

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนากระบวนการชั่งน้ำหนักในการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์
THE DEVELOPMENT OF WEIGHING PROCESS IN THE MAIZE
SILAGE PRODUCTION



นาย กิตติคุณ สมแก้ว
นาย ตักดีศิริ พัวโพธิ์
นาย อนิรุต จันมี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 61958
วัน,เดือน,ปี... 25 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนากระบวนการชั่งน้ำหนักในการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์
THE DEVELOPMENT OF WEIGHING PROCESS IN THE MAIZE
SILAGE PRODUCTION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา2547

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนากระบวนการชั่งน้ำหนักในการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์

THE DEVELOPMENT OF WEIGHING PROCESS IN THE MAIZE SILAGE
PRODUCTION

ผู้จัดทำ

1. นาย กิตติคุณ สมแก้ว

2. นาย ศักดิ์ศิริ พลโพธิ์

3. นาย อนิรุต จันมี

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ธีรพงศ์ พลโพธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนากระบวนการชั่งน้ำหนักในการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์

นาย กิตติคุณ สวมแก้ว

นาย ศักดิ์ศิริ พัวโพธิ์

นาย อนิรุต จันมี

อาจารย์พิชิต กิตตินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและออกแบบการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพขบวนการชั่งน้ำหนักในกระบวนการผลิตข้าวโพดอาหารและเครื่องมือประกอบที่สำคัญคือ ถังบรรจุ ชุดเกลียวดำเฉียง ชุดชั่งน้ำหนัก ชุดส่งกำลัง และ มอเตอร์ต้นกำลัง หลักการทำงานโดยเกลียวดำเฉียงจะเป็นตัวลำเลียงข้าวโพดสับในถังบรรจุส่งไปยังชุดชั่งน้ำหนักและเมื่อชุดชั่งน้ำหนักได้น้ำหนักตามที่ต้องการ ชุดชั่งน้ำหนักก็จะปล่อยข้าวโพดสับที่ได้น้ำหนักลงสู่ด้านล่าง โดยชุดนิวเมติกเป็นตัวช่วยปล่อย และในการทดสอบเครื่องได้หมุนเกลียวดำเฉียงที่ความเร็วรอบ 152, 280, 390, 500 และ 600 รอบต่อนาที ทดสอบพบว่าที่ความเร็ว 280 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการชั่งน้ำหนักถึงที่ 1 อยู่ที่ 0.60 เปอร์เซ็นต์ และถึงที่ 2 อยู่ที่ 0.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DEVELOPMENT OF WEIGHING PROCESS IN THE MAIZE SILAGE PRODUCTION

Kittikun Somkaew

Saksiri Puepo

Aniroot Chanmee

Pichit Kittinon Advisor

Teerapong Ponpo Advisor

ABSTRACT

This project aimed to study the maize processing and improve to the efficiency of a weighing process in maize silage production. The major parts of this machine were hopper, screw conveyer, weighing units, transmission unit and motor. The machine was operated by, firstly, the maizes contained in the hopper were conveyed by the screw conveyer to the weighing unit. When the weight of mass reaches 20kg then it was dropped by using the pneumatic system. In the tests, The screw conveyer was operated at 152, 280, 390, 500 and 600 rpm. It was found that the best performance was 280 rpm, which the error in weighing was 0.60 % at the first weighing unit 0.30 % at the second weighing unit, which was the minimums among the tests.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ

อาจารย์พิชิต กิตตินนท์, อาจารย์ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อมูล ปรึกษาปัญหา ให้คำปรึกษาในการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จ ขอพระคุณอย่างยิ่งที่อาจารย์ให้ความช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดตลอดเวลา

อาจารย์วสุ อุดมเทพายกุล, รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ ที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือ พี่ตุ้ม ที่คอยให้คำแนะนำ จัดสร้างและควบคุมเวลาขอเปิดใช้อาคารปฏิบัติงานนอกเวลา ชยันต์ ที่คอยช่วยให้เบิกเครื่องมือเวลาานอกราชการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง-จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช-ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและเหตุผล	3
2.1 การชั่งน้ำหนักโดยวิธีต่างๆ	3
2.2 มุมมองวัสดุ	6
2.3 วิธีการวัดมุมมองวัสดุ	9
2.4 การประยุกต์ใช้มุมมองวัสดุสำหรับการออกแบบในงานอุตสาหกรรม	13
2.5 สกรูขนถ่ายวัสดุ	17
2.5.1 หลักการทำงานและการใช้งาน	19
2.5.2 ชนิดของใบเกลียว	19
2.5.3 ใบเกลียวของสกรูลักษณะต่างๆ และรูปแบบการใช้งานของใบสกรู	21
2.5.4 ใบสกรูแบบมีระยะพิตช์และเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดร่วมกัน	23
2.6 การพิจารณาออกแบบของสกรู	25
2.6.1 การแบ่งประเภทของวัสดุ	26
2.6.2 ข้อจำกัดเกี่ยวกับขนาดของวัสดุ	27
2.7 การคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุ	29
2.8 การหาค่าลึงซ์	37
บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง	40
3.1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์	40
3.2 การคำนวณ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 หาอัตราagnarขนถ่ายวัสดุ	45
3.2.2 หากำลังขับ	45
3.2.3 การคำนวณหาความเร็วรอบ	47
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	48
4.1 การทดลอง	48
4.2 ผลการทดลอง	50
4.3 สรุปผลการทดลอง	51
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	53
5.1 ปัญหาและอุปสรรค	53
5.2 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	53
5.3 แนวทางการปรับปรุง	53
ภาคผนวก ก. แบบโครงสร้างเครื่องชั่งข้าวโพดอาหารสัตว์	54
ภาคผนวก ข. ตารางบันทึกผลการทดลอง	61
เอกสารอ้างอิง	65

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติในการไหลของวัสดุ	14
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงคุณสมบัติวัสดุ	26
ตารางที่ 2.3 แฟกเตอร์ระยะพิชชีไบสกรู	32
ตารางที่ 2.4 แฟกเตอร์ชนิดไบสกรู F_1	35
ตารางที่ 2.5 แฟกเตอร์ใบพัด F_p	35
ตารางที่ 2.6 ค่าประมาณของแฟกเตอร์วัสดุ	35
ตารางที่ 2.7 แฟกเตอร์วัสดุ (F_m)	36
ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาและน้ำหนักที่ใช้ต่อความเร็วรอบ	50
ตารางที่ 4.2 น้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละถัง	52
ตารางผนวก ข. 1 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 152 รอบ/นาที	62
ตารางผนวก ข. 2 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 280 รอบ/นาที	62
ตารางผนวก ข. 3 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 390 รอบ/นาที	63
ตารางผนวก ข. 4 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที	63
ตารางผนวก ข. 5 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1-2.9 การชั่งโดยวิธีต่างๆ	3
รูปที่ 2.10 มุมมองวัสดุตามธรรมชาติ	7
รูปที่ 2.11 ผลของรูปทรงวัสดุต่อมุมมองวัสดุ	8
รูปที่ 2.12 การวัดมุมมองวัสดุโดยให้วัสดุไหลจากถังเก็บวัสดุ	9
รูปที่ 2.13 การวัดมุมมองวัสดุโดยการหมุนภาชนะบรรจุ	9
รูปที่ 2.14 การวัดมุมมองวัสดุโดยให้วัสดุก่อตัวบนผนัง	10
รูปที่ 2.15 การวัดมุมมองวัสดุโดยการให้อากาศไหลผ่าน	10
รูปที่ 2.16 การวัดมุมมองวัสดุโดยวิธีการหมุน	11
รูปที่ 2.17 การวัดมุมมองวัสดุโดยการสั่นสะเทือน	11
รูปที่ 2.18 การวัดมุมมองวัสดุโดยวัดมุมมองวัสดุที่เหวี่ยงจากการไหล	12
รูปที่ 2.19 การวัดมุมมองวัสดุโดยวิธีการเทวัสดุลงบนแผ่นวงกลม	12
รูปที่ 2.20 การหาขนาดความสูงของไซโลเก็บวัสดุ	14
รูปที่ 2.21 การหามุมเอียงของภาชนะบรรจุ	15
รูปที่ 2.22 อุปกรณ์ช่วยให้วัสดุไหลออกจากภาชนะบรรจุได้หมด	15
รูปที่ 2.23 การหาอัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยสายพานลำเลียง	16
รูปที่ 2.24 การหาแรงที่กระทำกับผนังของภาชนะบรรจุ	16
รูปที่ 2.25 สกรูแบบระหัดเกลียวสำหรับขนถ่ายของเหลวและสิ่งปฏิกูล	17
รูปที่ 2.26 ส่วนประกอบของสกรูขนถ่ายวัสดุ	18
รูปที่ 2.27 ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุบนใบเกลียว	19
รูปที่ 2.28 ลักษณะใบเกลียวซ้ายและขวา	20
รูปที่ 2.29 ลักษณะการติดตั้งแบร์ริงที่เพลลาของใบสกรูเกลียวซ้ายและเกลียวขวา	21
รูปที่ 2.30 ลักษณะต่างๆของใบสกรู	22
รูปที่ 2.31 ใบสกรูแบบมีระยะพิตช์และเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดร่วมกัน	24
รูปที่ 2.32 การไหลของวัสดุในบางตำแหน่งของส่วนปล่อยวัสดุรูปลิ้ม	24
รูปที่ 2.33 ลักษณะหน้าตัดของสกรู	25
รูปที่ 2.34 ขนาดก้อนวัสดุใหญ่ที่สุดและขนาดของสกรูที่เหมาะสม	28
รูปที่ 2.35 หน้าตัดของรางสกรูสำหรับการขนถ่ายวัสดุที่มีลักษณะเป็นก้อน	28
รูปที่ 2.36 หลักการคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.37 แฟกเตอร์ความเต็มราง	30
รูปที่ 2.38 ความเร็วรอบสูงสุดของสกรูขนถ่ายวัสดุ	32
รูปที่ 2.39 แฟกเตอร์ชนิดของใบสกรู	34
รูปที่ 2.40 แฟกเตอร์จำนวนใบพัด	34
รูปที่ 2.41 แฟกเตอร์กำลังขับ (Fo)	34
รูปที่ 2.42 อัตราการขนถ่ายวัสดุที่ลดลงจากการขนถ่ายวัสดุแนวเอียง	39
รูปที่ 2.43 สกรูการขนถ่ายวัสดุที่มีระยะทางขนถ่ายวัสดุ 9.13 เมตรและมุมเอียง 20 องศา	39
รูปที่ 3.1 โครงเครื่องชั่งข้าวโพดอาหารสัตว์	40
รูปที่ 3.2 ชุดชั่งน้ำหนัก	41
รูปที่ 3.3 เกลียวลำเลียง	41
รูปที่ 3.4 ถังบรรจุ	42
รูปที่ 3.5 ลูกสูบลำบน	42
รูปที่ 3.6 ลูกสูบลำล่าง	42
รูปที่ 3.7 วาล์วนิวเมติก	43
รูปที่ 3.8 ใบเปลี่ยนทิศทาง	43
รูปที่ 3.9 การติดตั้งชุดต้นกำลัง	44
รูปที่ 3.10 การต่อวงจรไฟฟ้านิวเมติก	44
รูปที่ 4.1 ข้าวโพดอาหารสัตว์	48
รูปที่ 4.2 ข้าวโพดอยู่ใน hopper	49
รูปที่ 4.3 ข้าวโพดเริ่มตกลงถึงเก็บ	49
รูปที่ 4.4 การชั่งข้าวโพด	50
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความเร็วยรอบ	51
รูปผนวก ก. 1 โครงสร้างเครื่อง	55
รูปผนวก ก. 2 ด้านหน้าโครงสร้างเครื่อง	56
รูปผนวก ก. 3 ด้านข้างของโครงสร้างเครื่อง	57
รูปผนวก ก. 4 ด้านบนของโครงสร้างเครื่อง	57
รูปผนวก ก. 5 ถังบรรจุ	58
รูปผนวก ก. 6 ช่องปล่อยชั่งข้าวโพด	59
รูปผนวก ก. 7 เกลียวลำเลียงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 cm ระยะพิทช์ 0.127 m	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่

รูปผนวก ก. 8 ใบเปลี่ยนทิศทางทางออกของข้าวโพดอาหารสัตว์

หน้า

60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

เนื่องจากเครื่องชั่งน้ำหนักข้าวโพดอาหารสัตว์ที่ถูกสร้างขึ้นมาแล้วนั้น ยังมีปัญหาในส่วนของระบบการชั่งน้ำหนัก, ระบบลำเลียงเกลียว, HOPER ในส่วนการชั่งน้ำหนักซึ่งจากเดิมใช้สปริงเป็นตัวรองรับน้ำหนักโดยตรง ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือสปริงนั้นอาจจะเกิดความล้า ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้จึงเกิดแนวความคิดใหม่มาใช้ในระบบชั่ง โดยเป็นกลไกระบบรองรับน้ำหนักของเครื่องชั่งน้ำหนักของคนมาใช้ เนื่องจากกลไกของเครื่องชั่งนี้สามารถรองรับน้ำหนักได้มากกว่า อีกทั้งยังมีค่าแม่นยำกว่าจึงคิดว่าจะนำมาใช้แทนระบบสปริงชั่งน้ำหนัก ข้าวโพดอาหารสัตว์ และในส่วนของระบบลำเลียงซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นก็จะมีวัสดุลำเลียงมานั้นจะเกิดการอุดตันขึ้นที่บริเวณปลายสุดของเกลียวลำเลียงซึ่งส่งผลให้เกิดการขาดตอนในการชั่งน้ำหนัก แนวทางแก้ไขปัญหาก็คือจะลดความยาวเกลียวลำเลียงให้มีความยาวสั้นลง ซึ่งปลายของเกลียวลำเลียงจะสิ้นสุดที่ช่องปล่อยที่ 2 พอจะทำให้ลดการติดขัดได้ ในส่วนของ HOPPER ซึ่งก็มีปัญหาการติดค้างของวัสดุ เนื่องจากวัสดุมีความชื้นมากซึ่งจะเกาะตัวกันมาก และการพัฒนากระบวนการชั่งน้ำหนักในการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์น่าจะเป็นผลดีต่อเกษตรกรอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบลำเลียงให้ได้อัตราที่เหมาะสมและลดปัญหาการติดค้างของวัสดุใน เกลียวลำเลียง
2. เพื่อพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักข้าวโพดอาหารสัตว์ ให้มีระบบชั่งน้ำหนักที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น
3. เพื่อพัฒนาในส่วนของตัว HOPPER เพื่อลดปัญหาการติดค้างของวัสดุ
4. เพื่อลดจำนวนผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาในระบบลำเลียงก่อนที่จะทำการชั่งน้ำหนัก
2. ศึกษาในส่วนการชั่งน้ำหนัก โดยการเปลี่ยนมาเป็นกลไกในเครื่องชั่งน้ำหนักคน
3. ศึกษาในส่วนถังบรรจุวัสดุ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการชั่งข้าวโพดอาหารสัตว์
2. ลดต้นทุนในการผลิต
3. ลดการสูญเสียข้าวโพด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

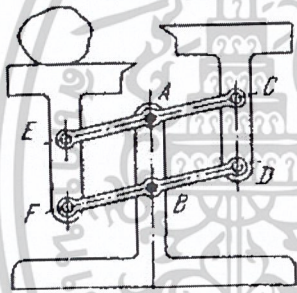
บทที่ 2

หลักการและเหตุผล

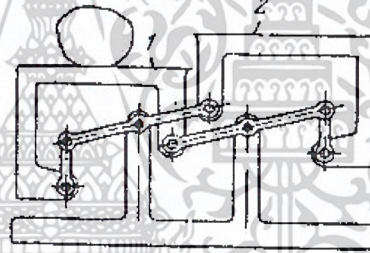
2.1 การชั่งน้ำหนักโดยวิธีต่าง ๆ

1. การชั่งน้ำหนักโดยสเตรนเกจ สเตรนเกจคืออุปกรณ์ที่ความต้านทานของตัวมันเปลี่ยนแปลงเมื่อถูกทำให้ยืดหรือหด หรือถูกทำให้เกิดความเครียด ดังนั้นสเตรนเกจจึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเครียดมากที่สุด

2. การชั่งน้ำหนักโดยอิเล็กทรอนิกส์
3. การชั่งน้ำหนักโดยตุ้มถ่วงน้ำหนัก
4. กลไกเครื่องชั่งแบบต่างๆ



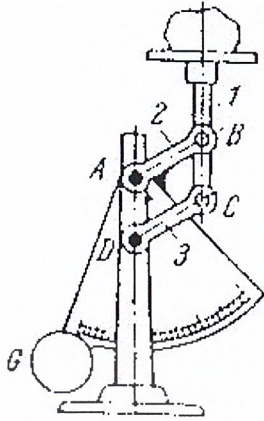
รูปที่ 2.1



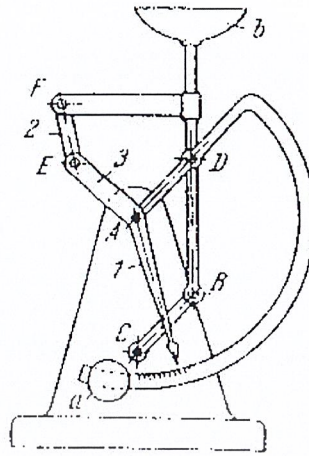
รูปที่ 2.2

รูปที่ 2.1 เครื่องชั่งดังรูปประกอบด้วยคาน EC และ FD วางตัวในแนวขนานกัน จุดหมุนของคานอยู่ที่จุด A และ B ตามลำดับ โดยจัดระยะให้ $AB = CD = EF$ และ $AC = BD = AE = BF$ คานทั้งสองจะวางตัวในแนวระดับเมื่อน้ำหนักบนจานรองด้านซ้ายเท่ากับด้านขวา

รูปที่ 2.2 กลไกเครื่องชั่งตามรูปมีอิสระในการเคลื่อนที่ได้สองจังหวะ เนื่องจากคานมีขนาดเท่ากันและสมมาตรกันระหว่างข้างซ้ายและข้างขวา เป็นรับน้ำหนัก 1 และ 2 จึงเคลื่อนที่ขึ้นลงโดยที่เส้นตรงบนแป้นทั้งสองยังขนานกันเสมอ



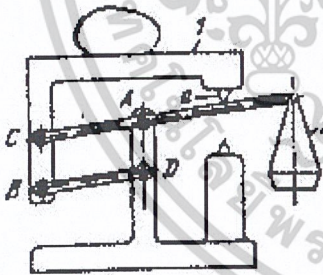
รูปที่ 2.3



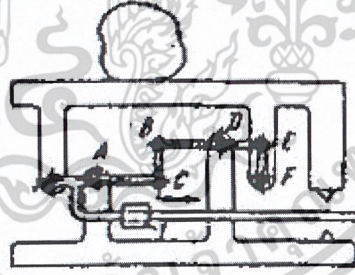
รูปที่ 2.4

รูปที่ 2.3 กลไกเครื่องชั่งตามรูปประกอบด้วยเป็นรับน้ำหนักเพียงอันเดียว คานต่อกันโดยให้ระยะ $AB = DC$ และระยะ $AD = BC$ ก้อนวัตถุบนเป็นทำให้ชิ้นส่วน 1 เคลื่อนที่ลง ชิ้นส่วนที่แสดงสเกลพร้อมตุ้มน้ำหนัก G ยึดแน่นกับคาน 2 โดยหมุนได้รอบจุดหมุน A การหมุนของตุ้มน้ำหนัก G ไปจากตำแหน่งเดิมจะแสดงค่าน้ำหนักของก้อนวัตถุ โดยอ่านจากสเกล

รูปที่ 2.4 กลไกเครื่องชั่งตามรูปประกอบด้วยงานรับน้ำหนักเพียงอันเดียวคานต่อกันโดยให้ระยะ $AD = CB$ และ $AC = DB$ คาน 2 และ 3 ทำให้เข็มหนึ่งเบี่ยงเบนไปตามน้ำหนักของวัตถุในงานตุ้ม (a) สำหรับถ่วงให้สมดุลกับน้ำหนักของงาน (b) และชิ้นส่วนอื่นๆของกลไก



รูปที่ 2.5

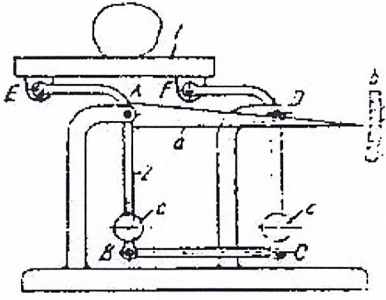


รูปที่ 2.6

รูปที่ 2.5 กลไกเครื่องชั่งประกอบด้วยคานซึ่งมีระยะ $AC = DB$ และ $AD = CB$ เป็นรับน้ำหนัก 1 เคลื่อนที่ขึ้นและลงโดยรักษาแนวขนานกันเสมอ หลักขัน (a) เป็นตัวจำกัดการเคลื่อนที่ของกลไก น้ำหนักบนเป็น 1 จะสมดุลกับน้ำหนักบนงาน 2 ก็ต่อเมื่อคานไม่สัมผัสกับหลักขัน (a) ทั้งสองข้าง

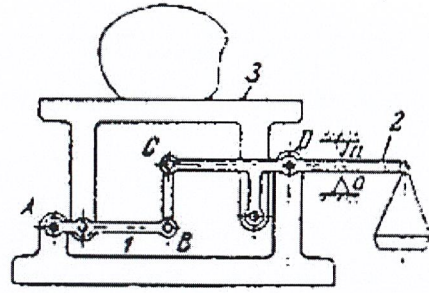
รูปที่ 2.6 กลไกเครื่องชั่งประกอบด้วยคานซึ่งมีระยะ $AC = DB$ และ $BC = EF$ น้ำหนักบนเป็นจะสมดุลกับตุ้มน้ำหนัก ซึ่งเลื่อนได้บนคานก็ต่อเมื่อคานอยู่ระหว่างหลักขัน โดยไม่สัมผัสกับหลักขันอันใดอันหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



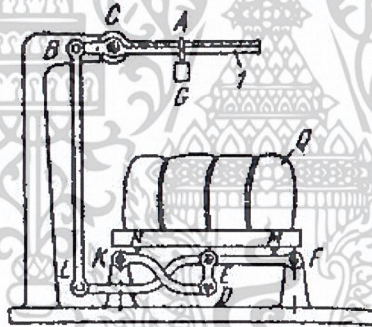
รูปที่ 2.7

ดูรูปที่ 2.7 กลไกเครื่องชั่งประกอบด้วยคานซึ่งมีระยะ $AB = DC$, $AD = BC = EF$, $AE = DE$ และ $BE = CF$ เป็น 1 เคลื่อนที่ขึ้นและลงโดยอยู่ในแนวขนานกันเสมอ เจ็มซี (a) ยึดติดกับชิ้นส่วน 2 และซีค่าของน้ำหนักบนเป็น 1 ด้วยสเกล (b) ก้อนน้ำหนัก (c) สำหรับถ่วงให้สมดุลกับน้ำหนักของเป็น 1 และน้ำหนักของกลไก



รูปที่ 2.8

ดูรูปที่ 2.8 กลไกเครื่องชั่งประกอบด้วยกลไกคานแบบ 4 ชิ้น ABCD ชิ้นส่วน 1 และ 2 และเป็น 3 ต่อกันด้วยข้อต่อสลัก น้ำหนักบนเป็น 3 จะสมดุลกับน้ำหนักบนจานเมื่อคานลอยตัวอยู่ระหว่างหลักย่น (a) ทั้งสอง



รูปที่ 2.9

ดูรูปที่ 2.9 กลไกเครื่องชั่งประกอบด้วยคานซึ่งมีระยะ $KN/EK = MF/FE$ กลไกจะอยู่ในสมดุลเมื่อคาน 1 อยู่ในแนวระดับซึ่งปรับได้โดยเลื่อนตุ้มน้ำหนัก G และ Q ซึ่งอยู่บนเป็นมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$G = Q(EF/LE)(BC/AC)$ โดยจะต้องออกแบบให้ผลคูณของ $(EF/LE)(BC/AC)$ มีค่าเท่ากับ 10 หรือ 100 (รศ.ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 2521)

2.2 มุมองวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

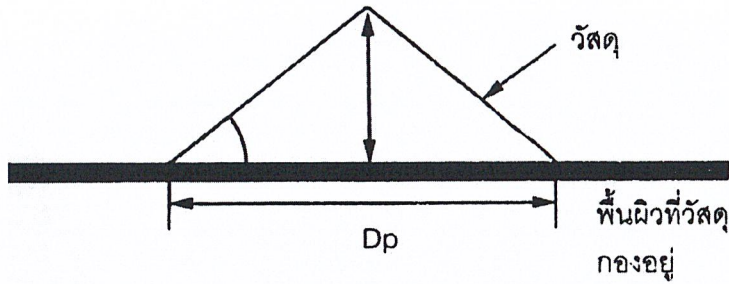
มุมกองวัสดุจะเป็นมุมกองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของวัสดุ สามารถจำแนกออกเป็นสองชนิด คือ มุมกองสถิตย์ของวัสดุ และมุมกองพลศาสตร์ของวัสดุ ตัวแปรที่มีผลต่อมุมกองวัสดุ ได้แก่ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัสดุกับพื้นผิวขนาดของวัสดุและการกระจายของขนาดวัสดุ รูปทรงของวัสดุ ขนาดของกองวัสดุ ความชื้นสัมพัทธ์ของวัสดุ และการเคลื่อนที่ของพื้นผิว สำหรับวิธีการวัดมุมกองวัสดุโดยทั่วไปจะมีอยู่ 8 วิธี ได้แก่ การวัดมุมกองวัสดุโดยให้วัสดุไหลออกจากถังเก็บวัสดุ การวัดมุมกองวัสดุโดยการหมุน 8 วิธี ได้แก่ การวัดมุมกองวัสดุโดยให้วัสดุไหลออกจากถังเก็บวัสดุ การวัดมุมกองวัสดุโดยการหมุนภาชนะบรรจุ การวัดมุมกองวัสดุโดยการให้อากาศไหลผ่าน การวัดมุมกองวัสดุโดยให้วัสดุก่อตัวบนผนัง การวัดมุมกองวัสดุโดยวิธีการหมุน การวัดมุมกองวัสดุโดยการสั่นสะเทือน การวัดมุมกองวัสดุโดยวัดมุมกองที่เหลื่อจากการไหล และการวัดมุมกองวัสดุโดยวิธีการเทวัสดุลงบนแผ่นวงกลม ส่วนประโยชน์ของมุมกองวัสดุ ได้แก่ บอกคุณสมบัติในการไหลของวัสดุ คำนวณหาปริมาตรของกองวัสดุ คำนวณหาความสูงของภาชนะบรรจุ กำหนดมุมเอียงของภาชนะบรรจุที่เหมาะสม คำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยสายพานลำเลียง และคำนวณหาแรงที่กระทำกับผนังของภาชนะบรรจุ

มุมกองวัสดุในที่นี้จะหมายถึง มุมกองสถิตย์ของวัสดุ ซึ่งนิยมนำไปใช้สำหรับบอกคุณสมบัติในการไหลของวัสดุในขณะที่ไม่อยู่ภายใต้แรงกดดัน และยังสามารนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบในงานอุตสาหกรรมได้อีกด้วย ค่ามุมกองวัสดุที่วัดได้ของแต่ละวิธีโดยปกติจะมีค่าแตกต่างกัน ไปตั้งแต่ค่ามุมกองวัสดุสูงสุดไปถึงค่ามุมกองวัสดุต่ำสุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปใช้งาน

วัสดุปริมาณมวลเมื่อถูกเทออกจากภาชนะบรรจุ ก็จะเกิดการเคลื่อน ไถลกลายเป็นกองวัสดุตามธรรมชาติ มุมที่พื้นผิวของวัสดุกระทำกับพื้นราบจะเรียกว่า “มุมกองวัสดุ” (angle of repose) ซึ่งมุมกองวัสดุนี้จะสามารถนำไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบขนถ่ายวัสดุได้ มุมกองวัสดุนี้ยังสามารถบอกถึงคุณสมบัติในการไหลของวัสดุ สามารถนำไปคำนวณหาปริมาตรของวัสดุที่อยู่บนอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุและในถังเก็บวัสดุ อีกทั้งยังใช้คำนวณหารูปทรงของถังเก็บวัสดุที่เหมาะสม และแรงที่กระทำกับถังเก็บวัสดุได้อีกด้วย

มุมกองวัสดุโดยทั่วไปจะมีมุมกองสถิตย์ของวัสดุ และมุมกองพลศาสตร์ของวัสดุบนพื้นผิวที่อยู่กับที่ ส่วนมุมกองพลศาสตร์ของวัสดุจะหมายถึงมุมกองวัสดุบนพื้นผิวเคลื่อนที่ เช่นในกรณีที่วัสดุที่อยู่บนสายพานลำเลียงจะมีมุมกองวัสดุลดลง ในบทความนี้จะใช้คำว่า “มุมกองวัสดุ” แทน “มุมกองสถิตย์ของวัสดุ” เพื่อให้ง่ายต่อการกล่าวถึงมุมกองวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 มุมกองวัสดุตามธรรมชาติ

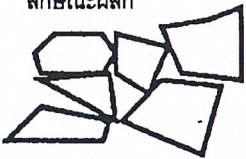


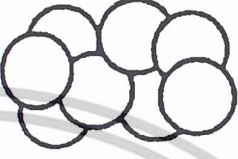
ตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อมุมกองวัสดุ

การวัดค่าของมุมกองวัสดุซึ่งอาจจะคิดว่าเป็นเรื่องง่าย ๆ แต่ความจริงแล้วมีความยุ่งยากซับซ้อนพอสมควร เช่น การวัดมุมกองวัสดุที่ถูกเทลงบนพื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัสดุกับพื้นผิวที่แตกต่างกัน ก็จะได้ค่ามุมกองวัสดุที่แตกต่างกันไปด้วย จากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าค่าของมุมกองวัสดุที่แตกต่างกันถึง 5 องศา ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณากันถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อค่าของมุมกองวัสดุด้วย ขนาดของมุมกองวัสดุจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัสดุกับพื้นผิว ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัสดุกับพื้นผิวมีค่าต่ำ ก็จะได้ค่ามุมกองวัสดุที่ต่ำด้วย แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัสดุกับพื้นผิวมีค่ามาก ก็จะได้ค่ามุมกองวัสดุที่มากขึ้นตามไปด้วย จากการทดลองหาค่ามุมกองวัสดุของโปแตสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate) บนพื้นผิวที่แตกต่างกันพบว่า มุมกองโดยเฉลี่ยที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันถึง 5 องศา

2. ขนาดของวัสดุและการกระจายของขนาดวัสดุ จากการทดลองพบว่าขนาดวัสดุจะมีผลอย่างมากกับพื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ และมุมกองวัสดุจะมีค่าน้อยลงเมื่อขนาดของวัสดุโตขึ้น ในขณะที่ผลของการกระจายของขนาดวัสดุนั้น จากการทดลองยังไม่สามารถสรุปผลได้ เนื่องจากมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาก และมีการแยกตัวของวัสดุขณะถูกเทด้วย

3. รูปทรงของวัสดุ โดยปกติแล้วรูปทรงของวัสดุจะเป็นตัวกำหนดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุซึ่งจะมีผลต่อมุมกองวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 จากการทดลองวัสดุที่เป็นน้ำตาล และแก้วที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยม (spangle) จะมีแรงยึดเหนี่ยวภายในวัสดุสูง เนื่องจากกาขัดตัวกันเองของวัสดุ จึงมีมุมกองวัสดุมากถึง 50 องศา ในขณะที่น้ำตาลที่มีลักษณะเป็นผลึก จึงมีมุมกองวัสดุเพียง 37 องศา และในการทำนองเดียวกับแก้วที่มีลักษณะหลายเหลี่ยม ซึ่งมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุสูงกว่า ก็จะมีมุมกองวัสดุสูงกว่าแก้วที่มีลักษณะเป็นทรงกลม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า มุมกองวัสดุจะมีค่ามาก ถ้าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุซึ่งขึ้นอยู่กับรูปทรงของวัสดุมีค่ามากขึ้น

น้ำตาล	ลักษณะผลึก 	ลักษณะเลื่อม 
มุมองวัสดุ	37°	24°
50°	แก้ว 	ลักษณะหลายเหลี่ยม 
ลักษณะทรงกลม	มุมองวัสดุ	21°

รูปที่ 2.11 ผลของรูปทรงวัสดุต่อมุมองวัสดุ

4. ขนาดขององวัสดุ จากการทดสอบพบว่าในขณะที่เทวัสดุจนกองทับถมกันเป็นกอง ถ้าองวัสดุยังเล็กอยู่ จะทำให้มุมยอดขององวัสดุแหลมมาก นั่นหมายถึงมุมองวัสดุจะมีค่ามาก แต่เมื่อเทวัสดุเพิ่มมากขึ้นจนองวัสดุโตขึ้น มุมยอดขององวัสดุจะมีค่าน้อยลง หรือมุมองวัสดุมีค่าน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ถ้าวัสดุกองโตขึ้นจะมีมุมองวัสดุน้อยลง

5. ความชื้นสัมพัทธ์ของวัสดุ การเกาะตัวกันของวัสดุ โดยปกติแล้วจะเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุ ซึ่งเกิดขึ้นจากไฟฟ้าสถิต และความชื้นสัมพัทธ์ของวัสดุ เมื่อวัสดุได้รับความชื้น จะทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มุมองวัสดุมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย และเมื่อน้ำในวัสดุระเหยออกไปจนวัสดุแห้ง ก็จะทำให้เกิดการก่อตัวของวัสดุใหม่เป็นก้อน ทำให้คุณสมบัติในการไหลของวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ในบางกรณีความชื้นสัมพัทธ์ของวัสดุจะทำหน้าที่เหมือนสารหล่อลื่นจึงทำให้วัสดุไหลได้ดียิ่งขึ้น

6. การเคลื่อนที่ของพื้นผิว ถ้าพื้นผิวที่วัสดุกองทับถมกันมีการเคลื่อนที่ ก็จะทำให้วัสดุที่อยู่ที่ผิวบนสุดขององวัสดุเกิดการเคลื่อนที่ ก็จะทำให้วัสดุที่อยู่ที่ผิวบนสุดขององวัสดุเกิดการเคลื่อนที่แล้วไหลลงมาอยู่ที่ฐานขององวัสดุ ทำให้มุมองวัสดุที่กองอยู่บนพื้นผิวที่เคลื่อนที่มีค่าน้อยกว่ามุมองวัสดุที่อยู่บนพื้นผิวที่อยู่กับที่ จากการทดลองพบว่ามีค่าแตกต่างกันประมาณ 3 – 5 องศา มุมองวัสดุนบนพื้นผิวที่เคลื่อนที่นี้ เรียกว่า “มุมองพลศาสตร์ของวัสดุ” (dynamic angle of repose) และเป็นค่าที่มีความสำคัญในการคำนวณหาปริมาณวัสดุที่อยู่บนอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ เช่น ปริมาณวัสดุที่ถูกขนถ่ายโดยใช้สายพานลำเลียง เป็นต้น

วิธีการวัดมุมองวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวัดมุมกองวัสดุมีอยู่หลายวิธีที่ใช้วัดค่า “มุมกองสถิตของวัสดุ” และ “มุมกองวัสดุพลศาสตร์ของวัสดุ” ซึ่งแต่ละวิธีอาจให้ค่าของมุมกองวัสดุที่แตกต่างกัน สิ่งที่มีผลต่อค่ามุมกองวัสดุ ได้แก่ เครื่องมือ อุปกรณ์ ประสบการณ์หรือความชำนาญของผู้ทดลอง และเฟกเตอร์ต่าง ๆ

2.3 วิธีการวัดมุมกองวัสดุ

โดยทั่ว ๆ ไปจะมีอยู่ 8 วิธี ดังต่อไปนี้

1. การวัดมุมกองวัสดุโดยให้วัสดุไหลออกจากถังเก็บวัสดุ(discharge method) จากรูปที่ 2.12 เมื่อเติมวัสดุจนเต็มถังเก็บวัสดุรูปทรงกระบอกแล้วก็เปิดรูเล็ก ๆ ด้านล่างของถังเก็บวัสดุ เพื่อให้วัสดุไหลออกจนกระทั่งวัสดุหยุดไหล ก็จะสามารถหามุมกองวัสดุได้จากสมการต่อไปนี้

$$\tan \theta = L / I$$

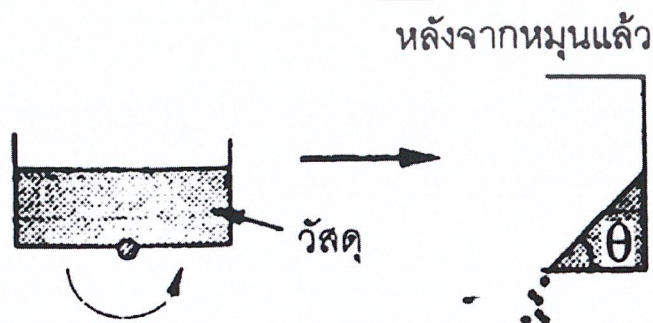
θ = มุมกองวัสดุ (drain angle of repose)

วิธีการนี้ไม่สามารถใช้ได้กับวัสดุที่มีคุณสมบัติในการเกาะตัวกันดี (วัสดุชนิด C หรือ cohesive materials จากการแบ่งชนิดวัสดุของเกลดคาร์ท (Geldart))



รูปที่ 2.12 การวัดมุมกองวัสดุโดยให้วัสดุไหลจากถังเก็บวัสดุ

2. การวัดมุมกองวัสดุโดยการหมุนภาชนะบรรจุ (sliding method) เติมวัสดุจนเต็มภาชนะบรรจุดังแสดงในรูปที่ 2.13 แล้วหมุนภาชนะบรรจุ 90 องศาเพื่อให้ภาชนะบรรจุตั้งฉากแก่วงแนวตั้งปล่อยให้วัสดุไหลจนหยุดไหลก็จะสามารถวัดมุมกองวัสดุได้



รูปที่ 2.13 การวัดมุมกองวัสดุโดยการหมุนภาชนะบรรจุ

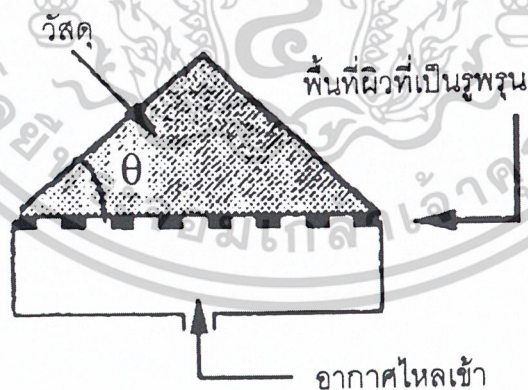
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวัดมุมกองวัสดุ โดยให้วัสดุก่อตัวบนผนัง (settlement method) วิธีการวัดลักษณะนี้สามารถใช้ได้กับวัสดุที่อยู่ภายใต้แรงกดดัน โดยการเติมวัสดุลงในภาชนะบรรจุดังแสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งฝาผนังด้านหนึ่งของภาชนะบรรจุสามารถเปิดออกได้ หลังจากเติมวัสดุลงในภาชนะแล้ว ก็วางค้ำน้ำหนักทับที่ด้านบนวัสดุ เมื่อเปิดฝาผนังด้านข้างของภาชนะบรรจุ แล้วปล่อยให้วัสดุไหลจนหยุดไหลก็จะสามารถวัดมุมกองวัสดุได้



รูปที่ 2.14 การวัดมุมกองวัสดุ โดยให้วัสดุก่อตัวบนผนัง

4. การวัดมุมกองวัสดุ โดยการให้อากาศไหลผ่าน (method by ventilation) วิธีนี้เป็นการวัดมุมกองพลศาสตร์ของวัสดุ (dynamic angle of repose) โดยการวางวัสดุบนพื้นผิวที่เป็นรูปทรงแปดเหลี่ยมที่อากาศสามารถไหลผ่านได้ดังแสดงในรูปที่ 2.15 จากนั้นปล่อยให้อากาศไหลผ่านวัสดุในแนวตั้ง โดยใช้ปริมาณอากาศและความดันเพียงเล็กน้อย เพื่อให้วัสดุเกิดการเลื่อนไหล เมื่อหยุดปล่อยให้อากาศก็จะสามารถวัดมุมกองวัสดุได้วิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายสูง และได้ค่ามุมกองพลศาสตร์ของวัสดุที่มีค่าน้อยกว่าวิธีอื่น

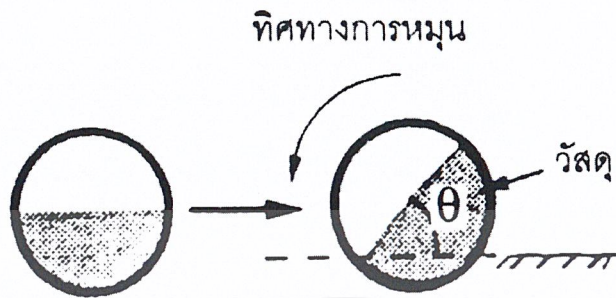


รูปที่ 2.15 การวัดมุมกองวัสดุ โดยการให้อากาศไหลผ่าน

5. การวัดมุมกองวัสดุ โดยวิธีการหมุน (rotation method) วิธีนี้เป็นการวัดมุมกองพลศาสตร์ของวัสดุ โดยการเติมวัสดุลงในภาชนะทรงกระบอกในปริมาณครึ่งหนึ่งของภาชนะบรรจุ จากนั้นก็จะสามารถวัดค่ามุมกองพลศาสตร์ของวัสดุได้ดังแสดงในรูปที่ 2.16 ผิวภายในของภาชนะบรรจุต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานมากพอที่วัสดุจะสามารถกองอยู่ได้ ต้องมีขนาดใหญ่ และมีความแข็งแรงเพียงพอ ค่าของมุมกองวัสดุที่วัดได้มีค่ามากกว่าวิธีอื่น และค่าของมุมกองวัสดุนี้ยังขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุน ความหนืดและความดันของอากาศในขณะบรรจุด้วย



รูปที่ 2.16 การวัดมุมกองวัสดุโดยวิธีการหมุน

6. การวัดมุมกองวัสดุโดยการสั่นสะเทือน (vibrating method) วิธีนี้ทำโดยการนำวัสดุมาเทลงบนรางเข่าดังแสดงในรูปที่ 2.17 วัสดุจะเกิดการไหลเมื่อบังคับให้รางเข่าทำงาน เมื่อรางเข่าหยุดทำงานก็จะสามารถวัดมุมกองผลศาสตร์ของวัสดุได้



รูปที่ 2.17 การวัดมุมกองวัสดุโดยการสั่นสะเทือน

7. การวัดมุมกองวัสดุโดยวัดมุมกองวัสดุที่เหลือจากการไหล (method by immersion in powder) วิธีการนี้จะมีแผ่นวงกลมวางในแนวระดับในขณะบรรจุ เมื่อเติมวัสดุจนเต็มภาชนะ จากนั้นก็ปล่อยให้วัสดุไหลออกจากภาชนะบรรจุอย่างช้าๆ จนเหลือวัสดุที่กองอยู่บนแผ่นวงกลมดังแสดงในรูปที่ 2.18 โดยค่ามุมกองวัสดุจะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

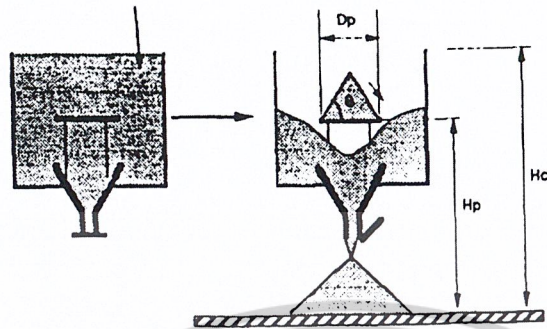
$$\tan \theta = \frac{2(H_c - H_p)}{D_p}$$

H_c = ความสูงของกองวัสดุบนแผ่นวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

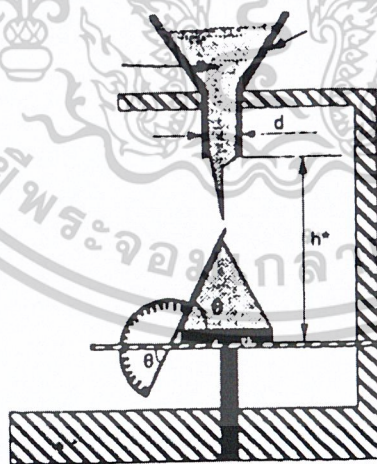
H_p = ความสูงของแผ่นวงกลม

D_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นวงกลม



รูปที่ 2.18 การวัดมุมกองวัสดุ โดยวัดมุมกองวัสดุที่เหลือจากการไหล

8. การวัดมุมกองวัสดุโดยวิธีการเทวัสดุลงบนแผ่นวงกลม (pouring method) วิธีนี้จะมีแผ่นวงกลมวางห่างจากปากกรวยเทวัสดุของภาชนะบรรจุวัสดุเป็นระยะทาง h ดังแสดงในรูปที่ 2.19 เมื่อเทวัสดุใส่ภาชนะบรรจุก็จะไหลลงสู่แผ่นวงกลมที่วางไว้ด้านล่าง ดังนั้นจึงสามารถวัดมุมกองวัสดุจากวัสดุที่กองอยู่บนแผ่นวงกลมได้โดยตรง มุมกองวัสดุที่วัดได้นี้เรียกว่า “poured angle of repose” วิธีนี้ จะสามารถใช้ได้กับวัสดุทุกชนิด สิ่งที่ต้องระวังก็คือ ตำแหน่งในการเทวัสดุ ควรเทวัสดุลงตรงจุดศูนย์กลางของแผ่นวงกลม เพื่อให้ค่าที่วัดได้มีความเที่ยงตรงแม่นยำยิ่งขึ้น สำหรับความสูง h ซึ่งตามมาตรฐานแล้วควรใช้ระยะ $h = 110$ มม. และขนาดของแผ่นวงกลมควรมีเส้นผ่านศูนย์กลาง $D_p = 120$ มม.



รูปที่ 2.19 การวัดมุมกองวัสดุโดยวิธีการเทวัสดุลงบนแผ่นวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การประยุกต์ใช้มุมกองวัสดุสำหรับการออกแบบในงานอุตสาหกรรม

การนำเอามุมกองวัสดุไปใช้สำหรับออกแบบในงานอุตสาหกรรมจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด แต่ยังคงมีการนำเอามุมกองวัสดุไปใช้อย่างไม่เหมาะสม เช่น การนำเอามุมกองวัสดุไปใช้เป็นมุมเอียงของภาชนะบรรจุ หรือนำไปใช้แทนมุมของความเสียดทานภายใน (internal friction angle) สำหรับหามุมเอียงของภาชนะบรรจุ

ประโยชน์ของมุมกองวัสดุมีหลายกรณีดังต่อไปนี้

1. บอกลักษณะสมบัติในการไหลของวัสดุ มุมกองวัสดุสามารถใช้แสดงถึงคุณสมบัติในการไหลของวัสดุได้โดยที่วัสดุไม่ได้อยู่ภายใต้แรงกดดันหรืออยู่ภายใต้แรงกดดันต่ำ ๆ เท่านั้น แต่เมื่อวัสดุอยู่ภายใต้แรงกดดันสูง เช่น อยู่ในภาชนะบรรจุที่มีแรงกดดันวัสดุสูง มุมกองวัสดุจะไม่สามารถแสดงคุณสมบัติในการไหลของวัสดุได้ สำหรับในกรณีที่วัสดุมีอยู่ภายใต้แรงกดดันหรืออยู่ภายใต้แรงกดดันต่ำ ๆ มุมกองวัสดุจะแสดงคุณสมบัติในการไหลของวัสดุดังแสดงในตารางที่ 2.1

2. คำนวณหาปริมาตรของกองวัสดุ ในกรณีที่วัสดุกองอยู่บนพื้นผิวจะสามารถคำนวณหาปริมาตรของกองวัสดุ , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกองวัสดุ และความสูงของกองวัสดุได้จากสมการต่อไปนี้

$$D_p = 2 \left[\frac{3V}{\pi \tan \theta} \right]^{1/3}$$

$$h = \frac{D_p * \tan \theta}{2}$$

V = ปริมาตรของกองวัสดุ

D_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกองวัสดุ

h = ความสูงของกองวัสดุ

θ = มุมกองวัสดุ

3. คำนวณหาขนาดความสูงของไซโลเก็บวัสดุ ไซโลเก็บวัสดุโดยทั่ว ๆ ไปจะออกแบบให้เต็มวัสดุจากด้านบนของไซโลและเพื่อให้สามารถเก็บวัสดุได้มากที่สุด ความสูงของไซโลทั้งหมด H จะต้องรวมความสูง h' ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของมุมกองวัสดุเข้าไปด้วย และจะสามารถคำนวณหาค่า H ได้จากสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H = h + h''$$

สำหรับไซโลหน้าตัดวงกลม

$$h' = \frac{D * \tan \theta}{2}$$

สำหรับไซโลหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส

$$H' = \frac{a * \tan \theta}{2}$$

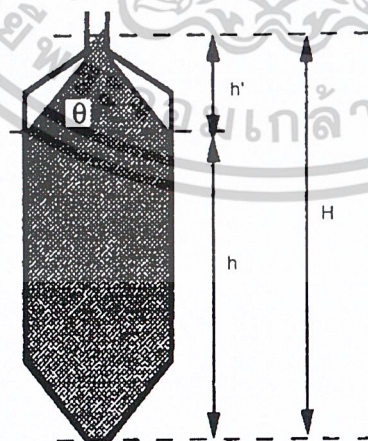
D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไซโล

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติในการไหลของวัสดุ

มุมกองวัสดุ (องศา)	คุณสมบัติในการไหลของวัสดุ
25-30	ไหลได้ดีมาก
30-38	ไหลได้ดี
38-45	พอไหลได้
45-55	ไหลได้ยาก
> 55	ไหลได้ยากมาก

a = ขนาดความกว้างไซโล

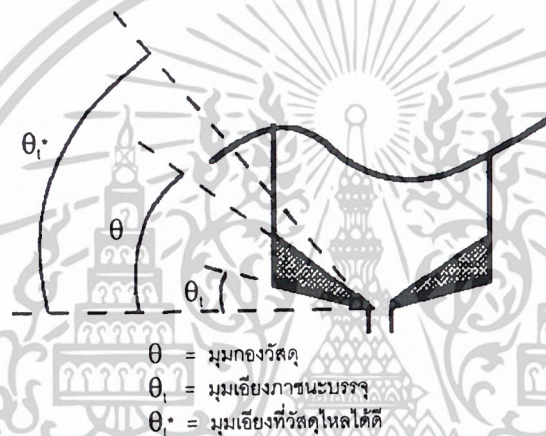
จากรูปที่ 2.20 จะเห็นว่ามุมเอียงไซโลที่ด้านบนจะมีค่าน้อยกว่ามุมกองวัสดุ ทั้งนี้เพราะเมื่อเติมวัสดุลงในไซโลก็จะเกิดการอัดตัวของวัสดุทำให้มุมเอียงของกองวัสดุมีค่าน้อยลง



รูปที่ 2.20 การหาขนาดความสูงของไซโลเก็บวัสดุ

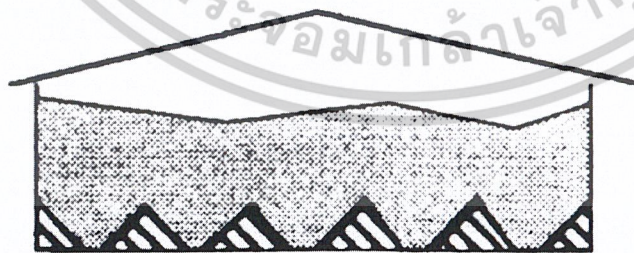
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กำหนดมุมเอียงของภาชนะบรรจุ การหามุมเอียงตรงส่วนปล่อยวัสดุของไซโลเก็บวัสดุนั้น ต้องใช้วิธีการของเจไนค์ (Jenike's Method) เพื่อให้วัสดุไหลออกจากไซโลได้ดี แต่สำหรับภาชนะบรรจุขนาดกะทัดรัดที่ใช้เก็บวัสดุชั่วคราว เช่น ภาชนะบรรจุที่อยู่อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ ถ้าหามุมเอียงของภาชนะบรรจุด้วยวิธีเจไนค์ จะทำให้ได้มุมที่ชันมาก และทำให้ปริมาตรของภาชนะบรรจุมีค่าน้อยลง แต่จะทำให้วัสดุไหลได้ดี (θ_c) ในกรณีที่มีมุมเอียงตรงส่วนปล่อยวัสดุมีค่าน้อยลง ก็จะทำให้วัสดุไหลออกจากภาชนะบรรจุไม่หมด หรือมีวัสดุตกค้างอยู่ในภาชนะบรรจุ ดังนั้นเพื่อให้วัสดุตกค้างในภาชนะบรรจุน้อยที่สุด โดยยังมีปริมาตรมากเพียงพอสำหรับการเก็บวัสดุ จึงควรใช้มุมของวัสดุ θ ดังแสดงในรูปที่ 2.21 ซึ่งเป็นมุมของวัสดุที่มีค่าน้อยที่สุดจากการทดลองมาเป็นมุมเอียงตรงส่วนปล่อยวัสดุ และวิธีนี้ใช้ได้กับวัสดุที่มีคุณสมบัติในการไหลได้ดีเท่านั้น เพราะถ้าเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการไหลไม่ดี ทำให้วัสดุไม่ไหลออกจากภาชนะบรรจุก็ได้



รูปที่ 2.21 การหามุมเอียงของภาชนะบรรจุ

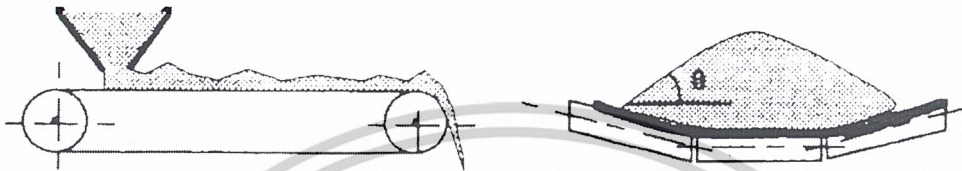
สำหรับในกรณีที่ภาชนะบรรจุมีขนาดใหญ่ก็สามารถสร้างอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 2.22 มาช่วยให้วัสดุไหลออกจากภาชนะบรรจุได้หมด โดยอุปกรณ์ที่ติดตั้งจะมีมุมเอียงมากกว่ามุมของวัสดุเล็กน้อย



รูปที่ 2.22 อุปกรณ์ช่วยให้วัสดุไหลออกจากภาชนะบรรจุได้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยสายพานลำเลียง ในขณะที่ขนถ่ายวัสดุด้วยสายพานลำเลียง โดยวัสดุจะไหลออกจากภาชนะบรรจุลงบนสายพานลำเลียงที่มีหน้าตัดดังแสดงในรูปที่ 2.23 การหาปริมาตรของวัสดุบนสายพานลำเลียงจำเป็นต้องใช้ค่ามุมกองวัสดุ เพื่อคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ สำหรับค่ามุมกองวัสดุที่เหมาะสมการคำนวณนี้ คือ การหาค่ามุมกองวัสดุโดยวิธีการสั้นสะเทือน และวิธีการให้อากาศไหลผ่าน



รูปที่ 2.23 การหาอัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยสายพานลำเลียง

6. คำนวณหาแรงที่กระทำกับผนังของภาชนะบรรจุ จากรูปที่ 2.24 บริเวณพื้นที่วัสดุส่วนที่ 3 จะไม่มีแรงเนื่องจากวัสดุกระทำกับผนังของภาชนะบรรจุ ดังนั้นจึงเหลือพื้นที่วัสดุส่วนที่ 1 และ 2 เท่านั้น ที่จะมีแรงเนื่องจากวัสดุกระทำกับผนังของภาชนะบรรจุ และจะสามารถคำนวณหาแรงที่กระทำกับผนังของภาชนะบรรจุได้จากสมการต่อไปนี้

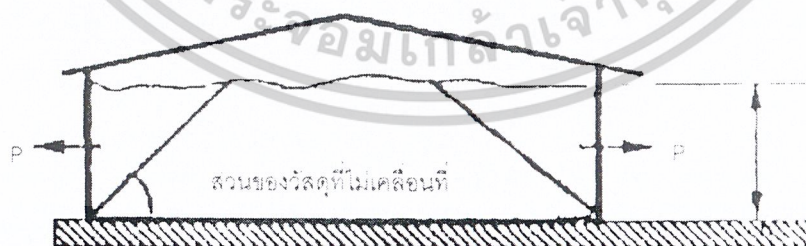
$$P = \frac{pgh^2 \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{3} \right)}{2}$$

P = แรงที่วัสดุกระทำกับผนังของภาชนะบรรจุ (N/m)

p = ความหนาแน่นของวัสดุที่ปรากฏ (kg/m^3)

h = ระดับความสูงของวัสดุในภาชนะบรรจุ (m)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/s^2)

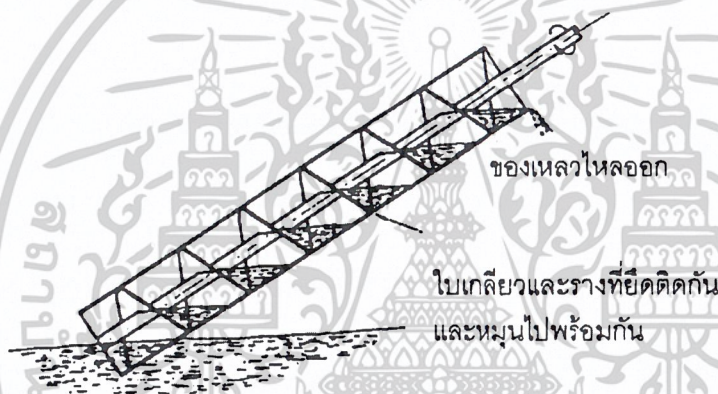


รูปที่ 2.24 การหาแรงที่กระทำกับผนังของภาชนะบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

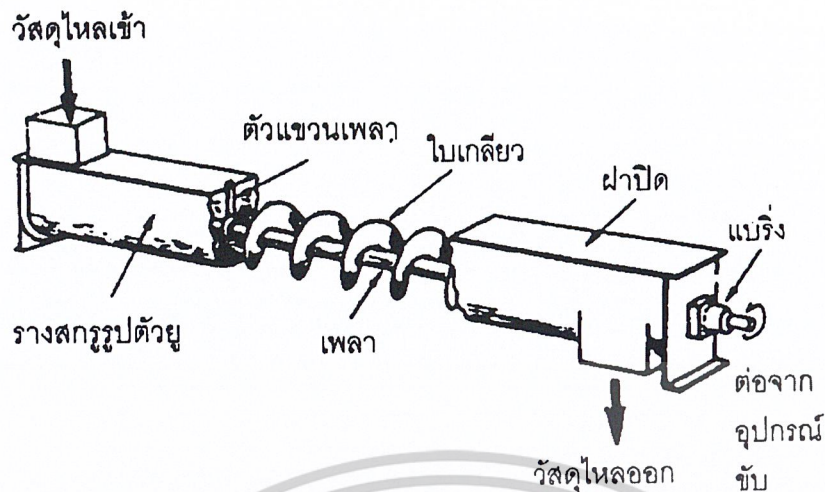
2.5 สกรูขนถ่ายวัสดุ

สกรูขนถ่ายวัสดุ (screw conveyors) เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่มีใช้งานมานานกว่า 2000 ปีแล้ว โดยมีชื่อเรียกทั่ว ๆ ไปว่า “ระหัดเกลียว” (Archimedean screws) ใช้สำหรับขนถ่ายของเหลวและสิ่งปฏิกูล ประกอบด้วย รางสกรู และใบเกลียวกันหอยที่ยึดติดกัน และหมุนไปพร้อม ๆ กัน ปลายด้านล่างจะจุ่มอยู่ในน้ำ การหมุนจะทำให้น้ำซึ่งอยู่ระหว่างช่องว่างของเกลียวเคลื่อนตัวขึ้น และเลื่อนไหลไปบนใบเกลียวดังแสดงในรูปที่ 2.25 ถึงแม้ว่าสกรูขนถ่ายวัสดุจะมีประสิทธิภาพทางกลสูง แต่จะมีขีดจำกัดในเรื่องของมุมเอียงที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ ซึ่งถ้ามุมเอียงในการขนถ่ายวัสดุมากเกินไปจะทำให้วัสดุไม่สามารถเคลื่อนที่ไปตามใบเกลียวของสกรูได้ ดังนั้นขนาดของใบเกลียว ระยะพิตช์ และมุมเอียงในการขนถ่ายวัสดุจะเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการขนถ่ายวัสดุ



รูปที่ 2.25 สกรูแบบระหัดเกลียวสำหรับขนถ่ายของเหลวและสิ่งปฏิกูล

ปัจจุบันจะนิยมทำให้ใบเกลียวของสกรูขนถ่ายวัสดุหมุนอยู่ภายในรางที่อยู่กับที่ และจะนิยมให้กับการขนถ่ายวัสดุปริมาณมวล สำหรับการใช้งานของสกรูขนถ่ายวัสดุในอุตสาหกรรม เริ่มแรกมีการใช้พัดไม้ยึดเข้ากับเพลากลวง โดยใบพัดยึดต่อเรียงกันเป็นลักษณะคล้ายใบเกลียว เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายข้าวโพดและแป้ง ต่อมาได้มีการสร้างใบเกลียวแบบต่อเนื่องด้วยเหล็ก ซึ่งมีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ยังคงใช้หลักการและเทคนิคการขนถ่ายวัสดุแบบเดิมอยู่ดังแสดงในรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.26 ส่วนประกอบของสกรูขนถ่ายวัสดุ

เพื่อให้การเลือกชนิดของอุปกรณ์ลำเลียงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับการใช้งาน ดังนั้นจึงควรทราบถึงข้อดี – ข้อเสียของสกรูขนถ่ายวัสดุ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

ข้อดี ของการขนถ่ายวัสดุด้วยสกรูขนถ่ายวัสดุ

1. ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุชนิดอื่น
2. เป็นการขนถ่ายวัสดุแบบปิดทำให้สามารถป้องกันความชื้น และฝุ่นละอองเข้าไปปนเปื้อนกับวัสดุ
3. การสร้างและการประกอบไม่ยุ่งยาก เพราะชิ้นส่วนต่างๆ มีจำหน่ายตามท้องตลาดและมีขนาดเป็นไปตามมาตรฐาน
4. การบำรุงรักษาต่ำเนื่องจากมีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่น้อย
5. สามารถนำไปขนถ่ายวัสดุได้หลายประเภท

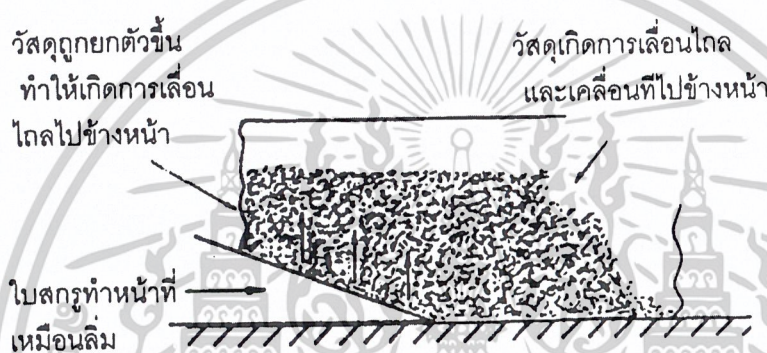
ข้อเสีย ของการขนถ่ายวัสดุด้วยสกรูขนถ่ายวัสดุ

1. ไม่เหมาะสำหรับการขนถ่ายวัสดุที่มีขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นเส้นสั้นๆ หรือ วัสดุเหนียวที่เกาะติดกัน
2. ระยะทางขนถ่ายวัสดุต่ำ
3. ถ้าวัสดุเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อนจะทำให้ต้องใช้กำลังขับเคลื่อนมาก
4. ประสิทธิภาพการขนถ่ายวัสดุลดลงถ้าขนถ่ายวัสดุในแนวเอียงหรือแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 หลักการทำงานและการใช้งาน

สกรูขนถ่ายวัสดุเป็นอุปกรณ์ในการขนถ่ายวัสดุที่เหมาะสมสำหรับขนถ่ายวัสดุที่มีคุณสมบัติในการไหลดี คุณสมบัติในการไหลของวัสดุนี้มีความสำคัญมากต่อการทำงานของสกรูขนถ่ายวัสดุ เนื่องจากใบเกลียวของสกรูที่ติดตั้งอยู่กับเพลลา หรือท่อตรงหมุนอยู่ภายในราง หรือท่อที่อยู่กับที่ผลัดกัน วัสดุไปตามส่วนล่างของรางดังแสดงในรูปที่ 2.27 การหมุนของใบเกลียวจะทำให้เกิดการยกวัสดุขึ้นเหมือนลักษณะของลิ้ม การเคลื่อนที่ขึ้นของวัสดุจะทำให้วัสดุเกิดการเลื่อนไหลไปข้างหน้าได้ และการหมุนของใบเกลียวจะทำงานเสมือนลิ้มที่ทำหน้าที่ผลัดกัน และตัดเฉือนวัสดุจากการหมุนของใบเกลียวทำให้วัสดุเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.27 ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุบนใบเกลียว

ตัวรางของสกรูขนถ่ายวัสดุ โดยทั่วไป สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ รางแบบกลม และรางรูปตัวยู ซึ่งรางแบบกลมจะเป็นสกรูที่ใช้ความเร็วรอบสูง เป็นแบบที่เคลื่อนที่ได้ สามารถนำไปใช้ในอีกด้วย ซึ่งการขนถ่ายวัสดุตามแนวตั้งจะต้องขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุด้วย โดยวัสดุจะต้องมีน้ำหนักเบา และมีคุณสมบัติในการไหลได้ดี ส่วนรางแบบตัวยูจะใช้ความเร็วต่ำกว่า และเป็นแบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ สกรูขนถ่ายวัสดุเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่สามารถจ่ายวัสดุและรับวัสดุได้หลายตำแหน่ง โดยการใช้อาวุธเป็นตัวควบคุมทิศทางการไหลของวัสดุ และยังเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่สามารถควบคุมปริมาณการขนถ่ายวัสดุได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

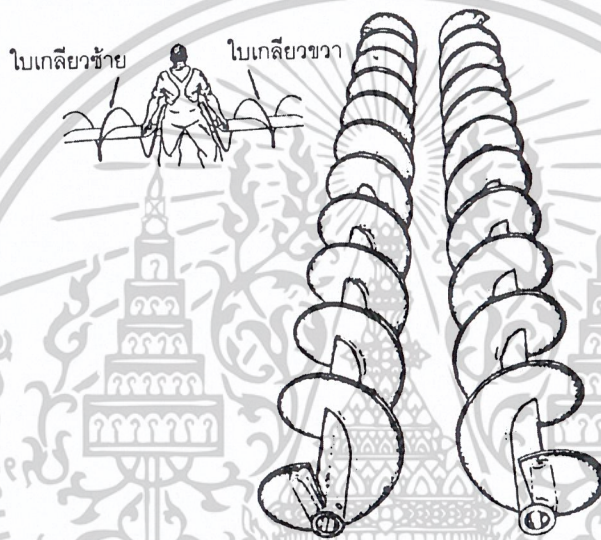
2.5.2 ชนิดของใบเกลียว

ใบเกลียว (screw flight) ของสกรูขนถ่ายวัสดุ โดยทั่ว ๆ ไปจะมีขนาดเท่ากับระยะพิทช์ของใบเกลียว และมีกรรมวิธีในการผลิต 2 ชนิด ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำจากแผ่นเหล็กตัดเป็นวงกลมที่มีรูกลมตรงกลาง จากนั้นตัดแผ่นวงกลมเพื่อนำมาเชื่อมต่อกันเป็นลักษณะเกลียว แล้วจึงนำไปเชื่อมติดกับเพลาก็ที่หนึ่ง ซึ่งจะเป็นเกลียวที่มีความหนาเท่ากัน หรือความหนาใบเกลียวเท่ากันตลอด

2. ผลิตจากแท่งโลหะนำมารีดขึ้นรูปจนมีลักษณะเป็นเกลียว ซึ่งลักษณะของใบเกลียวจะมีความหนาที่ปลายใบน้อยกว่าที่โคนใบเกลียว หรือความหนาใบเกลียวไม่สม่ำเสมอ ใบเกลียวสกรูชนถ่ายวัสดุอาจเป็นแบบเกลียวขวาหรือเกลียวซ้าย ซึ่งกำหนดโดยการหมุนของใบสกรูหรือจากการมองดูที่ปลายของสกรูดังแสดงในรูปที่ 2.28 หรืออาจสังเกตได้ง่าย ๆ คือ สกรูเกลียวขวาจะมีใบเกลียวหมุนวนตามเข็มนาฬิกา และสกรูเกลียวซ้ายจะมีใบเกลียวหมุนวนทวนเข็มนาฬิกา

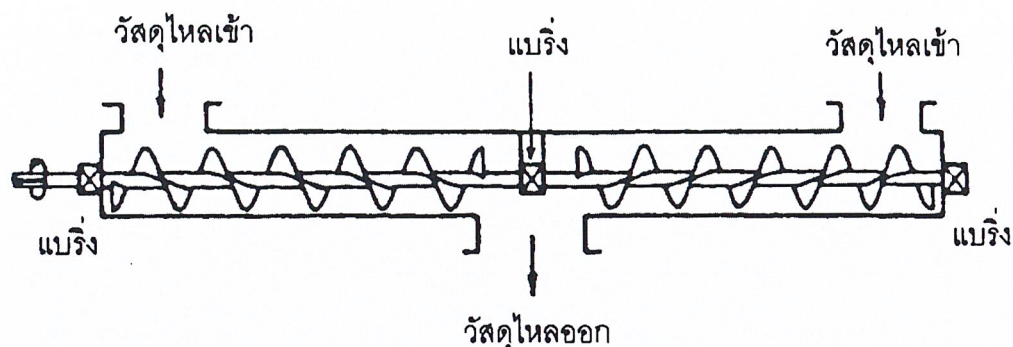


รูปที่ 2.28 ลักษณะใบเกลียวซ้ายและขวา

โลหะส่วนที่เป็นเกลียวของใบสกรูหรือใบพัด (paddles) จะเป็นเกลียวแบบต่อนเนื่องที่ติดตั้งอยู่บนเพลากลางหรือเพลาดันก็ได้ โดยทั่วไปแล้วเพลากลางจะเป็นท่อเหล็กดำ schedule 40 แต่บางครั้งอาจใช้ท่อ schedule 80 หรือท่อเหล็กขึ้นรูป (mechanically drawn steel tubing) และในบางโอกาสอาจใช้เพลาลูกตัน

ใบสกรูชนถ่ายวัสดุ ชุดขับเพลาลูกตันและอุปกรณ์ต่อเพลาลูกตัน (coupling) จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่าปลายท่อเพลาลูกตันทั้งสองข้างจะมีแบริ่งติดอยู่ ซึ่งปกติจะติดตั้งไว้ด้านนอก (outboard) เพื่อป้องกันวัสดุเข้าไปติดในแบริ่ง และในกรณีที่เพลายาวมากจะมีแบริ่งแขวน (hanger bearing) เพื่อป้องกันการโก่งของเพลาดังแสดงในรูปที่ 2.26 และรูปที่ 2.29 ซึ่งแบริ่งแขวนนั้นนอกจากจะป้องกันการโก่งของเพลาลูกตันแล้วตำแหน่งการติดตั้งยังสามารถป้องกันวัสดุที่จะเข้าไปติดในแบริ่งได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 ลักษณะการติดตั้งแบริ่งที่เพลลาของใบสกรูเกลียวซ้ายและเกลียวขวา

2.5.3 ใบเกลียวของสกรูลักษณะต่างๆ และรูปแบบการใช้งานของใบสกรู

1. ใบสกรูแบบตัด (cut flight) (รูปที่ 2.30 (a)) เป็นใบสกรูที่มีรอยตัดบากตามเส้นรอบวง รอยบากนี้จะช่วยให้เกิดการผสมกันปานกลางของวัสดุในขณะที่ขนถ่าย วัสดุใบสกรูแบบนี้ใช้กับวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีลักษณะละเอียด เป็นเม็ดเล็ก หรือเป็นแผ่น

2. ใบสกรูแบบตัดและพับ (cut and folded flight) (รูปที่ 2.30 (b)) เป็นใบสกรูจะมีรอยตัดแล้วพับ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับการผสมและกวนวัสดุ ซึ่งจะทำให้วัสดุลอยตัวขึ้นในอากาศ (aeration) เป็นผลให้เกิดการผสมกันของวัสดุได้ดีขึ้น ใบสกรูแบบนี้จะใช้กับวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และปานกลาง มีลักษณะละเอียด เป็นเม็ดเล็ก หรือเป็นแผ่น

3. ใบสกรูแบบตัดและมีใบพัด (cut flight with paddles) (รูปที่ 2.30 (c)) เป็นใบสกรูแบบตัดแล้วใบพัดติดอยู่เป็นช่วง ๆ ซึ่งเป็นตัวขวางการไหลของวัสดุเพื่อให้เกิดการผสมกันของวัสดุมากขึ้นในขณะที่ขนถ่ายวัสดุ

4. ใบสกรูแบบมีใบพัด (conveyor screw with paddles) (รูปที่ 2.30 (d)) เป็นสกรูแบบธรรมดา แต่จะมีใบพัดติดอยู่เป็นช่วง ๆ และเป็นตัวขวางการไหลไปข้างหน้าเป็นของวัสดุเพื่อการผสมหรือการกวนวัสดุในขณะที่ขนถ่ายวัสดุ ใบพัดสามารถปรับได้และอาจจะปรับมุมต่าง ๆ สำหรับการผสมของวัสดุมากขึ้นตามต้องการ ใบสกรูแบบนี้จะใช้กับวัสดุน้ำหนักเบา หรือปานกลาง มีลักษณะละเอียด เป็นเม็ดเล็ก หรือเป็นแผ่น

5. ใบสกรูแบบระยะพิตซ์สั้น (short pitch conveyor screw) (รูปที่ 2.30 (e)) โครงสร้างจะเป็นแบบทั่ว ๆ ไป ยกเว้นระยะพิตซ์ของใบสกรูจะสั้น เหมาะที่จะใช้ขนถ่ายวัสดุในแนวเอียงมากกว่า 20 องศา รวมทั้งขนถ่ายวัสดุในแนวตั้ง และใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุ (สกรูขนถ่ายวัสดุที่ต้องการอัตราการขนถ่ายวัสดุคงที่) สกรูขนถ่ายแบบนี้ยังเป็นตัวขวางการไหลของวัสดุได้ด้วย

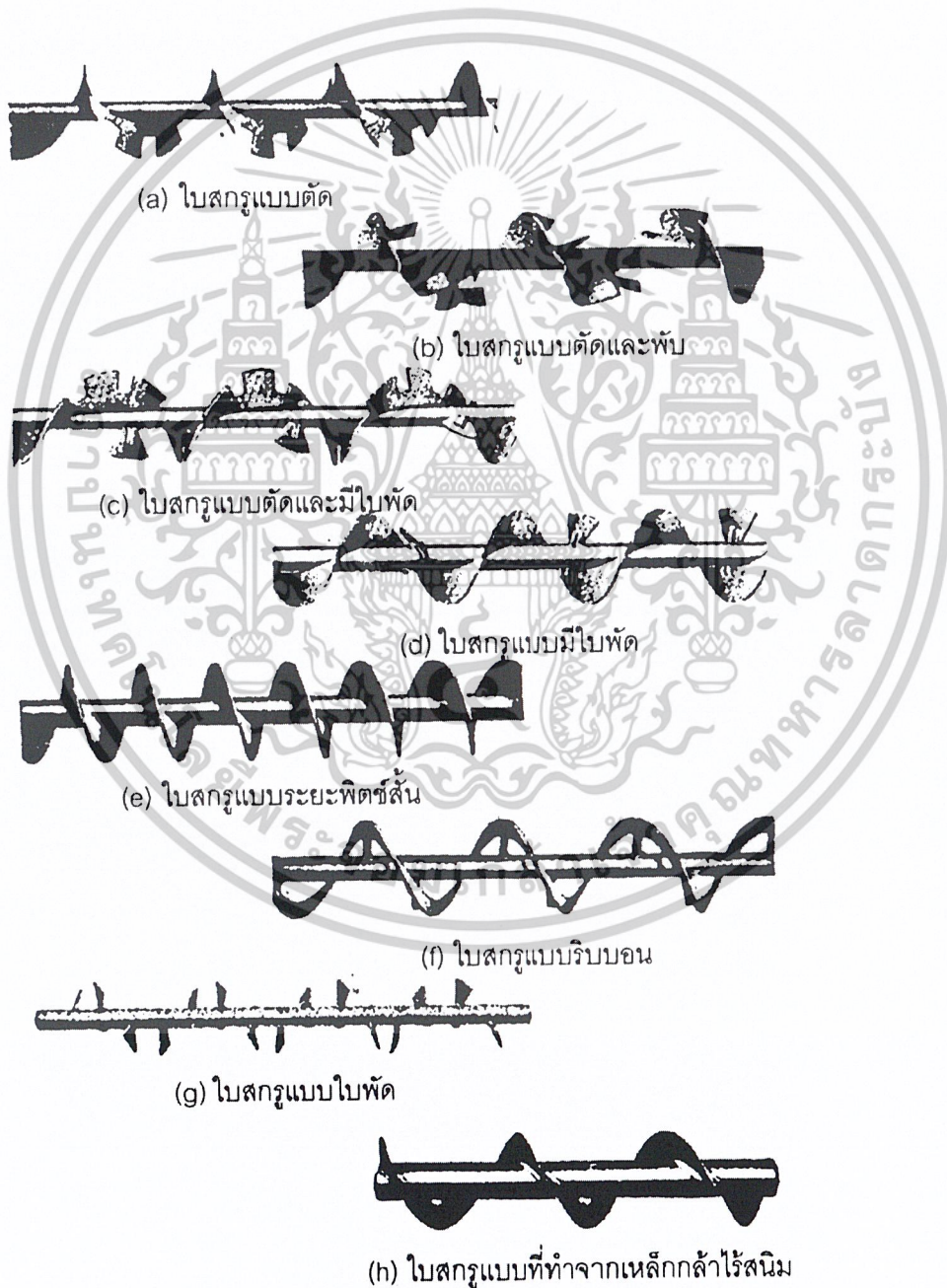
6. ใบสกรูแบบริบบอน (ribbon flight) (รูปที่ 2.30 (f)) ใบสกรูทำจากเหล็กเส้นแบน ยึดอยู่กับท่อโดยแผ่นเหล็กเส้น ใบสกรูแบบนี้ใช้สำหรับผสมหรือขนถ่ายวัสดุเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไบสกูแบบไบพัด (paddles) (รูปที่ 2.30 (g)) เป็นไบพัดเหล็กอยู่บนก้านสอดทะลุผ่านเพลลา ทำให้สามารถปรับมุมของไบพัดได้ และการติดตั้งบนเพลลาจะติดตั้งต่อเรียงกันคล้ายไบสกู อัตราการขนถ่ายวัสดุและการผสมสามารถควบคุมได้โดยการปรับมุมของไบพัด ไบสกูแบบนี้ใช้สำหรับการผสมหรือการกวนวัสดุและของเหลว

8. ไบสกูที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) (รูปที่ 2.30 (h)) ไบสกูแบบนี้เหมาะกับการขนถ่ายอาหาร ยา เคมีภัณฑ์ ใช้ขนถ่ายวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นกรด เพราะสามารถต้านทานต่อการผุกร่อน และการใช้งานที่มีความร้อนปานกลางจนถึงสูง ความเร็วของผิวหน้ามีหลายระดับตามต้องการ ตั้งแต่ผิวด้านไปจนถึงผิวมันวาวเล็กน้อย หรือผิวมันวาวคล้ายกระจกโดยการขัด



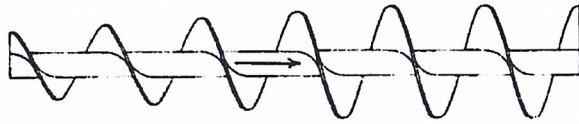
รูปที่ 2.30 ลักษณะต่างๆของไบสกู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ไบสกรูแบบมีระยะพิตช์และเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดร่วมกัน

1. ไบสกรูแบบเรียว (tapering flight) (รูปที่ 2.31 (a)) ใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุสำหรับการขนถ่ายวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย และเป็นก้อนจากถังเก็บ และยังใช้ป้อนวัสดุได้อย่างสม่ำเสมอในส่วนปล่อยวัสดุตามแนวยาว
2. ไบสกรูแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเป็นระดับ (stepped diameter conveyor screws) (รูปที่ 2.31 (b)) ประกอบด้วยไบสกรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ไบสกรูแต่ละช่วงจะมีระยะพิตช์สม่ำเสมอ ติดตั้งเรียงตามกันบนท่อเดียวหรือเพลาดียว มักใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุ โดยช่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะติดตั้งอยู่ใกล้ส่วนปล่อยวัสดุเพื่อควบคุมการไหลของวัสดุ
3. ไบสกรูแบบระยะพิตช์เพิ่มขึ้น (stepped pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.31 (c)) เป็นไบสกรูโรใบเดียวหรือเป็นกลุ่ม ระยะพิตช์จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุโดยให้ขนถ่ายวัสดุละเอียดและไหลได้ง่ายจากช่องป้อนวัสดุตลอดช่วงความยาวอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากระยะพิตช์ที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้สามารถขนถ่ายวัสดุได้มากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.31
4. ไบสกรูแบบระยะพิตช์ยาว (long pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.31 (d)) ใช้เป็นเครื่องกวนหรือผสม หรือขนถ่ายวัสดุด้วยความเร็วสำหรับของไหลและวัสดุที่ไหลได้ดี
5. ไบสกรูแบบระยะพิตช์สั้น (double flight conveyor screws) (รูปที่ 2.31 (e)) มีระยะพิตช์เป็นครึ่งหนึ่งของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบเกลียว จึงช่วยทำให้การขนถ่ายวัสดุช้าและสม่ำเสมอและปล่อยวัสดุออกด้วยอัตราการขนถ่ายวัสดุคงที่
6. ไบสกรูแบบระยะพิตช์สั้นมาก (double flight short pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.31 (f)) มีระยะพิตช์น้อยมากทำให้มีความแม่นยำในการป้อนวัสดุมากกว่า

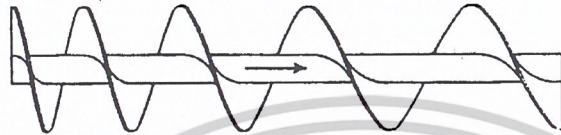
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



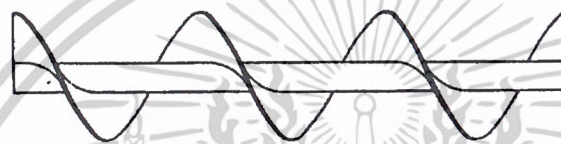
(a) ไบสกูแบบเรียบ



(b) ไบสกูแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเป็นระดับ



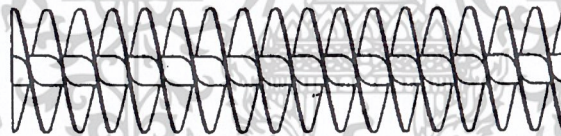
(c) ไบสกูแบบระยะพิตซ์เพิ่มขึ้น



(d) ไบสกูแบบระยะพิตซ์ยาว

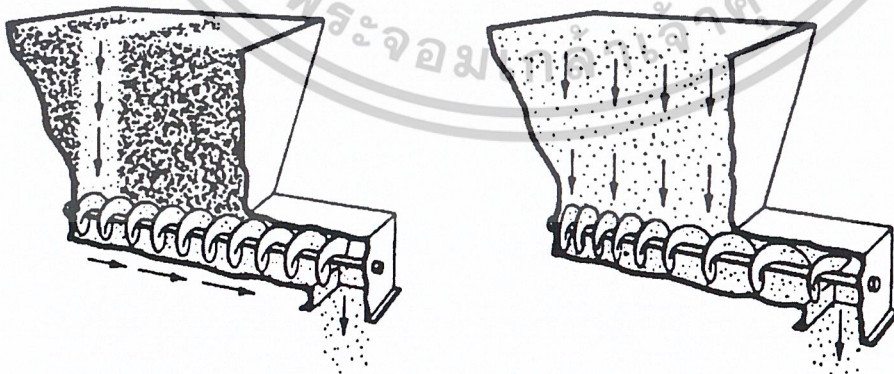


(e) ไบสกูแบบระยะพิตซ์สั้น



(f) ไบสกูแบบระยะพิตซ์สั้นมาก

รูปที่ 2.31 ไบสกูแบบมีระยะพิตซ์และเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดร่วมกัน

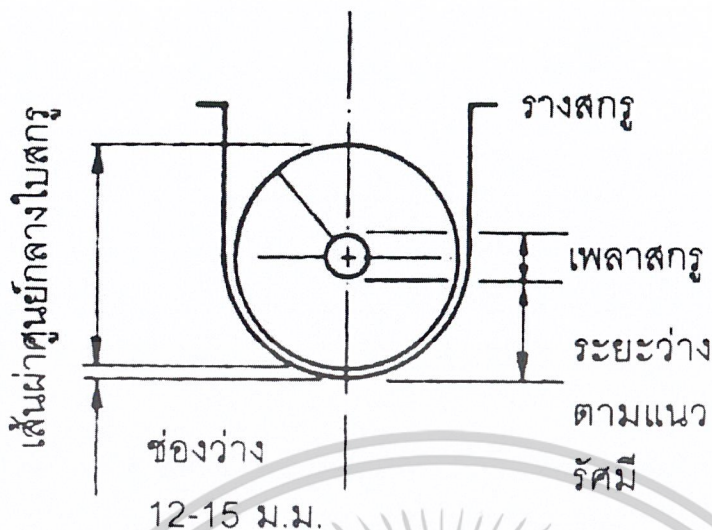


สกูที่มีระยะพิตซ์ปกติ จะเกิดการไหลของวัสดุบางตำแหน่ง

สกูที่มีระยะพิตซ์เพิ่มขึ้น จะเกิดการไหลอย่างสม่ำเสมอ

รูปที่ 2.32 การไหลของวัสดุในบางตำแหน่งของส่วนปล่อยวัสดุรูปลิ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 ลักษณะหน้าตัดของสกรู

2.6 การพิจารณาออกแบบของสกรู

จากประสบการณ์พบว่าความสำเร็จในการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ จะขึ้นอยู่กับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่จะขนถ่าย และหลักการทำงานของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุชนิดต่างๆ ข้อสำคัญในการออกแบบของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุใด ๆ ก็คือ ความรู้ความเข้าใจถึงทิศทางที่วัสดุจะไหลผ่านและผลกระทบอื่น ๆ ต่อการไหลของวัสดุ

อัตราการขนถ่ายวัสดุปริมาณมวลส่วนมากมักจะมีหน่วยเป็นตันต่อชั่วโมง อัตราขนถ่ายวัสดุสูงสุดมักจะมากกว่าอัตราการขนถ่ายวัสดุเฉลี่ยต่อวันหรือต่อชั่วโมง เนื่องจากในบางเวลาอาจมีอัตราการขนถ่ายวัสดุมากหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยได้เช่น ในตอนเริ่มต้นและช่วงสุดท้ายของการขนถ่ายวัสดุ เป็นต้น นอกจากนี้ยังปรากฏว่าความหนาแน่นของวัสดุในขณะขนถ่ายวัสดุอาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากขณะที่วัสดุกำลังเคลื่อนที่ จะมีอากาศเข้าไปผสมกับวัสดุทำให้ปริมาตรของวัสดุเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ความหนาแน่นของวัสดุลดลง ซึ่งอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตรจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุขณะขนถ่าย ดังนั้นการกำหนดอัตราการขนถ่ายวัสดุสูงสุดควรกำหนดจากความหนาแน่นของวัสดุในขณะขนถ่าย

ในระบบขนถ่ายวัสดุหลาย ๆ ระบบ การจ่ายวัสดุเข้าไปในอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุอาจจะมีค่าไม่คงที่ได้ เช่น ประตูเลื่อนด้านล่างของถังเก็บวัสดุ วัสดุจะไหลจากด้านล่างของถังเก็บวัสดุอย่างสม่ำเสมอไม่ตลอดเวลา ทำให้เกิดความไม่แน่นอน จึงทำให้อัตราการขนถ่ายวัสดุมีค่าไม่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การแบ่งประเภทของวัสดุ

การแบ่งประเภทของวัสดุจะช่วยในการตัดสินใจเลือกสกรูชนถ่ายวัสดุและกำหนดอัตราการชนถ่ายวัสดุ วัสดุจะถูกแบ่งออกเป็นสี่ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะสามารถเขียนรหัสของวัสดุตามที่สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ชนถ่ายวัสดุของอเมริกา (CEMA) ได้กำหนดไว้เพื่อความสะดวกในการเลือกอุปกรณ์ชนถ่ายวัสดุ และการหาอัตราการชนถ่ายวัสดุต่อไป

การบอกคุณสมบัติของวัสดุของสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ชนถ่ายวัสดุของอเมริกา (CEMA) ในที่นี้จะเริ่มด้วยอักษรบอกขนาดวัสดุ A B C D หรือ E แล้วตามด้วยตัวเลขสองตัว ตัวเลขตัวแรกจะเป็นคุณสมบัติในการไหลของวัสดุ ตัวเลขต่อไปจะเป็นความคมของวัสดุดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงคุณสมบัติวัสดุ

ตัวอักษรบอกขนาดวัสดุ	คุณสมบัติการไหล	ความคม
A หมายถึงวัสดุขนาดละเอียดมาก	1 ไหลได้ดีมาก	5 มีความคมน้อย
B หมายถึงวัสดุขนาดละเอียด	2 ไหลได้ดี	6 มีความคมปานกลาง
C หมายถึงวัสดุที่เป็นเม็ด	3 ไหลได้ปานกลาง	7 มีความคมมาก
D หมายถึงวัสดุที่เป็นก้อน	4 ไหลได้ยาก	
E หมายถึงวัสดุที่มีขนาดไม่แน่นอน		

ประเภทที่ 1 วัสดุเบา ไหลได้ดี ไม่มีความคม เช่น เม็ดข้าวสาลี ข้าวไรย์ ฝักข้าวโพด กราไฟต์ แป้งหมี่ และอื่น ๆ รหัสวัสดุของ CEMA คือ A15, A25, B15, B25, C15, C25

ประเภทที่ 2 วัสดุไม่มีความคม คุณสมบัติในการไหลได้น้อยกว่าวัสดุประเภทที่ 1 (วัสดุก้อนเล็กผสมกับวัสดุละเอียด) เช่น แป้งอบขนมปัง ฝักข้าวป่น ถ่านหินบดละเอียด ข้าวโพดบด รหัสของวัสดุ CEMA คือ A35, A45, B35, B45, C35, C45, D15, D25, D35, D45, E15, E25, E35, E45

ประเภทที่ 3 คุณสมบัติการไหลคล้ายแบบประเภทที่ 2 แต่มีความคมมากกว่า ต้องการความเร็วรอบของสกรูต่ำ เช่น จี๊ถั่วแห้ง ปูนซีเมนต์ เกลือ ถ่านไม้ ซอด้กบด และอื่น ๆ วัสดุเหล่านี้จะมีรหัสความคม 6 รหัสวัสดุของ CEMA คือ A16, A26, A36, A46, B16, B26, B36, B46, C16, C26, C36, C46, D16, D26, D36, D46, E16, E26, E36, E46

ประเภทที่ 4 วัสดุมีความคม และคุณสมบัติการไหลไม่ดี เช่น ถ่านหิน กากแร่จากเตา อะลูมินา (alumina) แร่ bauxite บด ทราซแฮง์ อื่น ๆ วัสดุเหล่านี้จะมีรหัสความคม 7 รหัสวัสดุของ CEMA คือ A17, A27, A37, A47, B17, B27, B37, B47, C17, C27, C37, C47, D17, D27, D37, D47, E17, E27, E37, E47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ข้อจำกัดเกี่ยวกับขนาดของวัสดุ

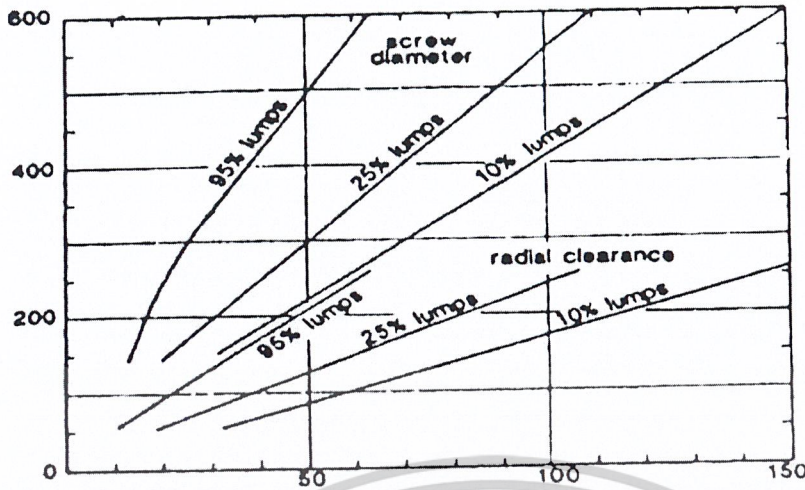
ขนาดของสกรูถ่ายวัสดุไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับอัตราการขนถ่ายวัสดุที่ต้องการเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุที่จะขนถ่ายด้วย วัสดุบางชนิดมีก้อนแข็งไม่แตกตัวขณะผ่านสกรูขนถ่ายวัสดุ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีข้อจำกัดเรื่องขนาดของวัสดุที่จะขนถ่ายด้วย ส่วนในกรณีที่ก้อนวัสดุสามารถแตกตัวได้ง่ายขณะผ่านสกรูขนถ่ายวัสดุ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีข้อจำกัดเรื่องขนาดก้อนวัสดุที่จะขนถ่าย

ขนาดของก้อนวัสดุสามารถแบ่งเป็น 3 ชนิดดังต่อไปนี้

1. วัสดุที่มีลักษณะเป็นก้อนปนอยู่กับวัสดุละเอียด โดยที่วัสดุก้อนใหญ่สุดถึงขนาดครึ่งหนึ่งของขนาดวัสดุก้อนใหญ่สุดไม่เกิน 10% ของวัสดุทั้งหมด และเป็นวัสดุก้อนเล็กกว่าครึ่งหนึ่งของวัสดุก้อนใหญ่สุดอีก 90% ของวัสดุทั้งหมด (เรียกว่า 10% lump)
2. วัสดุที่มีลักษณะเป็นก้อนปนอยู่กับวัสดุละเอียด โดยที่วัสดุก้อนใหญ่สุดถึงขนาดครึ่งหนึ่งของขนาดวัสดุก้อนใหญ่สุดไม่เกิน 25% ของวัสดุทั้งหมด และเป็นวัสดุก้อนเล็กกว่าครึ่งหนึ่งของวัสดุก้อนใหญ่สุดอีก 75% ของวัสดุทั้งหมด (เรียกว่า 25% lump)
3. วัสดุที่มีลักษณะเป็นก้อนปนอยู่กับวัสดุละเอียด โดยที่วัสดุก้อนใหญ่สุดถึงขนาดครึ่งหนึ่งของขนาดวัสดุก้อนใหญ่สุดไม่น้อยกว่า 95% ของวัสดุทั้งหมด และเป็นวัสดุก้อนเล็กกว่าครึ่งหนึ่งของวัสดุก้อนใหญ่สุดอีก 5% ของวัสดุทั้งหมด (เรียกว่า 95% lump)

รูปที่ 2.34 เป็นวัสดุก้อนใหญ่สุดที่ทางสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ลำเลียงของอเมริกา (CEMA) ที่มีความสัมพันธ์กับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบสกรู และระยะว่างตามแนวรัศมี (radial clearance) ของสกรูขนถ่ายวัสดุ เช่น วัสดุขนาดใหญ่สุดเท่ากับ 50 มิลลิเมตร ประเภท 25% lump จะต้องใช้สกรูขนถ่ายวัสดุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบสกรู 300 มิลลิเมตร (ประมาณ 12 นิ้ว) และมีระยะว่างตามแนวรัศมี (radial clearance) 125 มิลลิเมตร (ประมาณ 5 นิ้ว) ดังนั้นในกรณีที่สกรูขนถ่ายวัสดุทำการขนถ่ายวัสดุที่มีลักษณะเป็นก้อน จะสามารถใช้รูปที่ 2.34 สำหรับกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบสกรูได้ โดยที่ช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางสกรูจะมีค่าประมาณ 12-15 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 ขนาดก้อนวัสดุใหญ่ที่สุดและขนาดของสกรูที่เหมาะสม

ในขณะที่สกรูขนถ่ายวัสดุทำการขนถ่ายวัสดุที่มีลักษณะเป็นก้อนจากถังเก็บวัสดุ วัสดุที่เป็นก้อนจะถูกบีบให้ติดกับผนังราง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการเสียดสีกับผนังของรางสกรู ทำให้เดการสึกหรือและอาจทำให้วัสดุถูกบีบจนติดอยู่กับผนังของรางสกรูด้วย ดังนั้นเพื่อลดการบีบของวัสดุกับผนังของรางสกรู จึงต้องทำตัวสกรูให้มีระยะเยื้องศูนย์กลางกับรางสกรูขนาดประมาณ 38-50 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 หน้าตัดของรางสกรูสำหรับการขนถ่ายวัสดุที่มีลักษณะเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุ

อัตราการขนถ่ายวัสดุของสกรูขนถ่ายวัสดุหรือสกรูป้อนวัสดุ จะขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. รูปร่างของใบสกรู
2. ความเร็วรอบของสกรู
3. มุมลาดเอียงในการขนถ่ายวัสดุ
4. รูปร่างของถังเก็บวัสดุและรางสกรูขนถ่ายวัสดุ
5. คุณสมบัติในการไหลของวัสดุ
6. สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุบนใบสกรูและราง

สกรูขนถ่ายวัสดุที่มีแบริ่งแขวนภายใน (internal hanger bearings) ส่วนใหญ่จะวัดปริมาณวัสดุจากอุปกรณ์ที่จ่ายวัสดุให้สกรูขนถ่ายวัสดุ ปริมาณวัสดุในรางสกรูจะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของสกรูขนถ่ายวัสดุ ซึ่งจะถูกจำกัดไว้ไม่เกิน 45% ของพื้นที่หน้าตัดเต็มของใบเกลียวสกรูและไม้ค้ำนึ่งเสียหายกับแบริ่งและปริมาณวัสดุบนพื้นที่หน้าตัดจะลดลงอีกถ้าวัสดุมีความคมมากขึ้น

สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุอเมริกา (CEMA) ได้มีการพิมพ์ตารางอัตราขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตรสำหรับพื้นที่หน้าตัดวัสดุถึง 45% ซึ่งคิดตามพื้นที่หน้าตัดเต็มของใบเกลียวสกรูและไม้ค้ำนึ่งถึงวัสดุที่อยู่ตรงช่องว่างระหว่างใบสกรูกับตัวรางสกรู ภูมิของใบเกลียวสกรูและไม้ค้ำนึ่งถึงวัสดุที่อยู่ตรงช่องว่างระหว่างใบสกรูกับตัวรางสกรู ภายใต้สภาวะการใช้งานทั่วไป การที่ไม่ค้ำนึ่งถึงปริมาณวัสดุดังกล่าวเป็นเรื่องไม่สำคัญนักในกรณีที่วัสดุเป็นผงละเอียด ส่วนใหญ่มักจะหยุดอยู่ตามช่องว่างนั้น หรืออาจจะเคลื่อนที่เข้ามาเรื่อยๆ ใต้อัตราตาม วัสดุบางชนิด เช่น วัสดุก้อนขนาดใหญ่ หรือวัสดุที่เป็นเส้นใย จะสามารถเคลื่อนที่ไปด้วยกันทั้งหมดในช่องว่าง ดังนั้นอัตราการขนถ่ายเชิงปริมาตร จะสูงกว่าค่าที่ปรากฏอยู่ในตาราง

การคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุของสกรูขนถ่ายวัสดุสามารถหาได้จากรูปแบบการขนถ่ายวัสดุในรูปที่ 2.36 การหมุนของสกรูในราง จะทำให้วัสดุเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างต่อเนื่องในรางของสกรูขนถ่ายวัสดุ วัสดุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณเท่ากับความเร็วรอบของสกรูที่กำลังหมุนอยู่ ในหนึ่งรอบการเคลื่อนที่ของสกรูจะเคลื่อนที่ไปได้หนึ่งเท่าของระยะพิตช์สกรู (p) ทำให้ความเร็วเฉลี่ยในการขนถ่ายวัสดุ (v) และความเร็วยรอบของสกรูเป็นดังนี้

$$v = pN \quad \dots\dots(1)$$

v = ความเร็วเฉลี่ยในการขนถ่ายวัสดุ

p = ระยะพิตช์สกรู

N = ความเร็วรอบของสกรูขนถ่ายวัสดุ

ดังนั้นอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร จะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V = pNA$ (2)

V = อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร

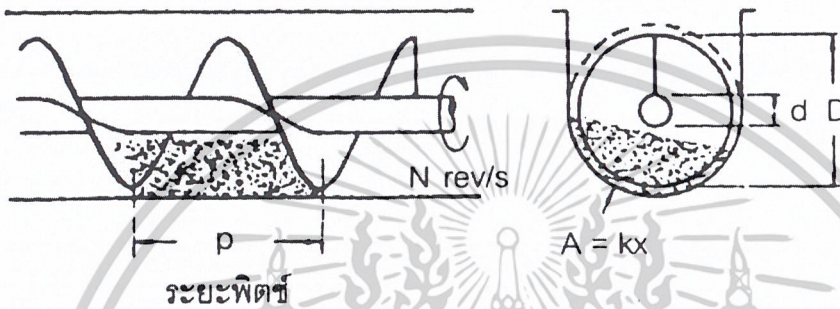
และอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร

$m_s = P_b pNA$ (3)

m_s = อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวล

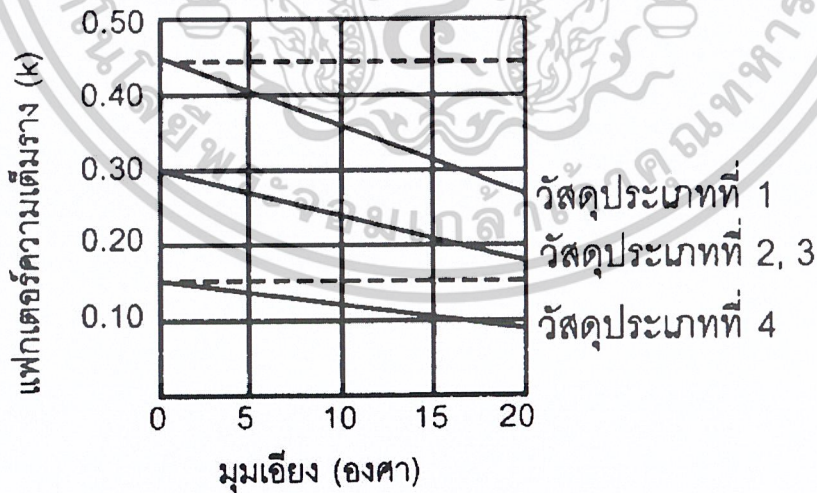
A = พื้นที่หน้าตัดของใบสกรูขนถ่ายวัสดุ

P_b = ความหนาแน่นของวัสดุ



รูปที่ 2.36 หลักการคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุ

ในทางปฏิบัติ พื้นที่หน้าตัดของวัสดุจะมีค่าไม่เท่ากับพื้นที่หน้าตัดของรางสกรูที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงต้องคูณพื้นที่หน้าตัดของสกรูขนถ่ายวัสดุด้วย “แฟกเตอร์ความเต็มราง” (k) ซึ่งแฟกเตอร์นี้สามารถดูได้จากรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 แฟกเตอร์ความเต็มราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาแล้วว่าวัสดุจะแบ่งออกเป็นสี่ชนิด และจากรูปที่ 2.37 จะสามารถสรุปการนำค่าแฟกเตอร์ความเต็มรังไปใช้ได้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุได้ดังต่อไปนี้

ประเภทที่ 1 วัสดุเบา ไหลได้ดี ไม่มีความคม เช่น เมล็ดข้าวสาลี ฟักข้าว โปด กราไฟต์ แป้งหมี่ และอื่น ๆ แฟกเตอร์ความเต็มรัง $k = 0.45$

ประเภทที่ 2 วัสดุไม่มีความคม คุณสมบัติในการไหลได้น้อยกว่าวัสดุประเภทที่ 1 (วัสดุอ่อนเล็กผสมกับวัสดุละเอียด) เช่น แป้งอบขนมปัง ฟักข้าวป่น ถ่านหินบดละเอียด ข้าวโพดบด แฟกเตอร์ความเต็มรัง $k = 0.30$

ประเภทที่ 3 คุณสมบัติการไหลคล้ายแบบประเภทที่ 23 แต่มีความคมมากกว่า ต้องการความเร็วรอบของสกรูต่ำ เช่น จี๊เจ้าแห้ง ปูนซีเมนต์ เกลือ ถ่านไม้ ซอล์คบด และอื่น ๆ วัสดุเหล่านี้มีรหัสความคม 6 แฟกเตอร์ความเต็มรัง $k = 0.30$

ประเภทที่ 4 วัสดุมีความคมและคุณสมบัติการไหลไม่ดี เช่น ถ่านหิน กากถ่านหิน กากแร่ จากเตา อะลูมินา (alumina) แร่ bauxite บด ทราบแห่งอื่น ๆ วัสดุเหล่านี้มีรหัสความคม 7 แฟกเตอร์ความเต็มรัง $k = 0.15$

ค่าแฟกเตอร์ความเต็มรังนี้ ใช้สำหรับการขนถ่ายวัสดุด้วยสกรูขนถ่ายวัสดุตามแนวระดับเท่านั้น สำหรับการขนถ่ายวัสดุตามแนวเอียง สามารถหาค่าแฟกเตอร์ความเต็มรังนี้ได้จากรูปที่ 2.37

ดังนั้นเมื่อแทนค่าพื้นที่หน้าตัดของใบสกรูขนถ่ายวัสดุ และรวมค่าแฟกเตอร์ความเต็มรังเข้าไป จะได้เป็นสมการที่ 4

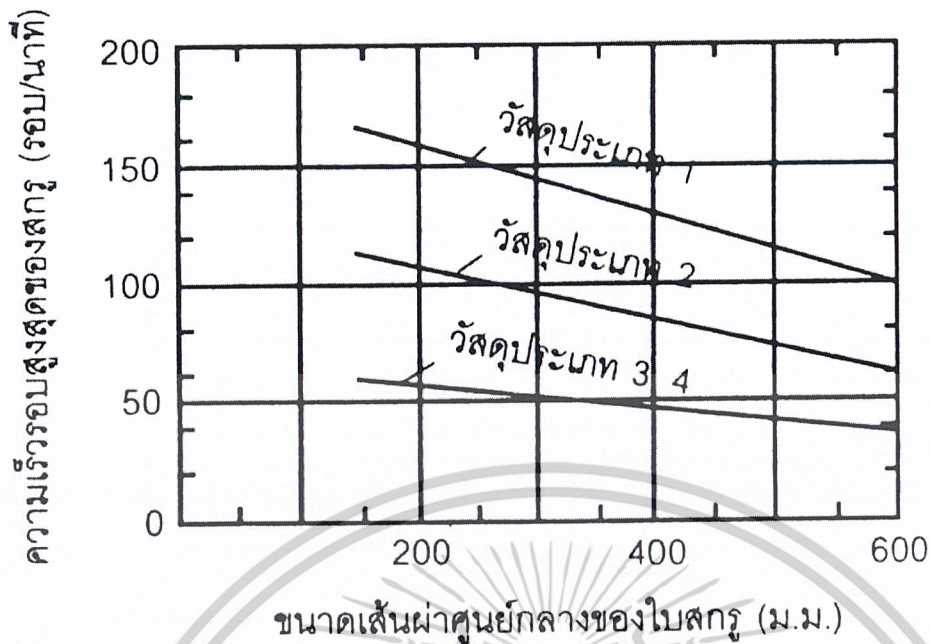
$$m_s = \frac{P_0 \pi (D^2 - d^2) k p N}{4} \dots (4)$$

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาสกรู

จากสมการที่ 4 จะสามารถใช้สำหรับการประมาณค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุเท่านั้น เนื่องจากในทางปฏิบัติ การป้อนวัสดุเข้าสู่สกรูขนถ่ายวัสดุนั้นจะมีอัตราการป้อนวัสดุไม่แน่นอน ทำให้แฟกเตอร์ความเต็มรังมีค่าไม่แน่นอนตามไปด้วย จึงอาจจะทำให้ไม่สามารถคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุที่แน่นอนได้

ในการเลือกและการออกแบบสกรูขนถ่ายวัสดุ ความเร็วรอบสูงสุดของสกรูที่สามารถทำงานได้นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบสกรู ปริมาณวัสดุในรางสกรู และคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งสามารถหาค่าความเร็วรอบสูงสุดของสกรูขนถ่ายวัสดุได้จากรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 ความเร็วรอบสูงสุดของสกรูขนถ่ายวัสดุ

สำหรับระยะพิตช์ไบสกรูก็มีผลต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุด้วย เมื่อพิจารณาการหมุนของสกรู 1 รอบวัสดุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับระยะพิตช์ ดังนั้นในกรณีที่สกรูหมุนไป 1 รอบแต่วัสดุไม่ได้เคลื่อนที่ไปเท่ากับระยะพิตช์ ก็จะต้องคำนึงถึงระยะพิตช์ไบสกรูด้วย แฟกเตอร์ของระยะพิตช์ไบสกรู (CF_1) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แฟกเตอร์ระยะพิตช์ไบสกรู

รายละเอียดของระยะพิตช์	CF_1
ระยะพิตช์ = เส้นผ่านศูนย์กลางของไบสกรู	1.00
ระยะพิตช์ = 2/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางไบสกรู	1.50
ระยะพิตช์ = 1/2 ของเส้นผ่านศูนย์กลางไบสกรู	2.00
ระยะพิตช์ = 3/2 ของเส้นผ่านศูนย์กลางไบสกรู	0.67

ชนิดของไบสกรูก็เป็นแฟกเตอร์ที่มีผลต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุเช่นกัน ซึ่งแฟกเตอร์ชนิดของไบสกรูนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของไบสกรู (CF_2) และไบพัดสำหรับการกวาดหรือผสมวัสดุต่อระยะพิตช์ (CF_3) โดยแฟกเตอร์ทั้งสองนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.39 และรูปที่ 2.40 ตามลำดับ ดังนั้นการคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุเมื่อรวมเอาแฟกเตอร์ต่าง ๆ ไว้แล้ว จะคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$m_s = \frac{P_b \pi (D^2 - d^2) k p N}{4CF_1 CF_2 CF_3} \quad \dots\dots(5)$$

ในทำนองเดียวกัน จากสมการที่ 5 เมื่อกำหนดอัตราการขนถ่ายวัสดุและขนาดของใบสกรูมาแล้วก็จะสามารถคำนวณหาความเร็วรอบของสกรูได้จากสมการที่ 6

$$N = \frac{4CF_1 CF_2 CF_3}{P_b \pi (D^2 - d^2) k p} \quad \dots\dots(6)$$

สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุของอเมริกา (CEMA) ได้พิมพ์ตารางอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตรไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งสามารถจะนำมาใช้สำหรับเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณด้วยสมการได้ โดยสามารถหาความเร็วรอบของสกรูได้จากสมการที่ 7

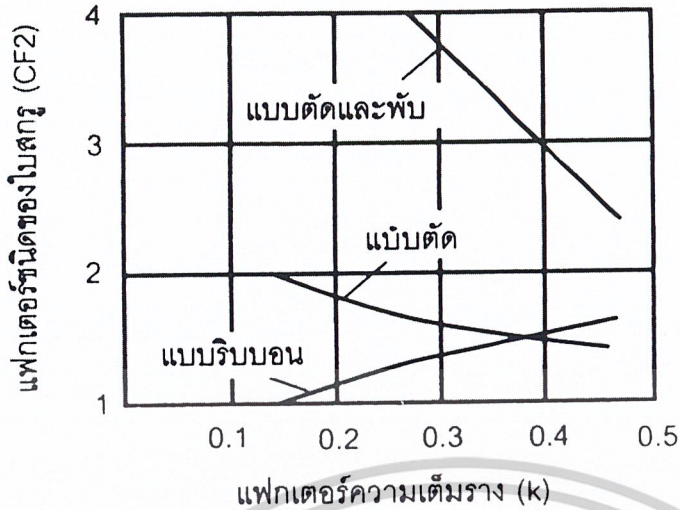
$$N = \left(\frac{\text{อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร}}{\text{ปริมาณการขนถ่ายวัสดุต่อรอบในตารางที่ 2.4}} \right) \dots\dots (7)$$

โดยที่ความเร็วรอบของใบสกรูนั้นจะต้องมีค่าไม่เกินค่าความเร็วรอบสูงสุดที่แสดงไว้ตารางที่ 2.4

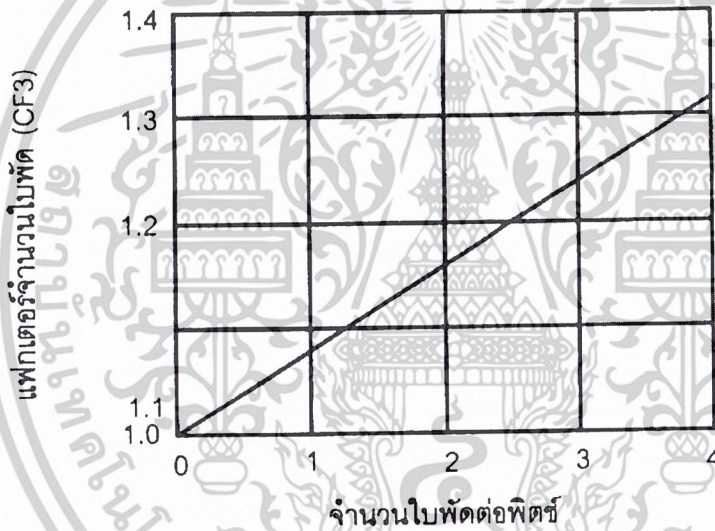
สำหรับขั้นตอนในการคำนวณออกแบบ และเลือกสกรูขนถ่ายวัสดุ จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุที่จะขนถ่าย และชนิดของใบสกรูที่เหมาะสม พร้อมทั้งแฟกเตอร์ความเต็มราง
2. ถ้าวัสดุมีลักษณะเป็นก้อน จะสามารถเลือกขนาดของใบสกรูได้จากรูปที่ 2.34
3. หาความเร็วรอบสูงสุดของเพลาสกรูจากรูปที่ 2.38
4. หาแฟกเตอร์ของระยะพิตช์ ชนิดของใบสกรู และจำนวนใบพัดสำหรับการกวนหรือผสมวัสดุต่อระยะพิตช์ (แฟกเตอร์ CF_1 , CF_2 และ CF_3 ตามลำดับ) จากตารางที่ 2.3 รูปที่ 2.39 และรูปที่ 2.40
5. ทดลองเลือกขนาดของใบสกรู แล้วคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุจากสมการที่ 5 โดยใช้ความเร็วรอบสูงสุดจากข้อ 3 ซึ่งจะต้องได้ค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุมากกว่าที่โจทย์กำหนด จากนั้นคำนวณหาความเร็วรอบของสกรูขนถ่ายวัสดุจากสมการที่ 6 ความเร็วรอบที่คำนวณได้ต้องมีค่าน้อยกว่าความเร็วรอบสูงสุดจากข้อ 3 ถ้าความเร็วรอบมากกว่าค่าสูงสุดให้เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรูที่โตขึ้น

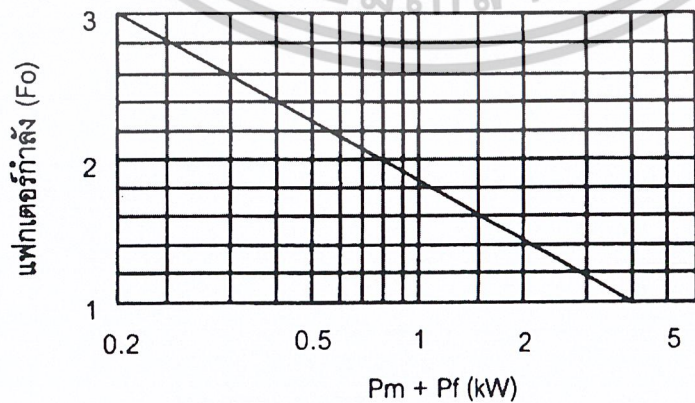
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 แฟกเตอร์ชนิดของใบสกรู



รูปที่ 2.40 แฟกเตอร์จำนวนใบพัด



รูปที่ 2.41 แฟกเตอร์กำลังขับ (Fo)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แฟกเตอร์ชนิดโบสกรู F_1

ชนิดของโบสกรู	แฟกเตอร์ชนิดโบสกรูตามขนาดของ แฟกเตอร์ความถี่			
	15%	30%	45%	95%
1. โบสกรูมาตรฐาน	1.0	1.0	1.0	1.0
2. โบสตัด	1.10	1.15	1.20	1.3
3. โบสตัดและโบสพับ	N.R.*	1.50	1.70	2.20
4. โบสแบบเรียบ	1.05	1.14	1.20	-

*ไม่แนะนำให้ใช้

ตารางที่ 2.5 แฟกเตอร์โบสตัด F_p

จำนวนโบสตัดต่อระยะพิทช์	0	1	2	3	4
แฟกเตอร์โบสตัด (F_p)	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

ตารางที่ 2.6 ค่าประมาณของแฟกเตอร์วัสดุ

ประเภทของวัสดุ	ค่าแฟกเตอร์วัสดุ (F_m)
ประเภทที่ 1	0.5-1.0
ประเภทที่ 2	1.0-2.0
ประเภทที่ 3	2.0-3.0
ประเภทที่ 4	3.0-4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แพลกเตอร์วัสดุ (Fm)

รายชื่อวัสดุ	ความหนาแน่นวัสดุ (kg/m ³)	แพลกเตอร์วัสดุ (Fm)
Alumina	880-1040	1.8
Ammonium nitrate	720-990	1.3
Barytes (powder)	1920-2880	2.0
Bentonite (powder)	800-960	0.7
Bonemeal	800-960	1.7
Cement (portland)	1510	1.4
China clay (kaolin)	1010	2.0
Coal (-15 mm)	780-980	1.0
Coffee (ground)	400	0.6
Cullet (fine)	1280-1920	2.0
Flour (wheat)	530-640	0.6
Flyash	480-720	2.0
Gypsum (fine)	960-1280	1.6
Ice (crushed or rolled)	560-720	0.6
Ice (flake)	640-720	0.6
Mica flake	270-350	1.0
Milk (powder)	320-720	0.5
Mill scale (steel)	1920-2000	3.0
Oats (crushed or rolled)	300-380	0.6
Peas (dried)	720-800	0.5
PVC (powder)	320-480	1.0
PVC (pallets)	320-480	0.6
Polyethelene, resin pellets	480-560	0.4
Rice	700-800	0.4
Sand	1440-1920	1.7-2.6
Sawdust (dry)	160-208	0.7
Soap powder, detergent	240-800	0.9
Sugar (dry granulated)	800-880	1.0-1.2
Talcum powder	800-960	0.8
Vermiculite (expanded)	260	0.5
Wheat	720-770	0.4
Wood (flour)	260-580	0.4
Wood (shavings)	130-260	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การหาค่ากำลังขับ

การคำนวณหาค่ากำลังขับของสกรูขนถ่ายวัสดุเป็นเรื่องที่ยุ่งยากมาก เนื่องจากค่าที่ถูกต้องจริง ๆ ในการขนถ่ายวัสดุปริมาณมวลแต่ละชนิดไม่สามารถหาได้ ซึ่งสมการต่าง ๆ ต่อไปนี้เป็นสมการจากการแนะนำตามของมาตรฐานของประเทศอังกฤษ (BS) และ สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุของอเมริกา (CEMA)

กำลังขับของสกรูขนถ่ายวัสดุโดยทั่ว ๆ ไปแล้วอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. กำลังขับสำหรับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่าง ๆ ของชิ้นส่วนสกรูขนถ่ายวัสดุที่เคลื่อนที่
2. กำลังขับสำหรับขนถ่ายวัสดุ
3. กำลังขับสำหรับการยกวัสดุขึ้นตามแนวตั้ง

กำลังขับสำหรับเอาชนะสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่าง ๆ ของชิ้นส่วนสกรูขนถ่ายวัสดุที่เคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู, ความยาวของสกรูขนถ่ายวัสดุ และความเร็วรอบของเพลาสกรู สมการที่ 8 ได้จากการทดลองซึ่งสามารถให้ผลการคำนวณที่เชื่อถือได้ และเป็นสมการรูปแบบที่ง่ายขึ้น

$$P_f = 75.7LND^{1.7} \quad \dots (8)$$

P_f = กำลังขับสำหรับเอาชนะความเสียดทาน (watt)

L = ความยาวสกรูขนถ่ายวัสดุ (m)

N = ความเร็วรอบของเพลาสกรู (Hz)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบสกรู (m)

เป็นการยากที่จะคำนวณกำลังขับสำหรับการขนถ่ายวัสดุที่ถูกต้องได้ เนื่องจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติตามธรรมชาติของวัสดุที่แตกต่างกันไป ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะขึ้นอยู่กับอัตราการขนถ่ายวัสดุ, ความหนาแน่นของวัสดุ และระยะทางขนถ่ายวัสดุ ดังนั้นจึงสามารถประมาณค่ากำลังขับสำหรับการขนถ่ายวัสดุได้จากสมการที่ 9

$$P_m = F_f F_p F_m m_s g L \quad \dots (9)$$

P_m = กำลังขับที่ใช้ขนถ่ายวัสดุ (watt)

F_f = แฟกเตอร์ใบสกรู (ตารางที่ 2.4)

F_p = แฟกเตอร์ใบพัด (ตารางที่ 2.5)

F_m = แฟกเตอร์วัสดุ (ตารางที่ 2.7)

P_b = ความหนาแน่นวัสดุ (kg/m^3)

V = อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร (m^3/sec)

L = ระยะทางขนถ่ายวัสดุ (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะสามารถทราบค่าโดยประมาณของแฟกเตอร์วัสดุได้จากชนิดของวัสดุ ซึ่งได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.6 ส่วนกำลังขับสำหรับยกวัสดุขึ้นตามแนวตั้งสามารถหาได้จากสมการที่ 10

$$P_v = m_s g H \quad \dots\dots (10)$$

P_v = กำลังขับสำหรับยกวัสดุขึ้นตามแนวตั้ง (watt)

H = ระยะทางตามแนวตั้ง (m)

ดังนั้นกำลังขับรวมสำหรับสกรูขนถ่ายวัสดุ สามารถคำนวณได้จากการรวมกำลังขับทั้งสามประเภทเข้าด้วยกัน แล้วคูณด้วยแฟกเตอร์กำลังขับ (overload factor, F_o) และหารด้วยประสิทธิภาพการส่งกำลังขับ (η)

$$\frac{(P_f + P_n + P_v) F_o}{\eta} \quad \dots\dots (11)$$

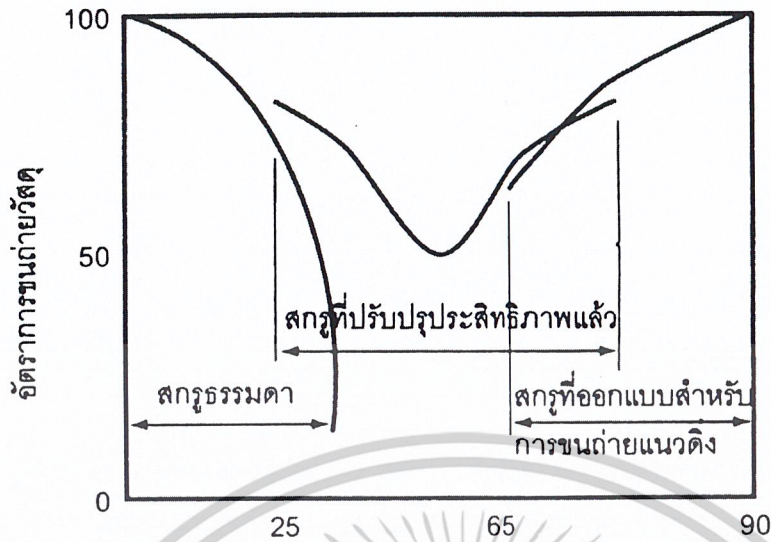
$$P = \frac{\dots\dots}{\eta}$$

P = กำลังขับรวม (watt)

F_o = แฟกเตอร์กำลังขับ (รูปที่ 2.32) ถ้า $P_f + P_n$ มีค่ามากกว่า kW ให้ใช้ค่า $F_o = 1.0$

η = ประสิทธิภาพการส่งกำลังขับ (โดยทั่วไปมีค่า 0.85-0.95)

การนำเอาสกรูขนถ่ายวัสดุไปขนถ่ายวัสดุตามแนวเอียงนั้นจะสามารถทำได้เฉพาะวัสดุบางชนิดเท่านั้น ซึ่งสามารถดูค่ามุมเอียงสูงสุดที่สามารถขนถ่ายวัสดุได้จากตารางวัสดุของสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุของอเมริกา (CEMA) โดยทั่วไปมุมเอียงควรมีค่าไม่เกิน 20 องศา การขนถ่ายวัสดุตามแนวเอียงนี้จะมีประสิทธิภาพในการขนถ่ายวัสดุต่ำกว่าการขนถ่ายวัสดุตามแนวระดับ การที่ประสิทธิภาพการขนถ่ายวัสดุลดลง คือ ปริมาตรการขนถ่ายวัสดุลดลง และต้องใช้กำลังในการขนถ่ายวัสดุสูงขึ้นด้วย ซึ่งมีสาเหตุมาจากการไหลของวัสดุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ปริมาตรการขนถ่ายวัสดุที่ลดลงจากการขนถ่ายวัสดุตามแนวเอียงนั้นสามารถประมาณค่าได้จากรูปที่ 2.42

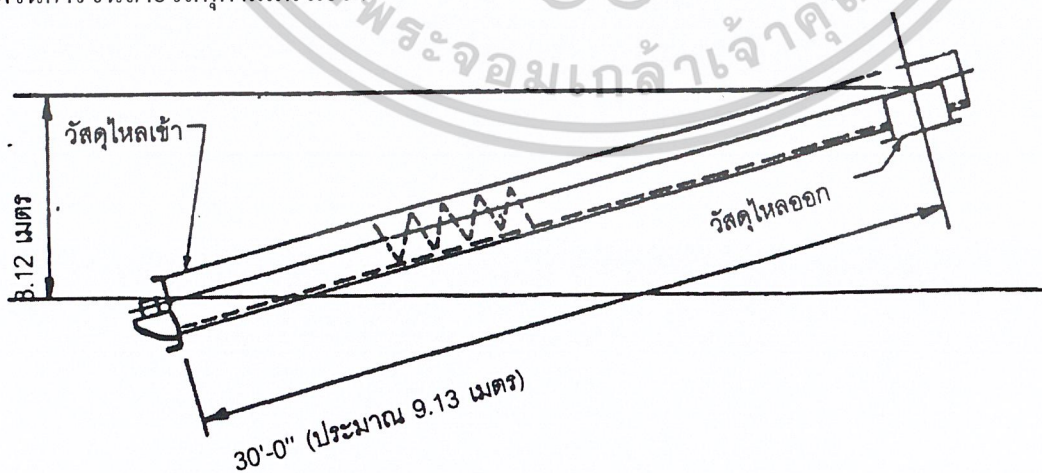


รูปที่ 2.42 อัตราการขนถ่ายวัสดุที่ลดลงจากการขนถ่ายวัสดุแนวเอียง

ดังนั้นการคำนวณหาค่ากำลังที่ใช้ขับเคลื่อนสกรูสำหรับการขนถ่ายวัสดุตามแนวเอียง ควรจะต้องเพื่ออัตราการขนถ่ายวัสดุที่ลดลงจากรูปที่ 2.43 ด้วย

การปรับปรุงสกรูขนถ่ายวัสดุสำหรับการขนถ่ายวัสดุตามแนวเอียงเพื่อให้มีประสิทธิภาพการขนถ่ายวัสดุสูงขึ้นดังรูปที่ 2.43 มีดังต่อไปนี้ (ส่วนการขนถ่ายวัสดุตามแนวตั้งจะไม่กล่าวถึงในที่นี้)

1. จัดให้ช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางสกรูขนถ่ายวัสดุให้มีค่าน้อยที่สุด
2. ควรใช้รางสกรูขนถ่ายวัสดุแบบท่อกลม
3. ลดตัวแขวนเพลตสกรู (hanger) ให้มีน้อยที่สุดหรือไม่มีตัวแขวนเลย ถ้าระยะทางขนถ่ายวัสดุไม่ยาวมากนัก ในกรณีเพลตยาวมากอาจทำให้เกิดการแกว่งของเพลตได้
4. ใช้ใบสกรูที่มีระยะพิทช์ตั้งแต่ 1.5, 2.0 หรือ 3.0 พิตช์ต่อรอบของสกรู เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนถ่ายวัสดุตามแนวเอียง



รูปที่ 2.43 สกรูการขนถ่ายวัสดุที่มีระยะทางขนถ่ายวัสดุ 9.13 เมตรและมุมเอียง 20 องศา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและสร้าง

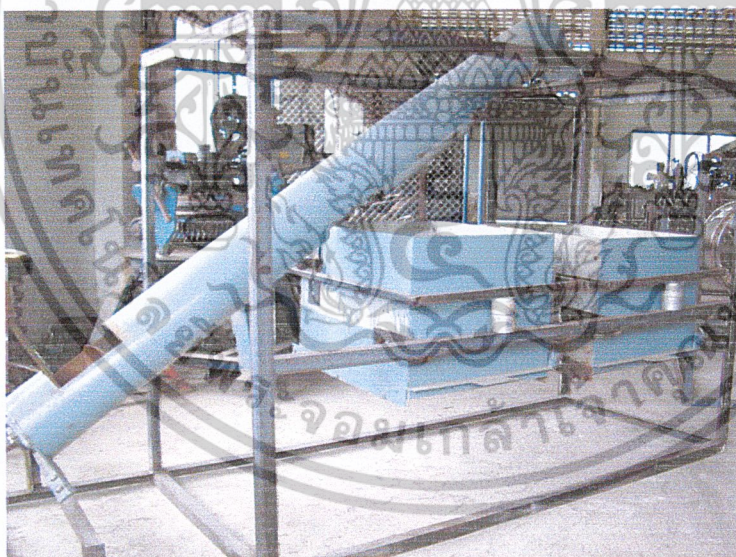
3.1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบเครื่องซึ่งข้าวโพดอาหารสัตว์นั้นคือการลำเลียงข้าวโพดไปซึ่งให้ทันเวลาของเครื่องสับข้าวโพดต่อวัน และอีกอีกอย่างที่ต้องคำนึงถึงคือปริมาณน้ำหนักรที่ได้ในการซึ่งแต่ละครั้งต้องมีความแม่นยำหรือใกล้เคียงตามที่เราได้กำหนดไว้ ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องซึ่งก็มี โครงเครื่อง ชุดซึ่งน้ำหนัก เกล็ดขี้เลื่อย ถังบรรจุ(Hopper) ลูกสูบนิวเมติก วาล์วนิวเมติก ลิ้นเปลี่ยนทิศทาง และชุดต้นกำลัง

1. โครงเครื่อง

ชุดโครงเครื่องทำจากเหล็กฉาก 2 นิ้ว ขนาด 81 x 232 x 130 เซนติเมตร

แสดงในรูปที่ 3.1

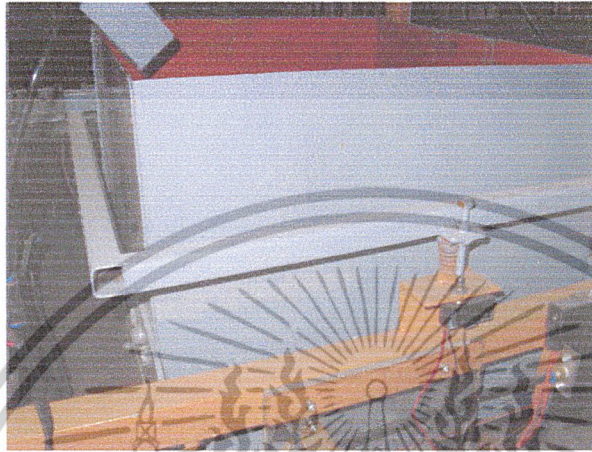


รูปที่ 3.1 โครงเครื่องซึ่งข้าวโพดอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชุดชั่งน้ำหนัก

เป็นชุดชั่งน้ำหนักแบบกลไกเหมือนเครื่องชั่งน้ำหนักคน โดยมีสปริงเป็นตัวรองรับ ตำแหน่งของสปริงอยู่ด้านหน้ากึ่งกลางของถังร่อนน้ำหนักใช้แขน กดช่วยให้สปริงรับน้ำหนักเบาขึ้น แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ชุดชั่งน้ำหนัก

3. เกลียวลำเลียง

เกลียวลำเลียงเป็นเกลียวสำเร็จ มีขนาดความโตเกลียว $6\frac{1}{2}$ นิ้ว ระยะ พิช 5 นิ้ว ความยาวเกลียว 175 เซนติเมตร เกลียวลำเลียงทำหน้าที่ลำเลียงข้าวโพดจากHoper ที่สับแล้ว ส่งไปทำการชั่งน้ำหนักที่ตั้งชั่ง แสดงในรูปที่ 3.3

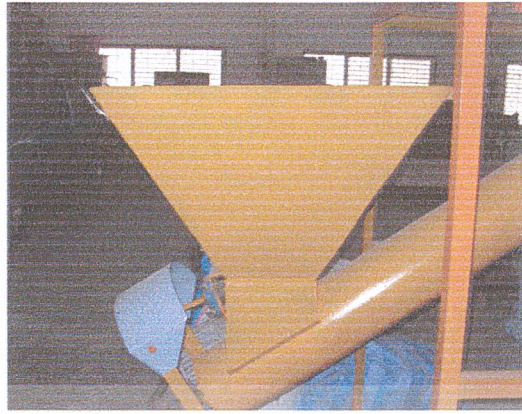


รูปที่ 3.3 เกลียวลำเลียง

4. ถังบรรจุ (Hopper)

ทำจากเหล็ก หนา 2.5 มิลลิเมตร ขนาด 66 x 66 x 50 เซนติเมตร ทำหน้าที่ในการพักข้าวโพดอาหารสัตว์ที่ได้ทำการสับแล้ว และจะถกลำเลียงต่อไป แสดงในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ถังบรรจุ

5. ลูกสูบด้านบน

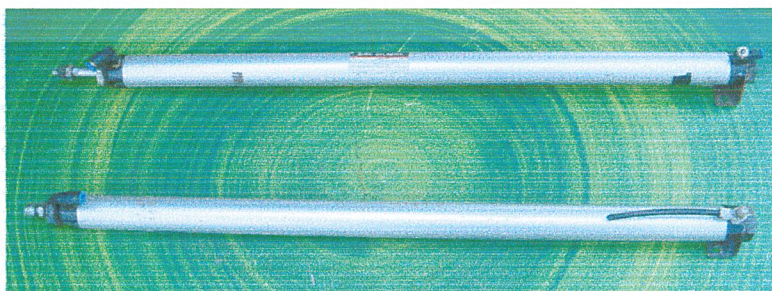
เป็นลูกสูบชนิดทำงานด้วยลม มีระยะชัก 20 เซนติเมตร ทำหน้าที่เลื่อนเข้าออกเพื่อให้ใบเปลี่ยนทิศทางการทำงาน แล้วปล่อยทิศทางลงข้างโพดอาหารสัตว์ แสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ลูกสูบด้านบน

6. ลูกสูบด้านล่าง

เป็นลูกสูบทำงานด้วยลม มีระยะชัก 60 เซนติเมตร ทำหน้าที่เลื่อนเข้าออกเพื่อให้ลิ้นปิดเปิดด้านล่างทำการปิด-เปิดให้ข้าวโพดอาหารสัตว์ตกลงสู่ด้านล่าง แสดงดังรูปที่ 3.6

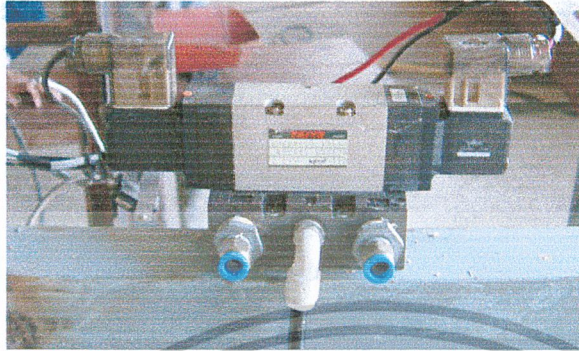


รูปที่ 3.6 ลูกสูบด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วาล์วนิวแมติก

เป็นวาล์วควบคุมด้วยไฟฟ้า แบบ 5/3 ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายลมเข้าสู่ลูกสูบทั้งหมด
แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วาล์วนิวแมติก

8. ไบเปลี่ยนทิศทาง

ทำด้วยแผ่นอะคริลิกหนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 22x24 เซนติเมตร ทำหน้าเปิดปิดเพื่อ
สลับทิศทางการตกของข้าวโพดอาหารสัตว์ไปยังถัง แสดงดังรูปที่ 3.8

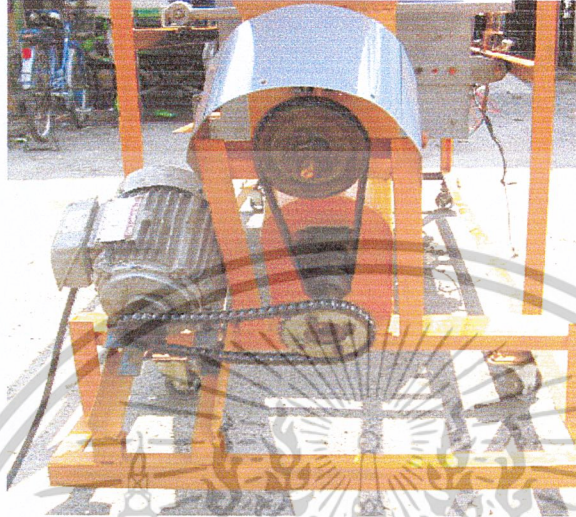


รูปที่ 3.8 ไบเปลี่ยนทิศทาง

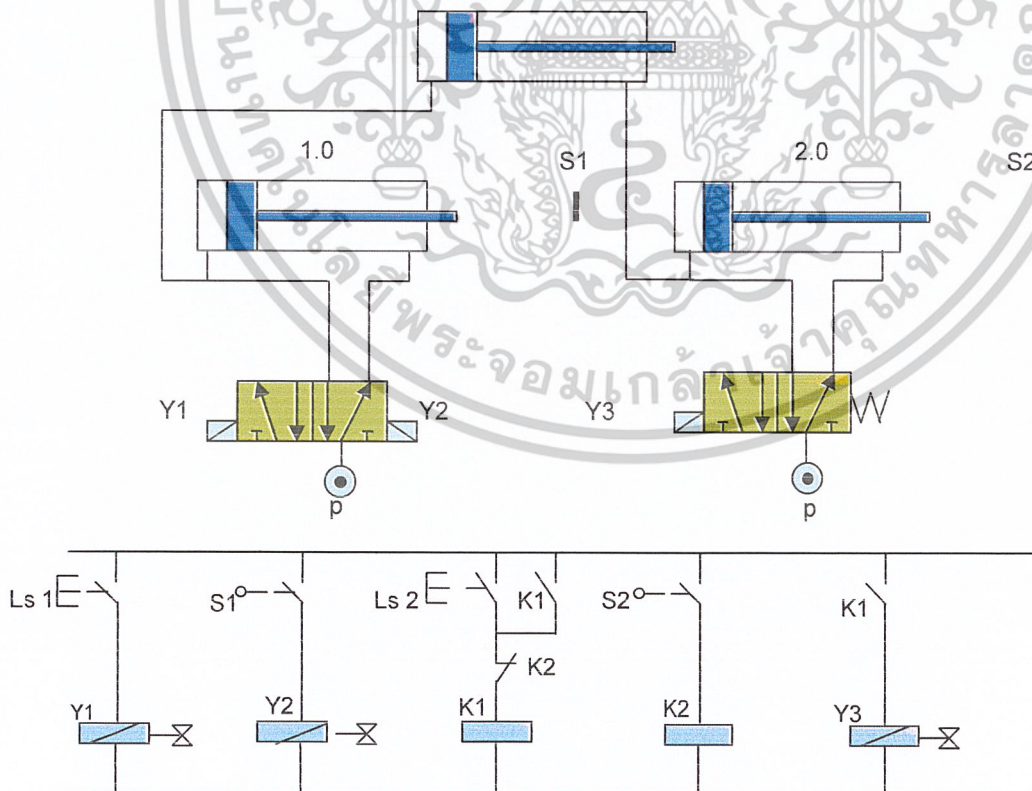
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ชุดต้นกำลัง

ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า มีความเร็วรอบที่ 1450 rpm ขับเกลิบลำเลียงและตัวปั่น
ข้าวโพดอาหารสัตว์ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การติดตั้งชุดต้นกำลัง



รูปที่ 3.10 การต่อวงจรไฟฟ้านิวเมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคำนวณ

ต้องการขนถ่ายขังข้าวโพด ด้วยอัตราการขนถ่าย 20 ton. เป็นระยะทาง 1.69 m มุมเอียง 30°
วัสดุมีความหนาแน่น(ρ_b) 208.33 kg/m³ ความเร็วรอบ 280 rpm

$$D = 0.165 \text{ m} , d = 0.05 \text{ m} , P = 0.127 \text{ m}$$

$$N = 280 \text{ rpm}$$

$$K = 0.30 \text{ (ประเภทที่ 3 วัสดุมีความคมความเร็วรอบต่ำ)}$$

วิธีทำ

3.2.1 ท่ออัตราการขนถ่ายวัสดุ

จากสูตรที่

$$m_s = \frac{\rho_b \pi (D^2 - d^2) k p N}{4} \dots (1)$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} M_s &= \frac{208.33 \times \pi \times (0.165^2 - 0.05^2) \times 0.30 \times 0.127 \times 280}{4} \\ &= 43.13 \times 60 \\ &\approx 2588.16 \\ &\approx 20.7 \text{ ton} \end{aligned}$$

3.2.2 ทากำลังขับ (จากสมการที่ 2,3,4)

$$P_f = 75.7 L N D^{1.7} \dots (2)$$

P_f = กำลังขับสำหรับเอาชนะความเสียดทาน (watt)

L = ความยาวสกรูขนถ่ายวัสดุ (m)

N = ความเร็วรอบของเพลาสกรู (Hz)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบสกรู (m)

แทนค่าในสูตรที่ 2 จะได้

$$\begin{aligned} P_f &= 75.7 (1.69) \times 280 \times (0.165)^{1.7} \\ &= 27.9 \text{ watts} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_m = F_f F_p F_m m g L \quad \dots\dots (3)$$

P_m = กำลังขับที่ใช้ขนถ่ายวัสดุ (watt)

F_f = แพลกเตอร์ไบนสกรู (ตารางที่ 2.4)

F_p = แพลกเตอร์ใบพัด (ตารางที่ 2.5)

F_m = แพลกเตอร์วัสดุ (ตารางที่ 2.7)

P_b = ความหนาแน่นวัสดุ (kg/m^3)

V = อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร (m^3/sec)

L = ระยะทางขนถ่ายวัสดุ (m)

ค่าจากตาราง $F_f = 2.20$ Table 2.4, $F_p = 1.29$ Table 2.5, $F_m = 0.6$ (ตารางที่ 2.7)

แทนค่าในสูตรที่ 3

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } P_m &= 2.20 * 1.29 * 0.6 * 2.588 / 3.6 * 9.81 * 1.69 \text{ m} \\ &= 20.29 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$P_v = m g H \quad \dots\dots (4)$$

P_v = กำลังขับสำหรับยกวัสดุขึ้นตามแนวตั้ง (watt)

H = ระยะทางตามแนวตั้ง (m)

แทนค่าในสูตรที่ (4) จะ ได้

$$\begin{aligned} P_v &= 2.588 / 3.6 * 9.81 * 1.69 \sin 30 \\ &= 5.9 \text{ watt} \end{aligned}$$

ดังนั้นจะได้แรงขับทั้งหมด

$$P = \frac{(P_f + P_n + P_v) F_o}{\eta} \quad \dots\dots (5)$$

P = กำลังขับรวม (watt)

F_o = แพลกเตอร์กำลังขับ (รูปที่ 2.41) ถ้า $P_f + P_n$ มีค่ามากกว่า kW ให้ใช้ค่า $F_o = 1.0$

η = ประสิทธิภาพการส่งกำลังขับ (โดยทั่วไปมีค่า 0.85-0.95)

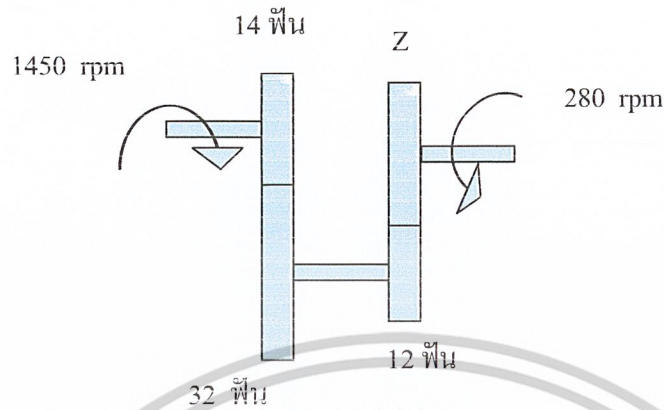
แทนค่าจะได้

$$P = \frac{(27.9 + 20.29 + 5.9) * 1}{0.85}$$

$$p = 63.63 \text{ watt}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การคำนวณหาความเร็วรอบ



$$(N_{\text{ตาม}}/N_{\text{ขับ}}) = (Z_{\text{ขับ}}/Z_{\text{ตาม}})$$

$$N_{\text{ตาม}}/1450 = 14/32$$

$$N_{\text{ตาม}} = 634 \text{ rpm}$$

หาค่า Z

$$(280/634) = 12/Z_{\text{ตาม}}$$

$$Z_{\text{ตาม}} = 12/(280/634)$$

$$= 27 \text{ ฟัน}$$

จากการคำนวณจะได้ค่าของฟัน $Z = 27$ ฟันและเมื่อทราบแล้วจะได้ความเร็วรอบ 280 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาสมรรถนะการลำเลียงของเกลียวลำเลียงและหาประสิทธิภาพของชุดชั่งน้ำหนักเพื่อให้ได้น้ำหนักตามที่กลุ่มเกษตรกรต้องการ โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. วัสดุและอุปกรณ์

- (1) ชุดชั่งน้ำหนัก
- (2) ข้าวโพดที่ทำการสับแล้ว
- (3) เครื่องควบคุมความเร็วรอบ
- (4) เครื่องวัดความเร็วรอบ
- (5) เครื่องจับเวลา
- (6) ตาชั่ง
- (7) ถาดตองชั่งน้ำหนัก

2. วิธีการทดลอง

- (1) เตรียมข้าวโพดโดยการนำข้าวโพดที่ได้ทำการสับแล้วข้าวโพดที่ได้ทำการสับแล้วจะมีอายุประมาณ 45 วัน แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ข้าวโพดอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ให้มอเตอร์ทำงาน โดยกำหนดความเร็วรอบที่ 152 , 280 , 390 , 500 , 600 รอบต่อนาที

(3) นำข้าวโพดใส่ลงไปยังถังบรรจุ แล้วให้ข้าวโพดไหลลงเกิดยวตำเลียง แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ข้าวโพดอยู่ใน hopper

(4) ทำการจับเวลาเมื่อข้าวโพดเริ่มตกลงถึงเก็บและหยุดเวลาเมื่อชุดชั่งน้ำหนักเริ่มตัดน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ข้าวโพดเริ่มตกลงถึงเก็บ

(5) นำข้าวโพดที่ได้จากการตัดน้ำหนักโดยเครื่อง ไปชั่งกับตาชั่งแล้วบันทึกผลการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การชั่งข้าวโพด

4.2 ผลการทดลอง

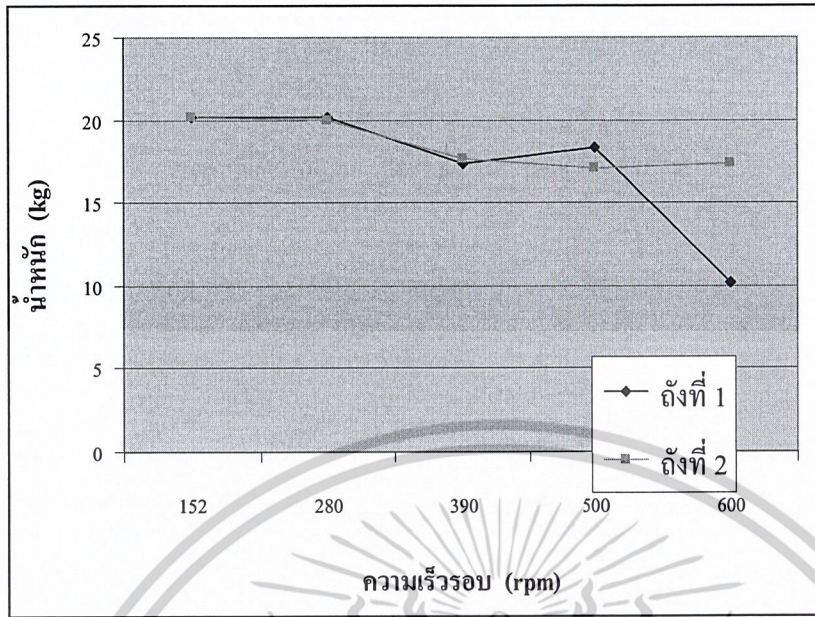
จากการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆในแต่ละความเร็วรอบทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 10 ครั้งต่อความเร็วรอบ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาและน้ำหนักที่ใช้ต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ	เวลาที่ใช้ (min)	น้ำหนัก (kg)	
		ถึงที่ 1	ถึงที่ 2
152	2.3	20.13	20.11
280	1.35	20.12	19.94
390	1.22	17.33	17.6
500	0.49	18.32	17.08
600	0.35	10.2	17.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความเร็วยรอบที่ 280rpm



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความเร็วยรอบที่ 280rpm

4.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ

152 rpm ใช้เวลาทั้งหมด 2.3 min เครื่องไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากจากรอบการทำงานของเครื่องซึ่งมีรอบการทำงานที่ต่ำเกินไป จึงทำให้เกิดเสียงดังและเกิดการติดขัด

280 rpm ใช้เวลาทั้งหมด 1.35 min ลักษณะการทำงานราบเรียบ และมีเปอร์เซ็นต์ error ของน้ำหนัก ถังที่ 1 = 0.60% ถังที่ 2 = 0.30 %

390 rpm ใช้เวลาทั้งหมด 1.22 min ลักษณะการทำงานเริ่มมีการสั่นขึ้นขณะทำการทดลองและมีเปอร์เซ็นต์ error ของน้ำหนัก ถังที่ 1 = 13.35 % ถังที่ 2 = 12.0%

500 rpm ใช้เวลาทั้งหมด 0.49 min ลักษณะการทำงานเริ่มมีการสั่นเพิ่มสูงขึ้นและมีเปอร์เซ็นต์ error ของน้ำหนัก ถังที่ 1 = 8.40 % ถังที่ 2 = 14.60 %

600 rpm ใช้เวลาทั้งหมด 0.35 min ลักษณะการทำงานมีความสั่นมากจนไม่สามารถชั่งในความเร็วรอบนี้ได้ และมีเปอร์เซ็นต์ error ของน้ำหนัก ถังที่ 1 = 49.0 % ถังที่ 2 = 13.50 %

ที่ความเร็ว 280 rpm ลักษณะการทำงานราบเรียบจึงเหมาะแก่การทำงาน และมีเปอร์เซ็นต์ error น้อยที่สุดดังนั้นจึงเลือกใช้ เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองโดยการนำน้ำหนักข้าวโพดไปชั่งในแต่ละครั้งโดยแยกเป็น 2 ถัง โดยที่ในแต่ละถังทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 10 ครั้ง ได้ผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ยดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงที่ 4.2 น้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละถัง

ถังที่	น้ำหนัก (kg)
1	20.12
2	19.94

จากการทดสอบโดยการนำมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักที่ได้จากสมรรถนะของเครื่องชั่งในแต่ละ ถังโดยน้ำหนักที่ต้องการคือ 20 kg ต่อ ถัง จากการทดสอบได้ค่าออกมาดังนี้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ error ได้ ถังที่ 1 = 0.60 % , ถังที่ 2 = 0.30 % และความชื้นที่วัดได้คือ 4.56 % wb



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 ปัญหาและอุปสรรค

- (1) เกิดการเกาะของข้าวโพดอาหารสัตว์ในถังบรรจุ เพราะวัสดุมีความชื้นสูงมาก จึงทำให้เกิดการติดขัดของวัสดุ
- (2) มีการสั่นสะเทือนเมื่อเครื่องทำงานมีผลกระทบต่อการทำงานของตัดน้ำหนัก
- (3) เกิดการติดขัดของลิ้นเปิด-ปิด ของถังรองรับน้ำหนัก
- (4) การปล่อยวัสดุลงถังซึ่งเกิดการกองตัวของวัสดุสูง ทำให้วัสดุกระจายไม่ทั่วถึงโดยต้องใช้มือเกลี่ยตลอด

5.2 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ อัตราการลำเลียงของเกลียว 1.35 นาที/ 20 กิโลกรัม ซึ่งเป็นอัตราการลำเลียงที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยใช้เกลียวลำเลียงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 16.5 เซนติเมตร ระยะพิตช์ 12.7 เซนติเมตร ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบที่ 280 รอบ/นาที มีอัตราการลำเลียงใกล้เคียงกับความต้องการคืออัตราการขนถ่ายเท่ากับ 20.7ton/วัน และผลที่ได้จากการทดลองคือ ถังที่ 1 ได้น้ำหนัก 20.12 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ error เท่ากับ 0.60 เปอร์เซ็นต์, ถังที่ 2 ได้น้ำหนัก 19.94 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ error เท่ากับ 0.30 เปอร์เซ็นต์

5.3 แนวทางการปรับปรุง

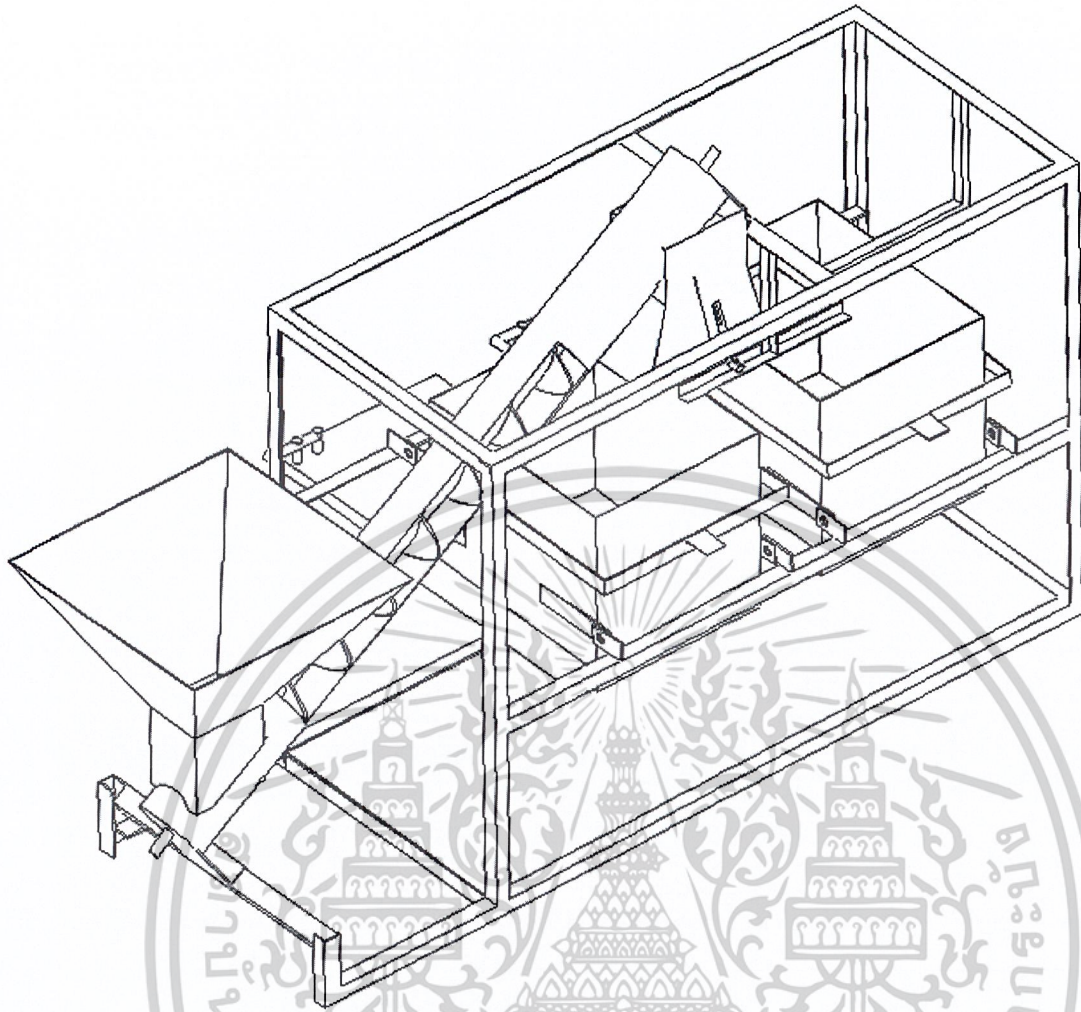
1. ควรแก้ไขในส่วนของ Hopper เพื่อลดปัญหาการติดขัดของวัสดุให้ได้ดีที่สุด
2. ลดการสั่นสะเทือนของเครื่องและในส่วนการตัดสวิทช์ โดยมีการตรวจสอบความโค้งงอของเพลลา
3. ควรลดระดับความสูงของ Hopper ให้เหมาะสมเพื่อความสะดวกในการเทวัสดุ
4. ในการปล่อยข้าวโพดลงถังตัดน้ำหนักรวบรวมให้ ได้ตรงกึ่งกลางเพื่อจะได้ไม่ต้องใช้มือเกลี่ยให้สม่ำเสมอ
5. ในเรื่องของขนาดและรูปร่างควรจะมีการพัฒนาให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อความสะดวกในการ

ปฏิบัติงานของเกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

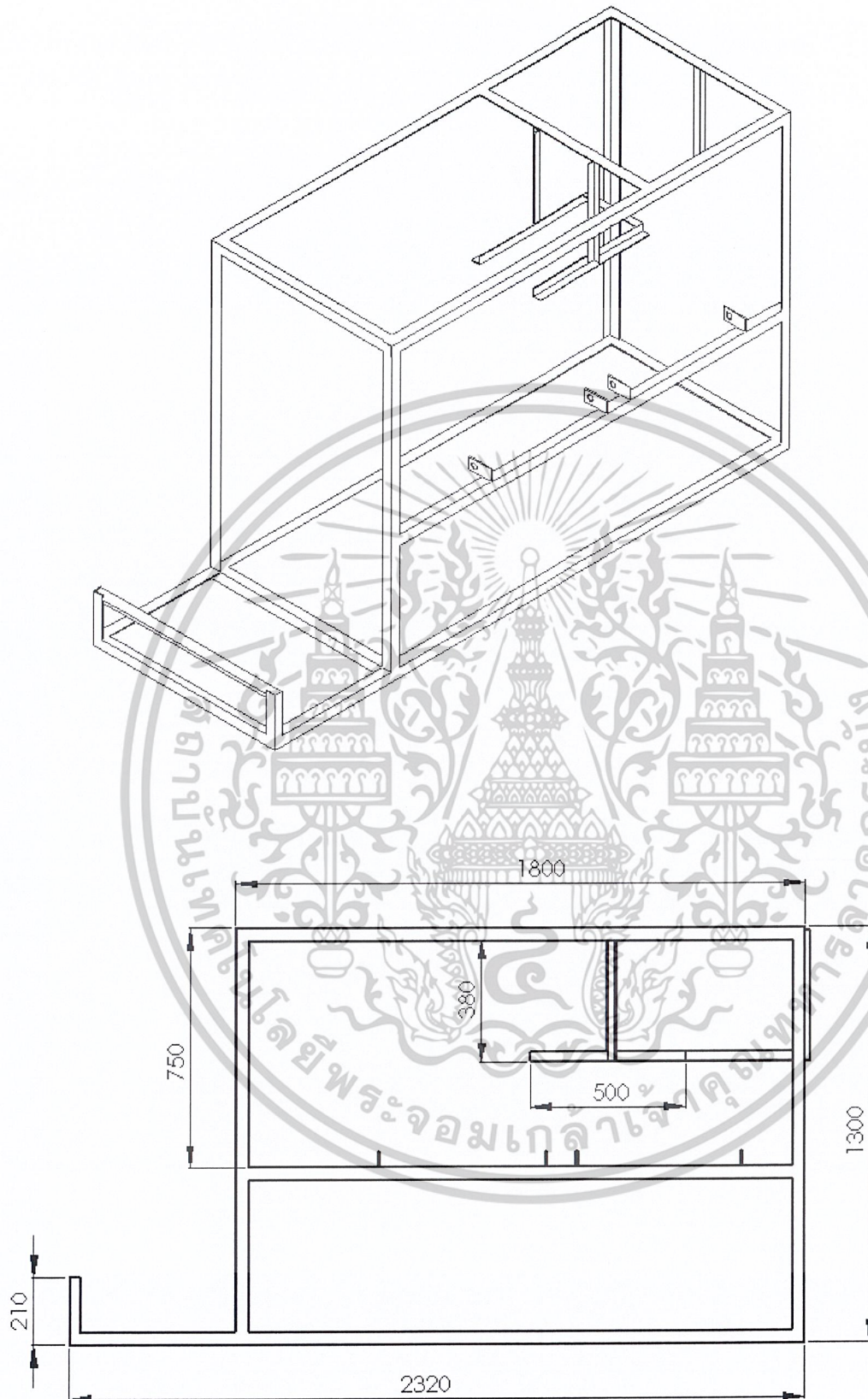


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวก ก. 1 โครงสร้างเครื่อง

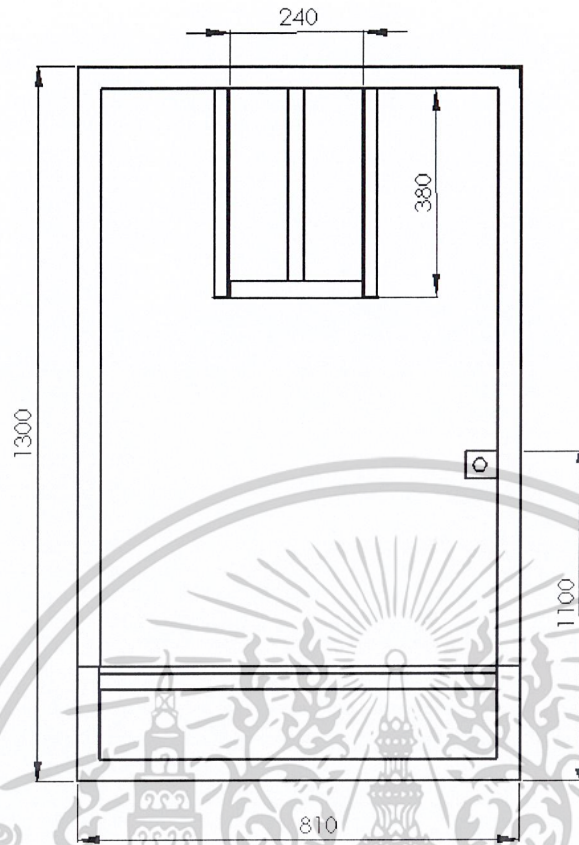
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



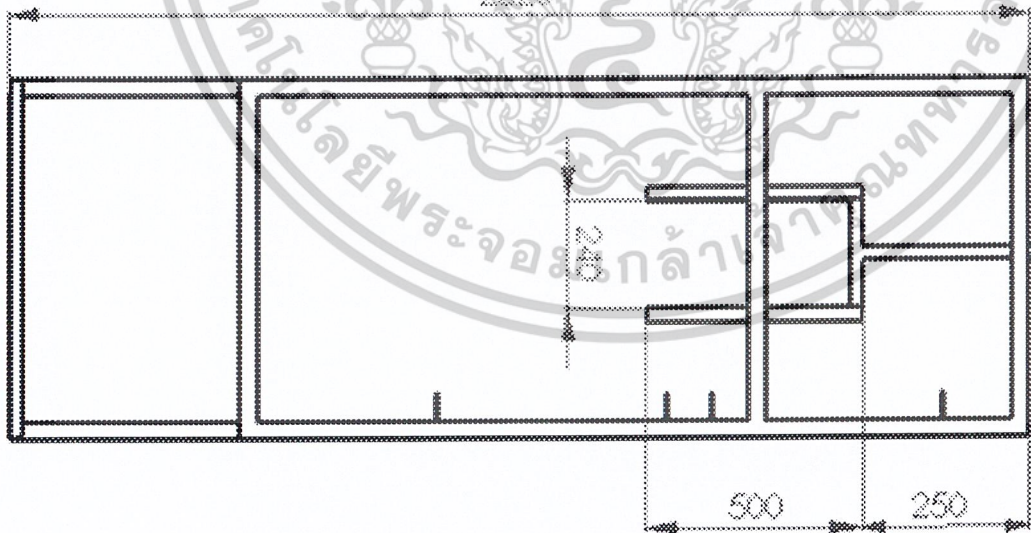
รูปผนวก ก.2 ด้านหน้าโครงสร้างเครื่อง

(หน่วย mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวก ก. 3 ด้านข้างของโครงสร้างเครื่อง



รูปผนวก ก. 4 ด้านบนของโครงสร้างเครื่อง

(หน่วย mm)

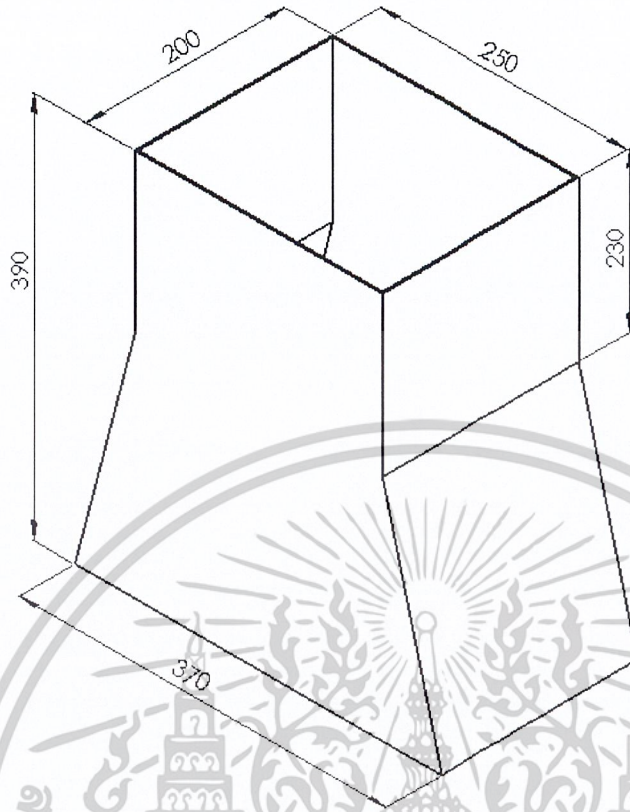
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



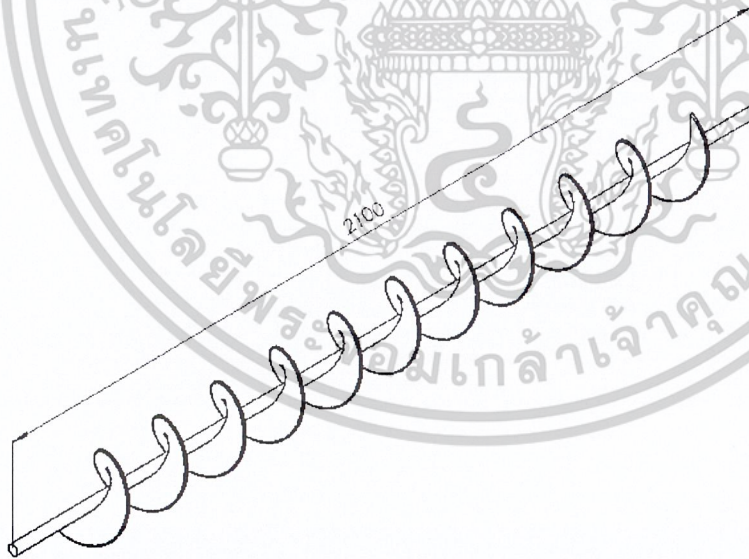
รูปผนวก ก. 5 ถึงบรรจุ

(หน่วย mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



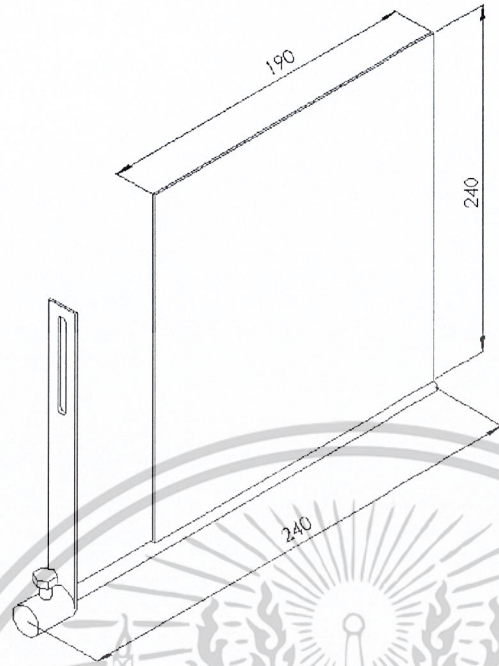
รูปผนวก ก. 6 ช่องปล่อยขังข้าวโพด



รูปผนวก ก. 7 เกลียวลำเตียงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 165 mm ระยะพิทช์ 127 mm

(หน่วย mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวก ก. 8 ไม้เปลี่ยนทิศทางการออกของข้าวโพดอาหารสัตว์ (หน่วย mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ข. 1 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 152 rpm

ครั้งที่	ถังที่ 1		ถังที่ 2	
	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)
1	2.33	19.5	2.2	19
2	2.3	19.3	2.6	22.5
3	2.4	20.2	2.53	21.4
4	2.42	20.5	2.5	20.6
5	2.53	21	2.32	19.3
6	2.4	20.9	2.4	19.3
7	2.12	19.8	2.45	19.5
8	2.2	19	2.51	20.1
9	2.4	20.5	2.48	20.4
10	2.5	20.6	2.22	19
เฉลี่ย	2.36	20.13	2.42	20.11

ตารางผนวก ข. 2 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 280 rpm

ครั้งที่	ถังที่ 1		ถังที่ 2	
	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)
1	1.03	20.1	0.59	19.2
2	1.02	20.1	1.03	19.8
3	1.05	19.8	1.03	19
4	1.15	21	1.05	21.2
5	1.11	20.1	1.02	20
6	0.59	19.9	1.02	20.2
7	1.06	20.2	1.04	20
8	1.04	20.1	0.58	19.6
9	1.03	20.1	1.06	20.3
10	0.54	19.8	1.01	20.1
เฉลี่ย	1.36	20.12	1.34	19.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ข. 3 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 390 rpm

ครั้งที่	ถั่งที่ 1		ถั่งที่ 2	
	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)
1	0.54	18.5	0.53	17.5
2	0.53	16	0.51	16.8
3	1	17.5	0.52	17.1
4	0.59	17.3	0.55	17.6
5	0.57	17.1	1.1	18.2
6	0.52	16.5	1.2	18.4
7	0.57	18.1	0.56	17.9
8	0.54	17.2	0.58	18
9	0.52	16.9	0.52	17.3
10	0.58	18.2	0.51	17.2
เฉลี่ย	0.59	17.33	1.05	17.6

ตารางผนวก ข. 4 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 500 rpm

ครั้งที่	ถั่งที่ 1		ถั่งที่ 2	
	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)
1	0.57	18.7	0.49	18.5
2	0.52	18.6	0.48	19.1
3	0.45	18.7	0.49	19.2
4	0.44	17.9	0.47	19.2
5	0.46	17.5	0.5	19.5
6	0.56	18.8	0.51	19.0
7	0.58	18.5	0.49	18.4
8	0.48	17.8	0.48	18.8
9	0.52	18.6	0.52	19.2
10	0.51	18.1	0.5	18.9
เฉลี่ย	0.5	18.32	0.49	17.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ข. 5 บันทึกผลการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักที่ความเร็วรอบ 600 rpm

ครั้งที่	ถังที่ 1		ถังที่ 2	
	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)	เวลา (min)	น้ำหนัก (kg)
1	0.37	10.2	0.33	17.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ผศ.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, วิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ, พิมพ์ครั้งที่ 1, ม.ป.ท. พฤษจิกายน 2540
หน้า 141
2. รศ.ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 46เรื่องน่ารู้เทคนิคเครื่องกลรวบรวมนบทความเกี่ยวกับเครื่องกล
จากวารสารเทคนิคชุดที่ 5, 2521, หน้า 142-144.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้