สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนม

The Design and Fabricate of the Sizing Machine For Jujub

T119259

นาย จาตุรนต์ บุญช่วย
นาย เมธี หลีจิ
นาย รณฤทธิ์ รองพล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 119259
วัน,เดือน,ปี..... 6 S.A. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนม

The Design and Fabricate of the Sizing Machine For Jujub

โดย

นาย จาตุรนต์ บุญช่วย

นาย เมธี หลีจิ

นาย รณฤทธิ์ รองพล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

ภาควิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนม

The Design and Fabricate of the Sizing Machine For Jujub

ผู้จัดทำ

1. นาย จาตุรนต์ บุญช่วย รหัสประจำตัว 50010212
2. นาย เมธี หลีจิ รหัสประจำตัว 50011241
3. นาย รณฤทธิ์ รองพล รหัสประจำตัว 50011266

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ธีรพงศ์ ผลโพธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนม

นาย จาตุรนต์ บุญช่วย รหัสประจำตัว 50010212
นาย เมธี หลีจิ รหัสประจำตัว 50011241
นาย รณฤทธิ์ รองพล รหัสประจำตัว 50011266
อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธุ์น้ำนมและดำเนินการออกแบบพร้อมทั้งจัดสร้างเครื่องต้นแบบในการคัดขนาดพุทราแบบรางขยาย สำหรับใช้ในการคัดขนาดพุททราแทนการคัดด้วยคน ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องมี 3 ส่วน คือ ส่วนป้อน ส่วนรางคัดขนาด ส่วนรองรับหลังการคัด โดยมีน้ำเป็นตัวกลางในการขับเคลื่อนผลพุทรา รางคัดใช้มอเตอร์ เป็นต้นกำลังในการหมุน โดยใช้ INVERTER ในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์

ในการทดสอบนี้ใช้พุทราจำนวน 114 ลูก ทดสอบการคัดที่ความเร็วรอบในการหมุนแกนรางขยายเท่ากับ 22 rpm โดยการจับเวลาที่ใช้ในการคัดขนาด และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคัดขนาดเปรียบเทียบความสามารถในการคัดระหว่างคนกับเครื่องต้นแบบ

การทดสอบการคัด 2 ขนาด คือเล็กกับใหญ่ กำหนดให้ขนาดเล็กมีขนาด GMD เล็กกว่า 56 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่มีขนาด GMD ใหญ่กว่า 56 มิลลิเมตร การทดสอบการคัด 3 ขนาดคือเล็ก กลาง และใหญ่ กำหนดให้ขนาดเล็กมีขนาด GMD เล็กกว่า 53 มิลลิเมตรขนาดกลางมีขนาด GMD 53-58 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่มีขนาด GMD ใหญ่กว่า 58 มิลลิเมตร

ผลปรากฏว่า การทดสอบการคัด 2 ขนาด คนใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.25 นาที ความผิดพลาดเฉลี่ย 13.15 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เครื่องต้นแบบใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.17 นาที ความผิดพลาดเฉลี่ย 7.72 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบการคัด 3 ขนาด คนใช้เวลาคัดเฉลี่ย 3.33 นาที ความผิดพลาดเฉลี่ย 49.65 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เครื่องต้นแบบใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.15 นาที ความผิดพลาดเฉลี่ย 30.52 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Design and Fabricate of the Sizing Machine For Jujub

Jaturon	Boonchuay	50010212
Matee	Leeji	50011241
Ronnarit	Rongpol	50011266
Phattarachai	Vichaiya	Advisor
Teerapong	Pholpo	Advisor

Abstract

Jujub is a tropical fruit originated in South – East Asia. A new variety of jujub has been introduced in Thailand Fruit market. This project is aim to design and fabricate the sizing machine. Water is used as a medium to carry all the movement of the fruit. The widen twin roller had been used for the sizing. GMD dimension had been studied and used to distinguish between the large and small size.

For this design, the large size has been estimated to be over 56 mm and the small size was less than 56 mm. The total of 114 pieces of fruit was used in this experiment. The result was found that human used 2.25 minutes to complete sorting with 13.15 percent mistake while machine took 2.17 minutes with the mistake of 7.72 percent.

In the three size sorting, it was limited that the small size was less than 53 mm. The middle size was between 53 – 58 mm and the large size was over 58 mm. The result showed that man took 3.33 minute with 49.65 percent mistake while machine took 2.15 minute with the mistake of 30.52 percent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือทำให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีก็คือ อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ และอาจารย์ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา รวมถึงอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน เพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำตลอดการจัดทำโครงงาน

และขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่สุด ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้จัดทำมาเป็นอย่างดีพร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใสเสมอมา ในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ผู้จัดทำขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่ง มา ณ ที่นี้

นาย จาตุรนต์ บุญช่วย
นาย เมธี หลีจิ
นาย รณฤทธิ์ รองพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 พุทราพันธุ์น้ำนม	3
2.2 การปลูก ดูแลและการเก็บเกี่ยวพุทราพันธุ์น้ำนม	3
2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ	5
2.3.1 รูปร่างและขนาด	5
2.3.2 ความหนาแน่นเนื้อ	8
2.3.3 การวัดขนาดและการหาปริมาตรของวัสดุทางการเกษตรและอาหาร	8
2.3.4 แรงต้านทานการหมุนของชีววัสดุ	9
2.4 จุดประสงค์ของการคัดแยก	11
2.5 พื้นฐานของการคัดแยก	11
2.6 ปั๊มและระบบสูบน้ำ	13
2.6.1 วิธีการเลือกเครื่องสูบ	13
2.6.2 การคำนวณในการเลือกเครื่องสูบ	13
2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า	15
2.7.1 การเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้า	15
2.7.2 การดูแลรักษามอเตอร์	17
2.7.3 การดูแลรักษาพื้นที่ติดตั้งมอเตอร์	18
2.8 การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.9 หน้าที่การใช้งานของสายพาน	18
2.10 การออกแบบเพลา	21
2.10.1 วัสดุเพลา	22
2.10.2 ขนาดของเพลา	22
2.10.3 หลักพิจารณาในการออกแบบเพลา	23
2.10.4 การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME	23
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างเครื่องคัดขนาดพุทรา	
3.1 การออกแบบและสร้างโครงสร้างเครื่องคัดขนาดพุทรา	29
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งระบบ	32
3.3 การออกแบบและสร้างชุดส่งกำลัง	34
3.4 การออกแบบและสร้างชุดรางคัดขนาด	34
3.5 การสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุททราพันธุ์น้ำนมจากการออกแบบ	35
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองเครื่องคัดขนาดพุทรา	
4.1 การทดสอบหาเวลาที่ใช้และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคัดขนาด	38
4.1.1 จุดประสงค์การทดสอบ	38
4.1.2 วิธีการทดสอบ	38
4.1.3 เกณฑ์การคำนวณ	38
4.2 ผลการทดสอบ	39
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง	43
5.2 ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ลักษณะรูปร่างและความหมายของผักผลไม้	7
ตารางที่ 2.2 มุมเอียง (องศา) ของการหมุนของลูกแอปเปิลและมะเขือเทศ	11
ตารางที่ 2.3 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775 – 1969	23
ตารางที่ 2.4 ค่าตัวประกอบความล้า	26
ตารางที่ 3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธ์น้ำนม	29
ตารางที่ 3.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของพุทราพันธ์น้ำนม	29
ตารางที่ 4.1 แสดงการกำหนดมาตรฐานขนาดผลพุทรา	39
ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการคัดผลพุทรา 2 ขนาดโดยคนคัด	39
ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพการคัดผลพุทรา 2 ขนาดโดยเครื่องคัด	40
ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบการคัดระหว่างคนกับเครื่องในการคัด 2 ขนาด	40
ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการคัด 3 ขนาดโดยคนคัด	41
ตารางที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการคัด 3 ขนาดโดยเครื่องคัด	41
ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบการคัดระหว่างคนกับเครื่องในการคัด 3 ขนาด	42
ภาคผนวก ก.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธุ์น้ำนม 100 ผล	46
ภาคผนวก ก.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธุ์น้ำนม 114 ผล	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ผลพุทราพันธุ์น้ำนม	3
ภาพที่ 2.2 สวนพุทราพันธุ์น้ำนม	4
ภาพที่ 2.3 ลักษณะการผูกมัดรัดกิ่งต้นพุทราพันธ์น้ำนม	5
ภาพที่ 2.4 แบบมาตรฐานลักษณะรูปร่างของผักและผลไม้ต่างๆ	6
ภาพที่ 2.5 การหาปริมาตรโดยการแทนที่ของเหลว	8
ภาพที่ 2.6 การหาปริมาตรโดยการชั่งน้ำหนักในของเหลว	9
ภาพที่ 2.7 การหมุนของวัสดุทรงกลมที่แข็งบนพื้นที่ที่มีการยุบตัว	10
ภาพที่ 2.8 เทอมของ head ต่างๆที่ใช้ในงานสูบ	14
ภาพที่ 2.9 H-Q และกำลังที่ต้องการของเครื่องสูบประเภทต่างๆ	14
ภาพที่ 2.10 เนมเพลท มอเตอร์ซิงเกิ้ลเฟส (220 V.)	15
ภาพที่ 2.11 เนมเพลท มอเตอร์ทรีเฟส (220/380 V.)	15
ภาพที่ 2.12 ลักษณะการใช้งานของสายพานแบน	19
ภาพที่ 2.13 ลักษณะการใช้งานของสายพานแบนแบบเปิด	19
ภาพที่ 2.14 ลักษณะการใช้งานของสายพานแบนแบบไขว้	19
ภาพที่ 2.15 ลักษณะการใช้งานของสายพานแบนกึ่งไขว้	20
ภาพที่ 2.16 ลักษณะการใช้งานของสายพานลิ่มในแนวราบ	20
ภาพที่ 2.17 ลักษณะการใช้งานของสายพานลิ่มในแนวดิ่งมีลูกกลิ้งกด	20
ภาพที่ 2.18 ลักษณะการใช้งานของสายพานลิ่มปรับฐานมอเตอร์ได้	21
ภาพที่ 2.19 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ	23
ภาพที่ 3.1 ส่วนป้อน	30
ภาพที่ 3.2 ส่วนรางคัดขนาด	31
ภาพที่ 3.3 ส่วนรองรับหลังคัด	31
ภาพที่ 3.4 เครื่องต้นแบบ	32
ภาพที่ 3.5 มอเตอร์ต้นกำลัง	33
ภาพที่ 3.6 อินเวอร์เตอร์	33
ภาพที่ 3.7 ปั๊มน้ำ	33
ภาพที่ 3.8 วัสดุในระบบประปาที่ทำด้วย PVC	33
ภาพที่ 3.9 ชุดส่งกำลัง	34
ภาพที่ 3.10 การออกแบบรางคัดขนาด	34
ภาพที่ 3.11 รางคัดขนาด	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.12 ส่วนป้อน 35
ภาพที่ 3.13 ส่วนรางคัดขนาด 36
ภาพที่ 3.14 ส่วนรองรับหลังคัด 36
ภาพที่ 3.15 เครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนม 37
ภาพที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการคัดระหว่างคนกับเครื่องในการคัด 2 ขนาด 40
ภาพที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการคัดระหว่างคนกับเครื่องในการคัด 3 ขนาด 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการจัดจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรจะอยู่ในอิทธิพลของพ่อค้าคนกลาง โดยพ่อค้าคนกลางจะรับซื้อผลผลิตโดยการเหมารวม แล้วนำไปคัดเกรดเองบ้างหรือให้เกษตรกรคัดเองบ้าง แล้วจึงนำผลผลิตที่ได้ขนาดไปจำหน่ายทั้งตลาดภายในและภายนอกประเทศ แต่เกษตรกรไม่ได้รับส่วนแบ่งจากมูลค่าเพิ่มเหล่านั้น วิธีหนึ่งที่เกษตรกรจะสามารถเพิ่มรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตคือการคัดขนาดผลผลิตให้เป็นมาตรฐาน แพ็คเสร็จก่อนจำหน่ายให้แก่พ่อค้า ซึ่งเป็นการปรับขบวนการการผลิตและขบวนการทางการค้า ทำให้เกิดความเป็นธรรมต่อเกษตรกรและวงจรการ ค้าพืชผักและผลไม้มากขึ้น ซึ่งทำรายได้ให้แก่รัฐเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

การใช้เครื่องจักรกลเข้ามาช่วยในการผลิตจะทำให้ขั้นตอนต่างๆ โดยเฉพาะการคัดเกรดหรือคัดขนาดมีความแม่นยำหรือมีประสิทธิภาพในการคัดมากขึ้นรวมทั้งเป็นการลดการใช้แรงงานของเกษตรกร

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในการคัดขนาดพุทรานี้ เป็นเพียงจุดเริ่มต้นเพื่อให้ได้องค์ความรู้และเพื่อประยุกต์งานวิจัยการออกแบบเครื่องต้นแบบใช้งานได้จริง ผู้ได้รับประโยชน์โดยตรงจากโครงงานนี้ คือ เกษตรกร ทั้งยังสามารถเผยแพร่แนวคิด และโครงงานไปสู่เกษตรกรกลุ่มอื่นได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธ์น้ำนมเพื่อใช้ในออกแบบเครื่องต้นแบบในการคัดขนาดผลพุทรา

1.2.2 เพื่อดำเนินการจัดสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทราพันธ์น้ำนม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธ์น้ำนม ได้แก่ขนาด A B C (GMD) และสร้างเครื่องคัดขนาดแบบรางขยายโดยใช้ GMD เป็นกรอบในการออกแบบเครื่องคัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องต้นแบบสำหรับคัดขาดพุทราที่มีความถูกต้องแม่นยำในการคัดขนาดพุทราอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.2 ทำให้สามารถแยกแยะขนาดพุทราให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น (Multiple sizing)

1.4.3 ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการขายผลผลิตที่มีความหลากหลายของขนาด

1.4.4 ลดแรงงานในการทำงาน

1.4.5 หากเครื่องขัดขนาดได้รับการขยายผล ชุมชนหรือวิสาหกิจสามารถจะรวมกลุ่มเจรจาต่อรองหรืออาจจะก้าวข้ามไปสู่การเป็นผู้จัดจำหน่ายหรือผู้ส่งออกเองได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาแนวคิดหาข้อมูลเครื่องคัดขนาดที่ใช้ในการคัดขนาดผลไม้

1.5.2 ออกแบบและเขียนแบบโครงสร้างคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนมแบบรางขยาย

1.5.3 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์ ตามแบบที่ใช้ในการสร้าง

1.5.4 สร้างเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนมแบบรางขยาย

1.5.5 ทดสอบเครื่องเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนมแบบรางขยาย

1.5.6 ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่อง

1.5.7 สรุปผลและเขียนรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พุทราพันธุ์น้ำนม

พุทราพันธุ์น้ำนม (Jujub) ที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพุทราสายพันธุ์ "ฮันนี่ จูจุ๊บ"(Jujub Honey) จากไต้หวัน กับพุทราพันธุ์ดอกพิเศษจากประเทศอินเดีย โดยใช้ต้นตอพุทราป่าของไทย ทำให้ได้พุทราพันธุ์ใหม่ที่มีการเจริญเติบโตดี สามารถดูดซับแร่ธาตุและอาหารจากดินและปุ๋ยได้ดี มีความทนทานต่อโรคและแมลงต่างๆ ทั้งยังให้ผลดก เหมาะสมสำหรับสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมของไทย

ภาพที่ 2.1 ผลพุทราพันธุ์น้ำนม

2.2 การปลูก การดูแลและการเก็บเกี่ยวพุทราพันธุ์น้ำนม

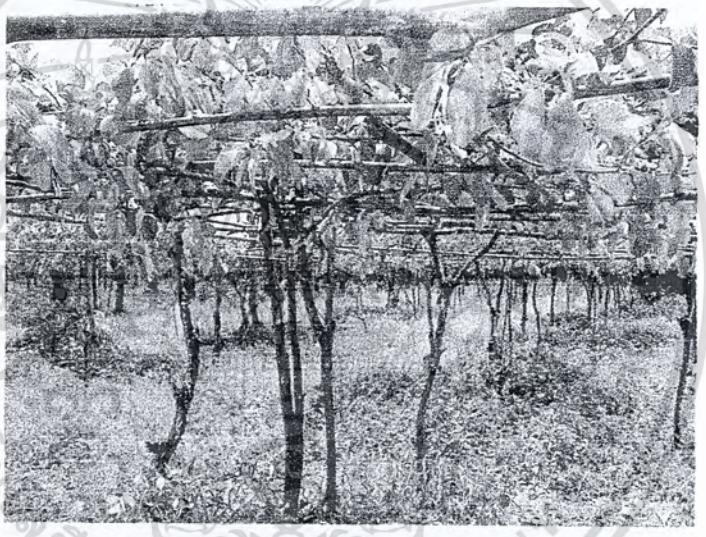
จากการสอบถามผู้ปลูกพุทราหลายคน พบว่าเมื่อนำพุทราพันธุ์น้ำนมมาปลูกในเขตที่มีอากาศร้อน เช่น พื้นที่บริเวณภาคกลางหรือภาคเหนือตอนล่างจะได้ผลผลิตที่มีคุณภาพด้อยกว่าที่ ปลูกในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

ปัจจุบันพุทราพันธุ์พันธุ์น้ำนมได้เข้ามาแทนที่ตลาดพุทราสายพันธุ์อื่นๆ ที่ปลูกอยู่ในประเทศ แต่เกษตรกรจะต้องผลิตพุทราสายพันธุ์นี้ให้แก่และเก็บผลผลิตได้ในช่วง ฤดูหนาวคือระหว่างเดือนธันวาคม-มกราคม ของทุกปีจะได้พุทราที่มีรสชาติดี โดยความจริงแล้วพุทราพันธุ์น้ำนมเป็นพันธุ์ที่ติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลมาก สามารถกำหนดการออกดอกและติดผลได้ตลอดทั้งปี แต่ถ้าผลิตให้ออกตลาดในช่วงฤดูฝน มักจะพบรสชาติจืดถึงแม้ว่าจะมี ขนาดผลที่ใหญ่มากก็ตาม

เกษตรกรที่จะปลูกพุทราพันธุ์น้ำนมควรจะเตรียม ต้นพันธุ์และเริ่มปลูกในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน (พื้นที่ปลูกจะต้องมีแหล่งน้ำที่ดี ถ้าเป็นไปได้ติดระบบน้ำสปริงเกอร์) ปลูกไปได้เพียง 3-4 เดือนต้นจะเริ่มออกดอกติดผล จะสามารถเก็บผลผลิตรุ่นแรกขายได้ในช่วงเดือนธันวาคมในปีเดียวกันคือ ตั้งแต่เริ่มปลูกจนเก็บเกี่ยวผลผลิตใช้เวลา 8 เดือนเท่านั้น ที่สำคัญของเกษตรกรที่ปลูกพุทราสายพันธุ์นี้จะต้องทำคือ การปลิดผลที่มีมากดอกและทำการการห่อผล เนื่องจากเป็นพุทราที่ติดผลดกมาก ถ้าไม่ปลิดผลทิ้งอาจจะทำให้กิ่งฉีกขาด ในช่วงแรกของการปลูกต้นพุทราจะต้องไม่ขาดน้ำ ถ้าปลูกโดยไม่ดูแลนอกจากจะผลไม่ใหญ่แล้วเนื้อจะเหนียว แมลงศัตรูที่สำคัญอยู่ในช่วงออกดอกและเริ่มติดผลคือ เพลี้ยไฟและโรครา ถ้าเกษตรกรควบคุมเพลี้ยไฟไม่ได้ จะเกิดลายบริเวณที่ก้นผล และทำให้ทำให้ราคาตกเพราะผิวไม่สวย



ภาพที่ 2.2 สวนพุทราพันธุ์น้ำนม

พุทรา จะเจริญทางยาวและเรียว เร็วมาก นั่นคือในช่วงการเจริญเติบโตนั้นลำต้นอาจจะมีขนาดเล็กอยู่ในขณะที่กิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องหมั่นยกกิ่งให้ขึ้นชี้ฟ้า หรืออาจจะต้องตัดยอดกิ่งประธานออก เพื่อให้เกิดกิ่งแขนงใหม่ และกิ่งที่เกิดใหม่ก็จะออกดอกออกผลตามมา และหากมีการให้ใส่ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ พุทราก็จะมีการออกดอกติดผลต่อเนื่องตลอดปี

เมื่อพุทราพันธุ์น้ำนมติดผล ผลจะมีน้ำหนักมากอาจจะทำให้กิ่งฉีกขาดได้ และเมื่อกิ่งฉีกจะมีผลเสียต่อผลทันที ดังนั้นจึงควรมีการผูกมัดรั้งกิ่งให้มั่นคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.3 ลักษณะการผูกมัดรัดกิ่งต้นพุทราพันธ์น้ำนม

เกษตรกรควรห่อผลหลังจากที่ผลมีขนาดเท่าเหรียญสิบบาท เพื่อป้องกันแมลงวันทองและหนอนแดง ควรมีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ไม่จำเป็นต้องหยุดน้ำกรณีใช้ปุ๋ยเคมีทางดินในระยะสะสมเนื้อ และก่อนเก็บเกี่ยว ควรใช้ปุ๋ยสูตร 8-24-24 จะดีกว่า 13-13-21

เนื่องจากพุทรามีการเจริญเติบโตเร็วมาก และเกษตรกรมีการตัดแต่งตอเกือบทุกปี ในกรณีที่ใช้ตอพื้นเมืองเสียบด้วยกิ่งพันธุ์ดี เกษตรควรรู้ตำแหน่งต้นตอกับกิ่งพันธุ์ดีว่าอยู่ตำแหน่งใด จะได้ไม่ตัดกิ่งพันธ์ดีออกไปด้วย

เทคนิคที่ช่วยทำให้ผลดกก็คือ การปลูกพุทราเปรี้ยวหรือพุทราลูกเล็กผสมประมาณ 2-3 ต้นไว้เพื่อให้ผสมเกสร ช่วงการดูแลที่สำคัญที่สุดคือ ช่วงมีดอกต้องพ่นสารเคมีป้องกันศัตรูพืช ทุก 15-20 วันและลดอัตราการผสมเหลือครึ่งหนึ่งเพื่อป้องกันดอกร่วง ในช่วงเป็นผลต้องป้องกันหนอนแดงเจาะพุทราให้ได้ (บางคนบอกใช้สะเดาก็ได้ผลแต่ต้องพ่นทุก 3-5 วัน) พุทราจัดเป็นพืชที่ใช้สารกำจัดแมลงมากแต่น้อยกว่ามะนาว

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ

2.3.1 รูปร่างและขนาด (Shape and Size)

รูปร่างและขนาดของชีววัสดุ มักจะเป็นสมบัติที่แยกกันไม่ออก หากจะอธิบายคุณสมบัติของชีววัสดุก็จะต้องอธิบายว่ามีรูปร่างเป็นอย่างไร มีขนาดอย่างไรด้วยเสมอ ทั้งรูปร่างและขนาดของวัสดุเป็นสมบัติที่มีผลกระทบต่อกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการแปรรูป กระบวนการลำเลียง

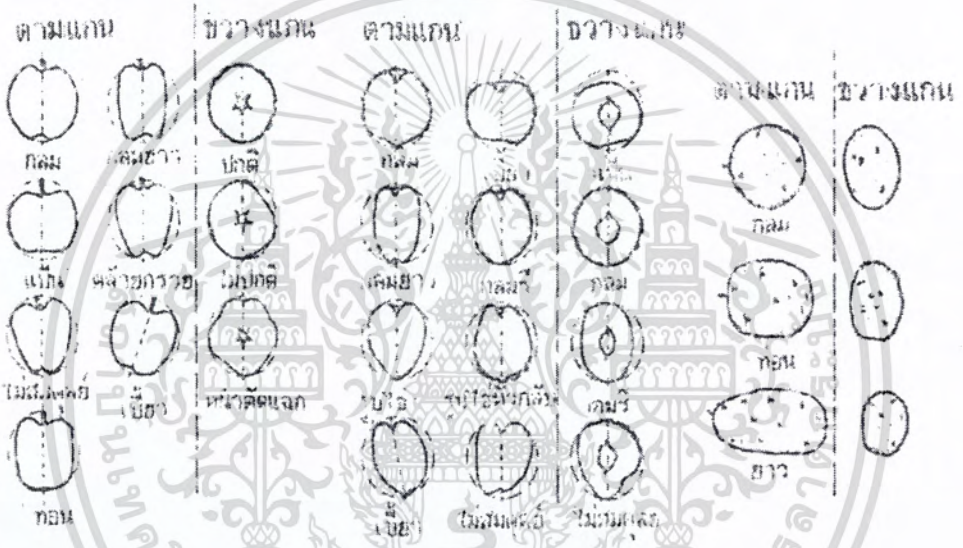
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการแยกทำความสะอาด กระบวนการบรรจุ เป็นต้น ยกตัวอย่าง เช่น ขนาดและรูปร่างของผลไม้มีผลต่อขนาดของภาชนะบรรจุ ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือกและฟางมีผลต่อการแยกทำความสะอาดวัสดุ ขนาดและรูปร่างของสับปะรดมีผลต่อวิธีการปอกเปลือก การเจาะคว้านไส้ เป็นต้น การอธิบายรูปร่างและขนาด ของชีววัสดุมีหลายวิธี

1) รูปรางและขนาดของผลไม้

- แบบมาตรฐาน (Charted standard)

ผักและผลไม้ มักจะมีรูปร่างที่พบเห็นกันอยู่เสมอ ดังตารางที่ 2.1 และดูภาพประกอบในแบบมาตรฐาน ภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แบบมาตรฐานลักษณะรูปร่างของผักและผลไม้ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ลักษณะรูปร่างและความหมายของผักผลไม้

รูปร่าง	ความหมาย
กลม(Round)	รูปทรงกลมหรือ เกือบเป็นรูปทรงกลม
แป้น(Oblate)	กลมแต่หัวและท้ายบน
กลมยาว(oblong)	เส้นผ่านศูนย์กลางในแนวดิ่ง ยาวกว่าในแนวราบ
คล้ายกรวย(Conic)	หัวบานท้ายเรียว
รูปไข่(Ovate)	กลมรี คล้ายไข่ หัวบานท้ายแหลม
เบี้ยว(Oblique)	แกนกลางเอียง
รูปไข่หัวกลับ(Obovate)	กลมรีคล้ายไข่ หัวแหลมท้ายบาน
กลมรี(Elliptical)	รูปกลมรีหรือ เกือบกลมรี
ท่อน(Truncate)	หัวและท้ายเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือแบน
ไม่สมดุล(Unequal)	ครึ่งบนและครึ่งล่างไม่เท่ากัน
หน้าตัดแฉก(Ribbed)	หน้าตัดแบ่งเป็นแฉกๆ
ปกติ(Regular)	รูปตัดแนวราบกลมหรือค่อนข้างกลม
ไม่ปกติ(Irregular)	รูปตัดแนวราบ บิดเบี้ยวไม่กลม

การเปรียบเทียบลักษณะของผลไม้จากรูปที่ อาจจะดูง่าย แต่บางครั้งก็ไม่ตรงกับความรู้สึกของผู้พิจารณาซึ่งอาจมีความคิดเห็นแตกต่างกันไป ฉะนั้นการบ่งชี้ตัดสินขึ้นกับผู้พิจารณา

- เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometric mean diameter)

หากวัสดุมีรูปร่างเป็นทรงกลมสามารถจะกำหนดขนาดได้จากเส้นผ่านศูนย์กลาง หากมีรูปร่างคล้ายทรงกลมหรือไม่เป็นทรงกลม สามารถกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต ซึ่งพิจารณา จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุด (a) , วัดค่าจากศูนย์กลางที่ยาวที่สุด (b) ให้ตั้งฉากกับ a และวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (c) ที่ตั้งฉากกับ a และ b แล้วนำมาคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต} \quad GMD = (abc)^{1/3} \tag{2.1}$$

การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ ทำได้โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์หรือไมโครมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ความหนาแน่นเนื้อ

ความหนาแน่นเนื้อสามารถ คำนวณจากเนื้อวัสดุล้วนๆ โดยเป็นค่าที่ชี้ให้เห็นถึงความหนาแน่นของเนื้อผลมาคูณ ค่าความหนาแน่นเนื้อจะเปลี่ยนค่าเป็นน้ำหนักจำเพาะของวัสดุ (Specific weight) ซึ่งมีหน่วยเป็น หน่วยน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร ในระบบ SI เป็น N/m^3

2.3.3 การวัดขนาดและการหาปริมาตรของวัสดุทางการเกษตรและอาหาร

วัสดุทางการเกษตรและอาหารมีมากมายหลายชนิด ทั้งที่เป็นผลผลิตจากพืช จากสัตว์และสารเคมีต่างๆ จึงมีวิธีหาปริมาตรหลายวิธีตามความเหมาะสมและข้อจำกัดของวัสดุ

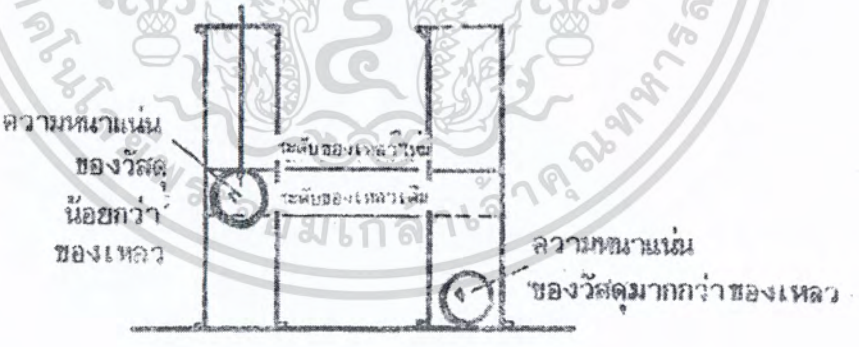
วิธีการหาปริมาตรของวัสดุนั้น อาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เช่น การวัดขนาด โดยใช้หลักการแทนที่ของเหลวด้วยวัสดุ กฎของก๊าซและหลักการอัดของเหลวด้วยความดัน

1) การวัดขนาด

การวัดขนาดวัสดุทางการเกษตรและอาหารเพื่อปริมาตรนั้นทำในกรณีที่วัสดุรูปทรงเรขาคณิตสามารถทำได้โดยใช้สูตร กว้าง x ยาว x สูง หากวัสดุมีรูปร่างคล้ายคลึงวงกลมให้วัด ความยาว (ที่ยาวที่สุด) ที่ตั้งฉากกัน 2 แกน แล้วคำนวณหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตโดยใช้สมการ (2.1) แล้วคำนวณหาปริมาตร

2) หลักการของการแทนที่ของเหลวโดยมีหลักการคือ

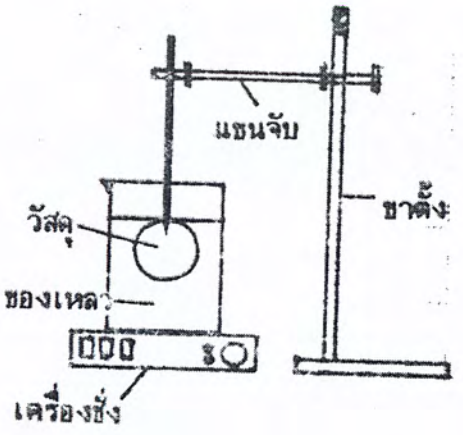
เมื่อวัตถุแทรกตัวลงไปในของเหลวทำให้ระบบมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาตรของวัตถุนั้น ดังนั้น การแทนที่ของเหลวเป็นวิธีการง่ายๆ ในการหาปริมาตรวัตถุ



ภาพที่ 2.5 การหาปริมาตรโดยการแทนที่ของเหลว

นอกจากนี้อาจใช้วิธีชั่งน้ำหนักของวัตถุในของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 การหาปริมาตรโดยการชั่งน้ำหนักในของเหลว

น้ำหนักวัตถุที่ชั่งในของของเหลวคือ น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุ นั่นคือแรงพยุงวัตถุของของเหลวนั่นเองฉะนั้น ปริมาตรของวัตถุ คำนวณได้จาก

$$Vm = m_L / p_L \qquad (2.2)$$

เมื่อ m_L = มวลของของเหลวที่ถูกแทนที่ (ค่าที่อ่านได้ลบด้วยของภาชนะของเหลว)

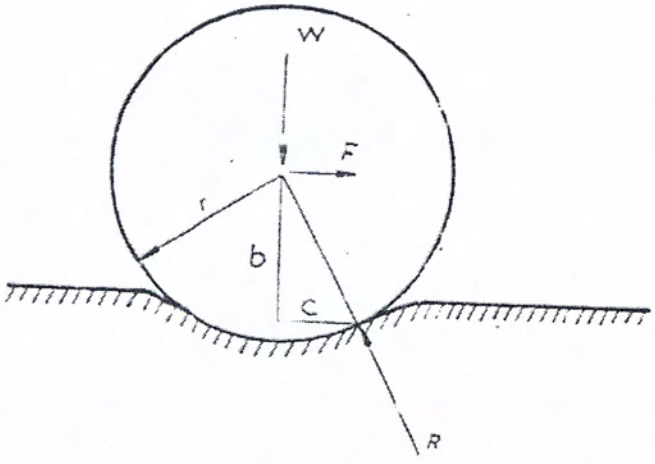
p_L = ความหนาแน่นของของเหลว

2.3.4 แรงต้านทานการหมุนของชีววัสดุ

การหมุนของชีววัสดุเกี่ยวข้องกับการคัดแยกและขนถ่ายโดยวิธีแรงโน้มถ่วงโดยเฉพาะวัสดุที่เป็นทรงกลม เช่น การขนถ่ายผักและผลไม้ โดยให้ไหลไปตามราง มุมเอียงที่จะทำให้วัสดุหมุนไหลไปได้จะต้องมากพอที่ทำให้แรงต้านการหมุนไม่มีผล โดยมุมเอียงมีอยู่ 2 ค่า คือ มุมเอียงของการหมุนสถิต กับมุมเอียงของการหมุนเคลื่อนที่ (static and dynamic rolling angles) มุมเอียงของการหมุนสถิตเป็นมุมเอียงเริ่มต้นของการหมุนและสามารถลดลงเพื่อให้การหมุนเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่ซึ่งมุมนี้เรียกว่า มุมเอียงการหมุนเคลื่อนที่

การหมุนของชีววัสดุอาจมีความยุ่งยากบ้างเนื่องจากรูปร่างวัสดุอาจเบี้ยวไม่เป็นทรงกลม และขณะที่มีการเคลื่อนที่ทั้งผลิตภัณฑ์และพื้นที่รองรับอาจมีการยุบตัว ถ้ากำหนดให้วัสดุเป็นทรงกลมหรือทรงกระบอกที่เป็นวัสดุแข็งไม่ยุบตัวเคลื่อนที่โดยการหมุนด้วยแรง F ไปบนพื้นผิวที่มีการยุบตัวโดยมีแรงต้านการเคลื่อนที่ R ตามภาพที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 การหมุนของวัสดุทรงกลมที่แข็งบนพื้นที่ที่มีการยุบตัว

ถ้าการหมุนเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่

ที่จุด B ; ΣM_b , Fb – Wc = 0

และพื้นที่ผิวมีการยุบตัวน้อย , b = r ดังนั้น

$$c = \frac{Fr}{w} \quad \text{หรือ} \quad F = \frac{cW}{r} \tag{2.3}$$

ที่ซึ่ง c เป็นสัมประสิทธิ์ของแรงต้านทานการหมุน (cefficien of rolling resistance) การหามุมเอียงของการหมุนสามารถหาได้โดยวิธีการง่ายๆ โดยใช้แผ่นเอียงเมื่อนำวัสดุกลมมาวางแผ่นเอียงแล้วค่อยๆปรับมุมเอียงจนกระทั่งวัสดุเริ่มหมุนเคลื่อนที่ลงมา ตารางที่ 2.2 แสดงค่ามุมเอียงของการหมุนของลูกแอปเปิลและมะเขือเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 มุมเอียง (องศา) ของการหมุนของลูกแอปเปิลและมะเขือเทศ

ชนิดพื้นผิว	แอปเปิล		มะเขือเทศ	
	สถิตย์	เคลื่อนที่	สถิตย์	เคลื่อนที่
ไม้อัด	12-18	2.5-4.5	9-14	3.6-4.8
แผ่นเหล็ก	13-18	2.4-4.0	7-11	3.6-4.8
โฟมแข็ง	13-18	2.5-4.0	11-13	4.2-4.8
โฟมอ่อน	11-16	4.0-5.0	11-13	4.8-5.8
ผ้าลินิน	12-16	4.0-5.0	13-14	4.8-7.0

2.4 จุดประสงค์ของการคัดแยกขนาด

2.4.1 เพื่อการคัดแยกขนาดของวัสดุทางการเกษตรมีความถูกต้องและแม่นยำจะทำให้เกษตรมีรายได้จากการขายผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการให้ราคาผลผลิตทางการเกษตรจะใช้หลักการเปรียบเทียบขนาดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ

2.4.2 เพื่อเป็นการส่งเสริมกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์วัสดุทางการเกษตรที่ผ่านการคัดแยกแล้วสามารถที่จะนำมาแปรรูปได้ง่ายขึ้น และอาจทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นๆ มีคุณภาพดีขึ้น

2.4.3 เพื่อเป็นการส่งเสริมพันธุ์ส่วนที่ผ่านการคัดแยกแล้วสามารถที่จะนำมาขยายพันธุ์ได้ดีกว่าส่วนที่ไม่ผ่านการคัดแยกขนาด ทำให้มีการเจริญเติบโตเร็วกว่า และเกษตรกรสามารถปลูกผลผลิตทางการเกษตรได้มากขึ้น

2.5 พื้นฐานของการคัดแยก

การคัดแยก ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะดังต่อไปนี้

2.5.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

1) ความชื้น

2) ขนาด

3) น้ำหนัก

4) ลักษณะเนื้อสัมผัส

5) สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) รูปร่าง

7) วัตถุเจือปน

2.5.2 คุณลักษณะทางเคมี

1) องค์ประกอบทางเคมี

2) กลิ่นและรส

3) ผลิตผลที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีผลต่อกลิ่นเหม็นหืนและปริมาณของกรดไขมันอิสระ

2.5.3 คุณลักษณะทางชีวภาพ

1) ความสามารถในการงอก

2) ชนิดและจำนวนความเสียหายที่เกิดขึ้นจากแมลง

3) ชนิดและจำนวนความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเชื้อรา

4) จำนวนเชื้อแบคทีเรีย

หลังจากที่มีการทำการคัดแยกแล้ว จำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพให้มีคุณภาพที่ดีเพื่อลดการสูญเสียก่อนนำไปแปรรูปต่อไป โดย

1. การควบคุมระบบการเก็บรักษา ได้แก่
   - การควบคุมอุณหภูมิ
   - การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์
   - การควบคุมเวลาในการเก็บรักษา
   - การควบคุมแมลง นก และหนูที่จะเข้าไปทำลายเมล็ดพืช
2. การป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ได้แก่
   - การรมควัน
   - การทำความเย็น
   - การให้ความร้อน
   - การใช้สารเคมี
3. การส่งเสริมคุณลักษณะทางกายภาพให้ดีขึ้น ได้แก่
   - การเปลี่ยนแปลงและการรักษาความชื้น
   - การแยกวัตถุปนเปื้อนออกมา
   - การคัดแยกคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ปั๊มและระบบสูบน้ำ

2.6.1 วิธีการเลือกเครื่องสูบน้ำมี 3 วิธีดังนี้

1) ผู้ซื้อให้รายละเอียดของสภาพการสูบโดยให้บริษัทผู้ผลิต กำหนดเครื่องสูบและราคาที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานที่ให้

2) ผู้ซื้อคำนวณระบบสูบเอง และเลือกเครื่องสูบที่เหมาะสมเองจากเอกสารและ Rating charts ของบริษัทผู้ผลิต

3) ใช้วิธีที่ 1) และ 2) ผสมผสานกันเพื่อเลือกเครื่องสูบ

ไม่ว่าวิธีใดก็ตามที่ใช้ในการเลือกเครื่องสูบ ต้องหาสภาพการใช้งาน (Operating condition) ที่ถูกต้อง ต้องอาศัยผู้ซื้อเป็นหลัก แม้ว่าผู้ซื้อจะให้ข้อมูลแก่บริษัทผู้ผลิตเพื่อคำนวณหาอัตราการไหล Total head และสภาพ Suction ผู้ซื้อเองต้องมั่นใจว่าข้อมูลที่ให้ไปนั้นเป็นไปตามสภาพการใช้งานที่ต้องการจริง เพราะบริษัทผู้ผลิตจะรับผิดชอบในการหาเครื่องสูบที่เป็นไปตามข้อมูลที่ผู้ซื้อระบุไว้เท่านั้น

2.6.2 การคำนวณในการเลือกเครื่องสูบ

ในการเลือกเครื่องสูบไม่ว่าเครื่องสูบขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก โดยทั่วไปแล้วมี 5 ขั้นตอน

1) การวางระบบท่อและเครื่องสูบ หากระบบไม่ซับซ้อนนัก อาจร่างระบบโดยใช้ Diagram ดังภาพที่ 2.8 ก็เพียงพอแล้ว ต้องแสดงท่อทุกเส้น อุปกรณ์ประกอบ วาล์วในระบบ รวมทั้งระบุความยาวของท่อด้วย หากระบบท่อยุ่งยากซับซ้อนควรร่างเป็นภาพ Isometric

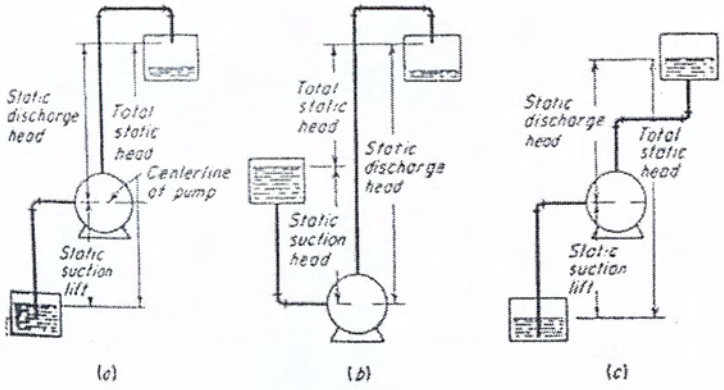
2) การหา Capacity สภาพของงานจะเป็นตัวกำหนด Capacity ของเครื่องสูบที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น การสูบน้ำจากแม่น้ำ ความผันแปรของปริมาณน้ำและระดับน้ำตามฤดูกาล จะมีผลต่อการเลือก Capacity ของปั๊มน้ำ

3) Total head จากระบบท่อและเครื่องสูบที่ร่างในขั้นตอนที่ 1) สามารถคำนวณหาเฮดที่เครื่องสูบต้องการได้

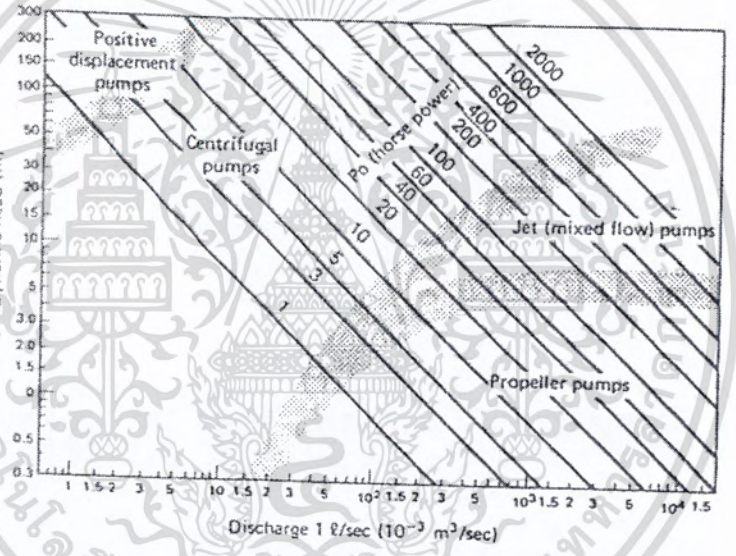
4) ศึกษาคุณสมบัติของของเหลว ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ อุณหภูมิ ความดันไอ ความหนืด คุณสมบัติทางเคมี ฯลฯ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้มีผลต่อการทำงานของเครื่องสูบ

5) การเลือกชั้นและประเภทของเครื่องสูบ จากขั้นตอนที่ผ่านมาแล้วสามารถทำให้ทราบถึง Capacity และ Head ที่ต้องการจากเครื่องสูบได้ จึงสามารถเลือกชั้นของเครื่องสูบที่เหมาะสมได้ ภาพที่ 2.9 แสดงช่วง H-Q และกำลังที่ต้องการของเครื่องสูบประเภทต่างๆ เมื่อต้องการเครื่องสูบที่ให้เฮดสูงแต่อัตราการไหลต่ำ ควรเลือกเครื่องสูบ Displacement ประเภท Reciprocating และต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของของเหลวด้วย เพราะเครื่องสูบแบบนี้ต้องใช้กับของเหลวที่ใสไม่มีตะกอนเจือปน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 เทอมของ head ต่างๆที่ใช้ในงานสูบ



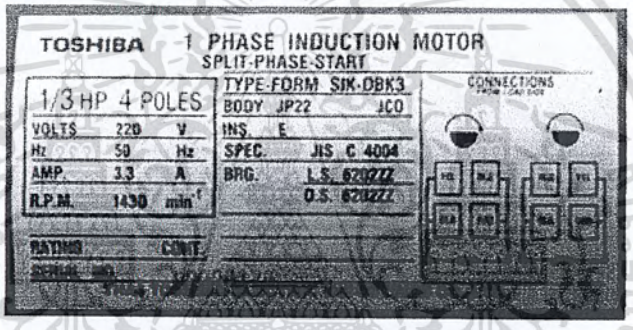
ภาพที่ 2.9 H-Q และกำลังที่ต้องการของเครื่องสูบประเภทต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

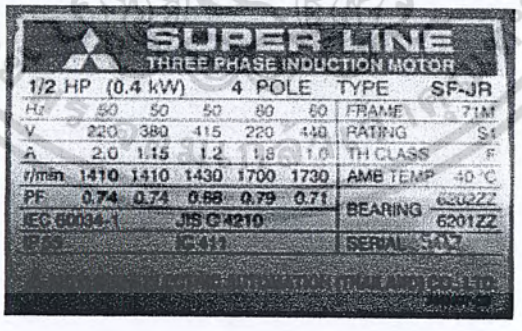
2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า

2.7.1 การเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าได้รับการออกแบบสร้างที่พิกัด (Rated) ซึ่งกำหนดจากสภาวะการทำงานมาตรฐานซึ่งระบุค่าตัวแปรต่างๆ อยู่บนเนมเพลท (Nameplate) ซึ่งเป็นแผ่นป้ายติดอยู่บนตัวมอเตอร์แต่ละตัว ทั้งนี้เนมเพลทจะแจ้งถึงพารามิเตอร์การทำงานของมอเตอร์ และแจ้งข้อมูลที่สำคัญต่อผู้ใช้งาน เพื่อให้เลือกใช้งานมอเตอร์ได้เหมาะสมกับภาระที่ต้องขับเคลื่อน ยกตัวอย่างเช่น หากมอเตอร์ขนาด 30 แรงม้า (Horse Power – HP) ถูกนำไปใช้งานขับภาระที่เกิน หรือถูกใช้งานในระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าพิกัด จะส่งผลให้มอเตอร์กินกระแสไฟฟ้าสูงกว่าปกติ เพื่อที่จะสามารถขับภาระเกินนี้ได้ ส่งผลให้เกิดความร้อนในขดลวดทองแดงมาก และเมื่อทำงานอยู่ในสภาวะเกินกว่าที่ระบุไว้ในเนมเพลท ก็จะส่งผลให้มอเตอร์มีอายุการใช้งานสั้นลง



ภาพที่ 2.10 เนมเพลท มอเตอร์ชิงเกิ้ลเฟส (220 V.)



ภาพที่ 2.11 เนมเพลท มอเตอร์ทรีเฟส (220/380 V.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ตัวแปรที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานมอเตอร์ได้แก่

- อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ
- ความสูงจากระดับน้ำทะเล
- การระบายความร้อน
- ค่า Service factor
- แรงดันไฟฟ้า

นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่นๆ เช่น ความชื้นในอากาศ, สภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อน, การดูแลรักษามอเตอร์,ชนิดของตลับลูกปืน และชนิดของมอเตอร์ที่เลือกใช้ เป็นต้น ภายใต้สภาวะการทำงานปกติของมอเตอร์ตัวหนึ่ง สามารถใช้งานได้ 5 ถึง 10 ปี หากดูแลรักษาดี ก็สามารถยืดเวลาได้ถึง 20 ปีเลยทีเดียว อย่างไรก็ตาม การใช้งานกลางแจ้ง เช่นการใช้งานในระบบสูบน้ำเพื่อการเกษตร เราอาจต้องซ่อมมอเตอร์ในช่วงเวลาเพียง 6 เดือน ทั้งนี้เพราะมอเตอร์ต้องตากแดดตากฝน รวมทั้งติดตั้งใช้งานอยู่ในสภาพแวดล้อมอันเลวร้าย เช่น มีไอระเหยของกรดเกลือ น้ำเค็ม หรือไอของน้ำกรด ส่งผลให้เกิดการแปรสภาพการเป็นฉนวน หรือที่เรียกว่า ออกซิเดชั่น (Oxidation) ของฉนวนที่เคลือบอยู่ในขดลวดทองแดง และอัตราการเกิดออกซิเดชั่นจะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วหากอุณหภูมิของ มอเตอร์สูงมากกว่าที่ระบุไว้บนเนมเพลท และเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าในที่สุด มอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งไว้กลางแจ้งอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายความร้อน เพราะมีสิ่งกีดขวางทางระบายความร้อน เช่น รังนก, ใบไม้, ฝุ่นละออง หรือขยะ เป็นต้น

2) ตัวแปรที่ทำให้ตัวมอเตอร์ร้อนจัด จนส่งผลกระทบต่อการทำงาน ได้แก่

- อุณหภูมิโดยรอบ โดยปกติมอเตอร์เมื่อใช้งานที่พิกัด จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 104 องศาฟาเรนไฮต์ หากค่าสูงกว่านี้จะถือว่าเกินกว่าที่มอเตอร์รับได้ และจะส่งผลเสียตามที่กล่าวข้างต้น

- ความสูงจากระดับน้ำทะเล ตามพิกัดทั่วไปนั้น มอเตอร์จะถูกใช้งานอยู่ที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลไม่เกิน 3,300 ฟุต หากติดตั้งมอเตอร์ที่ระดับความสูงมากกว่านี้ พบว่าอุณหภูมิภายในตัวมอเตอร์จะสูงขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นทุกๆ 330 ฟุต อย่างไรก็ตามหากเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีค่า Service Factor มากกว่า 1 เช่น 1.15 เราก็จะสามารถใช้งานมอเตอร์ในระดับความสูงมากถึง 9,000 ฟุตได้ โดยไม่ทำให้มอเตอร์ร้อน

- แสงอาทิตย์ มอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่กลางแจ้งท่ามกลางแสงอาทิตย์ ย่อมไม่เป็นผลดีเนื่องจากอุณหภูมิในตัวมอเตอร์อาจเพิ่มขึ้นได้ตั้งแต่ 10-20 องศาฟาเรนไฮต์

- การขับภาระเกินพิกัด หากมอเตอร์ไฟฟ้าต้องขับภาระเกินกว่าที่ระบุไว้บนเนมเพลท ทำให้มอเตอร์ต้องพยายามสร้างแรงม้าเพิ่มขึ้นเพื่อจะขับโหลดให้ได้ ผลก็คือ กระแสไฟฟ้าจะไหลมาขึ้นจนเกิดความร้อนในขดลวดมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนมีค่าต่ำ เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่ระดับแรงดันต่ำกว่าที่พิกัด (การเชื่อมต่อไม่ดี, เกิดปัญหาที่ระบบจ่ายไฟหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่ได้มาตรฐาน) มอเตอร์จะกินกระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติเพื่อที่จะสร้างแรงม้าให้ได้ตามพิกัด สิ่งนี้ส่งผลให้อุณหภูมิในขดลวดมอเตอร์สูงขึ้น 1-2 องศาฟาเรนไฮต์และแปรผันตามค่าแรงดันที่เปลี่ยนไป

- สิ่งสกปรกในตัวมอเตอร์ (Contamination) สิ่งสกปรก หรือฝุ่นผง อาจไม่ได้มาจากภายนอกตัวมอเตอร์เท่านั้น เพราะสิ่งสกปรกที่ทำความเสียหายให้กับมอเตอร์อาจมาจาก ความสึกหรอซึ่งเกิดจากการเสียดสีในตัวมอเตอร์, สนิมกัดกร่อนในตัวมอเตอร์ และเกิดจากความร้อนสูงภายในอนุภาคของสิ่งสกปรกที่ลอยอยู่ในอากาศ มีความสามารถเป็นตัวกัดเซาะ ดังนั้นในขณะที่มอเตอร์ทำงานอยู่ อากาศที่ไหลเวียนในตัวมอเตอร์จะนำพาเอาอนุภาคกัดเซาะไปกัดกินชั้นของวานิชที่เคลือบลวดทองแดง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าเป็นอนุภาคประเภทเกลือ หรือถ่านหิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า จะทำให้คุณสมบัติของฉนวนเสื่อมลง และหากมีความชื้นมาเกี่ยวข้องด้วย ก็จะทำให้เกิดการสะสมของชั้นฝุ่นสกปรก ทำให้ระบบการระบายความร้อนในตัวมอเตอร์ทำได้ไม่ดี และนำไปสู่ปัญหาเรื่องของความร้อนสูงได้ต่อไป

2.7.2 การดูแลรักษามอเตอร์

1) จัดการระบบระบายความร้อน ด้วยอากาศที่สะอาดและมีความเพียงพอ

2) ดูแลรักษาขดลวดมอเตอร์ทุก 3 ปี หรือ 5 ปี อาจตรวจสอบฉนวนที่เคลือบอยู่และทำการเคลือบฉนวนซ้ำ, ตรวจสอบตลับลูกปืนอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนจาระบีเพื่อช่วยให้การหล่อลื่นดีขึ้น ทั้งนี้การเคลือบฉนวนมอเตอร์มีต้นทุนน้อยกว่าการเปลี่ยนขดลวดมอเตอร์และการ เปลี่ยนตลับลูกปืนก่อนที่มันจะเสียสามารถช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดกับ เพลาของมอเตอร์และชิ้นส่วนอื่น ๆ ได้อย่างมาก

สิ่งสำคัญที่สุดของการซ่อมบำรุงมอเตอร์ไฟฟ้า คือ ช่วยลดโอกาสและความเสี่ยงที่เป็นสาเหตุให้หยุดชะงักเนื่องจากมอเตอร์เสียหาย จนต้องใช้เวลาอย่างมากในการเปลี่ยนมอเตอร์ตัวใหม่

3) ก่อนที่จะเดินเครื่องควรตรวจสอบขั้วไฟฟ้าต่าง ๆ ว่าแน่นเพียงพอหรือไม่ หากขั้วไฟฟ้าหลวมเมื่อใช้งานไปจะเกิดความร้อนขึ้นที่จุดต่อนี้และมีโอกาสที่ จะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าเสียหายได้ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมในจุดต่อที่หลวมจะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่ระดับแรง ดันต่ำกว่าพิกัดส่งผลให้เกิดความร้อนในตัวมอเตอร์ ยิ่งไปกว่านี้หากจุดต่อเกิดการแตกหักและหลวมจนทำให้เฟสของแรงดันไม่ครบกรณี นี้มอเตอร์ไฟฟ้าจะเสียหายได้เกือบจะทันที

4) สิ่งที่ต้องตระหนักอยู่ในใจเสมอก็คือ ความชื้นและน้ำต้องอยู่ห่างจากตัวมอเตอร์ นั้นหมายถึงพื้นที่ติดตั้งและฐานรองซึ่งอาจเป็นเหล็กก็จะมีโอกาสขึ้นสนิมได้ ช้าลง มอเตอร์จึงมีโอกาสที่จะสั่นสะเทือนได้น้อยลง ขั้วต่อไฟฟ้าก็จะแน่นอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119259

2.7.3 การดูแลรักษาพื้นที่ติดตั้งมอเตอร์

การระบายความร้อนที่ดี รวมถึงการจัดพื้นที่ติดตั้งได้อย่างเหมาะสมจะช่วยป้องกันฝุ่นละอองและสิ่ง ที่กระจายอยู่ในสภาพแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น วัชพืชที่เจริญเติบโตจนปกคลุมตัวมอเตอร์, เศษขยะที่ปลิวมาตามลม, ละอองน้ำที่กระเด็นโดนมอเตอร์หรือรังมด เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ควรจัดการให้อยู่ห่างจากตัวมอเตอร์เพราะสามารถสร้างความเสียหายให้ กับขั้วต่อไฟฟ้า ขดลวดทองแดง รวมถึงการระบายความร้อนของตัวมอเตอร์

การใช้งานมอเตอร์กลางแจ้งในช่วงฤดูหนาวและฤดู ฝนมีสิ่งต้องคำนึงเกี่ยวกับปริมาณความชื้นและการกลั่นตัวของหยดน้ำในอากาศ ที่อาจทำความเสียหายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าได้ ในช่วงนี้จึงจำเป็นต้องดูแลรักษามากเป็นพิเศษ

2.8 การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์

ถ้าคิดว่าอินเวอร์เตอร์เหมือนกับแหล่งจ่ายไฟที่ใช้จ่ายพลังงานเพื่อขับมอเตอร์ ก็จะคิดว่ายิ่งเลือกอินเวอร์เตอร์ขนาดยิ่งใหญ่เท่าใดก็ยิ่งดี สามารถติดตั้งสวิทช์ที่เอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์เพื่อเปิดปิดจ่ายกระแสให้มอเตอร์ได้ทันที เหมือนกับแหล่งจ่ายไฟ แต่แนวความคิดนี้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงและอินเวอร์เตอร์มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น

ในการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ จะต้องคำนึงถึงข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.8.1 ความสามารถในการขับมอเตอร์ขณะเร่งความเร็วและความเร็วรอบคงที่ ต้องพิจารณาว่าอินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายกระแสที่มอเตอร์ต้องการได้หรือไม่

2.8.2 ความสามารถในการขับมอเตอร์ขณะลดความเร็ว ในขณะที่ลดความเร็วมอเตอร์จะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและคืนพลังงาน กลับไปให้อินเวอร์เตอร์ ดังนั้น อินเวอร์เตอร์ต้องมีความสามารถในการรับคืนและใช้พลังงานนี้ให้หมดไป

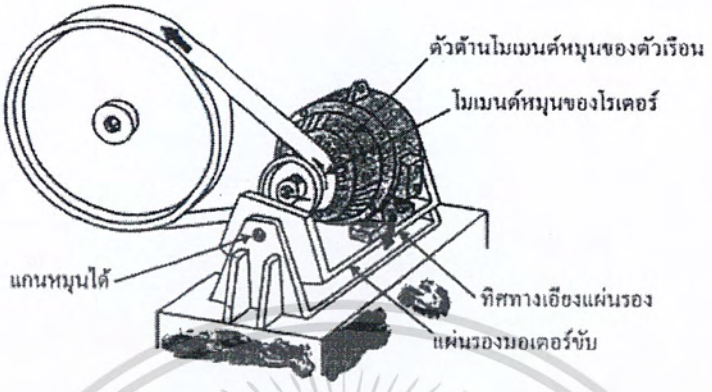
2.8.3 การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์โดยดูจากขนาดและจำนวนมอเตอร์นั้น ให้เลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแสพิกัดมากกว่าผลรวมของกระแสมอเตอร์ทุกตัว

2.9 หน้าที่การใช้งานของสายพาน

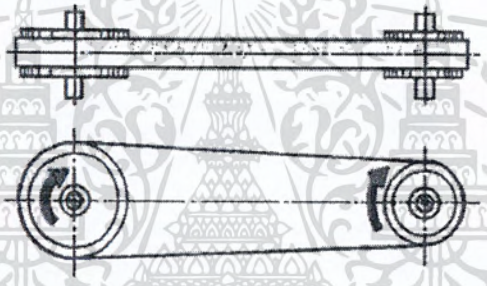
สายพานแต่ละชนิดมีหน้าที่การใช้งานเหมือนกัน คือ ส่งกำลังจากเพลาตัวหนึ่งไปยังเพลาอีกตัวหนึ่งด้วยความเร็วตามลักษณะการใช้ และความสามารถของสายพานนั้นๆสายพานแต่ละชนิดมีหน้าที่การใช้งานในลักษณะดัง ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

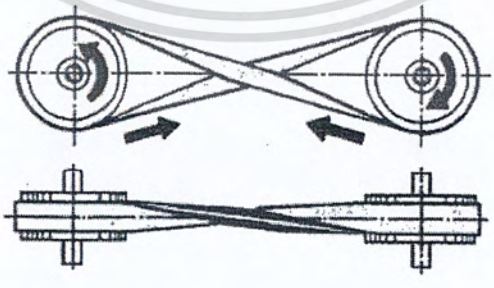
2.9.1 หน้าที่การใช้งานของสายพานแบน สายพานจะได้รับกำลังขับมาจากมอเตอร์ผ่านพูลเลย์ และส่งกำลังต่อไปยังพูลเลย์ตัวต่อไป เช่น ใช้เครื่องสีข้าว สายพานแบนมีลักษณะการใช้งานในรูปแบบต่างๆกัน ดังภาพ



ภาพที่ 2.12 ลักษณะการใช้งานของสายพานแบน

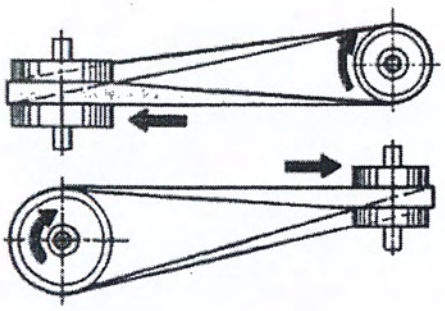


ภาพที่ 2.13 ลักษณะการใช้งานของสายพานแบนแบบเปิด



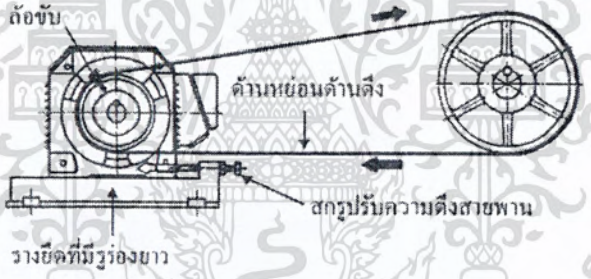
ภาพที่ 2.14 ลักษณะการใช้งานของสายพานแบนแบบไขว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

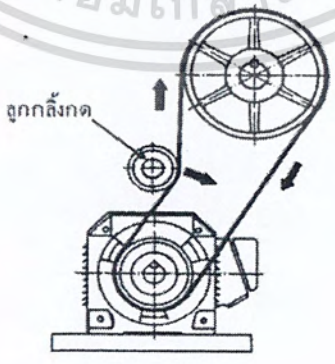


ภาพที่ 2.15 ลักษณะการใช้งานของสายพานแบนกึ่งไขว้

2.9.2 หน้าที่การใช้งานสายพานลิ่ม สายพานส่วนใหญ่ใช้กับเครื่องจักรกลตามโรงงานต่างๆ สามารถส่งกำลังได้ในตำแหน่งต่างๆได้ แต่ไม่สามารถส่งกำลังแบบไขว้เหมือนกับสายพานแบน ลักษณะการใช้งานของสายพาน ลิ่ม เช่น สายพานของเครื่องกลึง สายพานของรถไถนาเดินตาม ดังภาพ

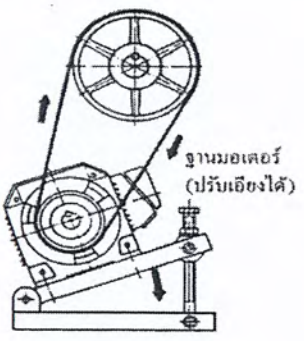


ภาพที่ 2.16 ลักษณะการใช้งานของสายพานลิ่มในแนวราบ



ภาพที่ 2.17 ลักษณะการใช้งานของสายพานลิ่มในแนวดิ่งมีลูกกลิ้งกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.18 ลักษณะการใช้งานของสายพานลิ่มปรับฐานมอเตอร์ได้

2.10 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดจุดหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่าง ๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่ส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้น เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

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

แจ็คชาฟ (Jack shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาแมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Fiexble shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาอาจรับแรงดึงแรงกดแรงบิด หรือแรงอัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้ามาช่วย แรงเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายได้ เพราะความล้า ฉะนั้นจึงต้องมีการออแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลายังต้องมีความแข็งแกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดที่จำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลา เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนได้

2.10.1 วัสดุเพลา

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว จะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลาทั่วไปคือ เหล็กกล้าละมุน (Mile steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานเป็นพิเศษ มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 3140, 1347, 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 mm. มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อนอย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุดผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดอื่น

2.10.2 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลาซึ่งมีขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อใช้สามารถเลือกได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลาแสดงไว้ในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775 – 1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	400

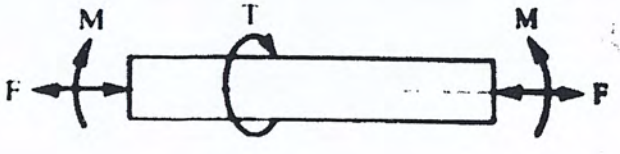
2.10.3 หลักพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้น มุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรทั่วไปไม่เกิน 0.3 ต่อความยาวเพลา 1 เมตร สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 10 ต่อความยาวเพลา 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลา

2.10.4 การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME

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



ภาพที่ 2.19 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความแค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความแค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลาในภาพที่ 2.19

ให้เพลาเป็นกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ dt และ d ตามลำดับ ความแค้นต่าง ๆที่เกิดขึ้นบนเพลามีดังต่อไปนี้ คือ

ความแค้นดึงหรือกด

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

ความแค้นดัด

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)} \tag{2.5}$$

ความแค้นเฉือน

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)} \tag{2.6}$$

ในกรณีที่เป็นแรงกดอาจมีผลจากการโค้งงอ (Bucking) ได้ ดังนั้นสมการ (2.4) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha\alpha}{\pi\left(d^2 - d_i^2\right)} \tag{2.7}$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความแค้นที่เป็นวัฏจักร เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลานอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียกายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่สำหรับวิธีการคำนวณ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตศาสตร์ ดังนั้นต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

เมื่อ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการ (2.5) และ (2.6) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_mMd}{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)} \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tau_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)} \tag{2.9}$$

ความแค้นกดหรือความเค้นดึงรวม คือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \tag{2.10}$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

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

แทนค่าสมการลงในสมการข้างบนและจัดรูปใหม่จะได้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau\left(1-K^4\right)}\left[\left(C_t T\right)^2 + \left[\frac{\alpha Fd\left(1+K^2\right)}{8} + C_m M\right]^2\right]^{1/2} \tag{2.11}$$

โดยที่ k = d1/d

กรณีไม่มีแรง f กระทำอยู่ด้วยสมการ (2.11) จะลดรูปลดลงเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau\left(1-K^4\right)}\left[\left(C_t T\right)^2 + \left(C_m M\right)^2\right]^{1/2} \tag{2.12}$$

ในกรณีของเพลาตัน $k = d_i/d = 0$ เมื่อแทนค่าลงในสมการ (2.12) ก็จะได้สมการ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[\left(C_t T\right)^2 + \left(C_m M\right)^2\right]^{1/2} \tag{2.13}$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาดูได้จากตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลาหมุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

สำหรับตัวประกอบความโค้งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ดังนี้

$$\alpha = 1 \quad \text{เมื่อ F เป็นแรงดึง} \tag{2.14}$$

$$\alpha = \frac{1}{1-0.0044(L/K)} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{L}{K} \le 115 \tag{2.15}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y (L/K)^2}{\pi^2 nE} \tag{2.16}$$

เมื่อ n = 1.00 เมื่อปลายเป็นแบบ SS

n = 2.25 เมื่อปลายเป็นแบบ CC

n = 1.6 เมื่อปลายถูกขืนเป็นบางส่วน (partially nestrairde)

L = ความยาวจริงของเพลา

นอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่า เพลาซึ่งมีใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไปควรมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการ (2.17) โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณคือ

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \text{ หรือ } \tau_d = 0.18\sigma_u \qquad (2.17)$$

และถ้าเพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนการใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าสมการ (2.17)

ความแข็งเกร็งทางด้านการบิด
สำหรับเพลาที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น rad จะหาค่าได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \qquad (2.18)$$

สำหรับเพลากลมตัน $J = \frac{\pi}{32}d^4$ ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากการสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \qquad (2.19)$$

ถ้าเป็นเพลากลมกลวง

$$\theta = \frac{584TL}{(1-K^4)Gd^4} \qquad (2.20)$$

ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลามีความแข็งเกร็งตามลักษณะการใช้งานแล้วก็ควรจะใช้สมการข้างบนนี้ตรวจสอบดูมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ

2.11 การออกแบบชุดส่งกำลัง

การหากำลังขับของมอเตอร์นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการออกแบบ เพราะจะนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ โดยสมการที่ใช้เป็นดังนี้

$$W_p = \frac{2\pi nT}{60} \qquad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ W_p = กำลังขับ (watt)

n = ความเร็วรอบที่ใช้งาน (rpm)

T = แรงบิดที่เกิดขึ้น (N/m)

จากสมการข้างต้นหน่วยที่ได้เป็น watt ถ้าต้องการหากำลังขับในหน่วยแรงม้าสามารถหาได้ ดังนี้

$$HP = \frac{W_P}{745} \qquad (2.22)$$

เมื่อ HP = กำลังขับ (hp)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างเครื่องคัดขนาดพุทรา

3.1 การออกแบบและสร้างโครงสร้างเครื่องคัดขนาดพุทรา

3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธ์น้ำนมเพื่อการออกแบบเครื่องคัดขนาด

ตารางที่ 3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธ์น้ำนม

สมบัติทางกายภาพ	น้อยสุด	มากสุด	เฉลี่ย
มวล (กรัม)	74.77	164.73	93.71
ปริมาตร (ลบ.ซม)	41	131	71.32
GMD (ซม.)	46.98	62.62	54.98

ค่า GMD น้อยสุด 46.98 cm มากสุด 62.62 cm นำไปออกแบบความกว้างที่ปลายทั้งสองของรางคัดขนาด

3.1.2 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของพุทราพันธ์น้ำนมเพื่อนำไปออกแบบส่วนรองรับหลังการคัด

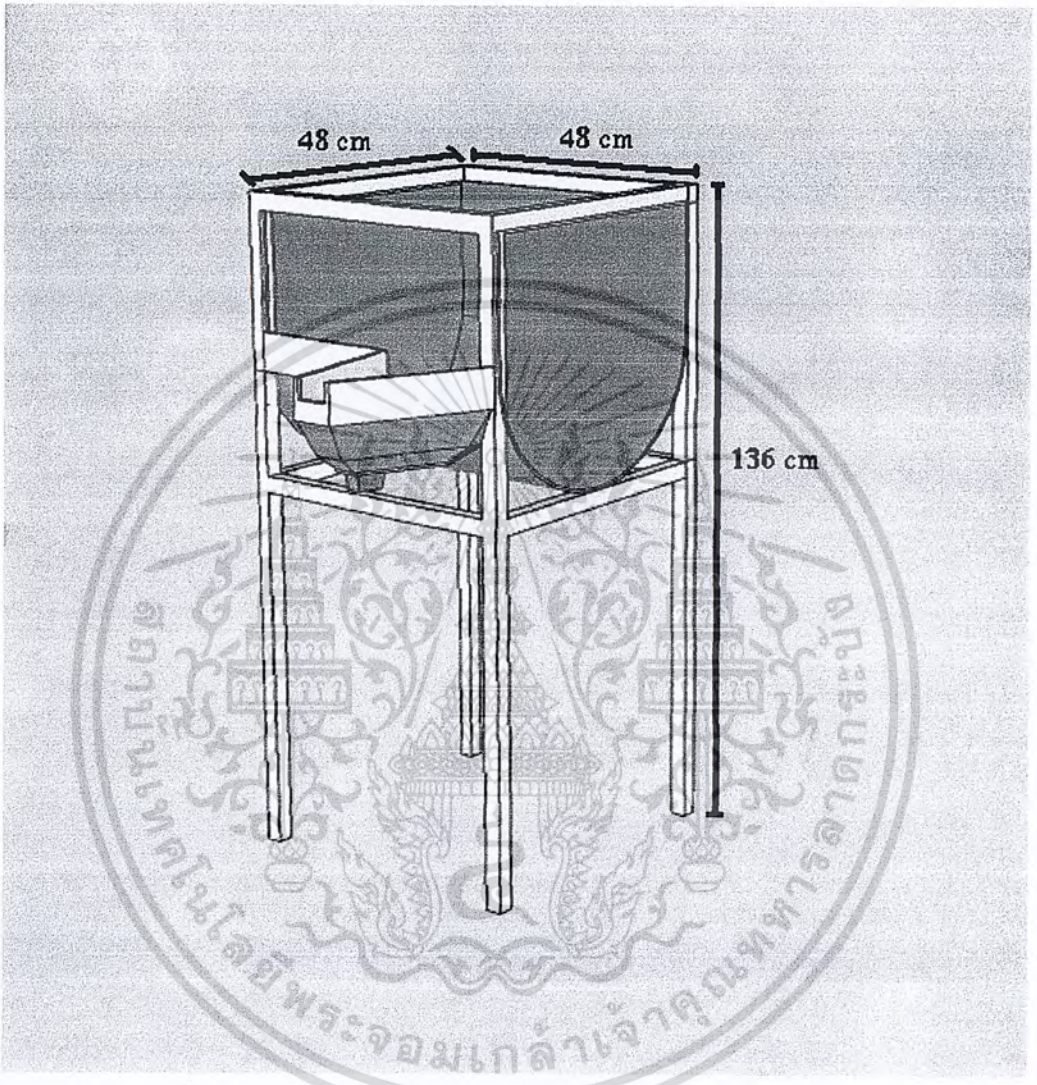
ตารางที่ 3.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของพุทราพันธ์น้ำนม

ระยะปล่อยผลพุทราวัดจากผิวน้ำ (ซม.)	50	100
ระยะความลึกที่ตกต่ำสุดวัดจากผิวน้ำ (ซม.)	36	37
ระยะความลึกที่ตกสูงสุดวัดจากผิวน้ำ (ซม.)	46.66	36.66
ระยะความลึกที่ตกเฉลี่ยวัดจากผิวน้ำ (ซม.)	52	51

ค่าระยะความลึกที่ตกสูงสุดวัดจากผิวน้ำ 50 cm นำไปออกแบบความสูงของตัวรองรับหลังการคัด

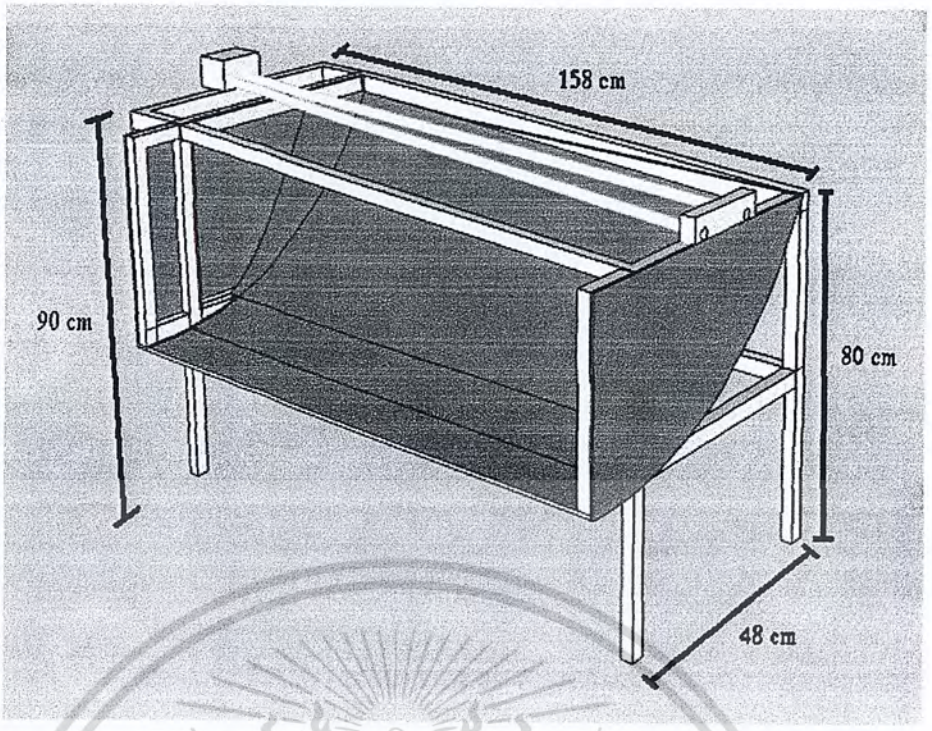
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนมได้แบ่งส่วนประกอบเป็น 3 ส่วน ใหญ่ๆ คือ 1) ส่วนป้อน 2) ส่วนรางคัดขนาด 3) ส่วนรองรับหลังคัด ซึ่งทั้งหมดแยกออกจากกันได้

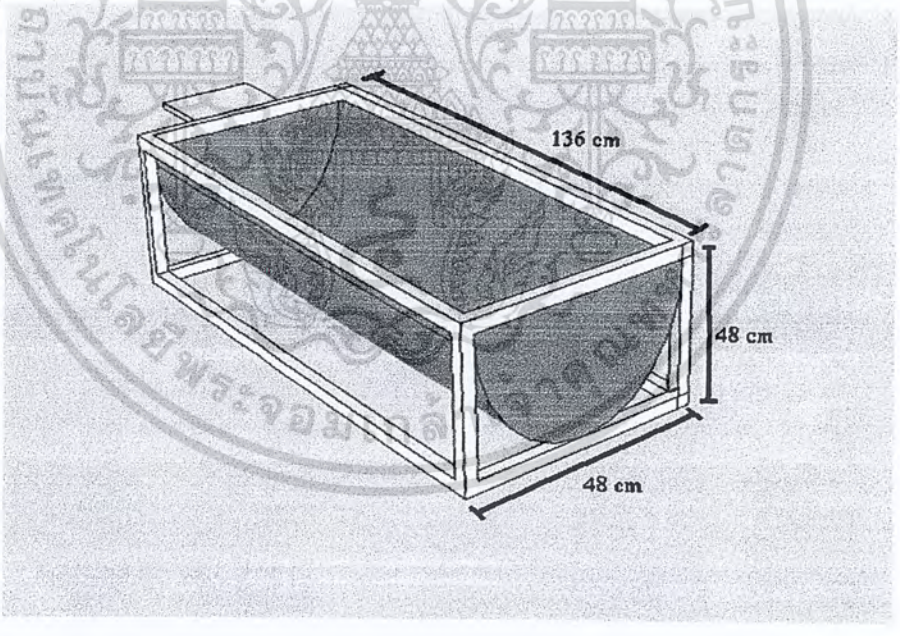


ภาพที่ 3.1 ส่วนป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

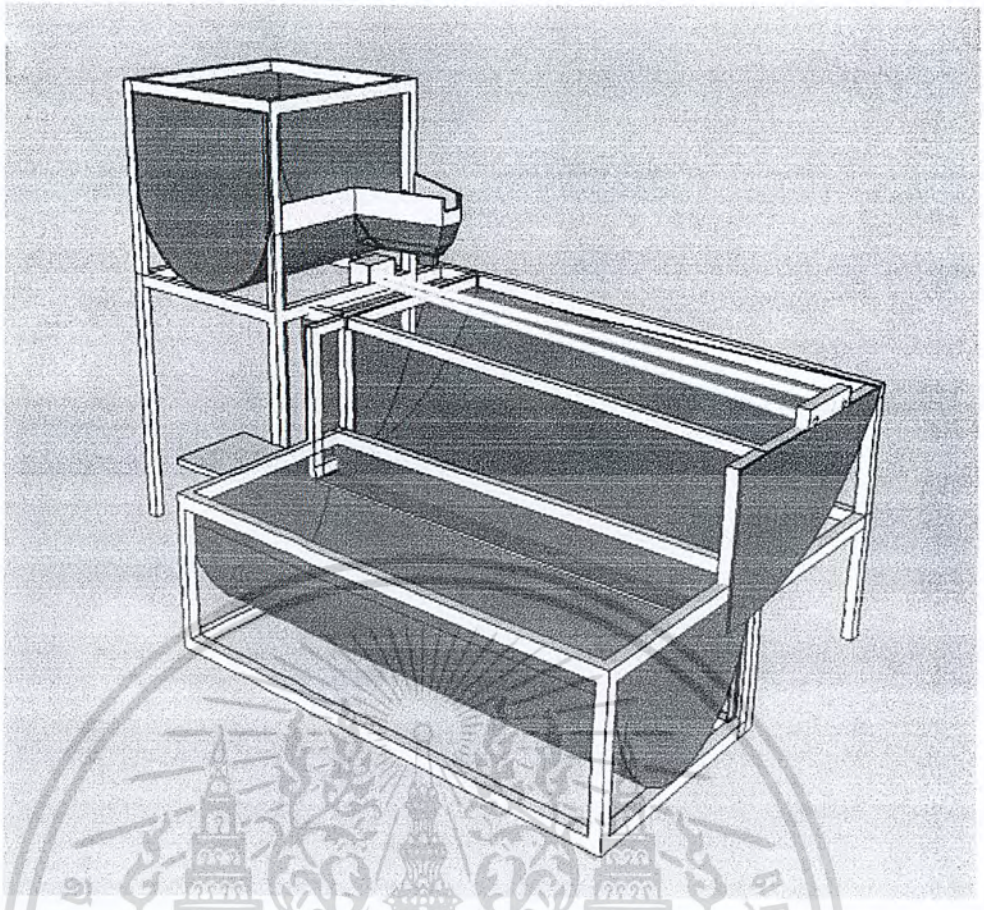


ภาพที่ 3.2 ส่วนรางคัดขนาด



ภาพที่ 3.3 ส่วนรองรับหลังคัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 เครื่องต้นแบบ

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งระบบ

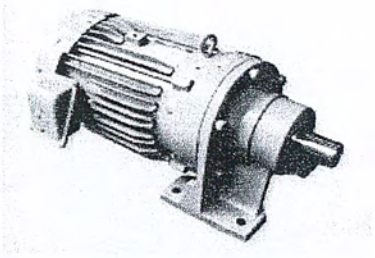
3.2.1 มอเตอร์ต้นกำลัง ต้นกำลังขับเพลารางคัดขนาดใช้มอเตอร์กำลัง 1/2 HP ความเร็วรอบ 1500 รอบ/นาที ซึ่งติดตั้งที่ส่วนที่ 2 ส่วนรางขยาย

3.2.2 อินเวอร์เตอร์ เพื่อใช้ปรับความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบของรางคัดขนาดที่เหมาะสม

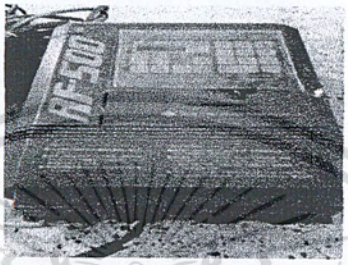
3.2.3 ปั๊มน้ำ ใช้ขนาด ½ HP อัตราการไหลสูงสุด 90 ลิตร/นาที ติดตั้งที่ส่วนที่ 3 ส่วนรองรับหลังการคัด

3.2.4 วัสดุในระบบประปา ระบบการลำเลียงน้ำจะใช้วัสดุที่ทำจาก PVC ไม่ว่าจะเป็นท่อ ข้อต่อ วาล์ว หรือหัวดูดน้ำ

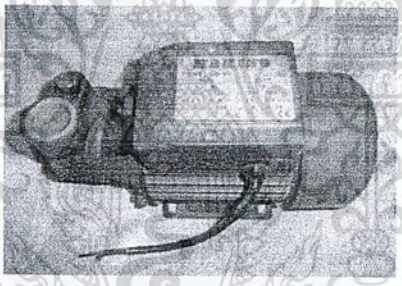
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



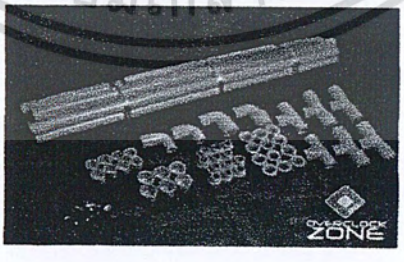
ภาพที่ 3.5 มอเตอร์ต้นกำลัง



ภาพที่ 3.6 อินเวอร์เตอร์



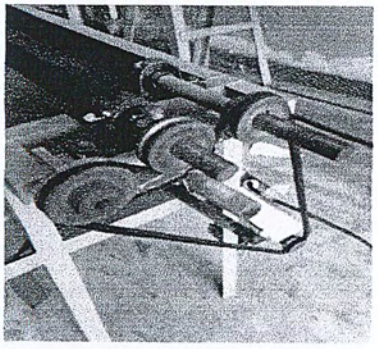
ภาพที่ 3.7 ปั๊มน้ำ



ภาพที่ 3.8 วัสดุในระบบประปาที่ทำด้วย PVC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบและสร้างชุดส่งกำลัง



ภาพที่ 3.9 ชุดส่งกำลัง

ใช้สายพานเบอร์ 65 ยาว 65 นิ้ว ใช้พู่เล่ 3 ตัว ในที่นี้การใช้ชุดสายพานมู่เล่ไม่ได้คำนึงเกี่ยวกับอัตราทด เพียงแต่เพื่อเปลี่ยนทิศทางให้เพลารางคัดขนาดทั้งสองข้างหมุนในทิศทางตรงข้ามกันเท่านั้น

3.4 การออกแบบและสร้างชุดรางคัดขนาด

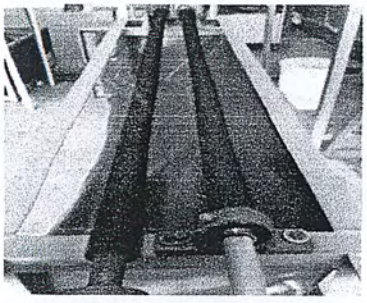
ส่วนประกอบที่ใช้สร้างชุดรางคัดขนาด

1) เหล็กตัน ยาว 2 เมตร 2 แท่ง
2) ฉนวนหุ้มท่อเครื่องปรับอากาศ ยาว 160 cm 2 เส้น
3) ตลับลูกปืน 4 ตลับ

ภาพที่ 3.10 การออกแบบรางคัดขนาด

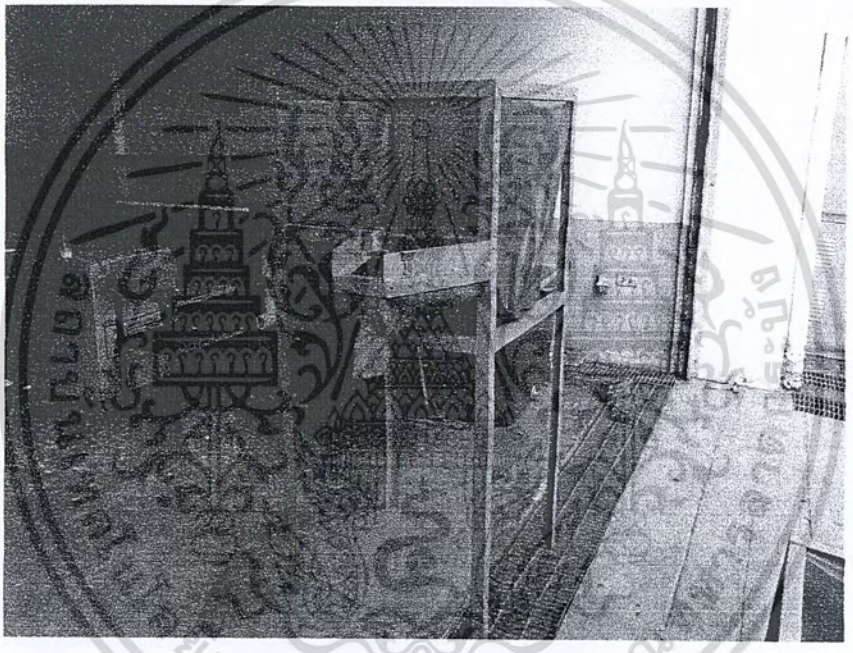
ความกว้างของปลายทั้งสอง มีขนาด 5 และ 6.3 cm ทิศทางการหมุนจะหมุนด้านตรงข้ามกัน ในลักษณะหมุนออกจากกัน ขนาดมุม 3.63 องศา แท่งเหล็กตันทั้งสองหุ้มด้วยฉนวนหุ้มท่อเครื่องปรับอากาศ ซึ่งทำจากวัสดุที่นิ่มและเบา สามารถป้องกันแรงกระแทกระหว่างผลพุทรากับแท่งเหล็กตันได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



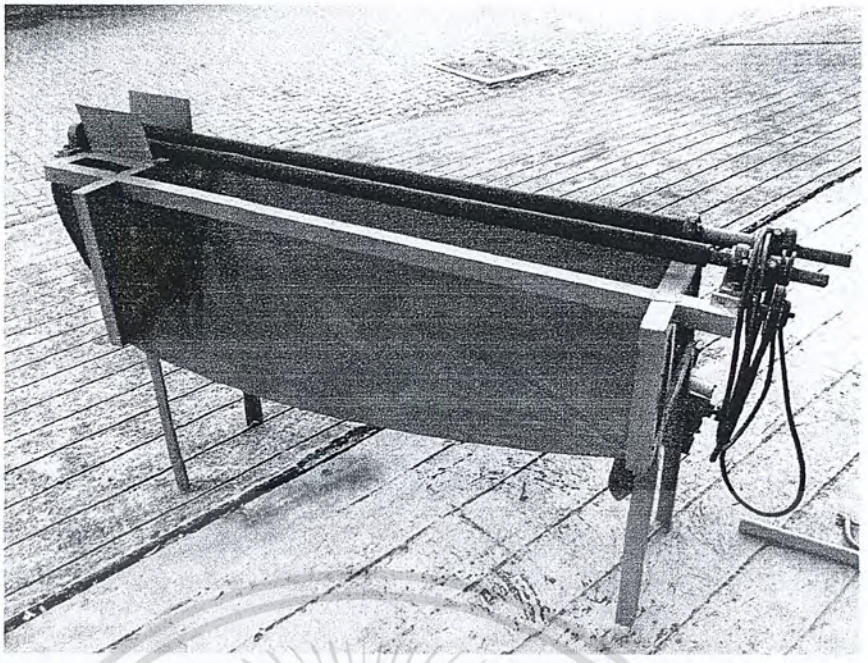
ภาพที่ 3.11 รางคัดขนาด

3.5 การสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทธราพันธุ์น้ำนมจากการออกแบบ

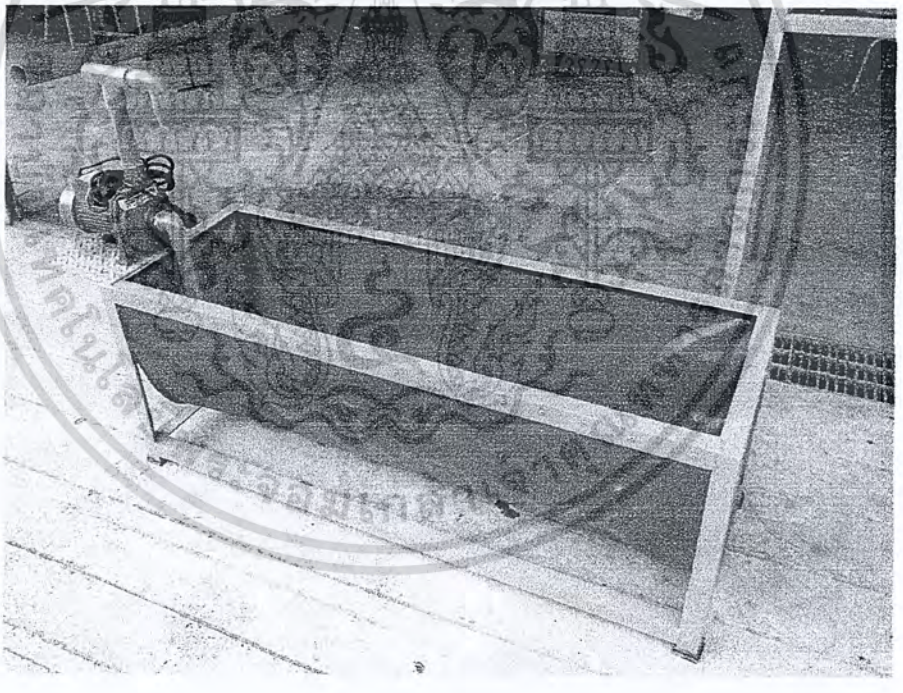


ภาพที่ 3.12 ส่วนป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

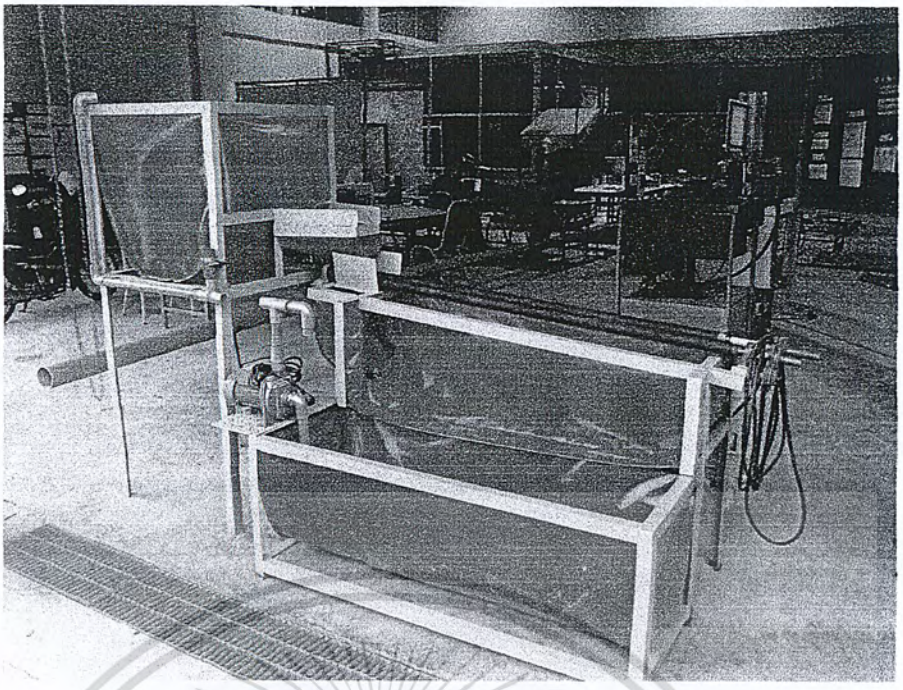


ภาพที่ 3.13 ส่วนรางคัดขนาด



ภาพที่ 3.14 ส่วนรองรับหลังคัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.15 เครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดพุทราพันธุ์น้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบเครื่องคัดขนาดพุทรา

4.1 การทดสอบหาเวลาที่ใช้และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคัดขนาด

4.1.1 จุดประสงค์การทดสอบ

1) เพื่อหาค่า GMD ของพุทราพันธุ์น้ำนมใช้ในการทดลองจำนวน 114 ลูก

2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคัดขนาดและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างคนกับเครื่องต้นแบบ

4.1.2 วิธีการทดสอบ

1) วัดขนาดพุทราหาค่า GMD ของพุทราที่ใช้ในการทดลองจำนวน 114 ลูก บันทึกผล

2) กำหนดขนาดมาตรฐานของพุททราที่ทำการวัดค่า GMD

3) ทดสอบคัดขนาดด้วยคนพร้อมจับเวลาในการคัด แบบ 2 ขนาด และ 3 ขนาดโดยการทำซ้ำ 5 ครั้งบันทึกผล หาค่าเฉลี่ยความผิดพลาด และเวลาที่ใช้

4) ทดสอบเครื่องคัดขนาดพุทราโดยปรับความเร็วรอบการหมุนของเพลารางคัดขนาดที่ 22 rpm ปล่อยพุทราลงในถังปล่อย จับเวลาในการคัด แบบ 2 ขนาด และ 3 ขนาด โดยการทำซ้ำ 5 ครั้ง บันทึกผล หาค่าเฉลี่ยความผิดพลาด และเวลาที่ใช้

5) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการคัดขนาดระหว่างการคัดโดยคนกับเครื่องต้นแบบ

4.1.3 เกณฑ์การคำนวณ

1) การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคัดดังสมการ

$$\frac{x}{y} \times 100$$

x = จำนวนผลพุทราที่คัดผิด

y = จำนวนผลพุทราทั้งหมดที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงการกำหนดมาตรฐานขนาดผลพุทราจากขนาดความกว้างของรางขยาย

ขนาด	เล็ก	กลาง	ใหญ่
2ขนาด	ไม่เกิน 56 มม.	-	ใหญ่ 56 มม.ขึ้นไป
3ขนาด	น้อยกว่า 53 มม.	53 ถึง 58 มม.	มากกว่า 58 มม.

4.2 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบในการคัด 2 ขนาดคือเล็กกับใหญ่ กำหนดให้ขนาดเล็กมีขนาด GMD เล็กกว่า 56 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่มีขนาด GMD ใหญ่กว่า 56 มิลลิเมตร ผลปรากฏว่า คนใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.248 นาที เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 13.154 เครื่องต้นแบบใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.174 นาที เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 7.71

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการคัดผลพุทรา 2 ขนาดโดยคนคัด

ครั้งที่	ลูกคัดผิด	เปอร์เซ็นต์คัดผิด	เวลา (นาที)
1	21	18.42	2.28
2	12	10.52	2.22
3	11	9.64	2.15
4	17	14.91	2.31
5	14	12.28	2.28
เฉลี่ย	15	13.154	2.248

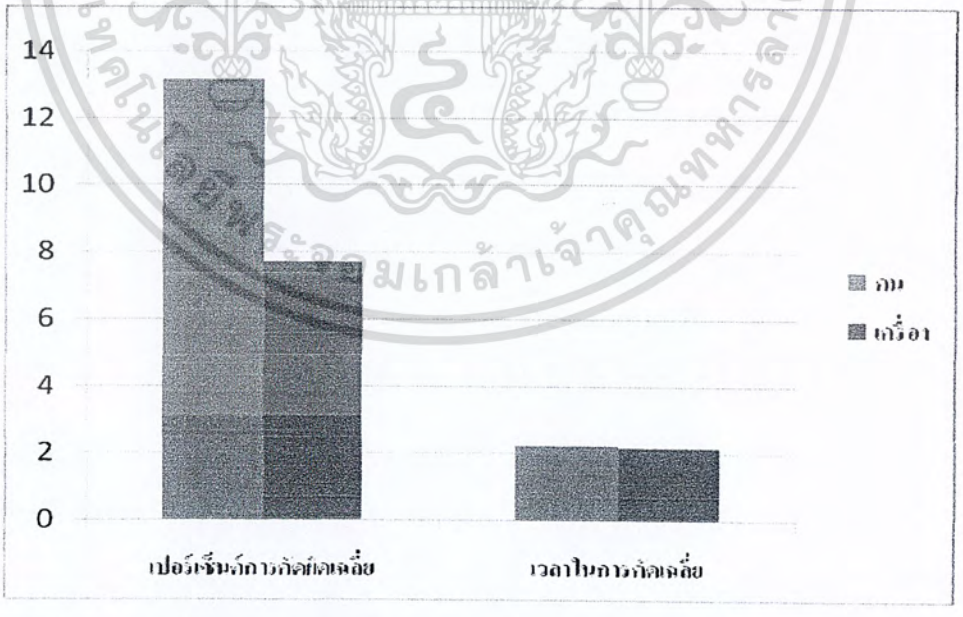
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพการคัดผลพุทรา 2 ขนาดโดยเครื่องคัด

ครั้งที่	ลูกคัดผิด	เปอร์เซ็นต์คัดผิด	เวลา (นาที)
1	10	8.77	2.18
2	7	6.14	2.22
3	9	7.89	2.15
4	8	7.01	2.06
5	10	8.77	2.26
เฉลี่ย	8.8	7.716	2.174

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบการคัดระหว่างคนกับเครื่องในการคัด 2 ขนาด

การคัด 2 ขนาด	คน	เครื่อง
เปอร์เซ็นต์การคัดผิดเฉลี่ย	13.154	7.716
เวลาในการคัดเฉลี่ย (นาที)	2.248	2.174



ภาพที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการคัดระหว่างคนกับเครื่องในการคัด 2 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบในการคัด 3 ขนาดคือเล็ก กลาง และใหญ่ กำหนดให้ขนาดเล็กมีขนาด GMD เล็กกว่า 53 มิลลิเมตร ขนาดกลางมีขนาด GMD 53-58 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่มีขนาด GMD ใหญ่กว่า 58 มิลลิเมตร ผลปรากฏว่าคนใช้เวลาคัดเฉลี่ย 3.326 นาที เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 49.652 เครื่องต้นแบบใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.150 นาที เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 30.522

ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการคัด 3 ขนาดโดยคนคัด

ครั้งที่	ลูกคัดผิด	เปอร์เซ็นต์คัดผิด	เวลา (นาที)
1	62	54.38	3.24
2	52	45.61	3.28
3	57	50	3.31
4	54	47.39	3.43
5	58	50.88	3.37
เฉลี่ย	56.6	49.652	3.326

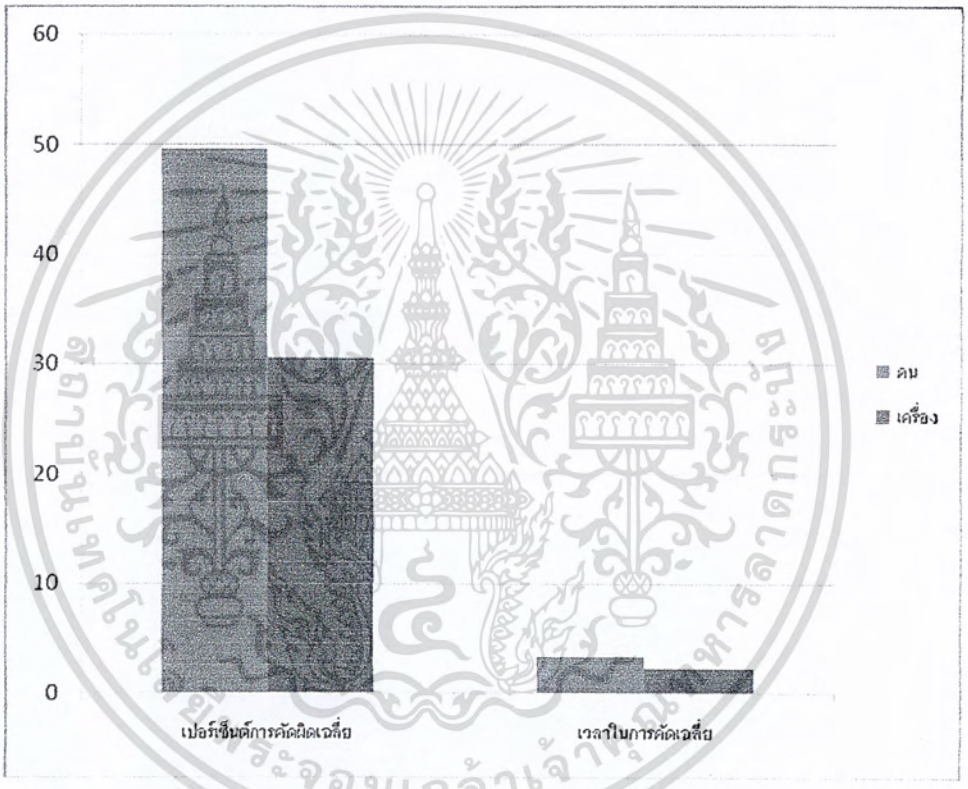
ตารางที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการคัด 3 ขนาดโดยเครื่องคัด

ครั้งที่	ลูกคัดผิด	เปอร์เซ็นต์คัดผิด	เวลา (นาที)
1	37	32.45	2.22
2	38	33.33	2.19
3	31	27.19	2.07
4	33	28.94	2.14
5	35	30.7	2.13
เฉลี่ย	34.8	30.522	2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบการคัดระหว่างคนกับเครื่องในการคัด 3 ขนาด

การคัด 3 ขนาด	คน	เครื่อง
เปอร์เซ็นต์การคัดผิดเฉลี่ย	49.652	30.522
เวลาในการคัดเฉลี่ย (นาที)	3.326	2.15



ภาพที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการคัดระหว่างคนกับเครื่องในการคัด 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการทดสอบเครื่องต้นแบบในการคัดขนาดพุทราแบบรางขยาย โดยการจับเวลาที่ใช้ในการคัดขนาด และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคัดขนาด เปรียบเทียบความสามารถในการคัดระหว่างคนกับเครื่องต้นแบบ ในการทดสอบนี้ใช้พุทราจำนวน 114 ลูก ทดสอบการคัดที่ความเร็วรอบในการหมุนแกนรางขยายเท่ากับ 22 rpm

จากการทดสอบในการคัด 2 ขนาดคือเล็กกับใหญ่ กำหนดให้ขนาดเล็กมีขนาด GMD เล็กกว่า 56 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่มีขนาด GMDใหญ่กว่า 56 มิลลิเมตร ผลปรากฏว่า คนใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.248 นาที ความผิดพลาดเฉลี่ย 13.154 เปอร์เซ็นต์ เครื่องต้นแบบใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.174 นาที ความผิดพลาดเฉลี่ย 7.716 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบในการคัด 3 ขนาดคือเล็ก กลาง และใหญ่ กำหนดให้ขนาดเล็กมีขนาด GMD เล็กกว่า 53 มิลลิเมตร ขนาดกลางมีขนาด GMD 53-58 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่มีขนาด GMD ใหญ่กว่า 58 มิลลิเมตร ผลปรากฏว่าคนใช้เวลาคัดเฉลี่ย 3.326 นาที ความผิดพลาดเฉลี่ย 49.652 เปอร์เซ็นต์ เครื่องต้นแบบใช้เวลาคัดเฉลี่ย 2.150 นาที ความผิดพลาดเฉลี่ย 30.522 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเครื่องคัดขนาดพุทราพันธ์น้ำนมมีดังนี้

1. เนื่องจากระบบการคัดแยกมีน้ำมาเกี่ยวข้อง ชุดมู่เล่สายพาน มอเตอร์ ปั๊มน้ำ ควรมีฝาครอบเพื่อป้องกันอันตรายและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากไฟฟ้ารั่วได้
2. เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการสร้างเป็นเหล็กเมื่อมีอายุการใช้งานผ่านไปอาจเกิดสนิมได้
3. เมื่อเหลือจำนวนผลพุทราน้อยในถังป้อน ความสามารถในการไหลลงสู่รางขยายจะลดลง
4. ควรศึกษามุมของรางคัดขนาดเพื่อเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพการคัดแยก ซึ่งขนาดของมุมในส่วนของรางคัดขนาดมีผลต่อความเร็วในการกลิ้งของผลพุทราบนรางคัดขนาด ทำให้ระยะเวลาที่ผลพุทราอยู่บนรางคัดขนาดสั้นลง การคัดก็จะเร็วขึ้นแต่อาจทำให้ผลพุทราไหลกลิ้งออกจากรางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1) ผศ. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ และคณะ , 2538 , สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ , พิมพ์ครั้งที่ 1 ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) ดร. นภดล อินนา , 2536 , กลศาสตร์ของไหล , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

3) William D . Callister , Jr , วัสดุศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุพื้นฐาน , กรุงเทพ : สำนักพิมพ์ท๊อป

4) Yoneyama Takeshi , แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล , กรุงเทพ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) , 2548

5) วิบูลย์ บุญยธโรกุล , 2529. ปั๊มและระบบสูบน้ำ , กรุงเทพ : ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6) ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ , วัชระ เพิ่มชาติ , 2543 , เครื่องสูบในงานวิศวกรรม , กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7) วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ , พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ , 2544 , กลศาสตร์ของไหล , กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

8) วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน , การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1 , กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.1

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธุ์น้ำนม 100 ผล เพื่อใช้ในการออกแบบรางขยาย

A คือ เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุด

B คือ เส้นผ่าศูนย์กลางยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ A

C คือ เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ A,B

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	GMD (mm)
1	56.7	54.44	48.17	52.97764
2	58.475	57.975	56.1	57.50752
3	56.715	55.75	50.85	54.3765
4	62.255	61.4	61.225	61.62503
5	58.165	58.225	58.025	58.13827
6	53.3	52.55	49.225	51.66089
7	56.9	54.975	52.475	54.75326
8	54.325	53.225	49.325	52.24694
9	57.425	56.75	52.175	55.4
10	57.3	56.5	55.125	56.30114
11	61.2	58.25	55.25	58.18261
12	57.15	56.2	52.825	55.36016
13	60.925	56.175	48.7	55.03292
14	53.55	53.3	52.475	53.10634
15	59.725	57.4	56.8	57.96139
16	53.6	52.8	50.125	52.15361
17	54.25	53.35	49.55	52.34308
18	57.075	55.95	52.65	55.19268
19	56.285	55.35	47.6	52.93047
20	59.05	57.325	50.975	55.67246
21	55.225	54.96	51.025	53.70176
22	56.5	54.6	49.55	53.46812

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	GMD (mm)
23	55.575	54.25	50.55	53.41544
24	55.75	53.525	49.75	52.94987
25	56.05	54.375	52.375	54.24582
26	59.5	58.825	53.65	57.26416
27	60.775	62.05	60.3	61.03721
28	54.6	52.575	49.775	52.27906
29	57.65	54.2	53.15	54.96682
30	53.2	51.725	49.4	51.41775
31	57.475	56.15	49.575	54.28716
32	59.475	58.5	55.85	57.92124
33	58.55	56.325	51.4	55.34313
34	62.4	61.7	55.35	59.73045
35	56.05	55	49.075	53.28433
36	54.4	53.575	50.85	52.9197
37	56.225	51.625	50.05	52.56918
38	61.5	59.65	56.2	59.07548
39	60.8	58.25	51.25	56.6193
40	58.5	57.2	52.05	55.84585
41	54.175	52.925	46.45	51.06796
42	58.75	57.275	52.7	56.18165
43	62.825	61.225	52.7	58.74316
44	33.625	60.4	51.075	46.98608
45	53.8	52.4	44.75	50.15361
46	56.2	53.475	50.65	53.39356
47	61.825	49.825	52.45	54.46518
48	59.8	57.85	52.4	56.59507
49	56.15	54.6	47.65	52.66658
50	58.6	57.3	52.6	56.10643
51	53.5	52.6	51.725	52.60334
52	61.15	60.125	53.5	58.15697

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	GMD (mm)
53	58.3	52.925	51.725	54.24295
54	58.925	56.6	54.375	56.60287
55	59.875	59.45	54.425	57.86269
56	60.65	58.55	53.525	57.49607
57	58.1	57.025	50.7	55.17595
58	58.825	55.825	53.875	56.13831
59	61.775	60.6	60.675	61.01431
60	62.75	62.85	62.275	62.6245
61	54.625	54.05	53.55	54.07322
62	58.425	57.175	56.275	57.2849
63	57.15	55.9	52.925	55.29633
64	56.6	55.8	53.55	55.30147
65	62.1	61.7	60.85	61.54779
66	54.95	52.625	50.525	52.66904
67	62.3	59.975	61.2	61.15095
68	60.4	56.425	56.35	57.69446
69	58.05	56.6	55.4	56.67299
70	57.75	55.3	55.975	56.33225
71	57.375	57.45	56.725	57.1824
72	56.775	55.45	54.2	55.46504
73	58.75	55.25	56.4	56.78144
74	57.225	51.9	55.075	54.68932
75	55.85	51.4	53.125	53.42712
76	55.375	51.75	50.375	52.45816
77	57.4	56.2	53.775	55.77114
78	55.425	54.275	48.625	52.68921
79	59.65	58.5	54.575	57.5334
80	54.425	52.65	48.375	51.75344
81	55.525	53.35	53.2	54.01465
82	49.65	50.675	49.725	50.0145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	GMD (mm)
83	57.6	56.225	54.15	55.97363
84	58.55	53.1	57.05	56.18569
85	62	61.55	54.375	59.20245
86	53.125	52.55	51.675	52.44661
87	56.825	54.5	53.125	54.79551
88	56.525	55.725	50.375	54.13796
89	58.7	55.55	51.15	55.0456
90	60.175	57.675	53.85	57.17372
91	58.325	58.15	53.375	56.5693
92	60.275	58.85	54.4	57.78665
93	57.25	55.525	52.25	54.96887
94	48.875	48.225	48.275	48.45744
95	53.75	50.15	49.2	50.99624
96	52.9	51.55	45.4	49.84023
97	54.5	50.35	48.9	51.19587
98	54.475	52.15	45.6	50.59863
99	54.4	51.3	44.45	49.87268
100	52.425	54.4	44.45	50.23461

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.2

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของพุทราพันธุ์น้ำนม 114 ผล เพื่อใช้ในการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างคนกับเครื่อง

A คือ เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุด
B คือ เส้นผ่าศูนย์กลางยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ A
C คือ เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ A,B

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	ด้านสั้นสุด (mm)	ด้านยาวสุด (mm)	GMD (mm)
1	64.53	66.28	67.96	64.53	67.96	66.241859
2	62.83	59.58	63.36	59.58	63.36	61.900512
3	62.87	61.21	66.01	61.21	66.01	63.33229
4	52.26	54.59	57.02	52.26	57.02	54.588761
5	49.87	52.59	55.45	49.87	55.45	52.587359
6	56.74	56.8	59.39	56.74	59.39	57.630227
7	54.39	54.71	56.9	54.39	56.9	55.322188
8	52.57	49.01	55.48	49.01	55.48	52.286115
9	71.42	70.63	75.05	70.63	75.05	72.341346
10	59.86	58.82	62.18	58.82	62.18	60.270411
11	54.9	56.32	55.33	54.9	56.32	55.513493
12	59.86	60.3	64.45	59.86	64.45	61.502436
13	61.45	64.45	66.72	61.45	66.72	64.170233
14	63.21	63.4	65.68	63.21	65.68	64.08692
15	61.93	58.31	64.57	58.31	64.57	61.549562
16	63.09	61.78	63.65	61.78	63.65	62.835096
17	65.74	62.93	66.24	62.93	66.24	64.953504
18	53.27	51.78	54.32	51.78	54.32	53.113082
19	63.52	65.03	68.52	63.52	68.52	65.656924

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	ด้านสั้นสุด (mm)	ด้านยาวสุด (mm)	GMD (mm)
20	54.71	55.18	57.85	54.71	57.85	55.896411
21	52.96	51.21	55.53	51.21	55.53	53.203901
22	54.85	56.78	56.33	54.85	56.78	55.980562
23	62.86	59.59	67.15	59.59	67.15	63.124496
24	54.79	54.29	57.62	54.29	57.62	55.547536
25	61.66	61.03	65.35	61.03	65.35	62.651407
26	69.41	68.77	73.25	68.77	73.25	70.449227
27	61.21	60.74	65.67	60.74	65.67	62.501158
28	61.04	60.45	63.44	60.45	63.44	61.629882
29	61.84	66.54	67.97	61.84	67.97	65.396803
30	57.87	61.09	63.66	57.87	63.66	60.827049
31	65.72	65.71	68.97	65.71	68.97	66.782563
32	70.15	68.31	70.33	68.31	70.33	69.590645
33	55.67	53.43	58.56	53.43	58.56	55.847339
34	66.72	59.82	66.69	59.82	66.72	64.326174
35	50.52	50.16	56.87	50.16	56.87	52.428572
36	62.65	58.45	64.16	58.45	64.16	61.70542
37	60.11	58.36	53.37	53.37	60.11	57.207513
38	64.89	62.2	69.71	62.2	69.71	65.52712
39	62.54	64.65	66.52	62.54	66.52	64.5495
40	60.74	59.59	63.67	59.59	63.67	61.309486
41	61.61	59.63	63.45	59.63	63.45	61.543551
42	64.37	64.3	66.28	64.3	66.28	64.976901
43	62.42	63.45	66.36	62.42	66.36	64.055131
44	63.89	59.88	62.91	59.88	63.89	62.203018
45	57.14	59.6	60.29	57.14	60.29	58.994373
46	62.91	61.66	66.21	61.66	66.21	63.564641

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	ด้านสั้นสุด (mm)	ด้านยาวสุด (mm)	GMD (mm)
47	60.03	61.49	63.54	60.03	63.54	61.669915
48	66.78	66.54	64.96	64.96	66.78	66.088375
49	59.24	62.39	59.73	59.24	62.39	60.437643
50	49.99	51.01	54.72	49.99	54.72	51.867444
51	54.48	53.59	58.55	53.59	58.55	55.498671
52	64.76	74.68	67.51	64.76	74.68	68.858848
53	65.33	67.87	69.4	65.33	69.4	67.512366
54	53.45	57.22	56.1	53.45	57.22	55.567323
55	63.56	63.34	65.63	63.34	65.63	64.168435
56	70.2	71.52	77.34	70.2	77.34	72.955202
57	62.79	65.81	62.79	62.79	65.81	63.780945
58	64.81	66.63	63.43	63.43	66.63	64.943474
59	58.72	61.5	65.17	58.72	65.17	61.740427
60	57.94	55.25	58.76	55.25	58.76	57.296864
61	60.69	60.02	64.3	60.02	64.3	61.641713
62	53.07	52.49	56.03	52.49	56.03	53.841286
63	43.52	42.67	47.12	42.67	47.12	44.395499
64	55.67	53.22	58.82	53.22	58.82	55.856498
65	60.25	67.81	64.53	60.25	67.81	64.121571
66	49.28	52	55.22	49.28	55.22	52.110289
67	63.39	61.31	67.83	61.31	67.83	64.119672
68	63.08	61.8	66.57	61.8	66.57	63.785149
69	64.02	63.22	69.67	63.22	69.67	65.575054
70	54.92	54.72	55.2	54.72	55.2	54.946314
71	46.75	48.47	51.05	46.75	51.05	48.724807
72	61.72	65.09	67.07	61.72	67.07	64.588644
73	64.56	65.2	66.21	64.56	66.21	65.319808

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	ด้านสั้นสุด (mm)	ด้านยาวสุด (mm)	GMD (mm)
74	64.1	62.72	69.53	62.72	69.53	65.385097
75	62.16	61.29	65.57	61.29	65.57	62.979896
76	48.91	48.07	51.73	48.07	51.73	49.545561
77	59.02	62.67	65.59	59.02	65.59	62.36853
78	58.5	61.22	64.06	58.5	64.06	61.21794
79	51.29	53.75	53.4	51.29	53.75	52.802053
80	63.15	64.56	67.84	63.15	67.84	65.153973
81	60.26	62.19	63.19	60.26	63.19	61.867991
82	59.17	62.2	64.12	59.17	64.12	61.796207
83	57.45	59.69	62.55	57.45	62.55	59.860404
84	53.44	51.61	58.83	51.61	58.83	54.54225
85	52.07	49.98	55.57	49.98	55.57	52.489779
86	60.14	63.11	65.78	60.14	65.78	62.967796
87	63.38	63.66	68.84	63.38	68.84	65.245903
88	60.35	61.98	68.4	60.35	68.4	63.483615
89	56.3	62.83	61.68	56.3	62.83	60.201402
90	60.4	61.07	63.3	60.4	63.3	61.577614
91	60.46	61.08	65.16	60.46	65.16	62.198906
92	50.86	52.8	54.85	50.86	54.85	52.811557
93	49.21	48.72	52.58	48.72	52.58	50.141087
94	47.74	45.52	48.6	45.52	48.6	47.268699
95	59.99	61.36	65.9	59.99	65.9	62.366285
96	52.97	55.76	55.84	52.97	55.84	54.840245
97	53.23	55.4	58.12	53.23	58.12	55.547427
98	46.31	50.56	53.43	46.31	53.43	50.013703
99	51.81	50.61	54.48	50.61	54.48	52.275197
100	55.8	55.72	59.03	55.72	59.03	56.829351

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่	ด้าน A(mm)	ด้าน B(mm)	ด้าน C(mm)	ด้านสั้นสุด (mm)	ด้านยาวสุด (mm)	GMD (mm)
101	49.75	49.74	54.16	49.74	54.16	51.175156
102	47.77	52.04	54.79	47.77	54.79	51.451488
103	52.95	57.74	53.22	52.95	57.74	54.593282
104	54.8	54.12	59.2	54.12	59.2	55.995529
105	47.16	48.12	50.75	47.16	50.75	48.653246
106	50.93	50.96	54.02	50.93	54.02	51.950041
107	52.56	51.5	55.45	51.5	55.45	53.144058
108	54	53.6	57.83	53.6	57.83	55.110867
109	57.42	63.44	64.95	57.42	64.95	61.849355
110	64.42	67.95	70.64	64.42	70.64	67.621836
111	64.49	64.72	67.53	64.49	67.53	65.565576
112	60.56	62.38	66	60.56	66	62.939756
113	59.08	59.64	62.55	59.08	62.55	60.404387
114	65.37	61.65	67.67	61.65	67.67	64.848895

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้