นเริ่มจาก มอเตอร์ พูลีย์ สายพาน และทำการปรับตั้งสายพานให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม มีความสมดุล พร้อมทั้งจะทำงาน

17. เครื่องที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะปฏิบัติงาน



รูปที่ 3.16 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

การคำนวณ

จากขอบเขตของโครงการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดให้ได้ 300 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 นาที

$$\text{จะได้เมล็ดข้าวโพด} \frac{300}{60} = 5 \text{ กิโลกรัม}$$

- โดยเฉลี่ยแล้วข้าวโพด 1 ฝัก มีน้ำหนักประมาณ 190 กรัม
- มีเมล็ดข้าวโพดประมาณ 180 กรัม ซึ่งข้าวโพดประมาณ 10 กรัม

ในการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดให้ได้ 300 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ในข้าวโพด 1 ฝัก จะมีเมล็ดข้าวโพด 180 กรัม

$$\therefore \text{จะต้องใช้ข้าวโพดในการกะเทาะแต่ละครั้งเท่ากับ } \frac{1 \text{ ฝัก} \times 300000 \text{ กรัม}}{180 \text{ กรัม}} = 1666.60 \text{ ฝัก ดังนั้น}$$

ต้องใช้ข้าวโพดประมาณ 1666 – 1670 ฝัก / ชั่วโมง

คำนวณหาขนาดของมอเตอร์

จากรูปที่ 3.16 เป็นการหาแรงบิดเบื้องต้นโดยการใช้ประแจอนด์ขึ้นแล้วทำการอ่านค่าและอ่านได้ 25 Ft.Lbs หรือ 33.90 N.m



รูปที่ 3.17 หาแรงบิดเบื้องต้น

หาค่าพลังงานของมอเตอร์

$$\text{จากสมการ } W_p = T\omega$$

W_p คือ กำลังงาน

T คือ แรงบิด

ω คือ ความเร็วเชิงมุม

สมมุติฐานการหมุนของเพลากะเทาะ 1 วินาที เพลากะเทาะหมุน 6 รอบ
ใน 1 นาที เพลากะเทาะจะหมุน 360 รอบ/นาที

∴ เพลาหมุน 360 รอบ/นาที จะได้เมล็ดข้าวโพด 5 กิโลกรัม

หาความเร็วเชิงมุม

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร } \omega &= \frac{2\pi n}{60} \\ &= \frac{2\pi \times 360}{60} \\ &= 37.70 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

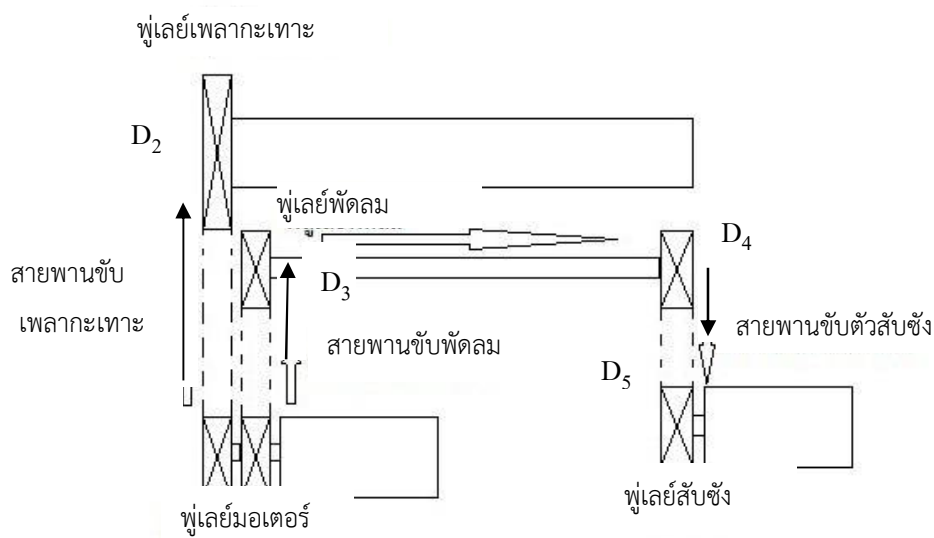
หาขนาดของมอเตอร์

$$\begin{aligned}\text{จากสมการ } W_p &= T\omega \\ &= 33.90 \times 37.70 \\ &= 1278.03 \text{ W}\end{aligned}$$

จาก 1 แรงม้า เท่ากับ 746 วัตต์

$$\begin{aligned}&= \frac{1278.03}{746} \\ &= 1.71 \text{ hp}\end{aligned}$$

∴ เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 2 hp ความเร็วรอบ 1420 rev/min ซึ่งมีขายอยู่ตามท้องตลาด



รูปที่ 3.18 ระบบส่งกำลัง

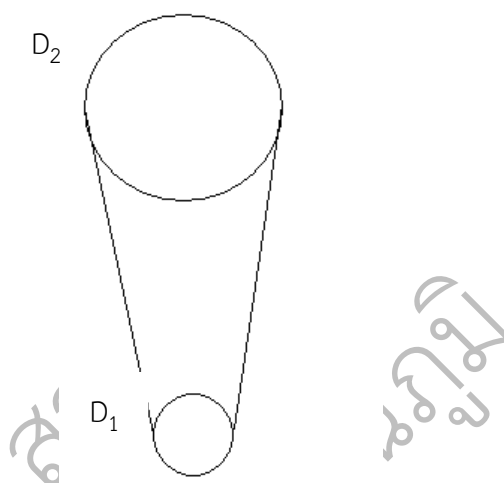
คำนวณหาขนาดของพูลี่และความยาวของสายพาน

1. หาขนาดของพูลี่เพลาเกะเทาะกับของมอเตอร์และความยาวของสายพาน

จากมอเตอร์ $N_1 = 1420 \text{ rev/min}$ และ $N_2 = 360 \text{ rev/min}$

$$\text{จากสมการ} \quad m_{\omega} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (\text{จากสมการที่ 2.16})$$

จากตาราง 6 เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ $D_1 = 75 \text{ mm}$ (เป็นขนาดพูลี่ของมอเตอร์)



จากสมการ	$\frac{N_1}{N_2}$	=	$\frac{D_2}{D_1}$
D_1	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางพูลี่ของมอเตอร์	
N_1	คือ	ความเร็วรอบของมอเตอร์	
D_2	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางพูลี่ของเพลาเกะเทาะ	
N_2	คือ	ความเร็วรอบของเพลาเกะเทาะ	
แทนค่า	$\frac{1420}{360}$	=	$\frac{D_2}{75}$
	D_2	=	$\frac{1420}{360} \times 75$
		=	295.83 mm

จากตารางที่ 6 ในภาคผนวก เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ $D_2 = 300 \text{ mm}$ (เป็นขนาดพูลี่ของเพลาเกะเทาะ)

หาความเร็วรอบจริง

$$\begin{aligned}
 \text{จากสมการ} \quad \frac{N_1}{N_2} &= \frac{D_2}{D_1} \\
 \text{จะได้} \quad N_2 &= \frac{D_1}{D_2} N_1 \\
 &= \frac{75}{300} \times 1420 \\
 &= 355 \text{ rev/min}
 \end{aligned}$$

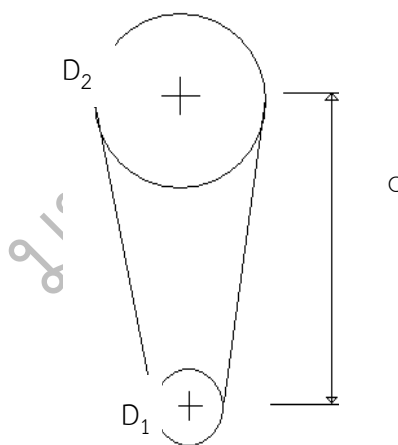
จากสมมุติฐานเพลากะเทาะ 360 rev/min ได้เม็ลต์ข้าวโพด 5 กิโลกรัม ดังนั้นถ้าเพลามุน

$$355 \text{ rev/min} \text{ จะได้เม็ลต์ข้าวโพด } \frac{355 \times 5}{360} = 4.92 \text{ กิโลกรัม}$$

∴ อัตราในการกะเทาะได้ 4.92 กิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งสมมุติฐานไว้ 5 กิโลกรัม

ดังนั้นจึงสามารถใช้พู่เลย์ $D_1 = 75 \text{ mm}$, $D_2 = 300 \text{ mm}$ ได้

หาระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของล้อสายพาน



จากสมการ

$$\begin{aligned}
 C_{\max} &= 2(D_p + d_p) && \text{(จากสมการที่ 2.33)} \\
 &= 2 \times (75 + 300) \\
 &= 750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{\min} &= 0.7(D_p + d_p) && \text{(จากสมการที่ 2.34)} \\
 &= 0.7 \times (75 + 300) \\
 &= 262.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

หาความยาวพิตช์ของสายพาน

เลือกใช้ค่า $C = 690 \text{ mm}$

จากสมการ

$$\begin{aligned}
 L_p &= 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} && \text{(จากสมการที่ 2.30)} \\
 &= 2(390) + 1.57(100 + 100) + \frac{(100 - 100)^2}{4(390)} \\
 &= 1094 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

จากสูตรในตารางที่ 7 การเลือกใช้ความยาวสายพาน

$$\begin{aligned}
 L_p &= L_i + 30 \\
 L_i &= 10940 - 30 \\
 &= 1064 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

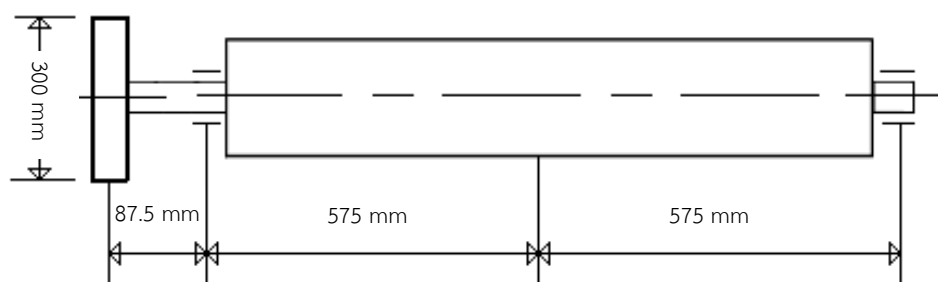
จากตารางที่ 7 ในภาคผนวก เลือกใช้ค่า $L_i = 1090 \text{ mm}$

จากสูตรในตารางที่ 7 การเลือกใช้ความยาวสายพาน

$$\begin{aligned}
 L_p &= L_i + 30 \\
 &= 1090 + 30 \\
 &= 1120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ จากตารางที่ 8 เลือกสายพาน V – Belt เบอร์ B 42 มีความยาว 1137.92 mm

คำนวณหาขนาดของเพลลา

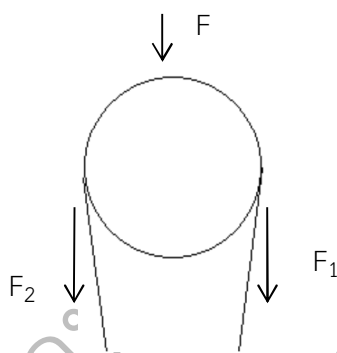


รูปที่ 3.19 เพลากะเทาะ

จากรูปที่ 3.18 รูปของเพลากะเทาะ

- พู่เลย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 mm
- ขับด้วยมอเตอร์ 2 hp หรือ $2 \times 746 = 1492$ W
- โดยมีอัตราส่วนแรงดึงของสายพานข้างตึงกับสายพานข้างหย่อนเท่ากับ 2.5 : 1
- ชุดลูกกะเทาะหนัก 75 kg หรือ $75 \times 9.81 = 735.75$ N

1. หาแรงที่มากระทำกับพู่เลย์ของเพลากะเทาะ



$$\text{จาก } T = (F_1 - F_2)r \quad (\text{จากสมการที่ 2.19})$$

$$\begin{aligned} \text{หาแรงบิดจากสมการ } T &= \frac{60W_p}{2\pi N} \\ T &= \frac{60(1492)}{2\pi(355)} \\ &= 40.134 \text{ N.m} \end{aligned}$$

นำค่าไปแทนในสมการ (จากสมการที่ 2.19)

$$\begin{aligned} 40.134 &= (F_1 - F_2) \left(\frac{150}{1000} \right) \\ 40.134 &= (F_1 - F_2) 0.15 \quad (\text{สมการที่ 1}) \\ F_1 - F_2 &= \frac{40.134}{0.15} \\ F_1 - F_2 &= 267.56 \end{aligned}$$

เมื่อความตึงของสายพานข้างตึงมีค่าเท่ากับ 2.5 เท่าของสายพานข้างหย่อน

$$\text{ดังนั้น } F_1 = 2.5F_2$$

$$\text{เมื่อนำ } F_1 \text{ ไปแทนค่าในสมการ } F_1 - F_2 = 267.56$$

$$2.5 F_2 - F_2 = 267.56$$

$$1.5 F_2 = 267.56$$

$$F_2 = \frac{267.56}{1.5}$$

$$= 178.37 \text{ N}$$

นำ F_2 ไปแทนค่าใน (สมการที่ 1) จะได้ว่า

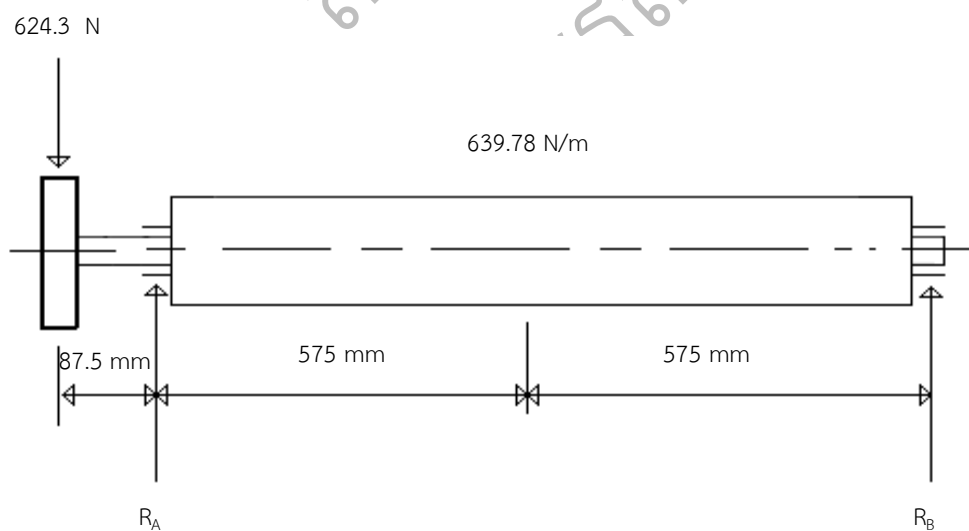
$$40.134 = (F_1 - 178.37) 0.15$$

$$F_1 = \frac{40.134}{0.15} + 178.37$$

$$= 445.93 \text{ N}$$

$$\text{ดังนั้น } F_1 + F_2 = 445.93 + 178.37 = 624.3 \text{ N}$$

2. หาโมเมนต์ดัดสูงสุด



$$(\sum M_A = 0)$$

$$(R_B \times 1.15) = (639.78 \times 1.15 \times 0.575) - (624.3 \times 0.0875)$$

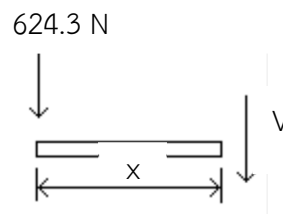
$$R_B = \frac{(639.78 \times 1.15 \times 0.575) - (624.3 \times 0.0875)}{1.15}$$

$$= 320.37 \text{ N}$$

$$(\sum F_y = 0)$$

$$\begin{aligned} R_A + R_B &= 6247.3 + (639.78 \times 1.15) \\ R_A &= 624.3 + (639.78 \times 1.15) - 320.37 \\ &= 1039.68 \text{ N} \end{aligned}$$

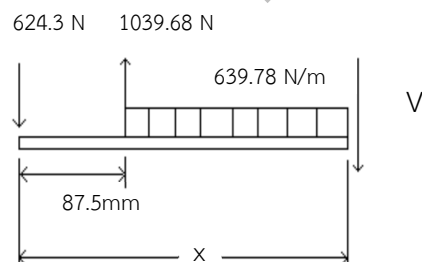
ตัดที่หน้าตัด $0 < x < 0.0875$



$$(\sum F_y = 0)$$

$$\begin{aligned} V &= -624.3 \text{ N} \\ M &= -624.3 (x) \text{ Nm} \\ X = 0, \quad M &= 0 \text{ Nm} \\ X = 0.0875, \quad M &= -624.3 (0.0875) = -54.62 \text{ Nm} \end{aligned}$$

ตัดที่หน้าตัด $0.0875 < x < 1.2375$



$$(\sum F_y = 0)$$

$$\begin{aligned} V &= (-624.3) + 1039.68 - 639.78 (x - 0.0875) \text{ N} \\ X = 0.0875, \quad V &= (-624.3) + 1039.68 - 639.78 (0) \\ &= 415.38 \text{ Nm} \\ X = 1.2375, \quad V &= (-624.3) + 1039.68 - 639.78 (1.2375 - 0.0875) \\ &= -320.637 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= 1039.68(x - 0.0875) - 624.3(x) - 639.78 \times (x - 0.0875) \times \frac{(x - 0.0875)}{2} \\
 &= 1039.68(x - 0.0875) - 624.3(x) - \frac{639.78}{2} \times (x - 0.0875)^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X = 0.0875, \quad M &= -624.3(0.0875) \\
 &= -54.62 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$X = 1.2375,$$

$$\begin{aligned}
 M &= 1039.68(1.2375 - 0.0875) - 624.3(1.2375) - \frac{639.78}{2} \times (1.2375 - 0.0875)^2 \\
 &= 0.006 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

โมเมนต์ตัดสูงสุดในช่วง $0.0875 < x < 1.2375$ เมื่อ $SF = 0$

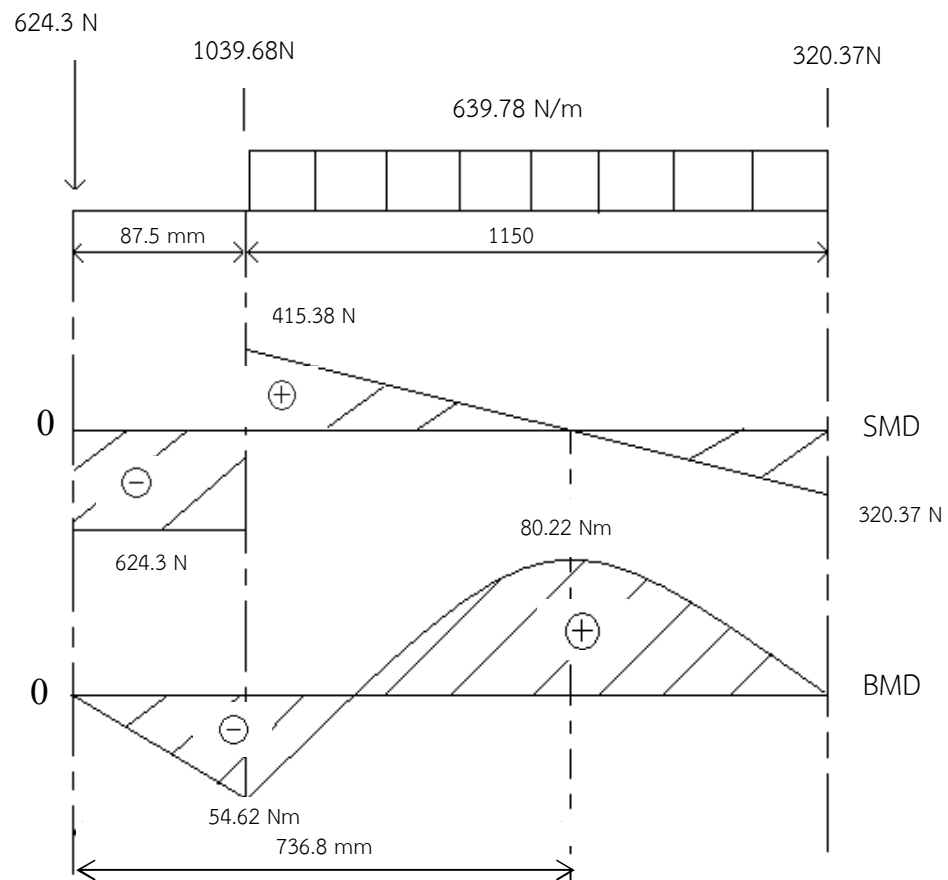
$$\begin{aligned}
 0 &= 1039.68 - 624.3 - 639.78(x - 0.0875) \\
 x &= \frac{1039.68 - 624.3 + 55.98}{639.78} \\
 &= 0.7368 \text{ m}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น $M_{\max}$ ในช่วง $0.0875 < x < 1.2375$ เมื่อ $x = 0.7368$

$$x = 0.7368,$$

$$\begin{aligned}
 M &= 1039.68(0.7368 - 0.0875) - 624.3(0.7368) - \frac{639.78}{2} \times (0.7368 - 0.0875)^2 \\
 &= 80.22 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

เขียนแผนผังโมเมนต์ตัด (BMD) ในแนวดิ่งจะได้



∴ โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 80.22 Nm

3. หาขนาดเพลลา
จากสมการ

$$D^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} \sqrt{[(C_t T)^2 + (D_m M)^2]} \quad (\text{จากสมการที่ 2.9})$$

สำหรับเพลลาทั่วไปที่มีรื่องลิมค่าความเค้นเฉือนที่ใช้งาน 41 N/mm² โดยลดค่าความเค้นเฉือนให้ใช้งานเพียง 75 % (อ้างอิงจากบทที่ 2 หน้าที่ 28)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \tau_d &= 41 \times 0.75 \text{ N/mm}^2 \\ &= 30.75 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

หาค่า C_t , C_m ได้จากตารางที่ 3 ตัวประกอบความล้าในภาคผนวก

$$C_t = 1.5, C_m = 2$$

$$D^3 = \frac{16 \times 10^3}{\pi (30.75)} \sqrt{[(1.5 \times 40.134)^2 + (2 \times 80.22)^2]}$$

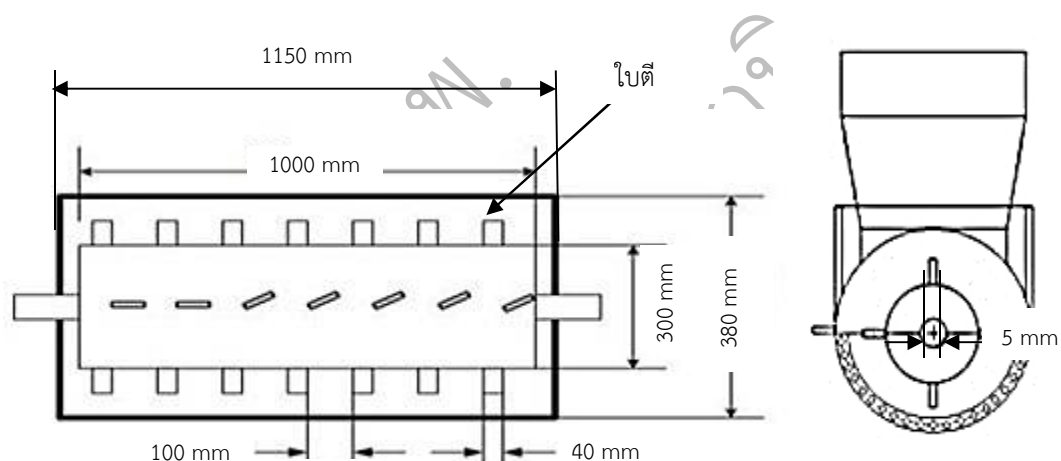
$$\begin{aligned}
 &= 28381.878 \text{ mm}^3 \\
 D &= \sqrt[3]{28381.878} \\
 &= 30.50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 4 ในภาคผนวกขนาดเพลตามาตรฐาน ISO/R775-1969 เลือกใช้เพลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 mm

จากตารางที่ 9 ในภาคผนวกแสดงมิติมาตรฐานและแรงประเมนของโรลลิงแบร์ริง

∴ เลือกใช้ Ball Bearing ติด deep groove ซึ่งมีรูสวมขนาด 35 mm ความหนา 17 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 72 mm Designation 207

หาปริมาตรในห้องกะเทาะและอัตราการไหลของข้าวโพด



รูปที่ 3.20 ภายในห้อง

จากรูป

เพลากะเทาะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 mm

เพลากะเทาะมีความยาว 1000 mm

ห้องกะเทาะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 380 mm

ห้องกะเทาะมีความยาว 1150 mm

ใบตีหนา 5 mm

ใบตีกว้าง 40 mm

ใบตีสอง 30 mm

ช่องว่างระหว่างใบตีสอง 100 mm

หาจำนวนของใบตีสองในแต่ละแถว

จากช่องว่างระหว่างใบตีสอง 100 mm และกว้างของใบตีสอง 40 mm

$$\text{ดังนั้นใบตีสองหนึ่งแถวจะต้องใช้ } \frac{1000}{100 + 40} = 7.14 \text{ ใบ/แถว หรือ 7 ใบ/แถว}$$

∴ เพลากะเทาะจะวางมุมใบกะเทาะห่างแถวละ 45° จะต้องมีใบตีสองทั้งหมด $7 \times 4 = 28$ ใบ

1. หาปริมาตรภายในห้องกะเทาะที่สามารถใส่ข้าวโพดไปได้

จากสูตรการหาปริมาตรทรงกระบอก

$$\text{การหาปริมาตรของรูปทรงกระบอก} \cdot V = \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

V คือ ปริมาตร

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง

h คือ ความสูง

หาปริมาตรในห้องกะเทาะ

$$\begin{aligned} V &= \frac{0.38^2 \pi}{4} 1.15 \\ &= 0.1304 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

หาปริมาตรของเพลากะเทาะ

$$\begin{aligned} V &= \frac{0.2^2 \pi}{4} 1 \\ &= 0.0314 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

เนื่องจากใบกะเทาะมีปริมาตรที่น้อยมากจึงไม่นำมาคิดรวม

∴ ในห้องกะเทาะสามารถรับปริมาตรข้าวโพดได้ $0.1304 - 0.0314 = 0.099 \text{ m}^3$

จากข้าวโพดตัวอย่าง 1 ฝัก

- มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm

- ความยาว 160 mm

หาปริมาตรของข้าวโพดหนึ่งฝัก

$$V = \frac{0.05^2 \pi}{4} 0.16$$

$$= 3.142 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

∴ ข้าวโพดหนึ่งฝักจะมีปริมาตร $3.142 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ หรือ 0.00003142 m^3

2. หาอัตราการไหลของข้าวโพด

จากสมการ

$$I_{VB} = 0.7 \times I_V \quad (\text{จากสมการที่ 2.12})$$

หาค่า I_V จาก $I_V = 60 \frac{D^2}{4} \sin \phi k$ (จากสมการที่ 2.11)

I_{VB} คือ อัตราขนถ่ายด้วยสกรูแบบใบพัด

I_V คือ อัตราขนถ่ายเชิงปริมาณ m^3/h

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวสกรู m

S คือ ระยะพิตช์เกลียวสกรู m

n คือ ความเร็วรอบ rev/min

ϕ คือ แฟคเตอร์ความเต็มรางตัวถัง

k คือ แฟคเตอร์ลดปริมาณขนถ่ายอันเนื่องมาจากชุดสกรูขนถ่าย

จากตารางที่ 5 ในภาคผนวกเปรียบเทียบค่าระยะพิตช์เกลียวสกรู $S = 300 \text{ mm}$

จากรูปที่ 2.17 ภาคผนวกค่าแฟคเตอร์ลดอัตราขนถ่ายที่เนื่องมาจากชุดสกรูขนถ่ายตั้งเอียง

จากมุมลาดเอียงของสกรูมีค่า 30° ดังนั้นค่า $k = 0.5$

เนื่องจากซึ่งข้าวโพดเป็นวัสดุเบาไม่คมจึงใช้ค่า $\phi = 0.5$

แทนค่าในสมการ $I_V = 60 \frac{D^2}{4} \sin \phi k$ (จากสมการที่ 2.11)

$$I_V = 60 \frac{0.3^2}{4} \times 0.3 \times 355 \times 0.5 \times 0.5$$

$$= 35.09 \text{ m}^3/\text{h} \text{ หรือ } 0.599 \text{ m}^3/\text{min}$$

แต่สกรูที่ใช้เป็นแบบแผ่นใบพัดหรือแบบใบตัด

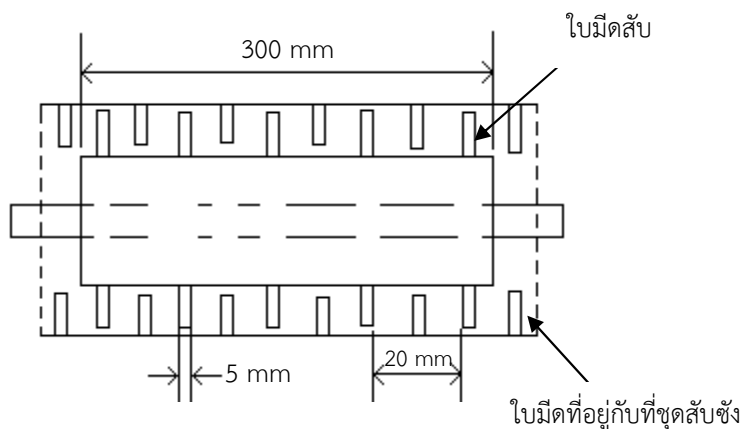
ดังนั้นจากสมการ $I_{VB} = 0.7 \times I_V$ (จากสมการที่ 2.11)

แทนค่าในสมการ $I_{VB} = 0.7 \times 0.599$

$$= 0.42 \text{ m}^3/\text{min}$$

∴ อัตราการไหลของข้าวโพดเท่ากับ $0.42 \text{ m}^3/\text{min}$

หาจำนวนใบมีดสับซัง



รูปที่ 3.21 ชุดสับซัง

จากขอบเขตของโครงการได้ตั้งไว้ว่าสับซังข้าวโพดขนาดไม่เกิน 30 mm หรือเล็กกว่านี้

- ความหนาของใบมีดสับซัง 5 mm
- ความห่างระหว่างของใบมีดสับซัง 20 mm

จากใบมีดสับซังมีความหนา 5 mm และความห่างระหว่างใบมีด 20 mm

$$\text{ดังนั้นจะต้องใช้ใบมีดสับซังในแต่ละแถวเท่ากับ } \frac{300}{25} = 12 \text{ ใบ/แถว}$$

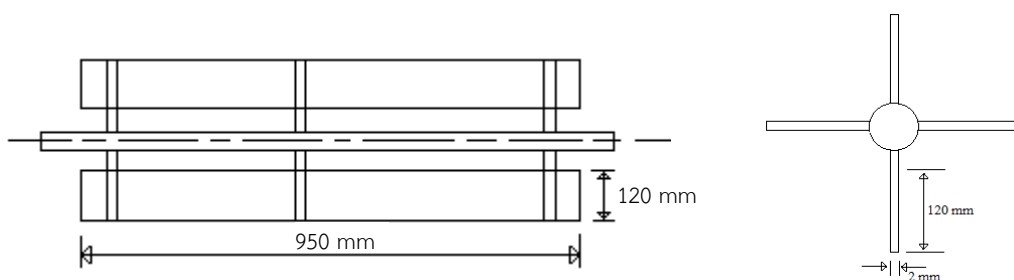
$$\text{และความห่างระหว่างใบมีดสับซังกับใบมีดที่อยู่กับที่เท่ากับ } \frac{20 - 5}{2} = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{เมื่อความห่างระหว่างใบมีดสับซังกับใบมีดที่อยู่กับที่เท่ากับ } 7.50 \text{ mm}$$

ดังนั้น ซังข้าวโพดที่ผ่านการสับเสร็จสิ้นแล้วจะมีขนาด 7.50 – 20 mm หรือน้อยกว่านี้ ถึงจะสามารถผ่านช่องว่างระหว่างใบมีดได้ จากขอบเขตของโครงการสับซังข้าวโพด มีขนาดไม่เกิน 30 mm หรือน้อยกว่านี้

∴ ใบมีดสับซังจะวางมุมห่างแถวละ 180° จะต้องมีใบมีดสับซัง $12 \times 2 = 24$ ใบ

คำนวณหาปริมาตรอากาศที่เกิดขึ้นในห้องพดลม



รูปที่ 3.22 ใบพัดลมเป่าฝุ่น

จากรูปที่ 3.22

ใบพัดยาว 950 mm

ใบพัดกว้าง 120 mm

พวยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 mm

จากสมการ $Q = vA$ (จากสมการที่ 2.40)

Q คือ ปริมาตรอากาศ

v คือ ความเร็วตัด

A คือ พื้นที่หน้าตัดอากาศ

หาความเร็วตัด

จากสมการ

$$V = \pi \times d \times n \quad (\text{จากสมการที่ 2.41})$$

$$= \pi \times 0.075 \times \frac{1420}{60}$$

$$= 5.57 \text{ m/s}$$

จากสมการ

$$Q = vA$$

$$= 5.57 \times [4(0.12 \times 0.095)]$$

$$= 2.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

∴ ปริมาตรอากาศที่เกิดขึ้นในห้องพัดลมเพื่อนำไปเป่าฝุ่นเท่ากับ $2.54 \text{ m}^3/\text{s}$

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชั้้น ได้นำข้าวโพดแห้งที่มีความชื้นไม่เกิน 25% มากะเทาะเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่อง พร้อมกับสับชั้้นข้าวโพดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ส่วนเมล็ดข้าวโพดที่ได้มาอาจจะนำไปเลี้ยงสัตว์หรือนำไปขายก็ได้เพราะเมล็ดข้าวโพดมีราคาขายดีกว่าราคาขายทั้งฝัก

หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชั้้น ทำงานโดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลโดยการนำมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า มาขับเพลาสีหรือลูกกะเทาะ ให้เพลาลหมุนและทำการกะเทาะเอาเมล็ดข้าวโพดออกมาอีกช่องทางหนึ่ง ฝุ่นของข้าวโพดออกมาอีกช่องทางหนึ่ง และชั้้นของข้าวโพดที่ทำการสับย่อยแล้วออกมาอีกช่องทางหนึ่ง โดยมีการขั้นตอนทดสอบดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชั้้น

1. ตรวจสอบความตึงของสายพาน



รูปที่ 4.1 ตรวจสอบสายพาน

2. ตรวจสอบชุดสับซัง ว่ามีซังข้าวโพดติดอยู่ในตัวสับซังหรือไม่ ถ้ามีให้ทำการเอาซังข้าวโพดออกก่อนจะเดินเครื่อง



รูปที่ 4.2 ตรวจสอบชุดสับซัง

3. ตวงเมล็ดข้าวโพดตัวอย่างเพื่อนำไปวัดความชื้นก่อนการกะเทาะ



รูปที่ 4.3 ตวงเมล็ดข้าวโพด

4. เทเมล็ดข้าวโพดลงในเครื่องวัดความชื้น เพื่อหาความชื้นก่อนการกะเทาะ และควรเทให้หมด ภายใน 4-6 วินาที



รูปที่ 4.4 เทเมล็ดข้าวโพดลงในเครื่องวัดความชื้น

5. อ่านค่าความชื้นของเมล็ดข้าวโพดตัวอย่างอ่านได้ 14.60 %



รูปที่ 4.5 อ่านค่าความชื้นของเมล็ดข้าวโพด

6 . ชั่งถังใส่ข้าวโพดก่อนการกะเทาะซึ่งน้ำหนักได้ 0.50 กิโลกรัม



รูปที่ 4.6 ทำการชั่งถังใส่ข้าวโพด

7. ทำการชั่งข้าวโพดเตรียมเอาไว้เพื่อนำไปทำการทดลองโดยใช้ข้าวโพดหนัก 5 กิโลกรัม และรวมน้ำหนักถังด้วยเป็น 5.50 กิโลกรัม



รูปที่ 4.7 ทำการชั่งข้าวโพด

8. เสียบปลั๊กเข้ากับเต้ารับ



รูปที่ 4.8 เสียบปลั๊กเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

9. เปิดสวิตช์และเดินเครื่องทิ้งไว้ก่อนการใช้งาน ประมาณ 1 - 2 นาที



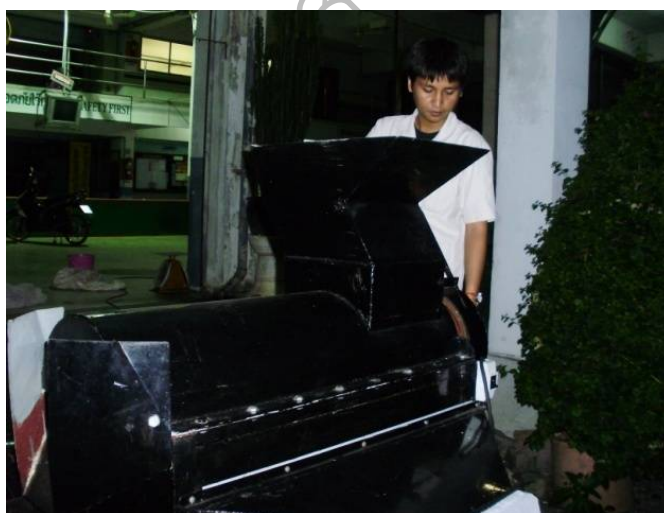
รูปที่ 4.9 ทำการเดินเครื่อง

10. เทข้าวโพดที่เตรียมไว้ลงไปปากเครื่องเพื่อเตรียมทำการกะเทาะและเตรียมพร้อมการจับเวลา



รูปที่ 4.10 เทข้าวโพดที่เตรียมไว้ลงไปปากเครื่อง

11. เริ่มทำการกะเทาะ และจับเวลาในการกะเทาะ



รูปที่ 4.11 เริ่มทำการกะเทาะข้าวโพด

12. นำเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการกะเทาะนำไปชั่งและจดบันทึกเพื่อนำไปหาประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง



รูปที่ 4.12 ชั่งเมล็ดข้าวโพดที่กะเทาะได้

13. นำซังข้าวโพดที่ผ่านการสับซังแล้วไปชั่งและจดบันทึกเพื่อนำไปหาประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง



รูปที่ 4.13 ชั่งซังข้าวโพดที่ผ่านการสับแล้ว

14. เมื่อทำการกะเทาะข้าวโพดเสร็จสิ้นแล้วให้เดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที เพื่อให้เมล็ดข้าวโพดและซังที่ติดค้างอยู่ในเครื่องออกมาให้หมด แล้วจึงปิดสวิตช์



รูปที่ 4.14 เดินเครื่องทิ้งไว้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง ข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก ความชื้น 14.60 %

วิธี วัด	ปริมาณข้าวโพดที่ป้อน (กก.)	เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (วินาที)	เมล็ดที่ได้จากการกะเทาะ(กก.)	ข้าวโพดที่ค้ำในเครื่อง (กก.)	ข้าวโพดที่แตกหัก (กก.)	ซังที่ได้ (กก.)	เปรียบเทียบผลการทดลองใน 1 ชั่วโมง			
							ปริมาณข้าวโพดที่ใช้ (กก./ชม.)	เมล็ดที่ได้ (กก./ชม.)	ข้าวโพดที่แตกหัก (กก./ชม.)	ซังที่ได้ (กก./ชม.)
1	5	30.00	4.10	0.17	0.01	0.62	600.00	492.00	1.20	74.40
2	5	33.00	4.20	0.18	0.06	0.63	545.45	458.18	1.64	68.73
3	5	33.00	4.00	0.15	0.01	0.77	545.45	436.36	0.98	84.00
4	5	31.00	4.10	0.14	0.01	0.66	580.64	476.13	1.16	76.65
5	5	29.00	3.90	0.19	0.06	0.79	620.69	484.14	1.86	98.07

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง ข้าวโพดพันธุ์
แปซิฟิก ความชื้น 14.60 %

ครั้งที่	ปริมาณข้าวโพดที่ป้อน (กก.)	เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (วินาที)	เมล็ดที่ได้จากการกะเทาะ(กก.)	ข้าวโพดที่ค้ำในเครื่อง (กก.)	ข้าวโพดที่แตกหัก (กก.)	ซังที่ได้ (กก.)	เปรียบเทียบผลการทดลองใน 1 ชั่วโมง			
							ปริมาณข้าวโพดที่ใช้ (กก./ชม.)	เมล็ดที่ได้ (กก./ชม.)	ข้าวโพดที่แตกหัก (กก./ชม.)	ซังที่ได้ (กก./ชม.)
6	5	34.00	4.00	0.11	0.01	0.67	529.41	423.53	1.27	70.94
7	5	35.00	4.10	0.19	0.01	0.76	514.28	421.71	1.03	78.17
8	5	31.00	3.90	0.25	0.01	0.75	580.64	452.90	1.04	87.09
9	5	35.00	4.10	0.10	0.06	0.64	514.28	421.71	1.54	65.83
10	5	36.00	4.00	0.18	0.01	0.70	500.00	400.00	1.00	70.00
เฉลี่ย	5	32.70	4.04	0.17	0.03	0.70	553.08	446.67	1.27	77.39

ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซังใช้ ข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก ข้าวโพดมีความชื้น 14.60 % ทำการทดลอง 10 ครั้ง ครั้งละ 5 กิโลกรัม ใช้เวลาในการกะเทาะ 32.70 วินาที ถ้านำไปเปรียบเทียบกับเวลาใน 1 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณข้าวโพด 553.08 กิโลกรัม/ ชั่วโมง กะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้ 446.67 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซังข้าวโพดที่ได้ 77.39 กิโลกรัม/ชั่วโมง

การหาประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง คิดได้จากสัดส่วนของ ข้าวโพดที่ใช้กะเทาะกับเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการกะเทาะและซังข้าวโพด

ดังนั้นเมล็ดข้าวโพดและซังทั้งหมดเท่ากับ $446.67 + 77.39 = 524.06$ กิโลกรัม/ ชั่วโมง

จากปริมาณข้าวโพดที่ใช้ในการกะเทาะ 555.78 กิโลกรัม/ชั่วโมง

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องเท่ากับ } \frac{524.06 \times 100}{555.78} = 94.29 \%$$

∴ ประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซังเท่ากับ 94.29 %

หาเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวโพด

กะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้ 446.67 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมล็ดข้าวโพดที่แตกหัก 1.27 กิโลกรัม/ชั่วโมง

$$\text{ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การแตกหักเท่ากับ } \frac{1.27 \times 100}{446.67} = 0.28 \%$$

∴ เมล็ดข้าวโพดที่แตกหักเกิดจากการกะเทาะเท่ากับ 0.28 %

การคำนวณหาระยะเวลาคุ้มทุน

1. ราคาด้านแรงงานคน

จ้างแรงงานคนกะเทาะเมล็ดข้าวโพด 6 คน (300 บาท/คน) 26 วัน 46,800 บาท
 ค่าจ้างแรงงานใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด 3 คน (300 บาท/คน) 26 วัน 23,400 บาท
 ส่วนต่างด้านค่าจ้างแรงงานคน 23,400 บาท
 ∴ การใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้ง สามารถลดต้นทุนค่าจ้างได้ 23,400 บาท

2. ราคาด้านอุปกรณ์

ค่าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดและอุปกรณ์ 35,000 บาท
 ค่าอุปกรณ์ใช้สำหรับแรงงานคน 6,500 บาท
 ส่วนต่างด้านราคาอุปกรณ์ 28,500 บาท
 ∴ การใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้ง มีต้นทุนด้านอุปกรณ์มากกว่า 28,500 บาท

3. ด้านไฟฟ้า

คำนวณค่าไฟฟ้าสำหรับการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้ง ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง
 26 วัน/เดือน

เมื่อ

1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง = 1 หน่วย

มอเตอร์ขนาด 1492 วัตต์ = 1.492 กิโลวัตต์

∴ มอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าในหนึ่งเดือนเท่า $1.492 \times 5 \times 26 = 193.96$ หน่วย/เดือน

$$\begin{aligned} \text{- ค่าไฟฟ้าแปรผัน (ft)} &= 0.4961 \quad \text{บาท/หน่วย} \\ &= 0.4961 \times 193.96 = 96.22 \quad \text{บาท} \end{aligned}$$

$$\text{- ค่าบริการ} = 38.22 \quad \text{บาท}$$

- ค่าใช้พลังงานไฟฟ้า

$$150 \text{ หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 150)} = 2.7628 \times 150 = 414.42 \quad \text{บาท}$$

$$43.96 \text{ หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)} = 3.7362 \times 43.96 = 148.30 \quad \text{บาท}$$

$$\text{รวม} = 562.72 \quad \text{บาท}$$

$$\text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 \% เท่ากับ} (96.22 + 38.22 + 562.72) \times 0.07 = 48.80 \text{ บาท}$$

$$\therefore \text{รวมค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าทั้งสิ้นเท่ากับ} 96.22 + 38.22 + 562.72 + 48.80 =$$

745.96 บาท/เดือน

$$\text{ดังนั้นราคาต้นทุนด้านค่าอุปกรณ์และค่าไฟฟ้า} = 28,500 + 745.96 = 29,245.96 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคู่มือทุน} &= \frac{\text{ราคาต้นทุนด้านค่าอุปกรณ์และค่าไฟฟ้า}}{\text{ส่วนต่างด้านค่าจ้างแรงงาน}} \\ &= \frac{29245.96}{23400} \\ &= 1.25 \text{ เดือน หรือ 38 วัน} \end{aligned}$$

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การหาประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง โดยใช้ข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก ความชื้น 14.60% ปริมาณ 5 กิโลกรัม ในการทดสอบแต่ละครั้ง ผลการทดสอบพบว่า เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง สามารถกะเทาะเมล็ดข้าวโพดกะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้เฉลี่ย 4.04 กิโลกรัม มีปริมาณข้าวโพดที่ติดค้างในเครื่องเฉลี่ย 0.17 กิโลกรัม ข้าวโพดที่แตกหักเฉลี่ย 0.03 กิโลกรัม ซังข้าวโพดเฉลี่ย 0.70 กิโลกรัม โดยใช้เวลาในการกะเทาะเฉลี่ย 32.70 วินาที ภายในเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดและสับซัง สามารถกะเทาะได้เมล็ดข้าวโพด 446.67 กิโลกรัม และปริมาณเมล็ดข้าวโพดที่แตกหัก 1.27 กิโลกรัม ประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง เท่ากับ 94.29 % ข้าวโพดที่แตกหักเท่ากับ 0.28 %

การนำไปใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง พบว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง สามารถทำงานได้ดีและมีประสิทธิภาพ ซึ่งภาพรวมก็ถือว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซังสามารถใช้งานได้ตามขอบเขตที่ตั้งไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำหลักการของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง เพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปพัฒนาเพื่อใช้กับพืชชนิดอื่น
2. ควรปรับปรุงแก้ไขเครื่องให้มีเสียงดังน้อยกว่านี้
3. ควรปรับปรุงแก้ไขขนาดเครื่องให้มีขนาดเล็กกะทัดรัดเพื่อเคลื่อนย้ายสะดวก

บรรณานุกรม

- เกชา ธีระโกเมน. พัฒลมอุตสาหกรรม. ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2538.
- จักร จักกะพาก. เครื่องจักรกลการเกษตร. กรุงเทพมหานคร: ดวงกลมสมัยจำกัด, 2528.
- จักรพันธ์ ด้วงคำจันทร์, สมโภชน์ สุดาจันทร์ และสมชาย ขวนอุดม. ผลของความหนาและความเร็วของใบตีของเครื่องย่อยแบบ Hammer Mill ที่มีผลต่อความสามารถในการย่อยซึ่งข้าวโพด. KKU Res J.2011; 16(5):478-484, <http://resjournal.kku.ac.th>.
- ไชยาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541.
- บุญศักดิ์ ใจจงกิจ. เครื่องกลขนถ่ายระบบต่อเนื่อง. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524.
- บรรเลง ศรีนิลและประเสริฐ ก้วยสมบูรณ์. ตารางโลหะ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524.
- บรรเลง ศรีนิลและกิตติ นิงสานนท์. การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524.
- ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. วัสดุและอุปกรณ์ขนถ่าย. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2534.
- ปรีชา ทิมทอง. ชิ้นส่วนเครื่องกล. กรุงเทพมหานคร: จิตรวัฒน์, 2541.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. หลักการอาหารสัตว์. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, 2535.
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ญัตงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2522.
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ญัตงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2523.
- วุฒพันธ์ เต่งภาวดี, วิชา หมั่นทำการ และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดหวานฝักสดโดยจุ่มข้าวโพดไม่ขาด. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 (2558), 7-14.
- สมโภชน์ สุดาจันทร์. การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดพืช. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, 2538.
- อำพล ชีอตรง. ชิ้นส่วนเครื่องกล. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, 2542.
- <http://www.dsk-agro.com>. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2542.
- <http://kasetinfo.arda.or.th>. สถาบันวิจัยพืชไร่กรมวิชาการเกษตร, 2547.

สวพ.
ภาคผนวก
นทร.สุวรรณภูมิ

ภาคผนวก ก
ตารางแสดงค่าต่างๆ

ตารางที่ 1 แสดงค่าการเปรียบเทียบของน้ำหนักกับแรง

Conversion Tables

Foot Pounds (Ft. Lds)	Kilo- gram Meters (Kgm or mkp)	Newton Meters (Nm)	Newton Meters (Nm))	Foot Pounds (Ft. Lds)	Kilo- gram Meters (Kgm or mkp)	Kilo- gram Meters (Kgm or mkp)	Newton Meters (Nm)	Foot Pounds (Ft. Lds)
5	0.69	6.78	10	7.38	1.02	1	9.81	7.23
10	1.38	13.56	20	14.75	2.04	2	19.61	14.47
15	2.07	20.34	30	22.13	3.06	3	29.42	21.70
20	2.76	27.12	40	29.50	4.08	4	39.23	28.93
25	3.46	33.90	50	36.88	5.10	5	49.04	36.17
30	4.15	40.68	60	44.26	6.12	6	58.84	43.40
35	4.84	47.46	70	51.63	7.14	7	68.65	47.87
40	5.53	54.24	80	59.01	8.16	8	78.46	50.63
45	6.22	61.02	90	66.38	9.18	9	88.26	65.10
50	6.91	67.80	100	73.76	10.20	10	98.07	72.33
55	7.60	74.58	110	81.14	11.22	11	107.88	79.57
60	8.29	81.36	120	88.51	12.24	12	117.68	86.80
65	8.98	88.14	130	95.89	13.26	13	127.49	94.03
70	9.67	94.92	140	103.26	14.28	14	137.30	101.27

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม

AISI Type	condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongation in 2 in, %	Reduction In Area, %	Hardness, BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
1020	HR	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	76	51	32	61	149	-
1040	HR	31	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	-
	N	85	50	28	55	170	-
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	-
1050	HR	105	67	15	-	-	-
	CD	114	104	9	-	-	54
	A	92	43	24	40	187	-
	N	109	62	20	39	217	-

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม

AISI Type	condition	Tensile Strength ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. in 2 in, %	Reduction In Area, %	Hardness, BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1095	HR	142	83	18	38	295	-
	A	95	38	13	21	192	-
	N	147	73	10	14	293	-
1118	HR	75	50	35	55	140	-
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	270	-
3414	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	-
4130	HAR	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HAR	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	-

ที่มา : ASME Handbook-material Properties, McGraw-Hill, 1954; Ryerson Data Book , Joseph T.Ryerson and Sons , Inc , 1965

หมายเหตุ HR รีตร้อน

HRN รีตร้อนและเนอรัลไล

HRA รีตร้อนและแอนนิล

A แอนนิล

ตารางที่ 3 แสดงตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายูนิ่ง		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 - 2.0
เพลามุม		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 - 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างหนัก	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

ตารางที่ 4 ขนาดของเพลามาตรฐาน ISO / R775 – 1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น มม				
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	30
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบระยะพิตช์ของเกลียว

D ขนาด mm	125 800	160 1000	200	250	300	400	500	630
S ขนาด mm	125 500	160 560	200	250	300	350	400	450

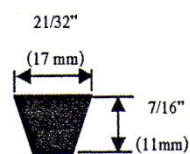
ตารางที่ 6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อยาวพานวี ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975 (E)
ISO/R 235-1962 (E)

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 7 ความยาวของพิตช์ที่ใช้ $L_p = L_1 + 30 \text{ mm}$

L_1	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

ตารางที่ 8 แสดงขนาดสายพานหน้าตัด B



B Cross Section

V – Belt No.	Outside Length		V – Belt No.	Outside Length		V – Belt No.	Outside Length	
	(in)	(mm)		(in)	(mm)		(in)	(mm)
B26	28.8	731.52	B43	45.8	1136.32	B60	62.8	1595.12
B27	29.8	756.92	B44	46.8	1187.2	B61	63.8	1620.12
B28	30.8	782.32	B45	47.8	1214.12	B62	64.8	1645.92
B29	31.8	807.72	B46	48.8	1239.52	B63	65.8	1696.72
B30	32.8	833.12	B47	49.8	1264.92	B64	66.8	1722.12
B31	33.8	858.52	B48	50.8	1290.32	B65	67.8	1747.52
B32	34.8	883.92	B49	51.8	1315.72	B66	68.8	1772.92
B33	35.8	909.32	B50	52.8	1341.12	B67	69.8	1798.32
B34	36.8	934.72	B51	53.8	1366.52	B68	70.8	1823.72
B35	37.8	960.12	B52	54.8	1391.92	B69	71.8	1849.12
B36	38.8	985.52	B53	55.8	1417.72	B70	72.8	1874.52
B37	39.8	1010.92	B54	56.8	1442.72	B71	73.8	1899.92
B38	40.8	1036.32	B55	57.8	1468.12	B72	74.8	1925.32
B39	41.8	1061.72	B56	58.8	1493.52	B73	75.8	1950.72
B40	42.8	1087.12	B57	59.8	1518.92	B74	76.8	1976.12
B41	43.8	1112.52	B58	60.8	1544.32	B75	77.8	2001.52
B42	44.8	1137.92	B59	61.8	1569.72	B76	78.8	2010.92

ตารางที่ 9 แสดงมิติมาตรฐานและแรงประเมนของโรลิ่งแบร์ริง

Deep groove ball bearings

With filling slot

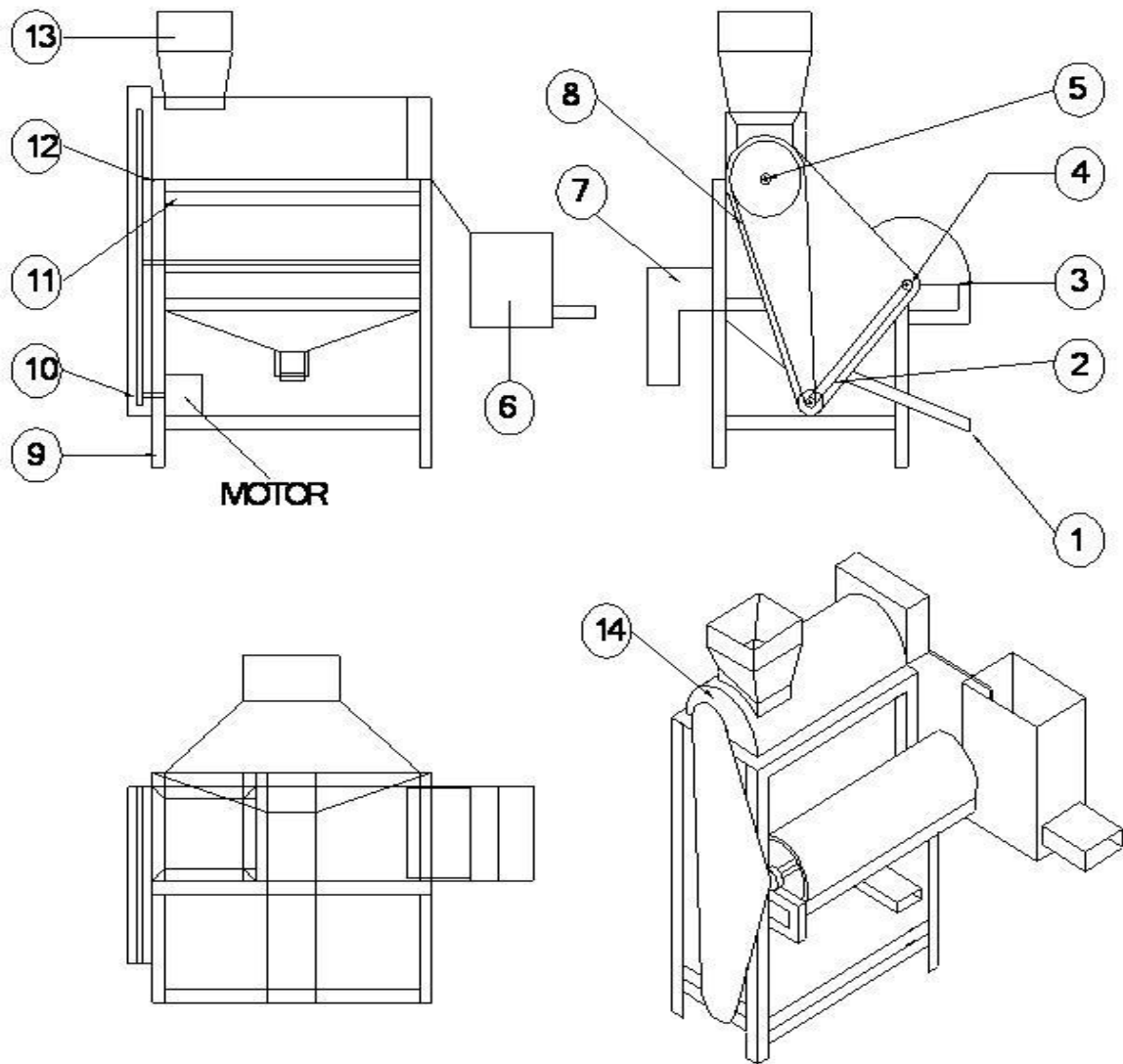
d 25 – 80 mm

Principal dimension			Basic load ratings dynamic static		Limiting speeds Lubrication Grease oil		Mass	Designation
D	D	B	C	C ₀				
min			N		r/min		Kg	-
25	62	17	24 200	16 300	8 000	12 000	0.24	205
30	62	16	20 900	14 600	7 500	11 000	0.21	206
	72	19	29 700	20 400	6 700	9 500	0.37	306
35	72	17	27 500	19 600	6 700	9 500	0.31	207
	60	21	36 900	27 600	6 000	8 500	0.48	307
40	80	18	33 600	24 000	6 000	8 500	0.39	208
	90	23	45 700	33 500	5 300	7 500	0.64	308
45	85	19	35 200	26 000	5 300	7 500	0.44	209
	100	25	55 000	41 500	4 500	7 000	0.88	309
50	90	20	39 100	30 000	5 000	7 000	0.50	210
	110	27	64 400	49 000	4 500	6 300	1.15	310
65	100	21	48 400	37 500	4 500	6 300	0.66	211
	120	29	76 200	63 000	4 000	5 600	1.50	311
60	110	22	58 300	46 500	4 300	6 000	0.75	212
	130	31	91 300	72 000	3 800	5 300	1.85	312
65	120	23	62 700	51 000	3 800	5 300	1.05	213
70	125	24	69 300	56 000	3 600	6 000	1.15	214
75	130	25	72 100	60 000	3 400	4 800	1.25	215

ที่มา : (แค็ตตาล็อก 3600 E ของบริษัท SKF จำกัด 2529: 17)

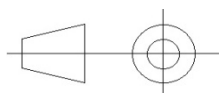
ภาคผนวก ข

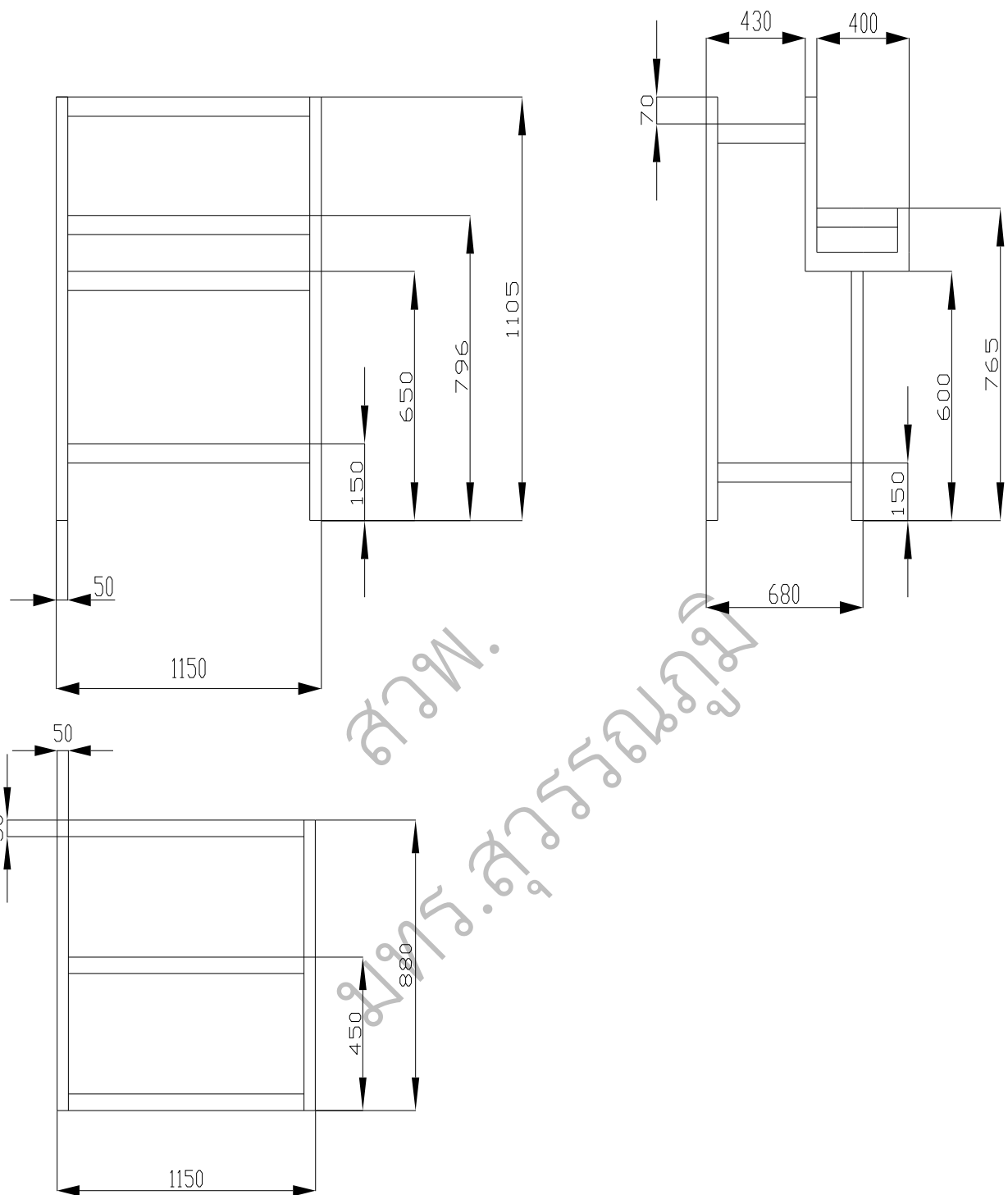
แสดงแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง

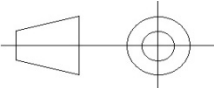


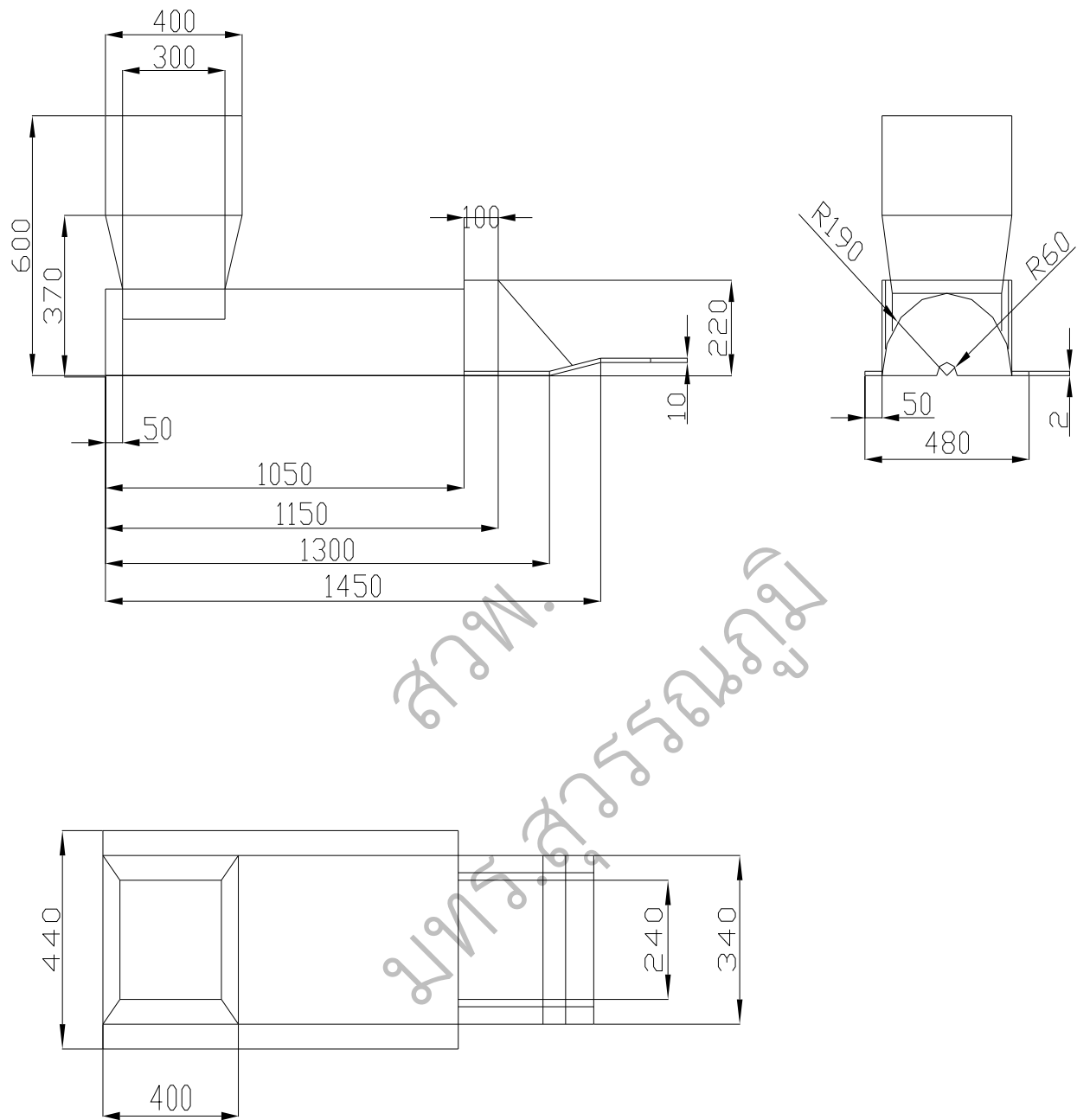
1	ช่องเมล็ดข้าวโพดไหล
2	สายพานขับเคลื่อน
3	ฝาครอบพัดลม
4	ฟูล์วพัดลม
5	ฟูล์วเพลากะเทาะ
6	ตัวสับชั่ง
7	ช่องลม
8	สายพานขับเคลื่อนเพลากะเทาะ
9	ขาแท่นเครื่อง
10	ฟูล์วมอเตอร์
11	แผงกันห้องกะเทาะ
12	ฝาครอบสายพาน
13	ช่องใส่ข้าวโพด
14	ฝาครอบเพลากะเทาะ

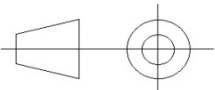
เลขที่	ชื่อ		ขนาด	วัสดุ	จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1		ชื่อ	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี		
	เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	14/02/58			
	ตรวจสอบ	ผศ.เกษม เจริญวิไลศิลป์		หมายเลขแบบ No. 1		
	ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับชั่ง					

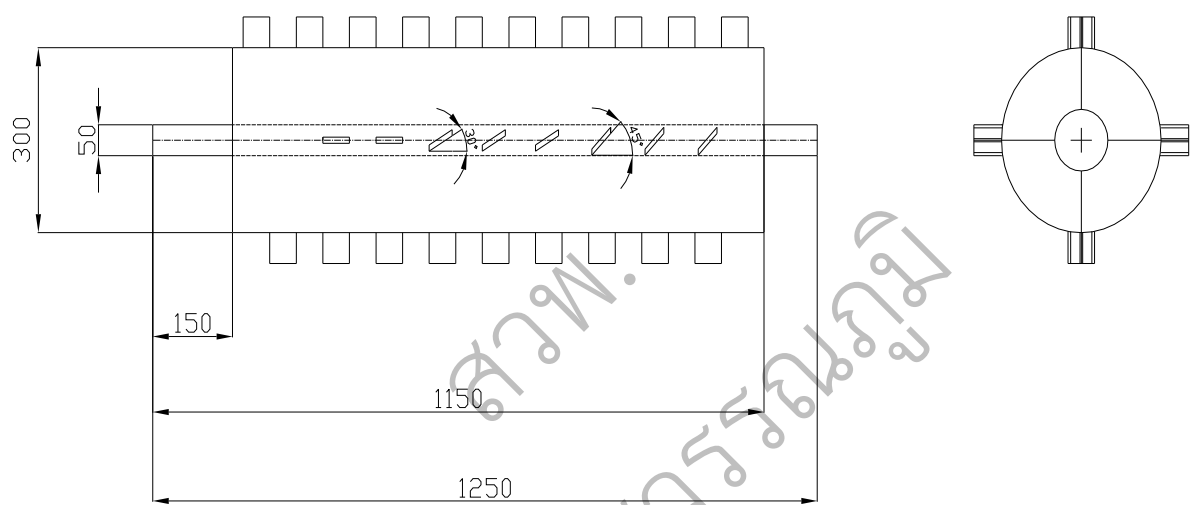




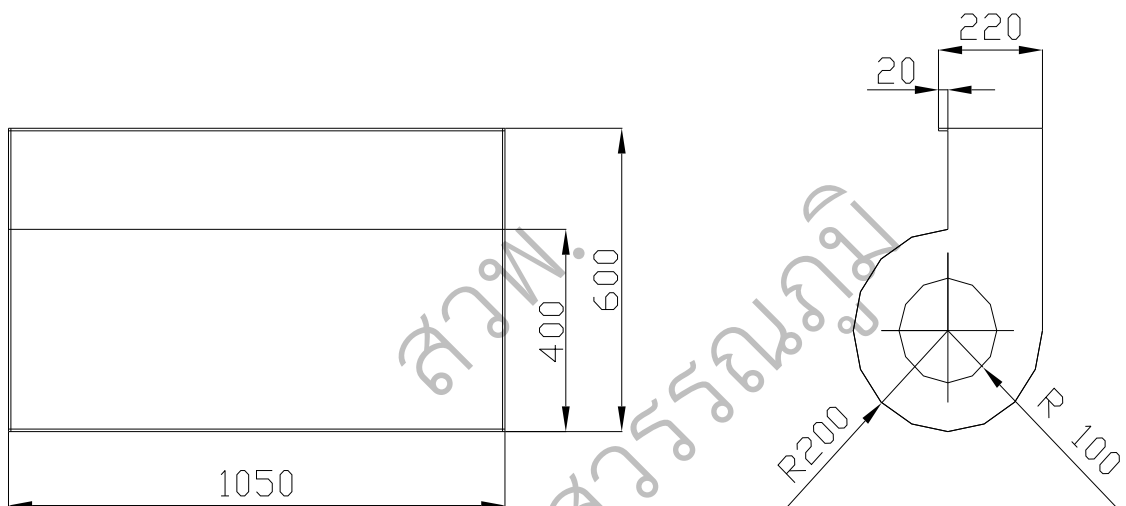
1	โครงของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง				1	1	
เลขที่	ชื่อ			ขนาด	วัสดุ	จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1		ชื่อ	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี			
	เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	14/02/58				
	ตรวจสอบ	ผศ.เกษม เจริญวิไลศิลป์					
	ชื่อชิ้นงาน : เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง					หมายเลขแบบ No.2	

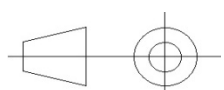


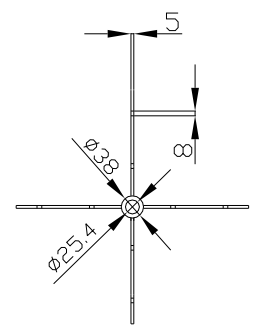
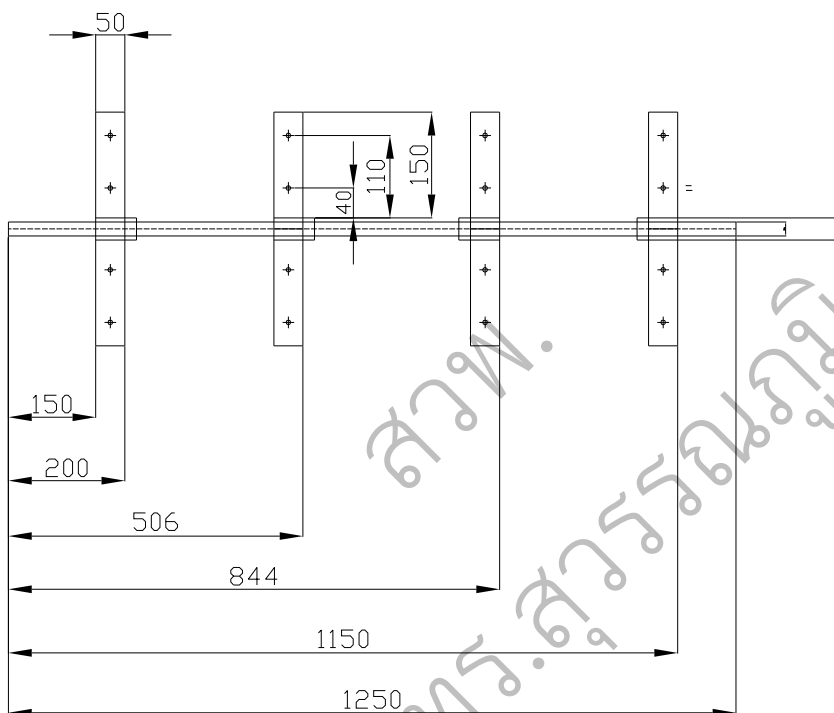
1	ฝาครอบลูกกะเทาะ					1	2
เลขที่	ชื่อ			ขนาด	วัสดุ	จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1			ชื่อ	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี		
		เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	14/02/58			
		ตรวจสอบ	ศส.เกษม เจนวิไลศิลป์		หมายเลขแบบ No.3		
		ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง					



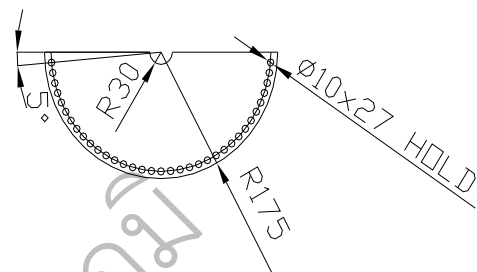
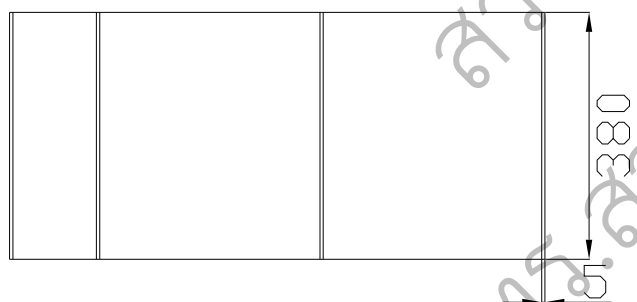
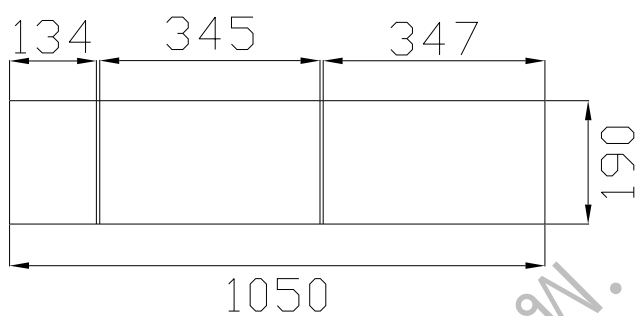
1	ลูกกะเทาะของเครื่องกะเทาะ				1	3
เลขที่	ชื่อ			ขนาด	วัสดุ	จำนวน
Scale 1/1		ชื่อ	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี		
	เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	14/02/58			
	ตรวจสอบ	ผศ.เกษม เจนวิไลศิลป์		หมายเลขแบบ No.4		
	ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง					



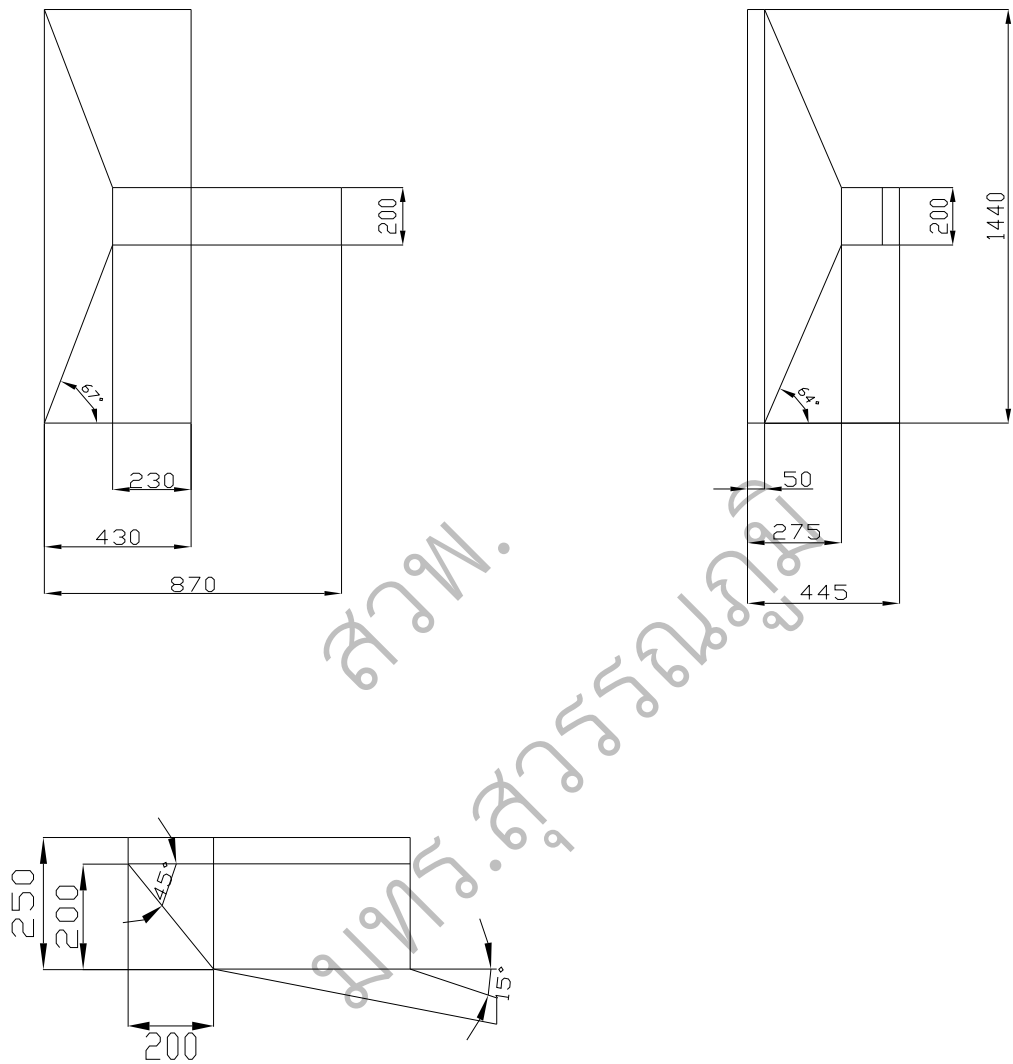
1	โครงพัดลม				1	4	
เลขที่	ชื่อ			ขนาด	วัสดุ	จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1			ชื่อ	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี		
		เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	14/02/58			
		ตรวจสอบ	ศศ.เกษม เจริญศิลป์		หมายเลขแบบ No.5		
		ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับขัง					

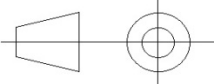


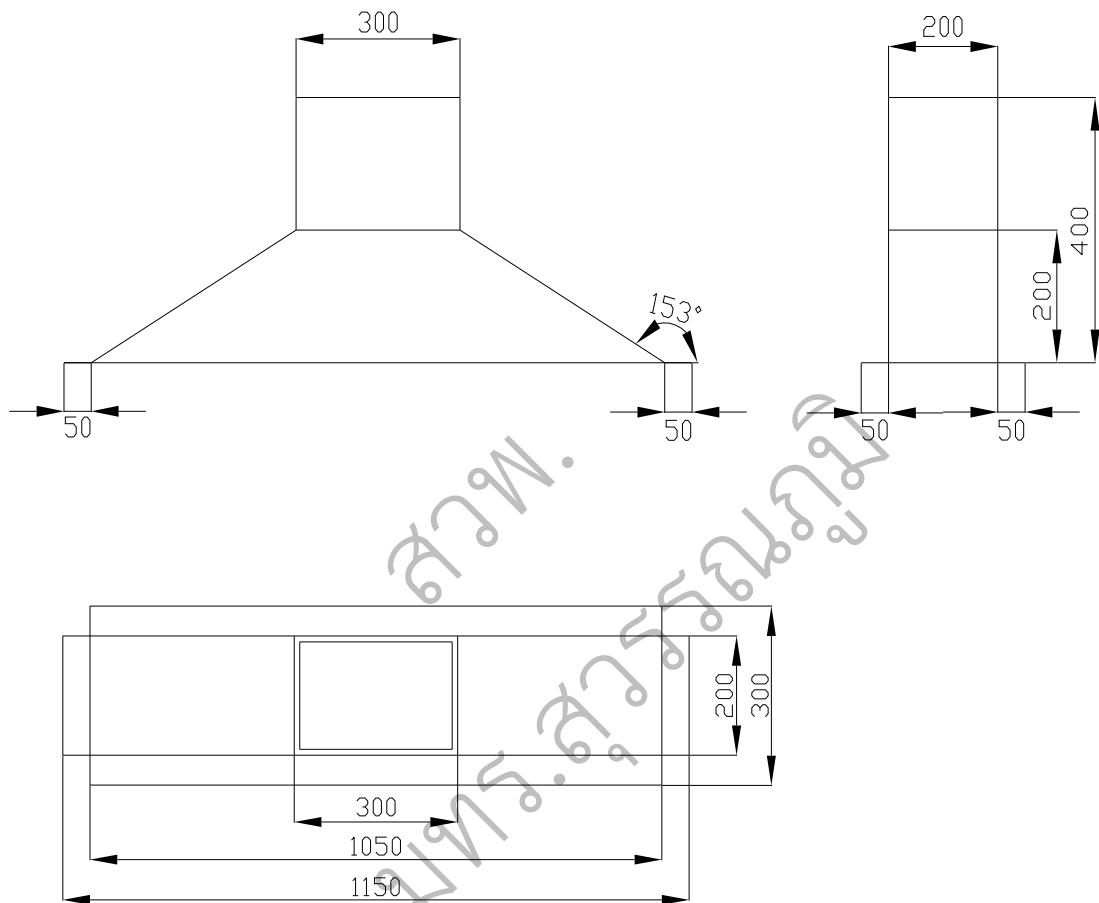
1	ใบพัดลม			1	5
เลขที่	ชื่อ			วัสดุ	จำนวน
Scale 1/1	เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี	
	ตรวจสอบ	ศศ.เกษม เจริญไศลศิลป์			
		ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับขัง			หมายเลขแบบ
					No.6

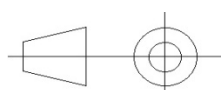


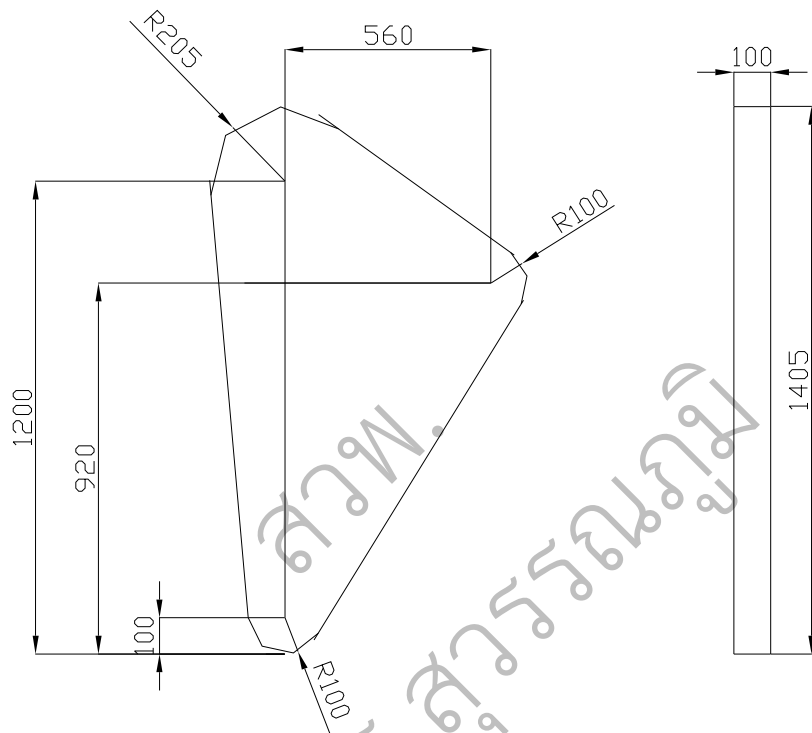
1	ตะแกรงรองเมล็ดข้าวโพด			1	6
เลขที่	ชื่อ			วัสดุ	จำนวน
Scale 1/1	เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี	
	ตรวจสอบ	ศศ.เกษม เจริญวิไลศิลป์			
		ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับขัง			หมายเลขแบบ
					No.7



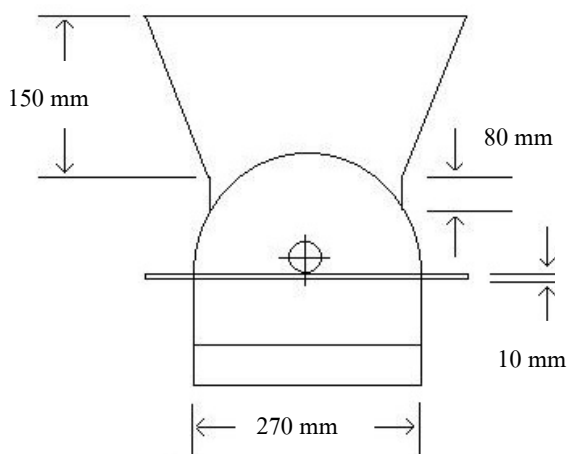
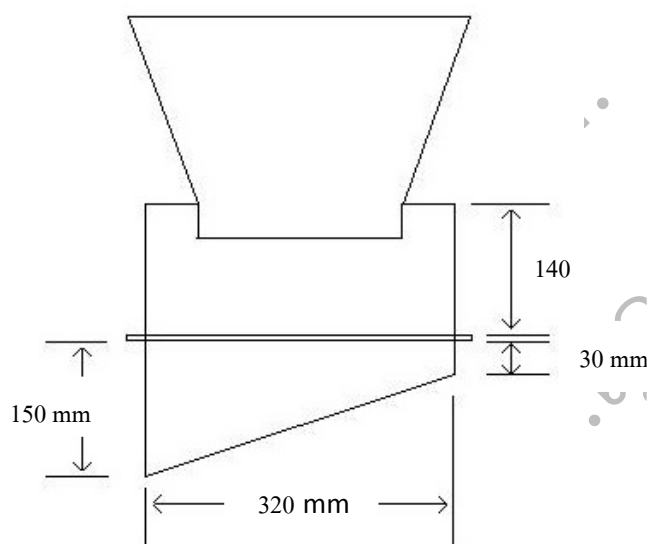
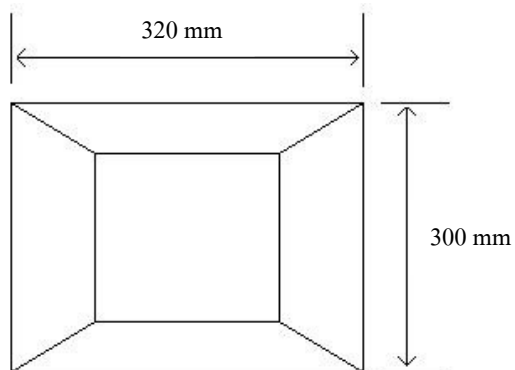
1	ถาดรองเมล็ด			1	1	7	
เลขที่	ชื่อ			ขนาด	วัสดุ	จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1			ชื่อ	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี		
		เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	14/02/58			
		ตรวจสอบ	พศ.เกษม เจนวิไลศิลป์		หมายเลขแบบ No.8		
		ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับขัง					



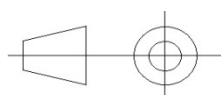
1	ปล่องระบายฝุ่น				1	9	
เลขที่	ชื่อ			ขนาด	วัสดุ	จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1			ชื่อ	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี		
		เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	14/02/58			
		ตรวจสอบ	ผศ.เกษม เจริญศิลป์		หมายเลขแบบ No.9		
		ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับขัง					

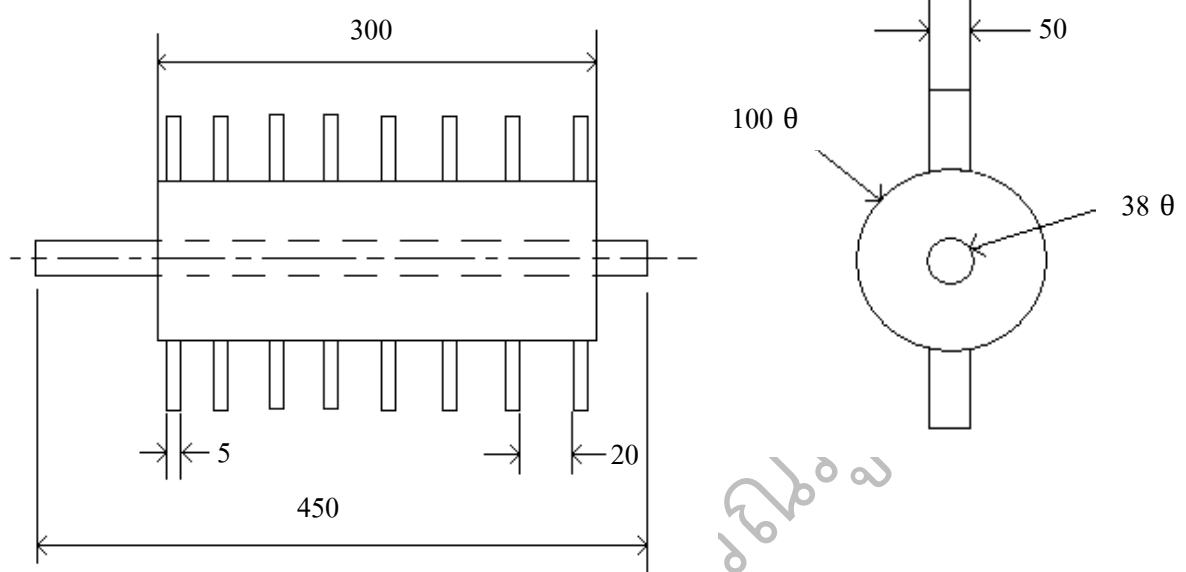


1	ฝาครอบสายพาน				1	10	
เลขที่	ชื่อ			ขนาด	วัสดุ	จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1			ชื่อ	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี		
		เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	14/02/58			
		ตรวจสอบ	ศศ.เกษม เจริญวิไลศิลป์				
		ชื่อชิ้นงาน : เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับขัง					หมายเลขแบบ No.10



1	ชุดสับซัง			1	11
เลขที่	ชื่อ			จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1	เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี	
	ตรวจสอบ	ศส.เกษม เจริญศิลป์	14/02/58		
ชื่อชิ้นงาน: เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง				หมายเลขแบบ No.11	





1	เพลาลับซัง			1	12
เลขที่	ชื่อ			จำนวน	หมายเลข
Scale 1/1	เขียน	พงษ์ศักดิ์ ชุ่มสูงเนิน	วันที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี	
	ตรวจสอบ	ศศ.เกษม เจนวิไลศิลป์	14/02/58		
ชื่อชิ้นงาน : เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและลับซัง				หมายเลขแบบ No.12	

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	นายเกษม เจนวนิไลศิลป์
ตำแหน่งทางวิชาการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สังกัด	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
E-mail	sem_non@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์ ค.อ.ม.(เครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผลงานวิจัย	การออกแบบและสร้างเตียงทำฟันสนาม, 2553. การศึกษาความคิดเห็นของอาจารย์พี่เลี้ยงที่มีต่อนักศึกษาฝึกปฏิบัติ การสอนคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ ประจำปีการศึกษา 2552, 2553. จักรยานยนต์ต้นแบบระบบไฮบริด, 2554. เครื่องทำความสะอาดดรัมเบรก, 2555. เครื่องหันและบัดเนื้อสัตว์, 2556. รถนั่งคนพิการแบบปรับยืนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า, 2557.