

การสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

Wear of Auger Conveyor for Rice Combine Harvester

นายสมคิด พึ่งไชย
นายสาริต เสนานุช

14043911

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 21 ต.ค. 2551
เลขทะเบียน..... 05000149
เลขเรียกหนังสือ..... 950
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 234 7 2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีการศึกษา 2549



ใบรับรองโครงการ

หัวข้อโครงการ : การศึกษารองของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวของเครื่องเกี่ยวรวงข้าว
(Wear of Auger Conveyor for Rice Combine Harvester)

ผู้ดำเนินโครงการ : นายสมคิด ห้างไชย รหัสนิสิต 46360996
นายสาริต เสนานูช รหัสนิสิต 46361010

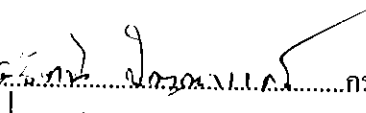
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์ รัตนา การบุญบุญจันทร์
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2549

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์รัตนา การบุญบุญจันทร์)

มัทนี สงวนธรรมดี.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัทนี สงวนธรรมดี)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุรัตน์ ปัญญาแก้ว)

หัวข้อโครงการ	: การสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายสมคิด	พึงไชย	รหัสสถิติ 46360996
	นายสาธิต	เสนานุช	รหัสสถิติ 46361010
อาจารย์ที่ปรึกษา	: อาจารย์ รัตนา การบุญบุญนันท์		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	: 2549		

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้เพื่อศึกษา การสึกหรอของสกรูลำเลียงในตำแหน่งสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วขึ้นดั่งเก็บของรตเกี่ยวนวดข้าวแบบมีดงเก็บ โดยทำการทดลองใช้สกรูลำเลียง 3 แบบ คือ แบบธรรมดา แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น (เพลขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.45 มิลลิเมตร) และแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส (AISI 316 กว้าง 12 มิลลิเมตรหนา 3 มิลลิเมตร) และทำการวัดการสึกหรอจาก 3 วิธีคือ 1) น้ำหนักของสกรู, 2) ความหนา และ 3) ความลึกของใบสกรู ซึ่งความหนาและความลึกของใบสกรูจะทำการวัดในส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายของสกรู คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนัก ความหนา และความลึก ของสกรู ทั้ง 3 แบบ และทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จากการทดลองเกี่ยวข้าวบนพื้นที่นา 1600 ไร่ พบว่า ในส่วนท้ายของสกรู(ส่วนที่รับข้าวจากสกรูตัวอื่น)ทั้ง 3 แบบมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอสูงกว่าส่วนอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของสกรูทั้ง 3 แบบพบว่า สกรูแบบธรรมดามีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอสูงสุด คือ มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนัก 15.1 เปอร์เซ็นต์, เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความหนา 67.1 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึก 30.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอน้อยที่สุด คือมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนัก 3.7 เปอร์เซ็นต์, เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความหนา 12.5 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึก 10.8 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า มีค่าใช้จ่าย 1.69, 1.52 และ 1.18 บาทต่อไร่ สำหรับสกรูแบบธรรมดา, สกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น และสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส ตามลำดับ ดังนั้น สกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสสามารถลดการสึกหรอของใบสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวได้และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองแบบที่เหลือจึงควรแนะนำให้ผู้ผลิตพันทาบเกลียวด้วยแผ่นสแตนเลสเพื่อยืดอายุการใช้งานของเกลียวและลดงานบำรุงรักษาของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

Project Title : Wear of Auger Conveyor for Rice Combine Harvester
Name : Mr. Somkid Puengchai Code 46360996
Mr. Satid Senanuch Code 46361010
Project Advisor : Mrs. Rattana Karoonboonyanan
Department : Mechanical Engineering
Academic Year : 2006

Abstract

The objective of this project is to study the wearing behavior of a screw conveyor which conveyed cleaned rice grain up to the storage tank on a rice combine harvester. Three type of screw were tested: the plain steel screw the 7.45 – millimeter rod reinforced screw and the 12×3 - millimeter AISI 316 stainless steel reinforced screw. Wear behaviors were measured by three Methods: 1) the weight of the screw, 2) the thick ness, and 3) the depth of the screw. The thickness and the depth of screw blades were measured at top, middle and bottom

The experiment on 1600-Rai(256 ha) area showed that in the bottom of all types of screw had higher thickness and depth loss than other parts. The plain steel screw had highest wear 67.1 percent by thickness and 30.1 percent by depth, 15.1 percent weights. The stainless steel reinforced screw had lowest wear, 3.7 percent by weight, 12.5 percent by thickness and 10.8 percent by depth. The average cost per 1600 Rai for the plain steel, the steel rod reinforced and the stainless steel reinforced screw were 1.69, 1.52 and 1.18 Baht. The results convinced that the conveying screws in rice combine harvester should be reinforced by stainless steel bar the extend the service life of the screw and the minimize the maintenance of the combine harvester.

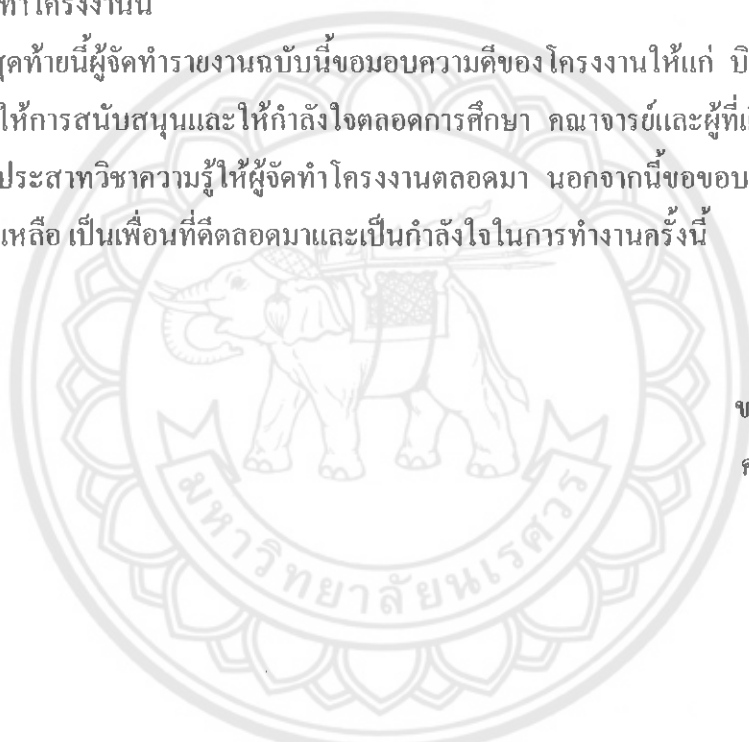
กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการฉบับนี้สามารถจัดทำขึ้นได้ เนื่องจากความร่วมมือและความกรุณาจากหลายๆท่าน ในนามของผู้จัดทำรายงานฉบับนี้ขอขอบพระคุณ อาจารย์รัตนา การุญบุญญานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้สนับสนุนข้อมูล ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในทางที่เป็นประโยชน์ และคอยดูแลติดตามผลการทำโครงการ แก่คณะผู้จัดทำตลอดมาจนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณสมประสงค์และคุณพวง พี่งไชย ที่อนุเคราะห์รดเกี่ยววนวดข้าวและทุนในบางส่วนเพื่อใช้ในการทำโครงการนี้

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำรายงานฉบับนี้ขอขอบความดีของโครงการให้แก่ บิดา-มารดา ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดการศึกษา คณาจารย์และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้ผู้จัดทำโครงการตลอดมา นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นเพื่อนที่คัดลอกมาและเป็นกำลังใจในการทำงานครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ
คณะผู้ดำเนินโครงการ

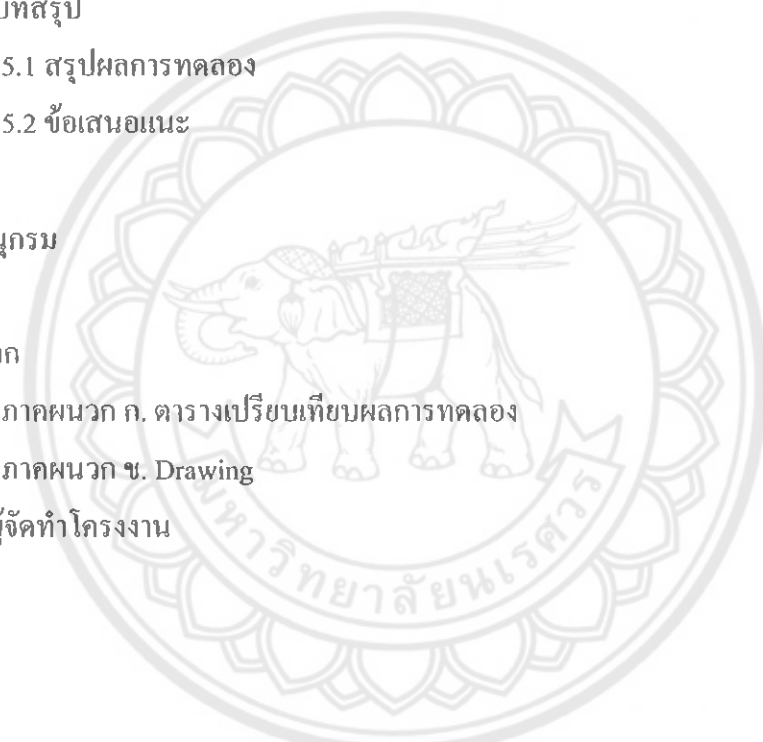


สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญแผนภูมิ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ	2
1.6 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	3
1.7 งบประมาณ	3
บทที่ 2 สมมุติฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 รถเกี่ยวขนาดข้าว	4
2.2 ทฤษฎีสกรูลำเลียง	16
2.3 ไตรโบโลยี (Tribology)	24
2.4 การสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว	35
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ	
3.1 ศึกษาข้อมูลต่างๆ	37
3.2 ลักษณะทางกายภาพของใบสกรูลำเลียง	39
3.3 การสร้างใบสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้นและแบบพันทาบด้วยเหล็กสแตนเลส	41
3.4 การทดลองเพื่อหาปริมาณการสึกหรอในช่วงการทำงานของสกรูแบบต่างๆ	43
3.5 การวิเคราะห์ผล	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	
4.1 ลักษณะการสึกหรอของสกรูลำเลียง	49
4.2 การคำนวณหาความสามารถในการลำเลียงหรืออัตราการลำเลียงวัสดุ	57
4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	58
 บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
 บรรณานุกรม	62
 ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตารางเปรียบเทียบผลการทดลอง	64
ภาคผนวก ข. Drawing	69
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	75



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 แสดงความแข็ง โดยประมาณของวัสดุแร่และโลหะในกลุ่มเหล็ก	29
ตาราง 2.2 แสดงความสามารถในการต้านทานการสึกหรอของวัสดุ	31
ตาราง 3.1 แฟกเตอร์ระยะพิชชิ่งของใบสกรู	47
ตาราง 4.1 ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ใน 1 ปี	60
ตาราง ก.1 แสดงข้อมูลโดยนำหน้าก่อนการทดลอง	65
ตาราง ก.2 แสดงข้อมูลโดยความหนา ก่อนการทดลอง	65
ตาราง ก.3 แสดงข้อมูลโดยความลึกก่อนการทดลอง	65
ตาราง ก.4 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยนำหน้าของสกรูลำเลียง แบบธรรมดา	66
ตาราง ก.5 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาของสกรูลำเลียง แบบธรรมดา	66
ตาราง ก.6 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความลึกของสกรูลำเลียง แบบธรรมดา	66
ตาราง ก.7 ข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยนำหน้าของสกรูลำเลียงแบบพันทาบ ด้วยเหล็กเส้น	67
ตาราง ก.8 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาของสกรูลำเลียงแบบ พันทาบด้วยเหล็กเส้น	67
ตาราง ก.9 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความลึกของสกรูลำเลียงแบบพันทาบ ด้วยเหล็กเส้น	67
ตาราง ก.10 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยนำหน้าของสกรูลำเลียงแบบพันทาบ ด้วยแผ่นสแตนเลส	68
ตาราง ก.11 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาของสกรูลำเลียงแบบพันทาบ ด้วยแผ่นสแตนเลส	68
ตาราง ก.12 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความลึกของสกรูลำเลียงแบบพันทาบ ด้วยแผ่นสแตนเลส	68

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ส้อมโน้มข้าว	5
รูปที่ 2.2 การ์ด	5
รูปที่ 2.3 ใบมีดตัด	6
รูปที่ 2.4 เกลียวลำเลียง	6
รูปที่ 2. 5 ชุดลูกนวด	7
รูปที่ 2.6 ฟันลูกนวด (Spike teeth)	7
รูปที่ 2.7 ครีบวงเคียนและตะแกรงนวด	8
รูปที่ 2.8 ตะแกรงโยก	8
รูปที่ 2.9 สกรูลำเลียง	9
รูปที่ 2.10 ถังเก็บเมล็ดและสกรูลำเลียงเมล็ดสู่รถขนถ่าย	9
รูปที่ 2.11 เครื่องยนต์	10
รูปที่ 2.12 พูลเลย์และเฟลา	10
รูปที่ 2.13 สายพาน	11
รูปที่ 2.14 ปัมไฮดรอลิกและมอเตอร์ขับเคลื่อน	11
รูปที่ 2.15 โครงสร้างหลัก	12
รูปที่ 2.16 โซ่ตีนตะขาบ	12
รูปที่ 2.17 โรลเลอร์	13
รูปที่ 2.18. ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้รถเกี่ยวนวดข้าว	13
รูปที่ 2.19 หลักการนวดแบบไหลตามแกน (Axial flow)	15
รูปที่ 2.20 หลักการทำงานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย (เฉพาะระบบนวด)	15
รูปที่ 2.21 สกรูแบบระหัดเกลียวสำหรับลำเลียงของเหลว	16
รูปที่ 2.22 ส่วนประกอบของสกรูลำเลียงวัสดุ	17
รูปที่ 2.23 ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุบนใบเกลียว	18
รูปที่ 2.24 สกรูลำเลียงแบบเกลียวซ้ายและเกลียวขวา	19
รูปที่ 2.25 ลักษณะการติดตั้งแบร์ริงที่เฟลาของใบสกรูเกลียวซ้ายและเกลียวขวา	20
รูปที่ 2.26 ใบสกรูลักษณะต่าง ๆ	21
รูปที่ 2.27 ใบสกรูที่มีระยะพิตช์และเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดร่วมกัน	23
รูปที่ 2.28 ใบของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน	35
รูปที่ 2. 29 ลักษณะการสึกหรอของสกรูลำเลียง	35

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.30 สกรุลำเลียงเมล็ดที่ทำการศึกษา	36
รูปที่ 3.1 สกรุลำเลียงเมล็ดที่ทำการศึกษา	39
รูปที่ 3.2 ลักษณะของสกรูแบบเกลียวซ้าย	40
รูปที่ 3.3 การสร้างสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น	41
รูปที่ 3.4 การสร้างสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	42
รูปที่ 3.5 รถเกี่ยววนวดข้าวตัดค้ำพัฒนาการเกษตรแบบมีถังเก็บ	43
รูปที่ 3.6 วิธีการวัดขนาด น้ำหนัก ความหนาและความลึก ตามลำดับ	44
รูปที่ 3.7 แฟกเตอร์ความเต็มรวง	46
รูปที่ 3.8 หลักการคำนวณหาอัตราการใช้วัสดุ	47
รูปที่ 3.9 แฟกเตอร์การลำเลียงของใบสกรู	48
รูปที่ 3.10 แฟกเตอร์จำนวนใบพัด	48
รูปที่ 4.1 ลักษณะการสึกหรอของสกรูแบบธรรมดา	49
รูปที่ 4.2 ลักษณะการสึกหรอของสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น	50
รูปที่ 4.3 ลักษณะการสึกหรอของสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กสแตนเลส	51

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสีกหรือโดยน้ำหนักของสกรู	52
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสีกหรือโดยความหนาของสกรูแบบ ธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	53
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสีกหรือโดยความหนาของสกรู(ส่วนท้าย) แบบธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	54
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสีกหรือโดยความลึกของสกรูแบบธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	55
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสีกหรือโดยความลึกของสกรู(ส่วนท้าย) แบบธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	56



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การทำนาข้าวเป็นอาชีพที่สำคัญมากของคนไทย ซึ่งถือว่าชาวนาเป็นกระดูกสันหลังของชาติ ในปัจจุบันมีการนำเครื่องจักรมาใช้ในงานเกษตรกรรมมากขึ้น เริ่มตั้งแต่การเตรียมดิน การเพาะปลูก จนถึงการเก็บเกี่ยว เกษตรกรมีความต้องการใช้เครื่องจักรกลเกษตรมาเป็นเครื่องมือทุ่นแรงในการทำงานและประหยัดเวลาในการทำงาน การทำนานั้นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญมาก ในอดีตการเก็บเกี่ยวจะใช้แรงงานคนซึ่งต้องใช้แรงงานจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น จึงมีการผลิตรถเกี่ยวขนาดข้าวมาทดแทนแรงงานคนในการเก็บเกี่ยว

รถเกี่ยวขนาดข้าวเมื่อมีการใช้งานไปนานๆ จะมีการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ในรถเกี่ยวขนาดข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สกรูลำเลียงเมล็ดข้าว ซึ่งสาเหตุเกิดจากการที่เมล็ดข้าวมีส่วนผสมของซิลิกาซึ่งมีความแข็งสูงและมีลักษณะผิวที่หยาบคล้ายกับกระดาษทรายที่เสียดสีสกรูลำเลียงอยู่ตลอดเวลาที่ใช้งาน เมื่อใช้งานไปนาน ๆ จะมีการสึกหรอมากขึ้น ความสามารถในการลำเลียงเมล็ดข้าวลดลง

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการทำโครงการเกี่ยวกับการศึกษา ทดลองและเก็บข้อมูลการสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าว โดยทำการทดลองใช้งานสกรูลำเลียงข้าว 3 แบบ คือ แบบธรรมดา แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น และแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส เพื่อหาวิธีการสึกหรอของสกรูลำเลียงที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าว
2. เพื่อหาวิธีการลดการสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

ศึกษาการสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวที่ตำแหน่ง สกรูลำเลียงเมล็ดข้าวขึ้นถึงเก็บตัวล่าง โดยทดลองกับสกรูลำเลียงข้าว 3 แบบ คือ แบบธรรมดา แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น และแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาวิธีการสึกหรอที่เหมาะสม

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลในการเลือกใช้สกรูลำเลียงเมล็ดข้าวที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ได้
2. ได้แนวทางในการพัฒนาสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวในอนาคต

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ

1. ทำการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว โดยทำการศึกษาถึงระบบการทำงาน เริ่มตั้งแต่การตัดต้นข้าวจนถึงนวดเป็นเมล็ด และหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ
2. ทำการออกแบบการทดลอง ในการทดลองจะทดลองกับสกรู 3 แบบคือ แบบธรรมดา แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น และแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

3. ทำการทดลองและเก็บข้อมูลการสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าว โดยทำการวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้

- 1) น้ำหนักของสกรูลำเลียง
- 2) ความกว้างและความหนาของตัวสกรูลำเลียง

ข้อมูลจะถูกเก็บจากรถเกี่ยวนวดข้าวแต่ละคันก่อนการทดลองและทุก ๆ 400 ไร่

4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการเปรียบเทียบหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอและทำการเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์
5. เขียนรายงาน

1.6 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

กิจกรรม	2549								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1.ศึกษา หลักการ ทำงานของ เครื่องเกี่ยว นวดข้าว									
2.ออกแบบ ระบบการ ทดลอง									
3.ทำการ ทดลองและ เก็บข้อมูล									
4.วิเคราะห์ผล การทดลอง									
5.เขียน รายงาน									

1.7 งบประมาณ

1. วัสดุและอุปกรณ์	1000	บาท
2. ค่าเดินทาง	500	บาท
3. ค่าพิมพ์เอกสาร	500	บาท
รวม	2000	บาท

หมายเหตุ : ขออนุมัติตัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

สมมุติฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 รถเกี่ยวนวดข้าว

2.1.1 การใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย (สุรเวทย์, 2536)

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวได้มีการพัฒนาโดยกองเกษตรวิศวกรรม กรมการข้าว ในราวปี 2500-2506 จากนั้นราวปี พ.ศ. 2522 ได้มีการนำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจากประเทศญี่ปุ่น เข้ามาทดสอบและเผยแพร่โดยหน่วยงานของรัฐและบริษัทเอกชน เครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบญี่ปุ่นเป็นเครื่องเกี่ยวนวดแบบคอรวง (Head feeding combine) ทั้งประเภทนั่งขับและเดินตาม มีความสามารถในการทำงานเฉพาะข้าวคันต้งได้ถึง 10-15 ไร่ต่อวัน

ในปีพ.ศ. 2524 ได้มีบริษัทเอกชนนำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวของประเทศสหรัฐอเมริกาเข้ามาใช้เป็นแบบเครื่องเกี่ยวนวดคันต้ง มีหน้ากว้างในการตัดตั้งแต่ 3-5 เมตร มีความสามารถในการทำงาน 20-40 ไร่ต่อวัน

เครื่องเกี่ยวนวดทั้งแบบญี่ปุ่น และของประเทศตะวันตกไม่สามารถใช้งานได้ดีกับพื้นที่ของประเทศไทยเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. สภาพพื้นที่ โดยปกติขณะทำการเกี่ยวข้าว สภาพพื้นที่ที่ยังมีน้ำขังอยู่ ดินจึงอยู่ในสภาพที่อ่อนคัวเครื่องทั้งสองชนิดจะไม่สามารถทำงานได้ โดยเฉพาะเครื่องจากตะวันตกจะจมลึกมากเนื่องจากน้ำหนักตัวรถมากเกินไป ในกรณีสภาพดินแห้งและแข็งเครื่องแบบตะวันตกสามารถทำงานได้ดี แต่เครื่องแบบญี่ปุ่นจะเกิดปัญหาเนื่องจากอายุของสายพานดินตะขามแบบยางจะสึกหรอ หรือเสื่อมคุณภาพ
2. สภาพของคันข้าว เครื่องเกี่ยวนวดข้าวสามารถเกี่ยวข้าวคันต้งได้ดี กรณีที่คันข้าวล้ม เครื่องเกี่ยวนวดข้าวทั้งสองชนิดทำงานเข้ามา

3. ขนาดของแปลงนา จะต้องมีความใหญ่กว่า 3-4 ไร่ เครื่องจึงจะทำงานให้มีประสิทธิภาพสูง

4. ราคาเครื่องสูง เกษตรกรไม่สามารถซื้อใช้ได้ แม้ว่าจะนำไปปรับจ้งก็ตามเนื่องจากระยะเวลาคืนทุนยาวเกินไป

5. อะไหล่และอุปกรณ์ สึกหรอเร็ว หาได้ยากและมีราคาแพง

ประมาณปี พ.ศ. 2530 ได้มีโรงงานผลิตเครื่องจักรกลเกษตรได้ทำการลอกเลียนแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจากประเทศตะวันตก โดยเฉพาะหัวเกี่ยว และระบบลำเลียงผสมผสานกับระบบเครื่องนวดที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย กลายเป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไทยขึ้นใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

มีทั้งโรงงานขนาดเล็กผลิตปีละ 4-5 เครื่อง จนถึงโรงงานขนาดใหญ่ที่มีสายการผลิต โดยมีกำลังการผลิต 2-3 วันต่อเครื่อง และเกษตรกรได้เริ่มซื้อไปใช้กันอย่างแพร่หลาย

2.1.2 ส่วนประกอบหลักต่าง ๆ ของรถเกี่ยวขนาดข้าว

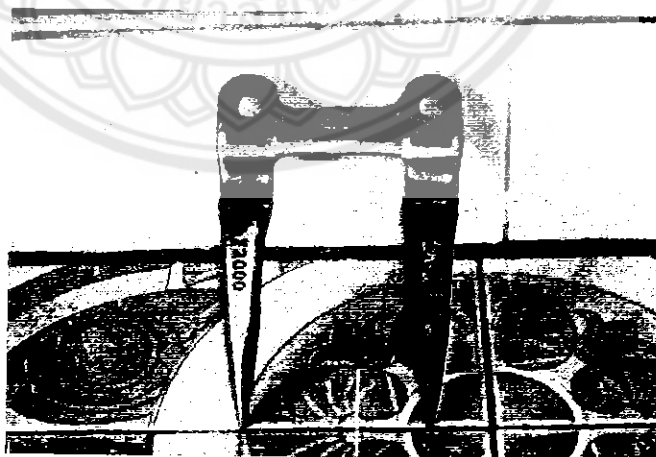
1. ชุดหัวเกี่ยว ประกอบไปด้วย

1) ล้อไถ้มข้าว (Reel) ทำหน้าที่ในการไถ้มต้นพืชเข้ามาสู่ราวใบมีดตัด ความเร็วของการหมุนสามารถปรับได้ขึ้นอยู่กับขนาดของพุ่มล่อย



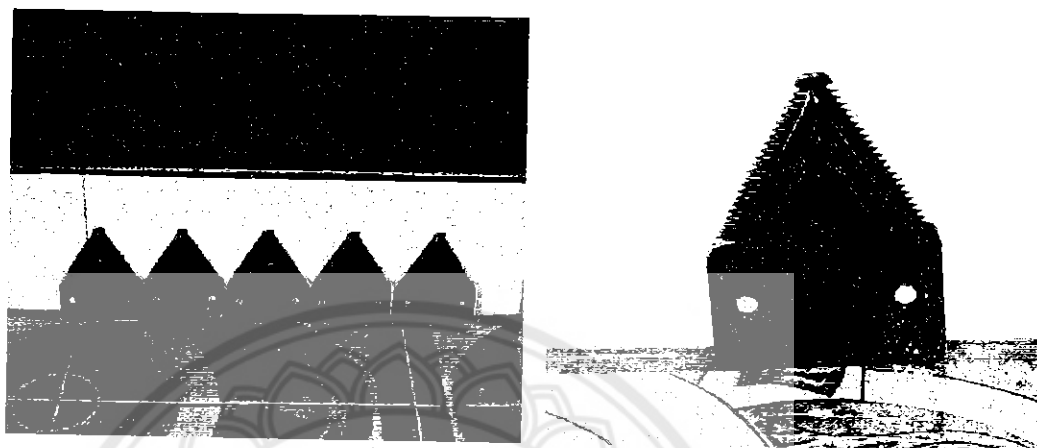
รูปที่ 2.1 ล้อไถ้มข้าว

2) การ์ด (Guard) ทำหน้าที่ในการแหวกและแบ่งต้นพืชให้เข้ามาสู่ชุดใบมีดตัดแต่ละใบและยังทำหน้าที่ควบคู่กับใบมีดในการตัดต้นข้าว



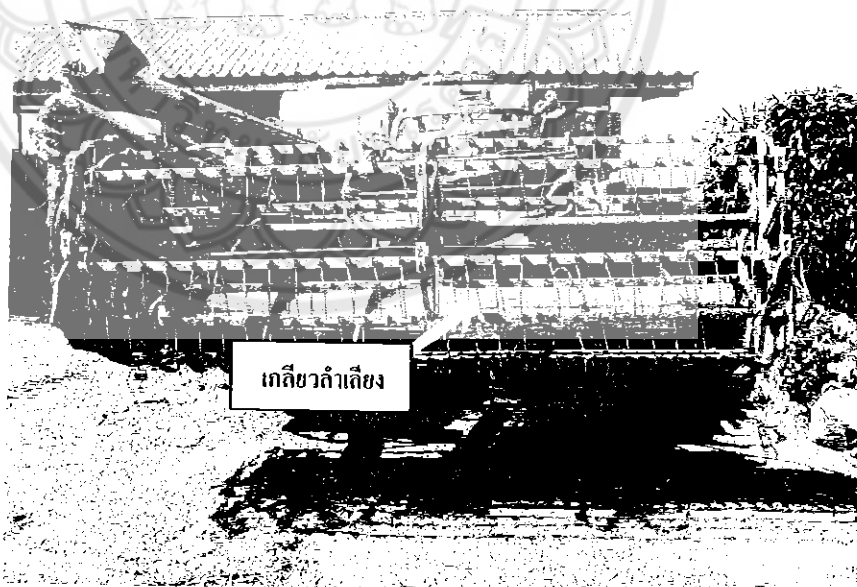
รูปที่ 2.2 การ์ด

3) ราวใบมีดตัด (Cutter bar) ทำหน้าที่ในการตัดต้นข้าวที่เอนเข้ามาโดยการป้อนของล้อไถล้มข้าว ใบมีดตัดมีลักษณะคล้ายฟันเลื่อย บนราวใบมีดตัดจะประกอบด้วยใบมีดตัดจำนวนหลายใบมาต่อกันดังรูปที่ 2.3 ซึ่งจำนวนใบมีดตัดนั้นจะขึ้นอยู่กับความกว้างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว



รูปที่ 2.3 ใบมีดตัด

4) เกลียวลำเลียงและ โซ่ลำเลียง (Auger and feeding conveyer) ต้นพืชที่ถูกตัดแล้วจะล้มลงสู่เกลียวลำเลียง แล้วจะทำการลำเลียงต้นพืชจากด้านข้างเข้าสู่โซ่ลำเลียงตรงกลาง ซึ่งจะทำหน้าที่ลำเลียงต้นข้าวสู่ระบบนวดต่อไป



รูปที่ 2.4 เกลียวลำเลียง

2. ระบบนวด ประกอบด้วย

1) ชุดลูกนวด (Threshing cylinder) ทำหน้าที่ในการตีแยกเมล็ดข้าวออกจากต้นข้าว

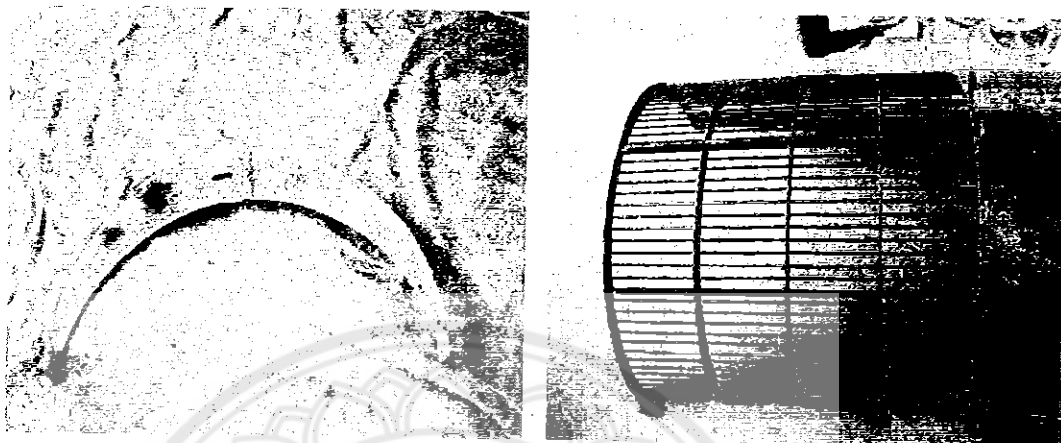


รูปที่ 2.5 ชุดลูกนวด



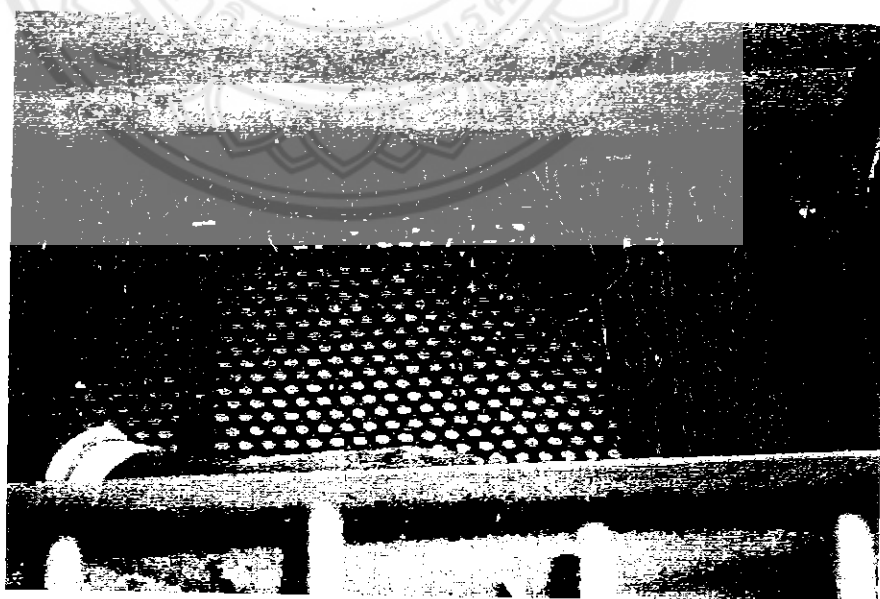
รูปที่ 2.6 ฟันลูกนวด (Spike teeth)

2) ตรีบวงเคียนและตะแกรงนวด (Spiral rib and concave) เมล็ดที่ถูกแยกออกจากฟางแล้ว จะร่วงผ่านตะแกรงนวดสู่ถาดด้านล่าง เมล็ดพืชจะแยกออกจากฟางโดยการทำงานของลูกนวดกับ ตะแกรงนวดร่วมกัน ส่วนตรีบวงเคียนทำหน้าที่ในการดักฟางให้ไหลไปตามแกนสู่ช่องทางออก



รูปที่ 2.7 ตรีบวงเคียนและตะแกรงนวด

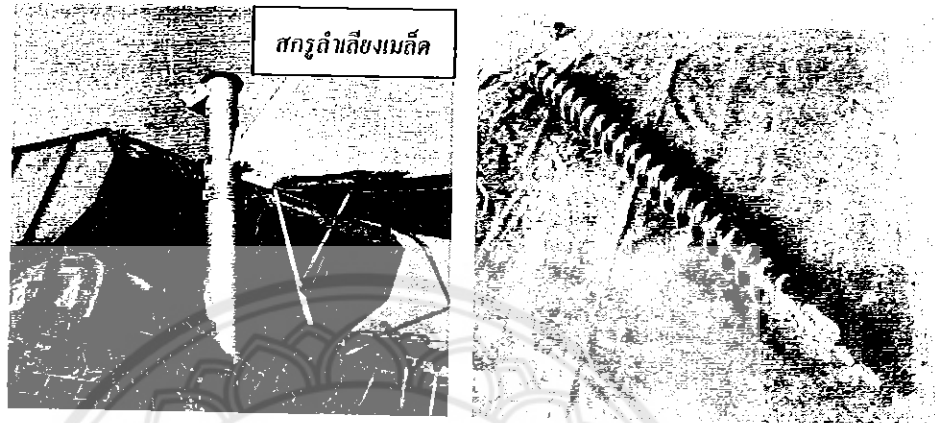
3) ตะแกรงโยกและพัดลม (Shaker and fan) ตะแกรงโยกและพัดลมจะแยกวัสดุที่ตกมาจาก ชุดลูกนวดเป็น 3 ส่วนคือ เมล็ดข้าว เมล็ดข้าวลีบ และเศษละออง โดยเมล็ดข้าวจะถูกลำเลียงไปยัง หน่วยบรรจุกระสอบหรือถังเก็บเมล็ด ส่วนเมล็ดข้าวลีบที่ยังติดรวงอยู่จะถูกลำเลียงผ่านท่อส่งข้าว ลีบกับสู่ระบบนวดอีกครั้งหนึ่ง และเศษละอองจะถูกเป่าออกทางท้ายรถ



รูปที่ 2.8 ตะแกรงโยก

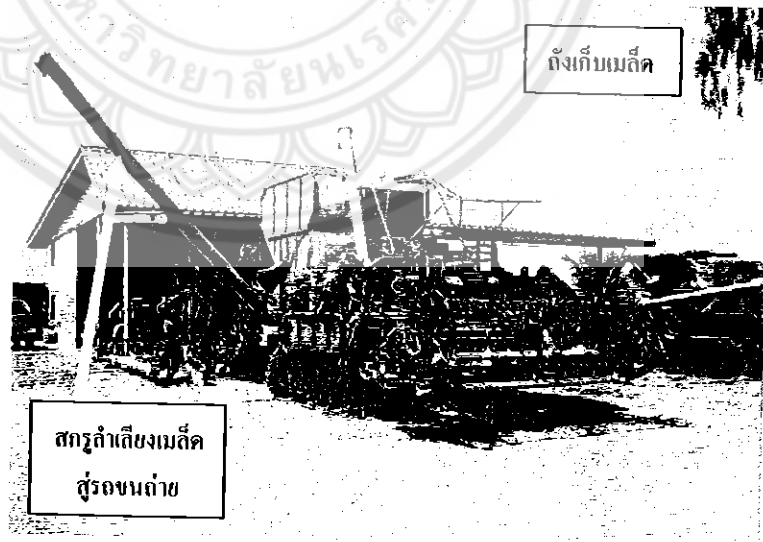
3. ระบบลำเลียงเมล็ดข้าวและถังเก็บ ประกอบด้วย

1) สกรูลำเลียง (Auger conveyor) เมื่อเมล็ดข้าวไหลผ่านตะแกรงโยกทางด้านล่างจะมีสกรูลำเลียงคอยลำเลียงเมล็ดข้าวขึ้นสู่ถังเก็บต่อไป ส่วนเศษฟางและสิ่งเจือปนต่าง ๆ จะถูกสกรูลำเลียงอีกตัวหนึ่งส่งขึ้นไปยังชุดลูกนวดเพื่อทำการนวดอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.9 สกรูลำเลียง

2) ถังเก็บเมล็ด (Grain tank) ทำหน้าที่ในการเก็บเมล็ดซึ่งได้รับการนวดและทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว โดยทั่วไปแล้วรถเกี่ยวนวดข้าวแบบมีถังเก็บจะเก็บข้าวได้ประมาณ 2.5 ตัน ภาษาชาวบ้านเรียกว่า 2 เกวียนนั้น เมื่อเมล็ดเต็มถังเก็บจะมีสกรูลำเลียงอีกตัวหนึ่งคอยลำเลียงเมล็ดข้าวไปยังรถขนถ่ายอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.10 ถังเก็บเมล็ดและสกรูลำเลียงเมล็ดขูรถขนถ่าย

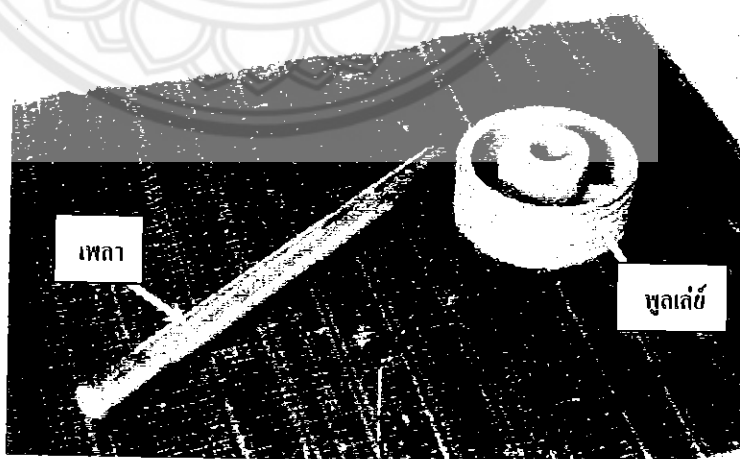
4. ระบบขับเคลื่อนและส่งกำลัง ประกอบด้วย

1) เครื่องยนต์ ทำหน้าที่ในการให้กำเนิดกำลังหรือเป็นตัวขับเคลื่อนกำลังของรถเกี่ยว โดยทั่วไป รถเกี่ยวขนาดข้าวแบบมีดักเก็บจะใช้เครื่องยนต์ขนาดประมาณ 175 – 260 แรงม้า



รูปที่ 2.11 เครื่องยนต์

2) พูลเลย์และเพลา พูลเลย์จะทำหน้าที่ในการทดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งแต่ละชิ้นส่วนจะใช้ความเร็วรอบไม่เท่ากัน



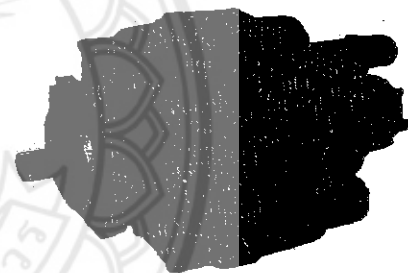
รูปที่ 2.12 พูลเลย์และเพลา

3) สายพาน สายพานจะทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังไปยังชิ้นส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 2.13 สายพาน

4) ปั๊มไฮดรอลิกและมอเตอร์ขับเคลื่อน ปั๊มไฮดรอลิกมีหน้าที่ในการสูบน้ำมันไปยังมอเตอร์ขับเคลื่อน มอเตอร์ขับเคลื่อนเมื่อได้รับแรงดันน้ำมันแล้วจะเปลี่ยนจากแรงดันน้ำมันเป็นพลังงานกลหมุนเพื่อขับเคลื่อนทำให้รถเคลื่อนที่



HYDRAULIC PUMP

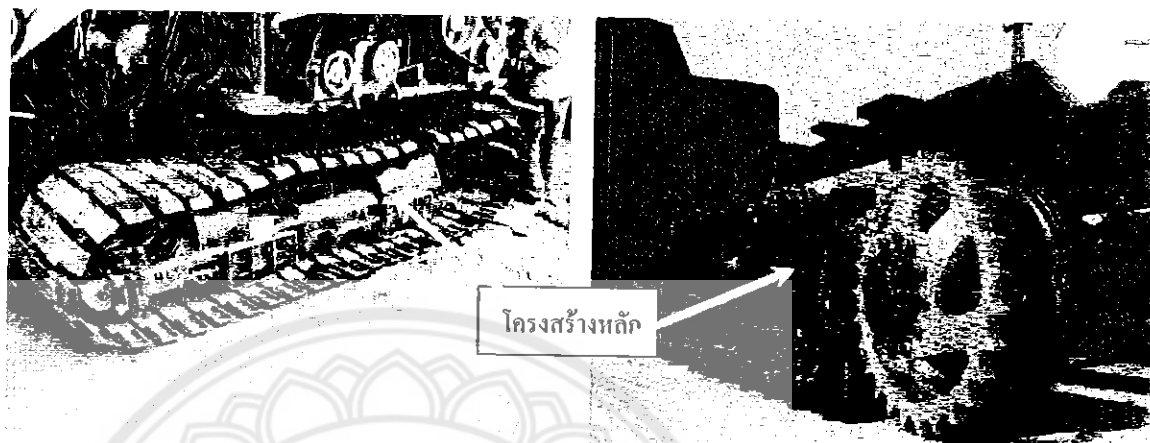


HYDRAULIC MOTOR

รูปที่ 2.14 ปั๊มไฮดรอลิกและมอเตอร์ขับเคลื่อน

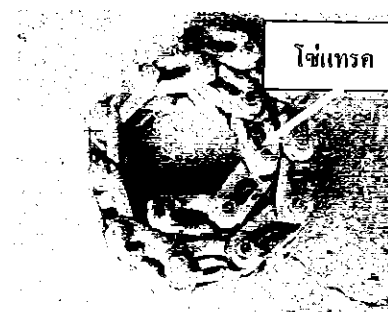
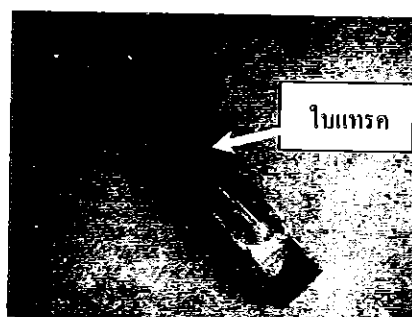
5. ช่วงล่าง ประกอบด้วย

1) โครงสร้างหลัก (Frame) เป็นฐานหลักที่รองรับน้ำหนักของตัวรถ



รูปที่ 2.15 โครงสร้างหลัก

2) โช้คตินตะขาบ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนล้อของรถเป็นส่วนที่สัมผัสกับพื้นดิน ซึ่งทำให้รถเคลื่อนที่



รูปที่ 2.16 โช้คตินตะขาบ

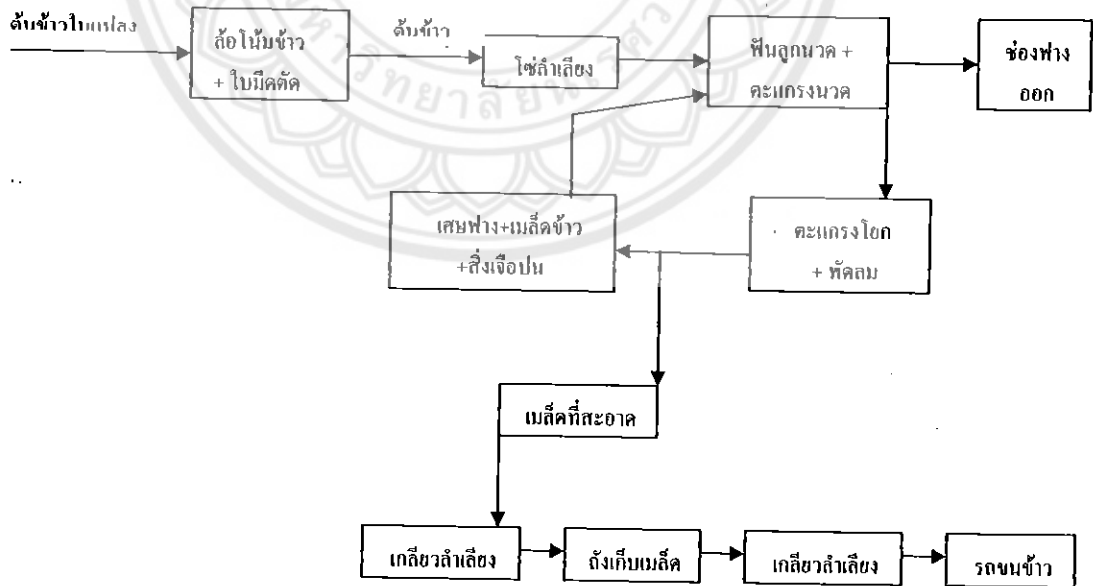
3) โรลเลอร์ ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของตัวรถเกี่ยวขนาดข้าว และบังคับให้โซ่ตีนตะขาบวิ่งไปในทิศทางเดียวกัน



โรลเลอร์

รูปที่ 2.17 โรลเลอร์

2.1.3. หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว



รูปที่ 2.18. ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้รถเกี่ยวขนาดข้าว

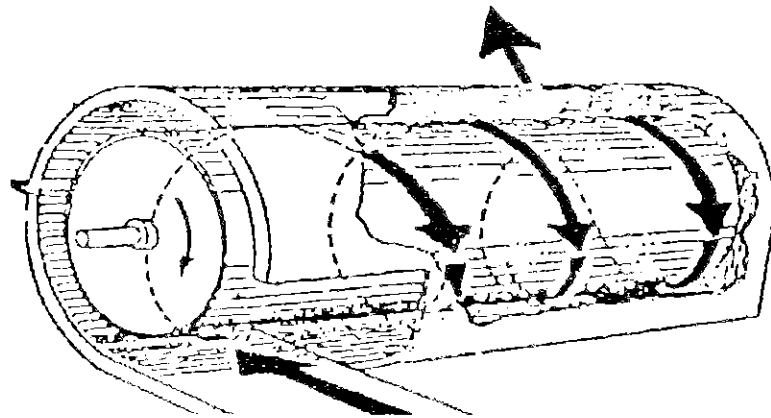
การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว เริ่มจากล้อไถ่มข้าวทำการไถ่มข้าวเข้ามายังใบมีดตัด เมื่อใบมีดตัดตัดต้นข้าวแล้ว เกลียวลำเลียงจะทำให้ต้นข้าวเคลื่อนเข้าสู่ตอนกลางของหัวเกี้ยว และ ต้นข้าวจะถูกโซ่ลำเลียงพาเข้าสู่ห้องนวด ซึ่งจะทำการแยกเมล็ดและต้นข้าวออก เมล็ดข้าวจะถูก ลำเลียงเข้าสู่กระสอบหรือถังเก็บเมล็ด ส่วนเศษต้นข้าวและฝุ่นละอองต่าง ๆ จะถูกพ่นลงบนพื้นนา

หลักการดำเนินงานเบื้องต้นของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวสามารถแบ่งการทำงานได้ 5 ส่วนหลักดังนี้

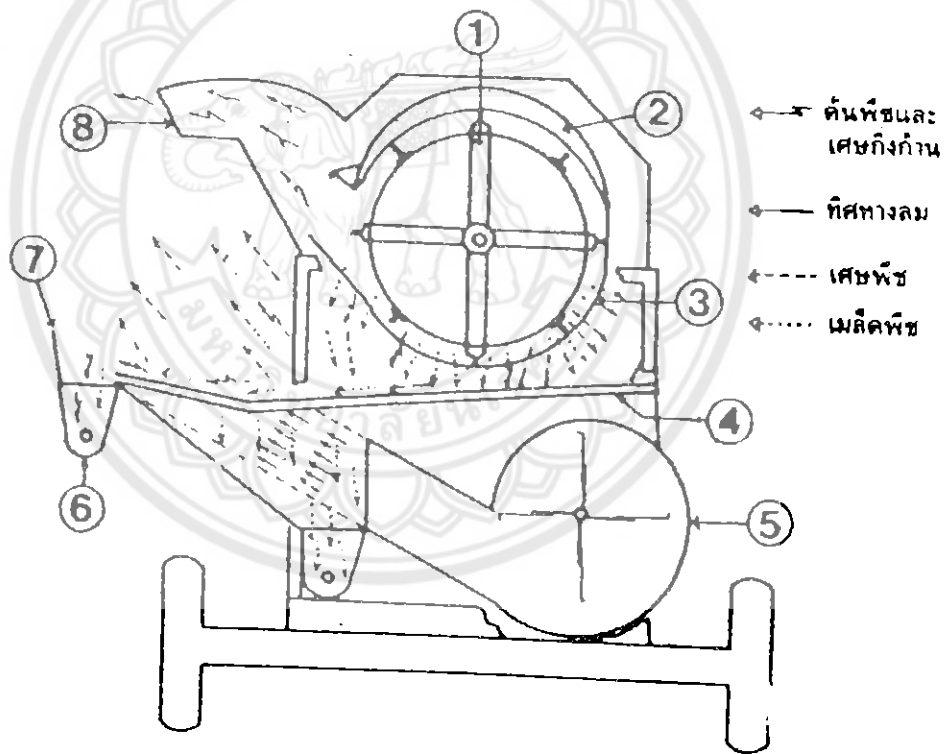
1. การตัดต้นพืช (Cutting)
2. การลำเลียง (Feeding)
3. การนวด (Threshing)
4. การแยกเมล็ดออกจากต้นพืช (Separating)
5. การทำความสะอาด (Cleaning)

หลักการดำเนินงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแสดงดังรูปที่ 2.19 และ 2.20 มีรายละเอียดดังนี้

1. การตัดต้นพืช (Cutting) ประกอบด้วยล้อไถ่มและใบมีดตัด ล้อไถ่มมีลักษณะเป็นแผ่น หรือซี่ทำงานที่ความเร็วรอบประมาณ 15-30 รอบต่อนาที ขึ้นอยู่กับสภาพการทำงาน ส่วนชุดใบมีด ตัดทำงานที่ความเร็ว 1.05-1.40 เมตรต่อวินาที ความเร็วในการทำงานต่ำเหมาะสำหรับการตัดต้น ข้าวที่ใหญ่ ดังนั้นความเร็วของรถเกี่ยวนวดข้าวจะต้องเหมาะสมกับความเร็วของใบมีดตัดเพื่อให้ได้ ปริมาณการตัดที่เหมาะสม
2. การลำเลียง (Feeding) การลำเลียงต้นพืชเข้าสู่ระบบนวด ประกอบด้วยเกลียวลำเลียงพืช จากด้านข้างเข้าสู่ชุดโซ่ลำเลียงและส่งต่อไปยังระบบนวด ต้นพืชถูกลำเลียงด้วยความเร็วสม่ำเสมอ เกลียวลำเลียงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 460-525 มม.
3. การนวด (Threshing) กลไกการนวดต้นพืชประกอบด้วยชุดลูกนวดทรงกระบอกแบบ ไหลตามแกน (Axial flow) ตะแกรงนวด ลูกตี และแผ่นกั้นฟาง เมล็ดพืชประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปจะถูกแยกจากต้นพืชที่กระบวนการนวด ขณะที่ต้นพืชไหลผ่านลูกนวดและตะแกรงนวด ออกไปทางปล่องฟาง บริเวณนี้มีความสำคัญมาก ถ้าแยกเมล็ดออกจากลำต้นน้อย เมล็ดจะสูญเสีย ไปที่ช่องทางออกฟาง ทำให้เกิดการสูญเสียที่ช่องทางออกฟางสูงขึ้น
4. การแยกเมล็ดออกจากต้นพืช (Separating) การแยกเมล็ดออกจากต้นพืช หลังจากการ นวด เมล็ดพืชประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ จะถูกแยกออกจากลำต้นโดยลูกนวด เมล็ดข้าวและเศษฟางจะ ถูกลูกนวดตีแยกออกจากกัน ส่วนที่เป็นเมล็ดข้าวจะกระเด็นออกทางตะแกรงนวดเข้าสู่ระบบการทำ ความสะอาด ส่วนเศษฟางจะถูกตีไหลไปตามแนวแกนของชุดลูกนวดไปยังปล่องฟางออก
5. การทำความสะอาด (Cleaning) ส่วนทำความสะอาด ประกอบด้วยตะแกรงโยกและพัด ลมเป่า



รูปที่ 2.19 หลักการนำดแบบไหลตามแกน (Axial flow)
ที่มา: เครื่องจักรกลการเกษตร (จิราภรณ์ เบนญอประกายรัตน์, 2543)



- | | | |
|-----------------|------------------------------|------------------|
| 1. ลูกนวด | 2. ตรีบวงเคียนและตะแกรงนวดบน | 3. ตะแกรงนวดล่าง |
| 4. ตะแกรงโยก | 5. พัดลม | 6. รางข้าวลิบ |
| 7. แผ่นกันเมล็ด | 8. ปล่องฟางออก | |

รูปที่ 2.20 หลักการทำงานเครื่องเกี่ยวข้าวในประเทศไทย (เฉพาะระบบนวด)

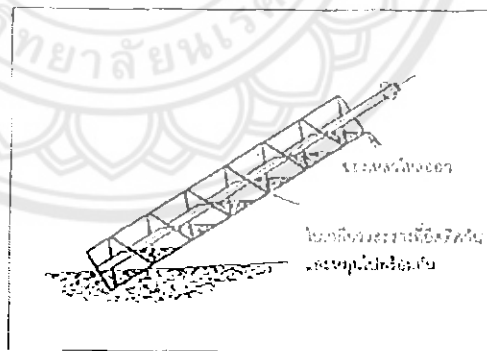
ที่มา: เครื่องจักรกลการเกษตร (จิราภรณ์ เบนญอประกายรัตน์, 2543)

หลังจากผ่านกระบวนการแยกเมล็ดออกจากต้นพืชแล้ว เมล็ดและเศษฟางหรือลำต้นเล็ก ๆ จะถูกส่งไปยังระบบทำความสะอาด เมล็ดก็จะตกผ่านตะแกรงโยกไปยังสกรูลำเลียงและส่งต่อไปยังถังเก็บเมล็ดต่อไป ส่วนเมล็ดที่ถูกนวดไม่หมดและเศษฟางจะถูกส่งไปยังสกรูลำเลียงอีกตัวหนึ่ง และส่งไปยังลูกนวดเพื่อทำการนวดซ้ำ ในกระบวนการทำความสะอาดจะมีพัดลมคอยเป่าเศษฝุ่นละอองและเมล็ดข้าวลีบซึ่งมีความเร็วรอบประมาณ 250-1500 รอบต่อนาที ขึ้นอยู่กับรอบของเครื่องยนต์ ส่วนปริมาณลมสามารถปรับได้

2.2 ทฤษฎีสกรูลำเลียง

2.2.1 สกรูลำเลียง (Screw conveyors)

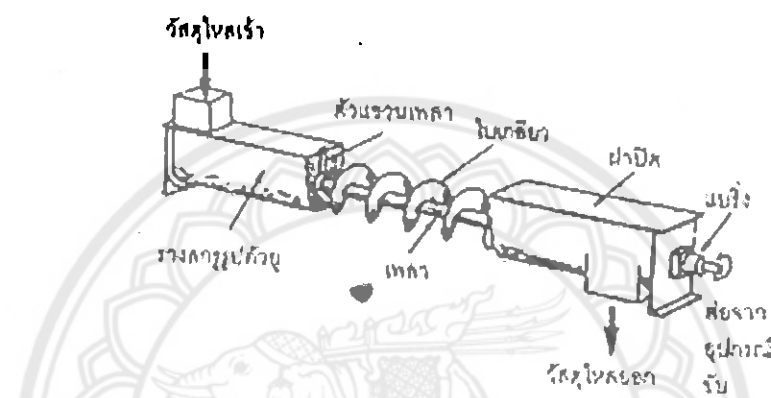
สกรูลำเลียง (Screw conveyors) เป็นอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุที่มีใช้กันมานานกว่า 2000 ปีแล้ว โดยมีชื่อเรียกโดยทั่วๆ ไปว่า ระหัดเกลียว (Archimedean screws) ใช้สำหรับลำเลียงของเหลวและสิ่งปฏิกูล ประกอบด้วย รางสกรู และใบเกลียวกันห้อยที่ยึดติดกัน และหมุนไปพร้อมๆ กัน ปลายด้านล่างจะจุ่มลงในน้ำ การหมุนจะทำให้น้ำซึ่งอยู่ระหว่างช่องว่างของเกลียวเคลื่อนตัวขึ้น และเลื่อนไหลไปบนใบเกลียวดังแสดงในรูปที่ 2.21 ถึงแม้ว่าสกรูลำเลียงวัสดุจะมีประสิทธิภาพทางกลสูง แต่จะมีขีดจำกัดในเรื่องของมุมเอียงที่ใช้ในการลำเลียงวัสดุ ซึ่งถ้ามุมเอียงในการลำเลียงมากเกินไปจะทำให้วัสดุไม่สามารถเคลื่อนที่ไปตามใบเกลียวของสกรูได้ ดังนั้นขนาดของใบเกลียว ระยะพิทช์ และมุมเอียงในการลำเลียงวัสดุจะเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อประสิทธิภาพของการลำเลียงวัสดุ



รูปที่ 2.21 สกรูแบบระหัดเกลียวสำหรับลำเลียงของเหลว

ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตรไพศาล)

ปัจจุบันจะนิยมให้ใบเกลียวของสกรูลำเลียงวัสดุหมุนอยู่ภายในรางที่อยู่กึ่งที่ และจะนิยมใช้กับการลำเลียงวัสดุปริมาณมวล สำหรับการใช้งานของสกรูลำเลียงวัสดุในอุตสาหกรรม เริ่มแรกมีการใช้หัดไม้ขีดเข้ากับเพลากลวง โดยใบพัดยึดต่อเรียงกันเป็นลักษณะคล้ายใบเกลียว เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุในแนวระดับสำหรับการลำเลียงข้าวโพคและแป้ง ต่อมามีการสร้างใบเกลียวแบบต่อเนื่องด้วยเหล็ก ซึ่งจะมีความแข็งแรงมากขึ้นแต่ยังคงใช้หลักการและเทคนิคการลำเลียงวัสดุแบบดั้งเดิมอยู่ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ส่วนประกอบของสกรูลำเลียงวัสดุ
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตรไพศาล)

2.2.2 ข้อดี-ข้อเสียของสกรูลำเลียง

เพื่อให้การเลือกอุปกรณ์ลำเลียงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับการใช้งาน ดังนั้นจึงควรทราบถึงข้อดี-ข้อเสียของสกรูลำเลียงวัสดุ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

ข้อดี ของการลำเลียงวัสดุด้วยสกรูลำเลียงวัสดุ

1. ค่าใช้จ่ายในการลำเลียงวัสดุต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ลำเลียงชนิดอื่น
2. เป็นการลำเลียงแบบปิดทำให้สามารถป้องกันความชื้น และฝุ่นละอองเข้าไปปนเปื้อนกับวัสดุ
3. การสร้างและการประกอบไม่ยุ่งยาก เพราะชิ้นส่วนต่างๆ มีจำหน่ายตามท้องตลาด และมีขนาดเป็นมาตรฐาน
4. การบำรุงรักษาต่ำเนื่องจากมีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่น้อย
5. สามารถนำไปขนถ่ายวัสดุได้หลายประเภท

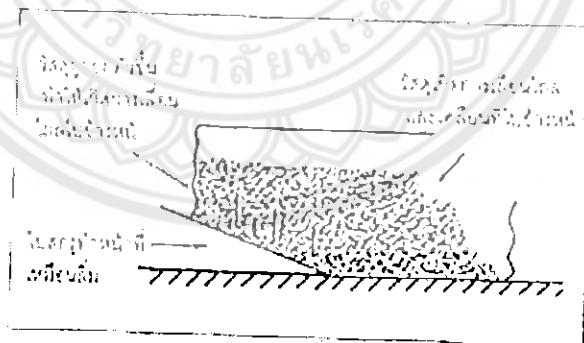
ข้อเสีย ของการลำเลียงวัสดุด้วยสกรูลำเลียงวัสดุ

1. ไม่เหมาะกับการลำเลียงวัสดุที่มีขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นเส้นใย หรือวัสดุที่เหนียวติดกัน
2. ระยะทางการลำเลียงวัสดุต่ำ
3. ถ้าวัสดุเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อนจะทำให้ใช้กำลังขับเคลื่อนมาก
4. ประสิทธิภาพการลำเลียงลดลงถ้าลำเลียงวัสดุในแนวเอียงหรือแนวตั้ง

2.2.3 หลักการทำงานและการใช้งาน

สกรูลำเลียงวัสดุเป็นอุปกรณ์ลำเลียงที่เหมาะสมสำหรับลำเลียงวัสดุที่มีคุณสมบัติในการไหลดี คุณสมบัติในการไหลของวัสดุนี้มีความสำคัญมากต่อการทำงานของสกรูลำเลียง เนื่องจากใบเกลียวของสกรูที่ติดตั้งอยู่ที่เพลลา หรือท่อตรงหมุนอยู่ภายในราง หรือท่อที่อยู่กับที่ผลักดันวัสดุไปตาม ส่วนล่างของรางดังแสดงในรูปที่ 2.23 การหมุนของใบเกลียวจะทำให้เกิดการยกวัสดุขึ้นเหมือนลักษณะของลิ้ม การเคลื่อนที่ขึ้นของวัสดุจะทำให้วัสดุเกิดการเลื่อนไหลไปข้างหน้าได้ และการหมุนของใบเกลียวจะทำงานเหมือนลิ้มที่ทำหน้าที่ผลักดัน และตัดเฉือนวัสดุจากการหมุนของใบเกลียวทำให้วัสดุเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้อย่างต่อเนื่อง

ตัวรางของสกรูลำเลียงวัสดุโดยทั่วไป สามารถแบ่งเป็นสองชนิด คือ รางแบบกลม และรางรูปตัวยู ซึ่งรางแบบกลมจะใช้ความเร็วรอบสูง เป็นแบบที่เคลื่อนที่ได้ สามารถนำไปใช้ในสถานที่ต่างๆ ได้ และยังใช้สำหรับการลำเลียงตามแนวคังนั้นจะต้องขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุด้วย โดยวัสดุจะต้องมีน้ำหนักเบาและมีคุณสมบัติในการไหลได้ดี ส่วนรางแบบตัวยูจะใช้ความเร็วต่ำกว่า และเป็นแบบที่ติดตั้งอยู่กับที่



รูปที่ 2.23 ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุบนใบเกลียว

ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตร ไพศาล)

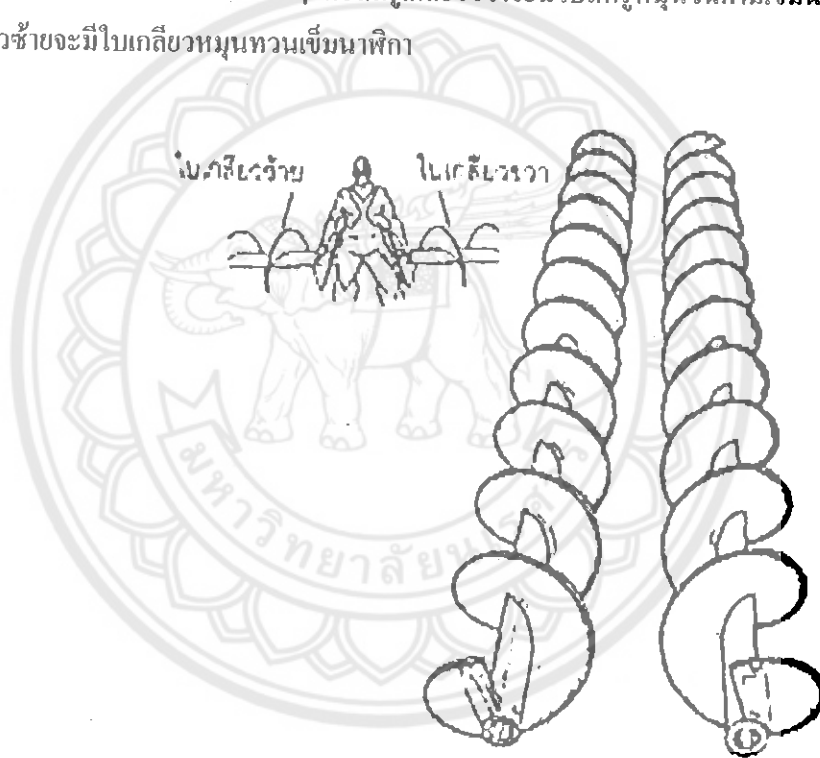
สกรูลำเลียงวัสดุเป็นอุปกรณ์เป็นอุปกรณ์ลำเลียงที่สามารถจ่ายวัสดุและรับวัสดุได้หลายตำแหน่ง โดยการใช้วาล์วเป็นตัวควบคุมการทิศทางการไหลของวัสดุ และยังเป็นอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุที่สามารถควบคุมปริมาณการลำเลียงได้อย่างดีอีกด้วย

2.2.4 ชนิดของใบเกลียว

ใบเกลียว (Screw flight) ของสกรูลำเลียงวัสดุโดยทั่วๆ ไปจะมีขนาดเท่ากับระยะพิชช์ของใบเกลียว และมีกรรมวิธีในการผลิตสองชนิด ดังต่อไปนี้

1. ทำจากแผ่นเหล็กตัดเป็นวงกลมตรงกลาง จากนั้นตัดเป็นแผ่นวงกลมเพื่อนำมาเชื่อมต่อกันเป็นลักษณะเกลียว แล้วจึงนำไปเชื่อมต่อกับเพลาก็หนึ่ง ซึ่งเป็นเกลียวที่มีความหนาเท่ากันหรือความหนาใบเกลียวเท่ากันตลอด

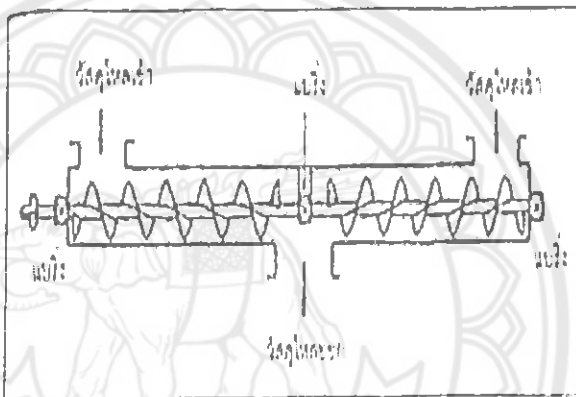
2. ผลิตจากแท่งโลหะนำมารีดขึ้นรูปจนมีลักษณะเป็นเกลียว ซึ่งลักษณะของใบเกลียวจะมีความหนาที่ปลายเกลียว หรือความหนาใบเกลียวไม่สม่ำเสมอ ใบเกลียวสกรูลำเลียงอาจเป็นแบบเกลียวขวาหรือเกลียวซ้าย ซึ่งกำหนดโดยการหมุนของใบสกรูหรือการมองดูที่ปลายของสกรูดังในรูปที่ 2.24 หรืออาจสังเกตได้ง่ายๆ คือสกรูเกลียวขวาวจะมีใบสกรูหมุนวนตามเข็มนาฬิกา และสกรูเกลียวซ้ายจะมีใบเกลียวหมุนวนทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.24 สกรูลำเลียงแบบเกลียวซ้ายและเกลียวขวา
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตรไพศาล)

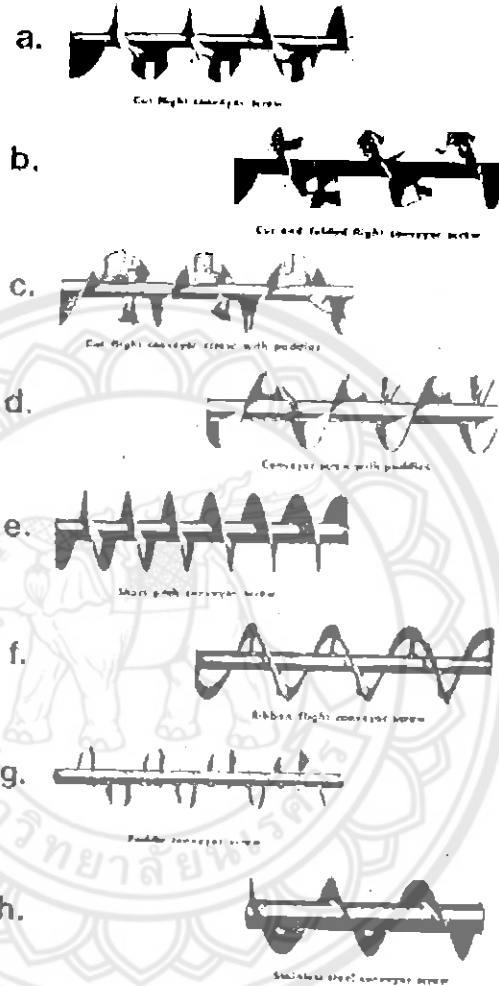
โลหะส่วนที่เป็นใบเกลียวของสกรูหรือใบพัด (Paddles) จะเป็นเกลียวแบบต่อเนื่องที่ติดตั้งอยู่บนเพลากลางหรือเพลาดันก็ได้ โดยทั่วไปแล้วเพลากลางจะเป็นท่อเหล็กค่า schedule 40 แต่บางครั้งก็อาจใช้ท่อ schedule 80 หรือท่อเหล็กขึ้นรูป (mechanically drawn steel tubing) และในบางโอกาสอาจใช้เพลาลูกตัน

ใบสกรูล้ำเลียงวัสดุ ชุดขับเพลาลูกตัน และอุปกรณ์ต่อเพลาลูกตัน (Coupling) จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับปลายท่อเพลาลูกตันของสกรูทั้งสองข้างจะมีแบริ่งติดอยู่ซึ่งปกติจะติดตั้งไว้ด้านนอก (outboard) และในกรณีที่เพลาลูกตันยาวมากจะมีแบริ่งแขวน (hanger bearing) เพื่อป้องกันการโก่งของเพลาลูกตันแสดงในรูปที่ 2.22 และรูปที่ 2.25 ซึ่งแบริ่งแขวนนั้นนอกจากป้องกันการโก่งของเพลาลูกตันแล้ว ตำแหน่งการติดตั้งยังสามารถป้องกันวัสดุที่จะเข้าไปในแบริ่งได้อีก



รูปที่ 2.25 ลักษณะการติดตั้งแบริ่งที่เพลาลูกตันของใบสกรูเกลียวซ้ายและเกลียวขวา
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตร ไทศาล)

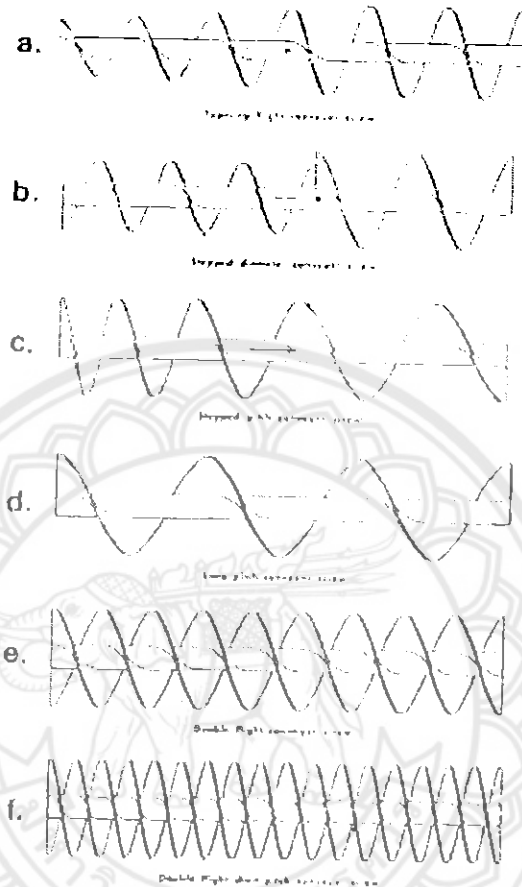
ใบเกลียวในลักษณะต่างๆ และรูปแบบการใช้งานของใบสกรูมีมากมาย ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งาน รูปที่ 2.26 เป็นลักษณะรูปร่างของใบสกรูประเภทต่างๆ และการใช้งานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.26 ใบสกรูลักษณะต่าง ๆ
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตรไพศาล)

- 1) ไบสกูแบบตัด (Cut Flight) (รูปที่ 2.26 (a)) มีรอยตัดมากไบสกูที่เส้นรอบวงของทั้งแบบ Helicoids หรือแบบ Sectional รอยบากนี้จะช่วยเสริมปฏิกิริยาการขนถ่ายที่มีการผสมให้เข้ากันปานกลางไบสกูแบบนี้ใช้กับวัสดุ เบา ละเอียด เมล็ด หรือเป็นสะเก็ด
- 2) ไบสกูแบบตัดและพับ (Cut and folded flight) (รูปที่ 2.26 (b)) เป็นไบสกูที่มีรอยตัดแล้วพับ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับการผสมและกวนวัสดุ ซึ่งจะทำให้วัสดุลอยตัวขึ้นในอากาศ (aeration) เป็นผลให้เกิดการผสมกันของวัสดุได้ดีขึ้น ไบสกูแบบนี้จะใช้กับวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและปานกลาง มีลักษณะละเอียด เป็นเมล็ด หรือ เป็นแผ่น
- 3) ไบสกูแบบตัดและมีใบมีด (Cut flight with paddles) (รูปที่ 2.26 (c)) เป็นไบสกูแบบตัดแล้วมีใบพัดติดอยู่เป็นช่วงๆ ซึ่งเป็นตัวขบวนการไหลของวัสดุ เพื่อให้เกิดการผสมกันของวัสดุมากขึ้นในขณะลำเลียงวัสดุ
- 4) ไบสกูแบบมีใบพัด (Conveyor screw with paddles) (รูปที่ 2.26 (d)) เป็นไบสกูแบบธรรมดา แต่จะมีใบพัดติดอยู่เป็นช่วงๆ และเป็นตัวขบวนการไหลไปข้างหน้าเป็นของวัสดุ เพื่อการผสมหรือการกวนวัสดุในขณะลำเลียงวัสดุ ใบพัดสามารถปรับได้และอาจจะปรับมุมต่างๆ สำหรับการผสมวัสดุมากขึ้นตามต้องการไบสกูแบบนี้จะใช้กับวัสดุที่มีน้ำหนักเบา หรือปานกลาง มีลักษณะละเอียด เป็นเมล็ด หรือแผ่น
- 5) ไบสกูแบบระยะพัดซ์สั้น (Shot pitch conveyor screw) (รูปที่ 2.26 (e)) โครงสร้างจะเป็นแบบท้าวๆ ไป ยกเว้นระยะพัดซ์ของไบสกูสั้น เหมาะที่จะใช้ลำเลียงวัสดุในแนวเอียงมากกว่า 20 องศา รวมทั้งลำเลียงวัสดุในแนวตั้ง และใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุ (สกรูลำเลียงวัสดุที่ต้องการอัตราการลำเลียงวัสดุคงที่) สกรูลำเลียงแบบนี้ยังเป็นตัวขบวนการไหลของวัสดุได้ด้วย
- 6) ไบสกูแบบริบบอน (Ribbon flight) (รูปที่ 2.26 (f)) ไบสกูทำจากเหล็กเส้นแบน ยึดอยู่กับท่อ โดยแผ่นเหล็กเส้น ไบสกูแบบนี้ใช้สำหรับผสมหรือลำเลียงวัสดุเหนียว
- 7) ไบสกูที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) (รูปที่ 2.26 (h)) ไบสกูแบบนี้เหมาะสำหรับการลำเลียงอาหาร ยาเคมีภัณฑ์ ใช้ลำเลียงวัสดุที่คุณสมบัติเป็นกรด เพราะสามารถต้านทานการผุกร่อน และการใช้งานที่มีความร้อนปานกลางจนถึงสูง ความเร็วของผิวหน้ามีหลายระดับตามความต้องการ ตั้งแต่ผิวด้านไปจนถึงผิวมันวาวเล็กน้อย หรือผิวมันวาวคล้ายกับกระจกโดยการขัด

สำหรับใบสกรูมีระยะพิตช์และเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดร่วมกัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 2.27 และมีรายละเอียดของการใช้งานดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.27 ใบสกรูที่มีระยะพิตช์และเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดร่วมกัน
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตร ไพศาล)

1) ใบสกรูแบบเรียว (Tapering flight) (รูปที่ 2.27 (a)) ใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุสำหรับลำเลียงวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย และเป็นก้อนจากถังเก็บ และยังใช้ป้อนวัสดุได้อย่างสม่ำเสมอในส่วนปลายวัสดุตามแนวยาว

2) ใบสกรูแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเป็นระดับ (Stepped diameter conveyor screws) (รูปที่ 2.27 (b)) ประกอบด้วยใบสกรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ใบสกรูแต่ละช่วงระยะมีระยะพิตช์สม่ำเสมอ ติดตั้งเรียงกันบนท่อเดี่ยวหรือเพลาคีียว มักใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุ โดยช่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะติดตั้งอยู่ที่ส่วนปลายวัสดุเพื่อควบคุมการไหลของวัสดุ

3) ไบสกูแบบระยะพิตช์เพิ่มขึ้น (Stepped pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.27 (c)) เป็นไบสกูไบเดี่ยวหรือเป็นกลุ่ม ระยะพิตช์ จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ใช้เป็นสกูป้อนวัสดุโดยใช้ลำเลียงวัสดุละเอียดและไหลได้ง่ายจากช่องป้อนวัสดุตลอดช่วงความยาวอย่างสม่ำเสมอ

4) ไบสกูแบบระยะพิตช์ยาว (Long pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.27 (d)) ใช้เป็นเครื่องกวาดหรือผสม หรือลำเลียงวัสดุด้วยความเร็วสำหรับของไหลหรือวัสดุที่ไหลได้ดี

5) ไบสกูแบบระยะพิตช์สั้น (Double flight conveyor screws) (รูปที่ 2.27(e)) มีระยะพิตช์เป็นครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางไบเกลียว จึงช่วยให้การลำเลียงวัสดุเข้าและสม่ำเสมอและปล่อยวัสดุออกด้วยอัตราการลำเลียงคงที่

6) ไบสกูแบบระยะพิตช์สั้นมาก (Double flight short pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.27 (f)) มีระยะพิตช์น้อยมากทำให้มีความแม่นยำในการป้อนวัสดุมากกว่า

2.3 ไตรโบโลยี (Tribology)

ไตรโบโลยี (Tribology) ศาสตร์แห่งการสึกหรอ หรือแปลเป็นทางการว่า “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการสัมผัสกันระหว่าง 2 พื้นผิวที่มีปฏิริยาต่อกันและมีการเคลื่อนที่สัมผัสต่อกัน”

ความเสียหายจากการสึกหรอสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งบริเวณผิวหน้าภายนอกและผิวหน้าภายใน ซึ่งมักจะมีสาเหตุมาจากปฏิริยาระหว่างสสาร 2 ตัว ที่มาสัมผัสกัน กล่าวคือ

- 1) ผิวแข็งเคลื่อนที่บนผิวแข็ง
- 2) อนุภาคของแข็งขนาดเล็ก ซึ่งถูกพัดพามาในของเหลวหรือก๊าซ มาปะทะลงบนผิวแข็ง
- 3) การไหลของของเหลวหรือก๊าซบนผิวแข็ง

ในแต่ละกรณีข้างต้น จากการศึกษาความเสียหายจะเป็นผลมาจากปฏิริยาทางกล ทางเคมี และทางความร้อน โดยปฏิริยาเหล่านี้จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน ดังนั้น ลักษณะและขอบเขตการเสียหายที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังต่อไปนี้

- 1) โครงสร้างทางจุลภาคของผิวสัมผัสทั้ง 2 หน้า และโครงสร้างของเนื้อชิ้นงาน
- 2) ประเภทของวัสดุที่มาสัมผัสกัน และอัตราการหล่อลื่นระหว่างผิว
- 3) การเคลื่อนที่สัมผัสของผิวหน้า
- 4) แรงกระทำ ณ บริเวณจุดสัมผัส
- 5) สิ่งแวดล้อม (จะส่งผลกระทบต่อปฏิริยาเคมี และอุณหภูมิของระบบ)

ปัจจัยเหล่านี้ได้ครอบคลุมถึงคุณสมบัติของวัสดุหลายอย่างด้วยกัน รวมทั้งคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ความเสียดทานและความแข็ง แต่ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียดทานกับการสึกหรอ หรือความแข็งกับการสึกหรอนั้นเป็นกลไกที่ซับซ้อนมาก โดยทั่วไปค่าความเสียดทานที่ต่ำมักจะส่งผลให้อัตราการสึกหรอมีค่าต่ำไปด้วย ในหลายกรณี การเปลี่ยนแปลงค่าความเสียดทานเพียงเล็กน้อยกลับมีผลให้อัตราการสึกหรอเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล ส่วนคุณสมบัติความแข็งที่สูงก็จะทำให้วัสดุมีความสามารถในการต้านทานการสึกหรอที่ดี แต่ในบางกรณี โครงสร้างที่แข็งมีการสึกหรอไปอย่างรวดเร็วเนื่องมาจากการแตกและหลุดออกของเนื้อที่แข็งซึ่งจะเปราะ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงแรงกระทำ ความเร็วของการเคลื่อนที่ และ/หรือสภาวะแวดล้อมเพียงเล็กน้อยก็สามารถมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อกลไกและอัตราการสึกหรอได้

2.3.1 ประเภทของกลไกการสึกหรอ

การสึกหรอที่เกิดจากการเคลื่อนที่สัมผัสของโลหะ เป็นกลไกที่มีความซับซ้อน มีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องมาก การศึกษาเพื่ออธิบายกลไกในการเกิดและการขยายตัวของการสึกหรอของโลหะมีมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบหลาย ๆ อย่างที่เข้ามาเกี่ยวข้อง สามารถแบ่งเป็นกลไกหลักได้ 4 กลไก คือ

1. การสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive Wear)

เกิดจากการสัมผัสกันของผิวโลหะ มีแรงดันขนาดที่มากพอจนทำให้เกิดการเชื่อมประสานระหว่างผิว เมื่อเกิดการเคลื่อนที่สัมผัสจึงทำให้เกิดการแตกหักและการสึกของวัสดุผิวส่วนหนึ่ง การสึกหรอแบบนี้จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของคู่วัสดุที่มาสัมผัสกัน และพื้นที่ที่เกิดการสัมผัสของโลหะ ดังนั้นถ้ามีการหล่อลื่นที่มีประสิทธิภาพสามารถกันความสัมผัสของผิวโลหะ ก็จะเกิดการสึกหรอแบบนี้ได้น้อย

2. การสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear)

การสูญเสียเนื้อของวัสดุเกิดจากการขูดของอนุภาคที่แข็งกว่า ซึ่งอาจเกิดจากเศษของชิ้นงานที่หลุดออก ผ่านการขัดสีของอนุภาคแข็งขึ้น จากกลไกของความเครียดแข็ง (Strain hardening) หรืออนุภาคแข็งที่ติดมากับสารหล่อลื่นที่มีสิ่งเจือปน วัสดุที่มีความแข็งมากจะมีโอกาสเกิด Abrasive Wear น้อย

3. การแบบสึกกร่อน (Corrosive Wear)

ส่วนมากเกิดจาก Tribo-chemical reaction ผิวของวัสดุทั้งชิ้นงานและแม่พิมพ์มักมีชั้นบาง ๆ ของออกไซด์ปกคลุมผิวซึ่งถ้ามีความหนาและแรงยึดเกาะไม่สูงพอ มีโอกาสที่จะแตกออกเมื่อถูกเสียดสี ทำให้การสึกหรอที่กำลังทวีความรุนแรงขึ้น นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีแบบแห้ง คือไม่มีการใช้สารหล่อลื่น จะเป็นปัจจัยสำคัญตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดการสร้างฟิล์มออกไซด์บาง ๆ ขึ้นอีกบนผิวซึ่งจะแตกออกเมื่อถูกเสียดสี เร่งความรุนแรงของการสึกหรอ

4. การสึกหรอแบบล้า (Fatigue Wear)

กลไกนี้จะเกิดมากในภาวะที่รับแรงกระทำแบบซ้ำ ทำให้เกิดรอยแตกระดับจุลภาคภายใต้ผิวโลหะ ช่องว่างเกิดการขยายตัวภายใต้การรับภาระอย่างต่อเนื่อง จนถึงตำแหน่งวิกฤตที่ช่องว่างขยายตัวไปชนกัน เกิดการแตกออกเป็นเกล็ดเหนือชั้นของผิวโลหะ ซึ่งบางที่เรียกว่าการสึกหรอแบบแยกชั้น (Delamination Wear)

ในเครื่องจักรกลการเกษตร อาทิ เช่น ใบมีดของรถจอบหมุนที่สัมผัสกับดินตลอดเวลาที่ทำงาน หรือสกรูลำเลียงในรถเกี่ยวรวงข้าวสัมผัสกับเมล็ดข้าวอยู่ตลอดเวลาซึ่งเมล็ดข้าวนั้นจะมีลักษณะของผิวที่หยาบคล้ายกับกระดาษทรายคอยขัดถูตัวสกรูลำเลียงอยู่ตลอดเวลาจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวสกรูสึกหรอ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการสึกหรอของทั้งสองอุปกรณ์นั้นจะเป็นการสึกหรอในกลไกของ “การสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear)” ดังนั้นในโครงการนี้เราจะเน้นไปที่การสึกหรอแบบขัดถูเป็นหลัก

2.3.2 การสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear)

2.3.2.1 ชนิดของการสึกหรอแบบขัดถู

การสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear) เกิดที่อนุภาคหรือเศษวัสดุแข็งขนาดเล็กมาขัดสีที่ผิวชิ้นงาน ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายจากความเสียหายในงานต่าง ๆ มากมาย

การจัดประเภทของการสึกหรอแบบขัดถูสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลัก ตามแบบของ Avery คือ

1. ชนิดที่เกิดขึ้นจากการชนด้วยแรงค่อนข้างมาก มักมีแรงปะทะเข้ามาเกี่ยวข้อง (Gouging abrasion)
2. ชนิดที่เกิดที่ความเค้นสูง (High stress หรือ Grinding abrasion)
3. ชนิดที่เกิดที่ความเค้นต่ำ (Low stress scratching abrasion หรือ Erosion)

1. การสึกหรอแบบ Gouging Abrasion

การสึกหรออันรุนแรงจากการชนของอนุภาคหรือวัสดุแข็ง หรือการสึกหรอแบบ Gouging Abrasion การสึกหรอแบบขัดถูที่เกิดขึ้นที่ความเค้นสูงมาก มักมีแรงปะทะ (Impact force) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ผิวที่สึกหรอจะมีลักษณะสึกเป็นร่องขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นค่อนข้างชัดเจน การสึกหรอแบบ Gouging เกิดขึ้นเมื่อวัสดุที่มีความแข็งและความเป็น Abrasive สูง เข้ามาตัดเฉือนที่ชิ้นงานด้วยแรงตัดเฉือนที่สูงพอที่จะทำให้ผิวของชิ้นงานถูกขูดหรือขูดเป็นร่องและมีเศษของการสึกหรอขนาดใหญ่หลุดออกมา เมื่อสังเกตที่ผิวชิ้นงานจะพบรอยขูดเรียกว่า ร่อง (Gouge) มีอยู่จำนวนมาก

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า ในการด้านทานสึกหรอ Gouging ผิวโลหะจะต้องมีความแข็งแรงสูงมากเพื่อลดการตัดเฉือนจากวัสดุที่มีความแข็งและความเป็น Abrasive สูงนอกจากนี้ โลหะที่ใช้ยังต้องมีความเหนียวสูงเพื่อการลดการแตกร้าวที่เกิดจากแรงปะทะชั้นรุนแรงที่มักเกิดขึ้นด้วย โลหะที่นิยมใช้เพื่อด้านทานการสึกหรอแบบ Gouging ได้แก่ เหล็กกล้าแมงกานีสสูง (High manganese steel) เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความเหนียวค่อนข้างสูง และเมื่อผ่านการสึกหรอไประยะหนึ่งจะเกิดการทำให้แข็งด้วยความเครียด (Work hardening) ซึ่งทำให้ผิวแข็งขึ้นและการสึกหรอเกิดช้าลง

2. การสึกหรอแบบขัดถูที่เกิดที่ความเค้นสูง

การสึกหรอแบบขัดถูที่เกิดที่ความเค้นสูง (High stress abrasion หรือ Grinding abrasion) เกิดจากการที่ผิวสองผิวขัดถูกันที่ความเค้นสูงจนเกาะหลุดออกมาเป็นเศษผงที่จะไปทำให้เกิดการสึกหรอต่อไปได้อีกถึงแม้ว่าในสภาวะการสึกหรอจะดูเหมือนไม่มีความเค้นสูงมากกระทำที่ผิว แต่ความเค้นเฉพาะที่จุดสัมผัสสูงพอที่จะเรียกว่า การสึกหรอแบบขัดถูที่ความเค้นสูงเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ในหม้อบดโดยใช้ลูกบด ถ้าความเค้นที่จุดสัมผัสระหว่างผนังหม้อบดและลูกบดมีค่าสูงเกินค่าความแข็งแรงต่อการบดของลูกบด (Crushing strength) ก็จะทำให้ลูกบดแตกหรือทำให้ผิวลูกบดเกิดการสึกหรอขึ้น เศษของลูกบดที่แตกก็จะทำให้เกิดการสึกหรอต่อไป นอกจากการเร่งอัตราการสึกหรอโดยเศษของการสึกหรอที่กล่าวมาแล้ว ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรที่มีเศษผงสิ่งแปลกปลอม หรืออนุภาคแข็งถูกกักไว้ระหว่างผิวก็ทำให้เกิดการสึกหรอแบบขัดถูที่ความเค้นสูงได้ เช่น การสึกหรอของโซ่ที่ใช้ในระบบสายพานลำเลียง รอกดึงโซ่ (Sprocket) หรือระบบฟันเฟือง เป็นต้น

3. การสึกหรอแบบขัดถูที่เกิดที่ความเค้นต่ำ หรือการสึกกร่อน (Erosion)

การสึกหรอแบบขัดถูที่ความเค้นต่ำ หมายถึง การสึกหรอในกรณีที่ความเค้นที่จุดสัมผัสมีค่าต่ำกว่าค่าความแข็งแรงของอนุภาคที่เข้ามาขัดถูให้เกิดการสึกหรอ การสึกหรอลักษณะนี้จะเกิดในสภาวะที่อนุภาคแข็งแรงขนาดเล็กสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยอาจแขวนลอย หรือเคลื่อนที่ในอากาศ หรือของเหลวที่ซึ่งกำลังวิ่งเข้ามาปะทะผิวชิ้นงาน ทำให้มีการชนระหว่างอนุภาคแข็งและผิวชิ้นงานที่ความเค้นต่ำเกิดขึ้น หรือที่รู้จักกันว่า การสึกหรอแบบ Erosion หรือการสึกกร่อน นั่นเอง ยกตัวอย่างเช่น ในท่อลำเลียงทรายหรือสารละลาย ปัม และอุปกรณ์พ่นทราย เป็นต้น โดยทั่วไปแรงในการปะทะค่อนข้างต่ำเพราะอนุภาคแข็งมีขนาดเล็กมาก (แรงในการปะทะ $\text{Impact force} = \text{มวล} \times \text{ความเร็ว} / \text{ระยะเวลา}$) ยกเว้นถ้าอนุภาคแข็งไปเกาะตัวกับสิ่งปลอมปนขนาดใหญ่ในอากาศหรือของเหลวก็จะมีมวลสูงขึ้นซึ่งจะทำให้แรงในการปะทะสูงขึ้นได้ ดังนั้น วัสดุที่ทนต่อการสึกกร่อนได้ ก็ไม่จำเป็นต้องมีค่าความเหนียวสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การสึกหรอสองชนิดแรก แต่มักจะเลือกใช้วัสดุกลุ่มที่มีความแข็งสูงมากเพื่อด้านทานการตัดเฉือน

จะเห็นว่าการแบ่งประเภทการสึกหรอเป็น 3 ชนิดข้างต้นตามแบบของ Avery ถึงแม้จะได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง แต่เป็นการแบ่งอย่างง่าย ๆ โดยไม่มีขอบเขตของกลไกที่ชัดเจนเกิดขึ้น มีการเชื่อมล้าระหว่างการสึกหรอแบบหนึ่งไปอีกแบบหนึ่งค่อนข้างมาก ในหลายกรณี เราจะพบการสึกหรอที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานหนึ่งๆ จะเกิดกลไกมากกว่าหนึ่งและบางทีก็เกิดขึ้นพร้อมกัน แต่โดยทั่วไปแล้วมักจะมีกลไกการสึกหรอประเภทหนึ่งที่เด่นชัดออกมา ซึ่งเราสามารถหยิบเอากลไกหลักตัวนี้มาเป็นเงื่อนไขในการกำหนดวัสดุที่เลือกใช้ในการด้านทานการสึกหรอ

2.3.3 ลักษณะความเป็น Abrasive ของอนุภาค

ความเป็น Abrasive ของอนุภาค เป็นระดับความสามารถของอนุภาคที่จะทำให้เกิดการสึกหรอ ซึ่งเป็นค่าที่ยากจะประเมินในเชิงปริมาณ เนื่องจากขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร อาทิเช่น

- 1) ความแข็ง (Hardness)
- 2) ความแข็งแรงหรือความทนต่อการบด (Crushing strength)
- 3) คุณสมบัติทางกลของอนุภาคในการปะทะ (Impact properties)
- 4) รูปร่างและขนาดของอนุภาค
- 5) ตัวกลางของไหล เช่น อนุภาคแขวนลอยในของเหลวหรือไม่

ตารางที่ 2.1 แสดงความแข็งโดยประมาณของวัสดุแร่และโลหะในกลุ่มหลัก

แร่	ความแข็ง			วัสดุ	ความแข็ง	
	MOHS	KNOOP	HV		KNOOP	HV
เบ็งทัลก์ (Talc)	1	20	-	เหล็กกลุ่มเฟอร์ไรต์	235	70/100
คาร์บอน อ่อนหินปูนินัส	-	35	-	เหล็กกลุ่มเฟอร์ไรต์ ไม่มีธาตุผสม	-	250/320
ยิปซัม (Gypsum)	2	40	36	เหล็กผสมลุ่มเฟอร์ไรต์	-	240/460
แคลไซต์ (Calcite)	3	130	140	เหล็กกลุ่มออกไซด์ในดี เช่น 12% Mn steel	305	170/230
ฟลูออไรต์ (Fluorite)	4	175	190	เหล็กกลุ่มออกไซด์ในดี เช่น 12 % Mn steel ที่ผ่านการเพิ่ม	645	-
อะพาไทต์ (Apatite)	5	335/345	540	ความแข็งด้วยความเคี้ยว	-	-
แก้ว	-	455	500	เหล็กผสมที่กลุ่มออกไซด์ในดี	-	250/350
เฟลสปาร์ (Feldspa)	6	550	600/750	เหล็กกลุ่มออกไซด์ในดี โครเมียมสูง	-	300/600
แมกนีไทต์ (Magnetite)	-	575	-	เหล็กกลุ่มมาเทนไรต์ ที่มีคาร์บอน 0.3 %	550	500
ออร์โทคลาส (Orthoclase)	-	620	-	เหล็กกลุ่มมาเทนไรต์ ที่มีคาร์บอน 0.4%	710	650
ฟลินต์ (Flint)	6	820	950	เหล็กกลุ่มมาเทนไรต์ ที่มีคาร์บอน 0.6%	800	800/1000
ควอตซ์ (Quartz, Silica)	-	840	800/1280	เหล็กกลุ่มซิเมนไทต์ (Fe ₃ C)	1025	840/1100
โทแพซ (Topaz)	7	133	1300/1430	เหล็ก โครเมียมสูง ที่มีอนุภาคคาร์ไบด์ในโครงสร้าง	-	1060/1200
การ์เนต (Garnet)	7	1360	800/1000	โครเมียมคาร์ไบด์ (Cr, Fe) ₇ C ₃	1735	1200/1800
อิมเออร์ (Emery)	9	1400	-	โมลิบดีนัมคาร์ไบด์ (Mo ₂ C)	800	1500
คอร์ันดัม (Corundum, Al ₂ O ₃)	9	2020	1800/2000	ทังสเตนคาร์ไบด์ (WC)	1800/2080	2400
ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide)	-	2585	2500/2600	วานเดียมคาร์ไบด์ (VC)	2660	2800
เพชร	10	7575	8000/10000	ไททาเนียมคาร์ไบด์ (TiC)	2470/2955	3200
				โบรอนคาร์ไบด์ (B ₄ C)	2800	3700

ที่มา: การศึกษาในงานอุตสาหกรรม (ปรีดา นิรนาทกล้าพงศ์และคณะ, 2547)

ในการทดสอบการสึกหรอ เราจะพบว่าอนุภาคที่มีความแข็งสูงมาก เช่น อะลูมินาหรือควอตซ์ จะทำให้เกิดการสึกหรอที่ผิวโลหะที่เร็วกว่า และอัตราการสึกหรอที่ผิวโลหะจะไม่แตกต่างกันมากเมื่อเปรียบเทียบในโลหะกลุ่มเหล็กด้วยกัน ในขณะที่อนุภาคที่มีความแข็งต่ำจะทำให้อัตราการสึกหรอลดลง ดังนั้น ความแข็งของอนุภาคมีผลต่อการสึกหรอที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ในกรณีความแข็งของอนุภาคเปลี่ยนแปลงก็จะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการสึกหรอด้วย (เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการสึกหรออย่างเฉียบพลันที่ค่าความแข็งของอนุภาคค่าหนึ่งหรือช่วงหนึ่งซึ่งเรียกว่า Critical hardness)¹⁷ เมื่อมีการเปรียบเทียบที่ค่าความแข็งเท่ากัน ความเป็น Abrasive ของอนุภาคขึ้นอยู่กับรูปร่างและความแข็งแรงแบบกด (Compressive strength) ของอนุภาคนั้นอนุภาคที่เป็นเหลี่ยมมุม มีความคม มีความแข็งแรงแบบกดสูง ไม่แตกง่าย จะทำให้อัตราการสึกหรอสูง

นอกจากนี้เมื่อขนาดของอนุภาค Abrasive ลดลง ก็มักจะพบว่าอัตราการสึกหรอจะลดลงด้วย สาเหตุน่าจะเป็นเพราะว่าอนุภาคขนาดเล็กสามารถไหลตัวได้ง่ายกว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ระดับความเค้นที่เกิดขึ้น ณ จุดสัมผัสที่ผิวชิ้นงานมีค่าต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผลกระทบของขนาดและรูปร่างของอนุภาคต่อความรุนแรงของการสึกหรอนั้นซับซ้อนมาก นอกจากจะพิจารณาขนาดและรูปร่างอนุภาคแล้ว ยังต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของการสึกหรอ คุณสมบัติ และสภาพของผิวชิ้นงานประกอบด้วย จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่าอัตราการสึกหรอนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรมากมาย

2.3.4 การเลือกวัสดุ

วัสดุที่เหมาะสมจะต้องมีคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอต่อกลไกการสึกหรอในภาวะการใช้งานจริงได้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม การเลือกวัสดุจำเป็นต้องคำนึงถึงฟังก์ชันการใช้งานอื่น ๆ ของวัสดุด้วย

วัสดุที่สามารถใช้ด้านทานการสึกหรอนั้นมีหลายประเภท ได้แก่ เหล็กกล้า เหล็กหล่อ โลหะผสม เซรามิกเซอรเมต (Cermets) และ โพลีเมอร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกลไกและความรุนแรงของการสึกหรอ วัสดุบางชนิดสามารถนำมาใช้ในลักษณะวัสดุแต่งคั้นในขณะที่วัสดุบางชนิดก็นิยมนำมาใช้ในลักษณะของผิวเคลือบและนอกจากนี้ยังมีวัสดุอีกกลุ่มหนึ่งที่สามารถนำมาปรับปรุงคุณสมบัติที่ผิวในลักษณะของ Surface treatment เช่น การชุบแข็งก่อนนำไปใช้งาน เพื่อเพิ่มความต้านทานการสึกหรอได้อีกด้วย ตัวอย่างวัสดุที่นำมาใช้ในการด้านทานการสึกหรอแบบต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความสามารถในการต้านทานการสึกหรอของวัสดุ

วัสดุ	ความสามารถในการต้านทานการสึกหรอแบบ					สึกกร่อน (Particle Erosion)
	ขัดถู (Abrasive)	ไถล (Sliding)		กลิ้ง (Rolling)		
		ไม่หล่อลื่น	หล่อลื่น	ไม่หล่อลื่น	หล่อลื่น	
เหล็กหล่อเทา	√	√	√	√		
เหล็กหล่อขาว	√	√	√	√		
เหล็กกล้าผสม	√		√	√	√	√
เหล็กกล้าไร้สนิม	√		√	√	√	
เหล็กกล้าเครื่องมือ	√	√	√	√	√	√
โลหะผสมสำหรับใช้ที่อุณหภูมิสูง	√			√	√	
เซรามิก	√	√		√		
cermets	√	√		√		√
คาร์บอน กราไฟต์ และ MoS ₂	√	√				√
โพลีเมอร์						
Thermoplastic	√	√	√	√		
Thermoset	√	√	√	√		
Elastomer	√	√	√	√		
Polymer composites	√	√	√	√		√
ผิวเคลือบแข็ง	√	√	√	√	√	√
ผิวอบชุบ	√	√	√	√	√	

ที่มา: การสึกหรอในงานอุตสาหกรรม (ปนัดดา นิรนาทล้ำพงศ์และคณะ, 2547)

เนื่องจากสภาวะการใช้งานของชิ้นงานหนึ่ง ๆ เป็นปัจจัยที่เปลี่ยนได้ยาก เช่น อุณหภูมิและความชื้นในการทำงาน มักจะกำหนดให้เหมาะสมกับกระบวนการนั้น ๆ และการเปลี่ยนแปลงสภาวะการใช้งานก็จะมีผลกระทบต่อสิ่งอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น คุณภาพการผลิตและระยะเวลาการใช้งาน เป็นต้น นักออกแบบและวิศวกรจึงพยายามที่จะคงสภาวะการใช้งานที่กำหนดมาไว้ดั้งเดิมและไปสนใจกับการออกแบบชิ้นส่วนและการเลือกใช้วัสดุสำหรับชิ้นส่วนเพื่อแก้ไขปัญหาการสึกหรอแทน ดังนั้น ในหนังสือเล่มนี้จึงจะกล่าวถึงในรายละเอียดเฉพาะของการใช้วัสดุและการออกแบบเพื่อป้องกันการสึกหรอเท่านั้น

2.3.5 วัสดุแท่งตัน

วัสดุในลักษณะแท่งตันสำหรับงานด้านทานการสึกหรอปัจจุบันมีการใช้กันอยู่หลากหลาย และมีใช้งานสำหรับการสึกหรอทั้งแบบไม่รุนแรงจนถึงการสึกหรอขั้นรุนแรง เราพอจะแบ่งวัสดุแท่งตันตามประเภทต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้ คือ โลหะและโลหะผสมกลุ่มเหล็ก โลหะและโลหะผสมนอกกลุ่มเหล็ก เซรามิก เซอร์เมต เซรามิกโลหะคอมโพสิต สารหล่อลื่นของแข็ง และของแข็งที่เป็นสารหล่อลื่นในตัวเอง

1. โลหะและโลหะผสมกลุ่มเหล็ก

โลหะและโลหะผสมกลุ่มเหล็ก เป็นกลุ่มที่มีการใช้งานและมีความสำคัญทางการค้ามากที่สุด ทั้งชนิดเหล็กหล่อ (มีคาร์บอน 2-4%) และ เหล็กกล้า (มีคาร์บอนไม่เกิน 2%) วัสดุกลุ่มนี้ มีองค์ประกอบการใช้งานหลากหลายตั้งแต่โลหะผสมอย่างง่าย เช่น โลหะในระบบไบนารีแบบเหล็ก-คาร์บอน (Binary Fe-C system) จนถึงโลหะที่มีองค์ประกอบซับซ้อน เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม ตลอดจนโลหะผสมสูง (โลหะผสมที่มีธาตุผสมในปริมาณมาก) มักนำมาใช้งานที่มีอุณหภูมิสูง วัสดุกลุ่มนี้มีการใช้งานมากเนื่องจากมีค่าความแข็งและความเหนียวให้เลือกใช้ได้มาก ตัวอย่างของโลหะและโลหะผสมกลุ่มเหล็กที่ใช้ในการด้านทานการสึกหรอ ได้แก่ เหล็กหล่อเทา เหล็กกล้าผสมต่ำ เหล็กกล้าไร้สนิม และเหล็กกล้าเครื่องมือ เป็นต้น

1) เหล็กหล่อ

เหล็กหล่อ (Cast irons) คือ โลหะผสม มีองค์ประกอบหลัก คือ Fe-C-Si โดยมีคาร์บอน (C) 2-4% ซิลิกอน (Si) 1-3% และธาตุผสมอื่น ๆ คาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดต่อค่าความแข็งแรงของเหล็กหล่อ ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญต่อความสามารถในการด้านทานการสึกหรอ โลหะกลุ่มเหล็กหล่อนั้นมีโครงสร้างทางจุลภาคและเฟสต่าง ๆ ของ ระบบ Fe-C ที่เป็นไปได้หลายอย่าง ได้แก่ เฟอร์ไรต์ ซีเมนไทต์ ออสเทนไนต์ มาร์เทนไซต์ และ เฟอร์ไรต์ สมบัติของเฟสต่าง ๆ ในระบบ Fe-C ได้สรุปไว้ในตารางที่

2) เหล็กกล้า

เหล็กกล้า (Steels) คือ โลหะผสมที่มีคาร์บอนไม่เกิน 2% กับธาตุผสมอื่น ๆ เช่น Cr, Ni, Mn, Mo เป็นต้น โครงสร้างจุลภาคและเฟสต่าง ๆ ที่จะพบเห็นในเหล็กกล้าขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนและปริมาณธาตุผสมอื่น ๆ เหล็กกล้าสามารถใช้เป็นวัสดุเพื่อด้านทานการสึกหรอและด้านทานการกัดกร่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steels) ซึ่งเป็นเหล็กกล้าที่ชุบโครเมียม (Cr) ในปริมาณสูง (ประมาณ 10% ขึ้นไป) และยังมีปริมาณ Cr สูงยังสามารถด้านทานการกัดกร่อนได้ดี และสามารถด้านทานการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงได้ด้วย เหล็กกล้าไร้สนิมสามารถแยกได้ตามองค์ประกอบและโครงสร้างจุลภาคได้ 5 กลุ่ม ได้แก่

- 1) กลุ่มเฟอร์ริติก (เฟสเฟอร์ไรต์) มีองค์ประกอบ คือ Fe-Cr+C ต่ำ
- 2) กลุ่มมาร์เทนซิติก (เฟสมาร์เทนไซต์) มีองค์ประกอบ คือ Fe-Cr+C ค่อนข้างสูง
- 3) กลุ่มออสเทนนิติก (เฟสออสเทนไนต์) มีองค์ประกอบ คือ Fe-Cr-Ni+C ต่ำ
- 4) กลุ่มที่มีการเพิ่มความแข็งด้วยการตกตะกอนของเฟส (PH: Precipitation Hardening) มีองค์ประกอบ คือ Fe-Cr-Ni+C ต่ำ +ธาตุผสมเพื่อตกตะกอน (Precipitation element)
- 5) กลุ่มเฟสผสม (Duplex) เป็นกลุ่มที่มีโครงสร้างบางส่วนเป็นเฟสออสเทนไนต์และบางส่วนเป็นเฟสเฟอร์ไรต์

2. การออกแบบชิ้นส่วน

นอกจากเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมเพื่อลดการสึกหรอแล้วภาวะการใช้งานและการออกแบบที่ดีก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดการสึกหรอได้ วัสดุอาจมีการใช้งานได้นานขึ้นมากหากมีการออกแบบและปรับปรุงภาวการณ์ใช้งานที่เหมาะสม ในทางตรงกันข้ามมักพบว่าการเสื่อมสภาพหรือการสึกหรออย่างรวดเร็วในหลายกรณีไม่ได้เกิดจากการเลือกวัสดุไม่เหมาะสม แต่เกิดจากการออกแบบที่ไม่ดีพอ และ/หรือกระบวนการผลิตชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน ในที่นี้จะกล่าวถึงแนวทางที่เป็นไปได้สำหรับการออกแบบเพื่อลดการสึกหรอ ที่เกิดจากกลไกแบบต่าง ๆ

1) การสึกหรอแบบขัดถู

1) ลดปริมาณอนุภาคขัดถูและสิ่งแปลกปลอมในระบบ ถ้าอนุภาคดังกล่าวเป็นลักษณะผงฝุ่น สามารถใช้ละอองน้ำหรือม่านน้ำคักไว้หรือใช้วัสดุที่ดูดซับฝุ่นผงดังกล่าวได้ เพื่อลดหรือกำจัดอนุภาคดังกล่าว

2) ปิดช่องว่าง ออกแบบให้ไม่เกิดช่องว่างที่อนุภาคขัดถูและฝุ่นผงแปลกปลอม จะเข้าไปสู่อวัยวะต่าง ๆ ได้โดยอาจใช้วัสดุประเภทยางปิดไว้ตามรอยต่อต่าง ๆ

3) เพิ่มความแข็งของวัสดุ หากค่าความแข็งของอนุภาคขัดถูที่อยู่ในระบบ การสึกหรอจะเกิดได้น้อยหากวัสดุชิ้นงานมีความแข็งมากกว่าอนุภาคขัดถู ดังนั้น เราอาจเพิ่มความแข็งของผิวสัมผัสได้โดยการนำวิสกกรรมพื้นผิวเข้ามาใช้ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะของการปรับปรุงสภาพผิว เช่น การทำคาร์บูไรเซชัน หรือการเคลือบผิวด้วยวัสดุหลากหลายประเภท เช่น เซรามิก เซอร์เมต หรือสารประกอบคาร์ไบด์ที่มีสัดส่วนของคาร์บอนสูง

4) เลือกใช้วัสดุประเภทอื่นนอกเหนือจากโลหะ บางกรณีต้องใช้วัสดุที่ไม่ใช่โลหะเพื่อจุดประสงค์ในการต้านทานการกัดกร่อนด้วย วัสดุประเภทโพลีเอทิลีนมวลโมเลกุลสูง หรือ โพลียูเทน พบว่านอกจากจะต้านทานการกัดกร่อนได้ดีแล้วยังสามารถต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูที่ความถี่ไม่สูงมากได้ดีอีกด้วย

2.3.6 การเลือกใช้วัสดุเพื่อป้องกันการสึกหรอ

วัสดุที่สามารถต้านทานการสึกหรอจากการขัดถูได้ดีมักจะมีโครงสร้างแบบแบ่งเป็น 2 เฟส ซึ่งประกอบด้วย (1) เนื้อหลัก หรือ Matrix (เฟสที่มีความต่อเนื่องเป็นศูนย์กลาง/ตัวประสานงานในวัสดุ) ที่มีความเหนียว (Toughness) และ (2) อนุภาคแข็งขนาดเล็ก เช่น สารประกอบคาร์ไบด์ กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อหลัก ขณะที่เกิดการขัดถูก็จะเกิดการสึกหรอไปด้วยสาเหตุต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

การสึกหรอของเนื้อหลักจากวัสดุที่มาขัดสีที่ไม่แข็งมาก และการสึกหรอของเนื้อหลักจากวัสดุที่มาขัดถูที่มีความแข็งสูง

1. การสึกหรอและ/หรือ การกัดกร่อนเฉพาะบริเวณเท่านั้น (Selective removal)
2. การสึกหรอโดยการเปลี่ยนรูปของเนื้อหลัก
 - 1) การแตกและหลุดของอนุภาคแข็งในเนื้อหลักเนื่องจากแรงกระทำภายนอก (เช่น แรงกดแบบ Indentation)
 - 2) การเปลี่ยนรูปพลาสติก หรือการสึกหรอของเนื้อหลักรอบ ๆ อนุภาคนั้น
 - 3) การแตกระหว่างอนุภาคของแข็งและเนื้อหลัก
3. การแตกจากความล้าเนื่องมาจากการกระทำแบบซ้ำ ๆ ของแรงกดและการไถครูด

ในสภาวะการใช้งานส่วนมากการสึกหรอแบบขัดถูมักจะมีแรงกระทำที่กระทำที่ชิ้นงานอยู่ด้วยในการเลือกใช้วัสดุสำหรับผลิตชิ้นงานหนึ่ง ๆ จึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติหลายประการรวมถึงความแข็งเพื่อป้องกันการสึกหรอและการยุบตัว และความเหนียวเพื่อป้องกันการแตกหักของชิ้นงาน

2.4 การสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

รถเกี่ยวนวดข้าวเมื่อมีการใช้งานไปนานๆ จะมีการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ในรถเกี่ยวนวดข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สกรูลำเลียงเมล็ดข้าว ซึ่งสาเหตุเกิดจากการที่เมล็ดข้าวมีผิวที่หยาบซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกระดาษทรายที่เสียดสีสกรูลำเลียงอยู่ตลอดเวลาที่ใช้งาน เมื่อใช้งานไปนาน ๆ จะมีการสึกหรอมากขึ้น ความสามารถในการลำเลียงเมล็ดข้าวลดลง ในโครงการนี้จะทำการศึกษาการสึกหรอของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวในส่วนที่เป็น สกรูลำเลียงเมล็ดข้าวขั้นสู่ถังเก็บตัวที่ 1 ดังรูปที่ 2.28 และ 2.29 เนื่องจากสะดวกในการถอดประกอบเวลาทำการเก็บข้อมูล



รูปที่ 2.28 ใบของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน



รูปที่ 2.29 ถึงลักษณะการสึกหรอของสกรูลำเลียง



รูปที่ 2.30 สกรูลำเลียงเมล็ดที่ทำการศึกษา



บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

การดำเนินโครงการการศึกษารองของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวของรถเกี่ยวนวดข้าว มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ

2. ลักษณะทางกายภาพของใบสกรูลำเลียงตำแหน่งของสกรูลำเลียงเมล็ดข้าวขึ้นสู่ถังเก็บตัวล่าง เหล็กเส้นและแผ่นสแตนเลสที่ใช้พันทาบใบสกรู

3. การสร้างใบสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้นและแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

4. ทำการทดลองเพื่อหาปริมาณการสึกหลอในช่วงการทำงานของสกรูแบบต่างๆ

5. ทำการวิเคราะห์ผลเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสึกหลอและทำการเปรียบเทียบเพื่อหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

3.1 ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ

3.1.1 ศึกษาถึงหลักการการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

ทำการศึกษาลงถึงวิธีการใช้งานและหลักการการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว เนื่องจากในรถเกี่ยวนวดข้าวนี้มีส่วนประกอบต่าง ๆ มากมาย และมีระบบการทำงานหลาย ๆ ระบบสืบเนื่องกัน โดยทำการศึกษาระบบการทำงาน เริ่มตั้งแต่การตัดต้นข้าวจนถึงกลายเป็นเมล็ด หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบ่งการทำงานได้ 5 ส่วนหลักดังนี้

- การตัดต้นพืช (Cutting)
- การลำเลียง (Feeding)
- การนวด (Threshing)
- การแยกเมล็ดออกจากต้นพืช (Separating)
- การทำความสะอาด (Cleaning)

รวมไปถึงหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องเกี่ยวนวดข้าว โดยละเอียดเพื่อที่จะได้มีความรู้ความเข้าใจในเครื่องเกี่ยวนวดข้าวซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำโครงการ

3.1.2 ศึกษาถึงความรู้เรื่องการสึกหรอและแนวทางในการลดการสึกหรอกับการสึกหรอ

ทำการศึกษาดังความหมายของการสึกหรอ ประเภทของการสึกหรอ รวมไปถึงแนวทางในการป้องกันการสึกหรอเพื่อที่จะได้มีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น เพราะเรื่องของการสึกหรอเป็นเรื่องที่ทำความเข้าใจยาก เพื่อที่จะได้นำมาเปรียบเทียบกับลักษณะของการสึกหรอในโรงงาน

3.1.3 ศึกษาถึงหลักการทางเศรษฐศาสตร์

ทำการศึกษาดังหลักการทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากสถานการณ์ทางเศรษฐกิจในปัจจุบันนี้ การจะลงทุนอะไรซักอย่างต้องมีการคิดอย่างรอบคอบ ดังนั้นเราจึงต้องคำนึงถึงหลักการทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อที่จะได้นำมาวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการลงทุนว่า การทำสกรูแต่ละแบบนั้นคุ้มกับทุนที่ลงไปหรือไม่ เพราะสกรูแต่ละแบบนั้นมีระยะเวลาการใช้งานที่แตกต่างกันและการลงทุนแตกต่างกันด้วยเนื่องมาจากตัววัสดุที่นำมาคิดเพิ่มที่สกรูนั่นเอง

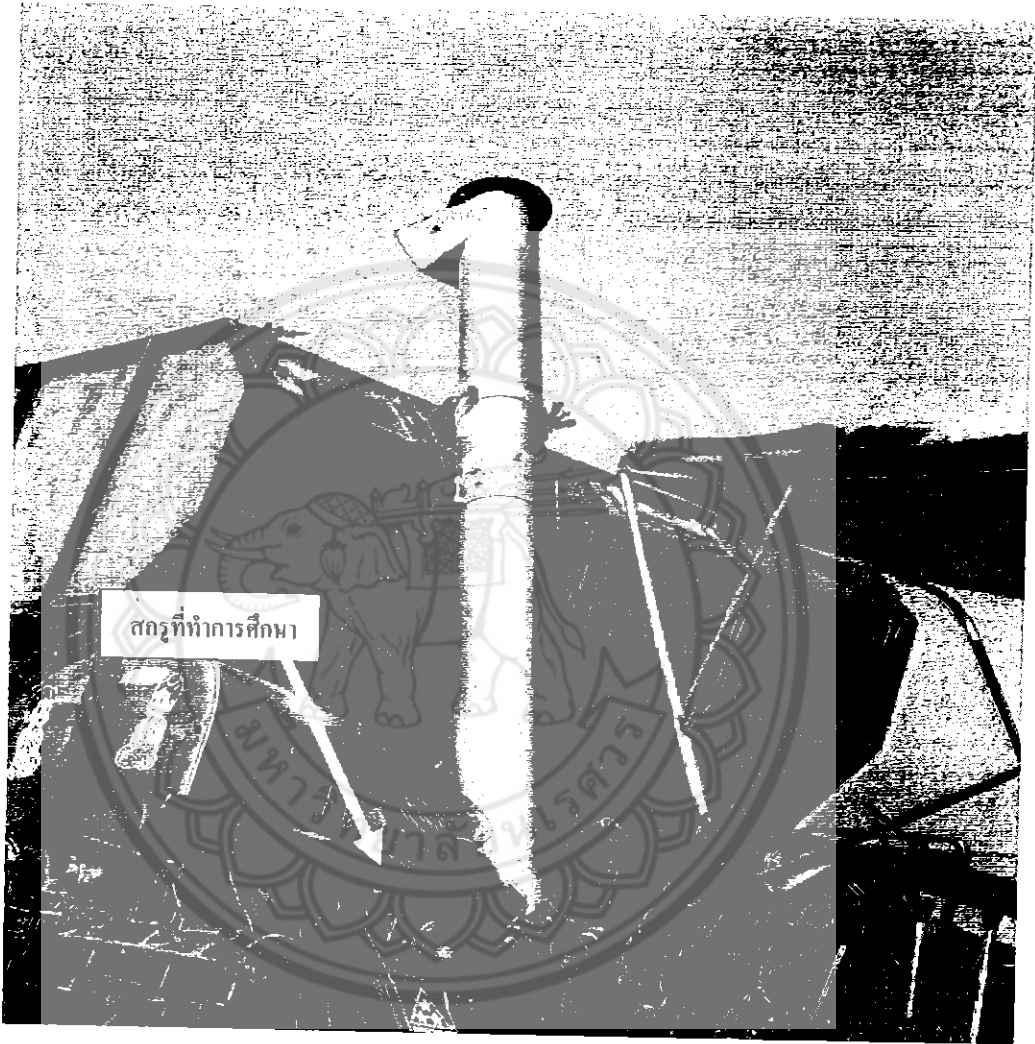
3.1.4 ศึกษาการวัดขนาดด้วยเครื่องมือวัด

ทำการศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการวัดขนาดของชิ้นงานในโรงงาน เช่น เวอร์เนียคาลิปเปอร์ และคัลลิเบร และศึกษาการอ่านค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด เพื่อนำเอาเครื่องมือวัดเหล่านี้มาใช้สำหรับการเก็บข้อมูลของชิ้นงานในโรงงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งต้องการรายละเอียดและขนาดที่แน่นอน ทำให้ค่าที่ได้นั้นมีความถูกต้องแม่นยำ และตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อที่จะได้เป็นพื้นฐานที่น่าเชื่อถือสำหรับผู้ที่ต้องการที่จะศึกษาต่อไป

3.2 ลักษณะทางกายภาพของใบสกรุลำเลียง

3.2.1 สกรุลำเลียง

สกรุลำเลียงที่ใช้ในการทำโครงการนี้เป็นสกรุลำเลียงเมล็ดข้าวขึ้นสู่ถังเก็บตัวล่าง ดังรูป 3.1 ซึ่งทำหน้าที่ในการลำเลียงเมล็ดข้าวส่งต่อไปยังสกรุลำเลียงเมล็ดข้าวขึ้นสู่ถังเก็บตัวบน

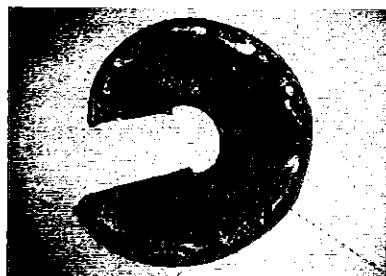


รูปที่ 3.1 สกรุลำเลียงเมล็ดที่ทำการศึกษา

ซึ่งสกรูมีลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) กรรมวิธีการขึ้นรูป ใบสกรูที่ใช้ทดลองในโครงการนี้มีกรรมวิธีการผลิต โดยการนำแผ่นเหล็กมาตัดเป็นวงกลมที่มีรูกลมตรงกลาง (ซึ่งมีขนาดเท่ากับเพลลาที่จะนำใบสกรูมาติด) จากนั้นตัดแผ่นวงกลมแล้วดึงออกเป็นลักษณะเกลียว แล้วจึงนำเกลียวที่ได้ไปเชื่อมต่อกันแล้วจึงเชื่อมติดกับเพลลาอีกทีหนึ่ง ซึ่งจะเป็นเกลียวที่มีความหนาของใบเกลียวเท่ากันตลอด

2) ชนิดของใบสกรู ใบสกรูที่ใช้ในโครงการนี้เป็นใบสกรูแบบเกลียวซ้ายซึ่งสังเกตได้จากการมองด้วยตาเปล่า คือ ใบสกรูแบบเกลียวซ้ายจะมีลักษณะดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะของสกรูแบบเกลียวซ้าย

โลหะส่วนที่ใช้ทำใบเกลียวของใบสกรูลำเลียงนั้นทำจากเหล็กที่ใช้ทำอะไหล่ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล S 45 C จากตารางที่แนบมา ใบเกลียวนั้นจะเป็นเกลียวแบบต่อเนื่องที่ติดตั้งบนเพลากลวง ซึ่งเพลานั้นจะเป็นท่อเหล็กสตีลค่า Schedule 40

โครงสร้างของใบสกรูเป็นแบบระยะพิทช์ไม่ยาวมากนักเหมาะที่จะลำเลียงวัสดุในแนวเอียงมากกว่า 20 องศา และใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุ (สกรูลำเลียงวัสดุที่ต้องการอัตราการลำเลียงวัสดุคงที่)

3) ขนาดของใบสกรู ใบสกรูที่ใช้ในการทดลองนี้มีขนาดต่าง ๆ ดังนี้

- เส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู	187	mm
- ความหนา (Thickness)	3	mm
- ความลึก (Deep)	76.85	mm
- ระยะพิทช์ (Pitch)	166	mm
- ความยาว (Length)	1540	mm
- เส้นผ่านศูนย์กลางเพลากลวง (เพลากลวง)	33.3	mm
- เส้นผ่านศูนย์กลางเพลากลวง (เพลาดัน)	25.5	mm

3.2.2 เหล็กเส้นที่ใช้พันทาบใบสกรูลำเลียง

เหล็กเส้นที่ใช้พันทาบใบสกรูลำเลียงเป็นเหล็กแข็งปานกลาง หรือเหล็กเพลาชาวขึ้นรูปโดยกรรมวิธีการรีดร้อน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.45 mm เมื่อนำเหล็กเส้นพันทาบใบสกรูแล้วทำให้ใบสกรูหนาขึ้นเป็น 10.45 mm และเป็นเหล็กชนิดเดียวกับเหล็กที่นำไปใช้เป็น ตะแกรงนวดในรถเกี่ยวขนาดข้าวด้วย ซึ่งใช้เหล็กเส้นทั้งหมดยาว 5.70 เมตร

3.3.3 แผ่นสแตนเลสที่ใช้พันทาบใบสกรูลำเลียง

แผ่นสแตนเลสที่ใช้พันทาบใบสกรูลำเลียงเป็นเหล็กไร้สนิม AISI 316 มีขนาดกว้าง 12 mm และมีความหนา 3 mm ขึ้นรูปด้วยการขึ้นรูปเย็น (Cold Work) ออกมาเป็นแผ่นตามขนาดที่ต้องการ แล้วทำการโค้งให้เป็นวงกลม เมื่อนำแผ่นสแตนเลสพันทาบใบสกรูแล้วทำให้ใบสกรูหนาขึ้นเป็น 6 mm และใช้แผ่นสแตนเลสทั้งหมดยาว 5.70 เมตร

3.3 การสร้างใบสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้นและแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

3.3.1 การสร้างใบสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น

การสร้างใบสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น ทำโดยการนำเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.45mm มาทาบบนปลายของสกรูแล้วใช้คีมหนีบไว้จากนั้นทำการเชื่อมให้ติดกับใบสกรู และตัดให้เข้ารูปกับใบสกรูจนสุดใบสกรูดังรูป 3.1(ก)จากนั้นทำการเจียรแต่งขอบของใบสกรู ดังรูป 3.1(ข) เป็นอันเสร็จเรียบร้อยจะได้สกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้นดังรูป (ค)



(ก) พันทาบด้วยเหล็กเส้นและเชื่อมติด



(ข) เจียรแต่งขอบใบสกรู



(ค) ใบสกรูพันทาบด้วยเหล็กเส้น

รูปที่ 3.3 การสร้างสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น

3.3.2 การสร้างใบสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

การสร้างใบสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส มีขั้นตอนเหมือนกันกับแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น คือ นำแผ่นสแตนเลสขนาดกว้าง 12 mm และหนา 3 mm ซึ่งจะโค้งเป็นวงกลมมาเรียบรื้อแล้วเพื่อง่ายต่อการตัด จากนั้นนำแผ่นสแตนเลสมาทาบติดกับใบสกรูแล้วใช้คีมหนีดติดไว้กับใบสกรูดังรูป 3.2(ก) จากนั้นทำการเชื่อมให้ติดกับใบสกรู และตัดให้เข้ารูปกับใบสกรูจนสุดใบสกรู จากนั้นทำการเจียรแต่งขอบของใบสกรูเป็นอันเสร็จเรียบร้อยจะได้ สกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสดังรูป 3.2 (ข)



(ก) พันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสและเชื่อมติด



(ข) ใบสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

รูปที่ 3.4 การสร้างสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

3.3.3 นิยาม ส่วนหัว ส่วนกลาง ส่วนท้าย

ส่วนหัว คือส่วนที่ส่งถ่ายวัสดุไปยังสกรูลำเลียงเมื่อเข้าขั้นสู่ถังเก็บตัวบน หรือ 2 ใบบนสุดตามความยาวของสกรูของสกรู

ส่วนกลาง คือส่วนที่ลำเลียงวัสดุจากส่วนท้ายไปยังส่วนหัว

ส่วนท้าย คือส่วนที่รับการส่งถ่ายวัสดุมาจากสกรูอีกตัวหนึ่ง หรือ 2 ใบล่างสุดตามความยาวของสกรู

3.4 การทดลองเพื่อหาปริมาณการสึกหรอในช่วงการทำงานของสกรูแบบต่าง ๆ

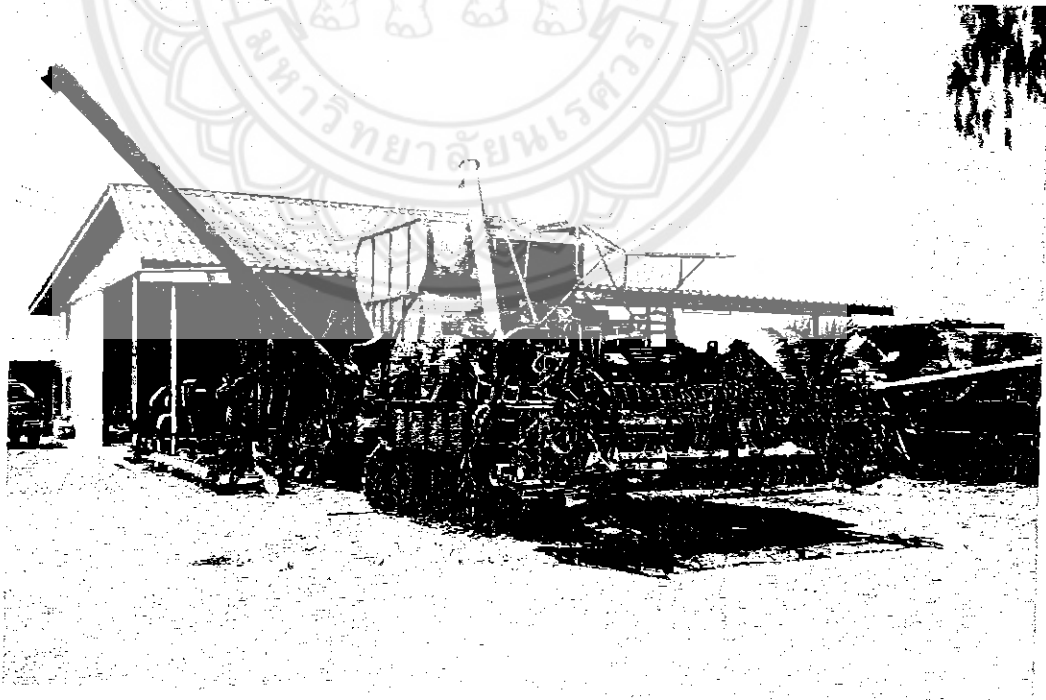
โดยที่ก่อนการทดลองจะทำวัด น้ำหนัก, ความหนา, และความลึก ของสกรูแต่ละแบบไว้ก่อนเพื่อจะใช้เป็นค่าอ้างอิง ขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. การเตรียมอุปกรณ์

- 1) รถเกี่ยวขนาดข้าวตักดีพัฒนาการเกษตรแบบมีถังเก็บ (ดังรูป ที่ 3.6) จำนวน 3 คัน
- 2) สกรูลำเลียงทั้ง 3 แบบ
- 3) ประแจสำหรับถอดและใส่สกรูลำเลียง

2. การถอดประกอบ

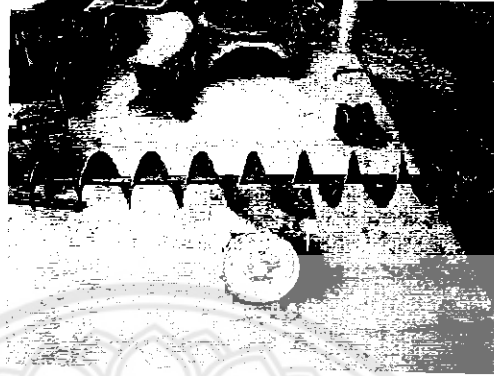
ในส่วนของการถอดประกอบนั้นจะทำการถอดสกรูตัวเก่าออกแล้วนำสกรูตัวใหม่ใส่แทนลงไปเป็นอันเสร็จขั้นตอนการถอดประกอบ



รูปที่ 3.5 รถเกี่ยวขนาดข้าวตักดีพัฒนาการเกษตรแบบมีถังเก็บ

3. การเก็บข้อมูล

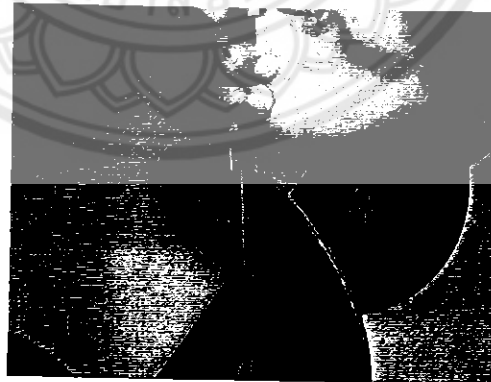
ในส่วนของการเก็บข้อมูลนั้นจะทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 400 ไร่ ของการเก็บเกี่ยวของรถเกี่ยวขนาดข้าวแต่ละคัน รายละเอียดในการเก็บข้อมูล คือ น้ำหนัก ความหนา และความลึกของสกรูแต่ละแบบ ซึ่งมีวิธีการวัดข้อมูลดังรูปที่ 3.4



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.6 วิธีการวัดขนาด น้ำหนัก ความหนาและความลึก ตามลำดับ

3.5 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลการทดลองนั้น จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ
2. การวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

3.5.1 การวิเคราะห์เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบสกรูแบบต่าง ๆ

โดยในการวิเคราะห์เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบสกรูแบบต่าง ๆ 3 ส่วนด้วยกัน คือ เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของน้ำหนักของใบสกรู, เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความหนาของใบสกรู, เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของความลึกของใบสกรู ซึ่งมีสมการการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนัก (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง} - \text{น้ำหนักหลังการทดลอง})}{\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง}} \times 100 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความหนา (\%)} = \frac{(\text{ความหนาก่อนการทดลอง} - \text{ความหนาหลังการทดลอง})}{\text{ความหนาก่อนการทดลอง}} \times 100 \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึก (\%)} = \frac{(\text{ความลึกก่อนการทดลอง} - \text{ความลึกหลังการทดลอง})}{\text{ความลึกก่อนการทดลอง}} \times 100 \dots\dots\dots (3.3)$$

3.5.2 การวิเคราะห์เพื่อหาอัตราการลำเลียงวัสดุ

อัตราการลำเลียงวัสดุเชิงปริมาตร สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$V = pNA \dots\dots\dots (3.4)$$

V = อัตราการลำเลียงวัสดุเชิงปริมาตร (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

P = ระยะพิตช์ของสกรู (มิลลิเมตร)

N = ความเร็วรอบของสกรูลำเลียง (รอบต่อนาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของใบสกรูลำเลียง (ลูกบาศก์เมตร)

อัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวล สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

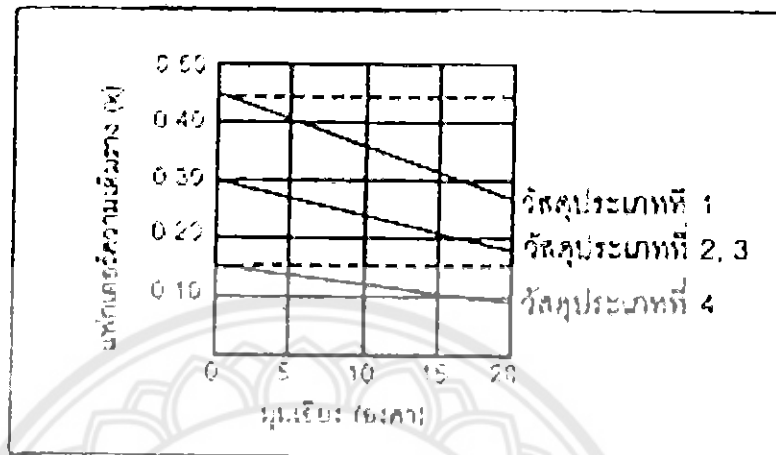
$$m_s = \rho_s pNA \dots\dots\dots (3.5)$$

m_s = อัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวล (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

โดยที่ความหนาแน่นของของเมล็ดข้าว = 700-800 kg/m³

ในทางปฏิบัติพื้นที่หน้าตัดของวัสดุจะมีค่าไม่เท่ากับพื้นที่หน้าตัดของรางสกรู ดังนั้นจึงต้องคูณพื้นที่หน้าตัดของสกรูลำเลียงวัสดุด้วย “แฟกเตอร์ความเต็มราง” (k) ซึ่งแฟกเตอร์นี้สามารถดูได้จากรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แฟกเตอร์ความเต็มราง
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย วจจร ไพศาล)

ในส่วนของการแบ่งประเภทของวัสดุนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 ชนิด และจากรูปที่ 3.7 จะสามารถสรุปการนำแฟกเตอร์ความเต็มรางไปใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุได้ดังต่อไปนี้

ประเภทที่ 1 วัสดุเบา ไหลได้ดี ไม่มีน้ำหนัก เช่น เมล็ดข้าว ข้าวไรย์ ผักข้าวโพด ทรายไฟต์ แบริ่งหมี และอื่น ๆ แฟกเตอร์ความเต็มราง $k = 0.45$

ประเภทที่ 2 วัสดุไม่มีน้ำหนัก คุณสมบัติในการไหลได้น้อยกว่าวัสดุประเภทที่ 1 (วัสดุก้อนเล็กผสมวัสดุละเอียด) เช่น แป้งอบขนมปัง ถ่านหินบดละเอียด ข้าวโพดบด แฟกเตอร์ความเต็มราง $k = 0.30$

ประเภทที่ 3 คุณสมบัติการไหลคล้ายกับประเภทที่ 2 แต่มีน้ำหนักมากกว่า ต้องการความเร็วรอบของสกรูต่ำ เช่น ซีเมนต์แห้ง ปูนซีเมนต์ เกลือ ถ่านไม้ ซอล์คอบด์ และอื่น ๆ แฟกเตอร์ความเต็มราง $k = 0.30$

ประเภทที่ 4 วัสดุมีน้ำหนักและคุณสมบัติการไหลไม่ดี เช่น ถ่านหิน กากถ่านหิน กากแร่จากเตา อะลูมินา ทรายแห้ง และอื่น ๆ แฟกเตอร์ความเต็มราง $k = 0.15$

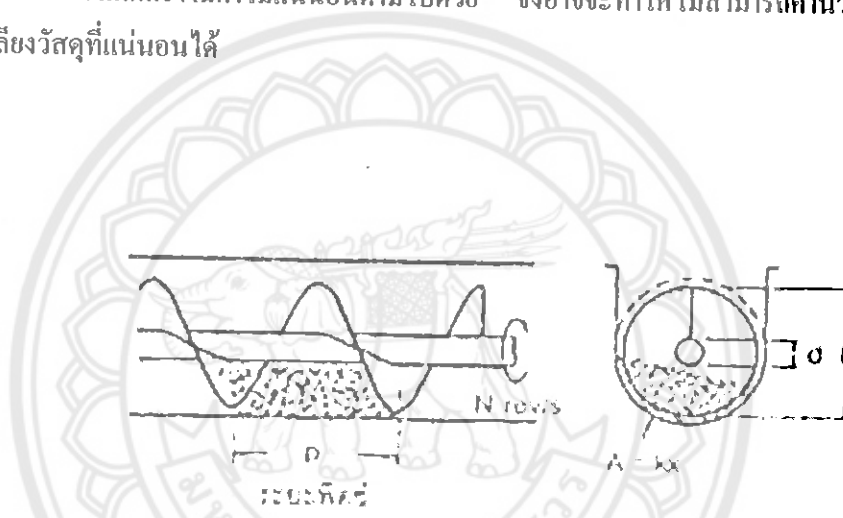
เมื่อแทนค่าพื้นที่หน้าตัดของใบสกรูลำเลียง และรวมค่าแฟกเตอร์ความเต็มรางเข้าไป จะได้เป็นสมการที่ 3

$$m_s = \frac{\rho_b \pi (D^2 - d^2) k p N}{4} \dots\dots\dots (3.6)$$

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู (มิลลิเมตร)

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาสกรู (มิลลิเมตร)

จากสมการที่ 3.6 จะสามารถใช้สำหรับประมาณค่าอัตราการลำเลียงวัสดุเท่านั้น เนื่องจากในทางปฏิบัติ การป้อนวัสดุเข้าสู่สกรูลำเลียงวัสดุนั้นจะมีอัตราการป้อนวัสดุที่ไม่แน่นอน ทำให้แฟกเตอร์ความเต็มรางมีค่าไม่แน่นอนตามไปด้วย จึงอาจจะทำให้ไม่สามารถคำนวณหาอัตราการลำเลียงวัสดุที่แน่นอนได้



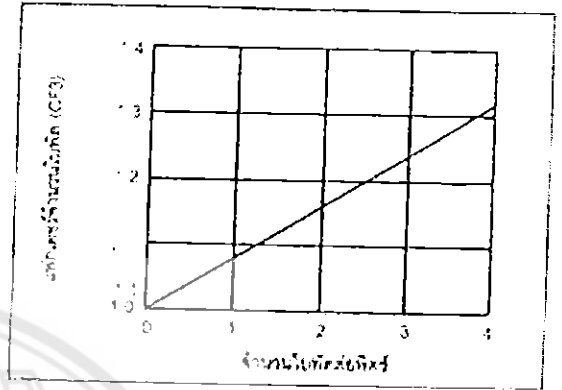
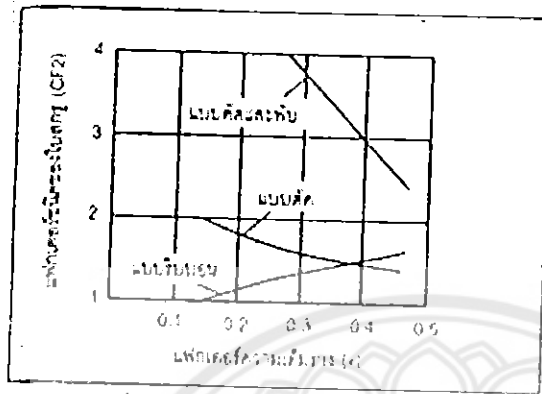
รูปที่ 3.8 หลักการคำนวณหาอัตราการลำเลียงวัสดุ
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตร ไพศาล)

สำหรับระยะพิตช์ของใบสกรูก็มีผลต่ออัตราการลำเลียงวัสดุด้วย จากรูปที่ 3.8 เมื่อพิจารณาการหมุนของสกรู 1 รอบเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับระยะพิตช์ ดังนั้นในกรณีที่สกรูหมุนไป 1 รอบแต่วัสดุไม่ได้เคลื่อนที่ไปเท่ากับระยะพิตช์ ก็ต้องคำนึงถึงระยะพิตช์ของใบสกรูด้วย แฟกเตอร์ระยะพิตช์ของใบสกรู (CF_p) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แฟกเตอร์ระยะพิตช์ของใบสกรู

รายละเอียดของระยะพิตช์	CF _p
ระยะพิตช์ = เส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู	1.00
ระยะพิตช์ = 2/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู	1.50
ระยะพิตช์ = 1/2 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู	2.00
ระยะพิตช์ = 3/2 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู	0.67

ชนิดของใบสกรูก็เป็นแฟกเตอร์ที่มีผลต่ออัตราการลำเลียงวัสดุเช่นกัน ซึ่งแฟกเตอร์ชนิดของใบสกรูนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของใบสกรู (CF₂) และจำนวนใบพัดสำหรับการกวาดหรือผสมวัสดุต่อระยะพิทช์ (CF₃) โดยแฟกเตอร์ทั้งสองนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10 ตามลำดับ



รูปที่ 3.9 แฟกเตอร์ชนิดของใบสกรู
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตรไพศาล)

รูปที่ 3.10 แฟกเตอร์จำนวนใบพัด
ที่มา: สกรูขนถ่ายวัสดุ (พรชัย จงจิตรไพศาล)

ดังนั้น การคำนวณอัตราการลำเลียงวัสดุ เมื่อรวมเอาแฟกเตอร์ต่าง ๆ ไว้แล้ว จะคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 4

$$m_s = \frac{\rho_s \pi (D^2 - d^2) k p N}{4CF_1 CF_2 CF_3} \dots\dots\dots (3.7)$$

3.5.3 การวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของสกรูแต่ละแบบเพื่อที่จะหา ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี และค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ในรอบ 1 ปี เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

สมการการคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปีและค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ มีดังนี้

$$\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี} = \text{ราคาในการสร้างสกรู} + \text{ค่าตอบแทนแรงงาน} + \text{ค่าเสียโอกาสในการทำงาน} \dots\dots\dots (3.8)$$

ปี

$$\text{ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี}}{\text{จำนวนไร่ของการทำงานของสกรูใน 1 ปี}} \dots\dots\dots (3.9)$$

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 ลักษณะการสีกหของสกรุลำเดียว

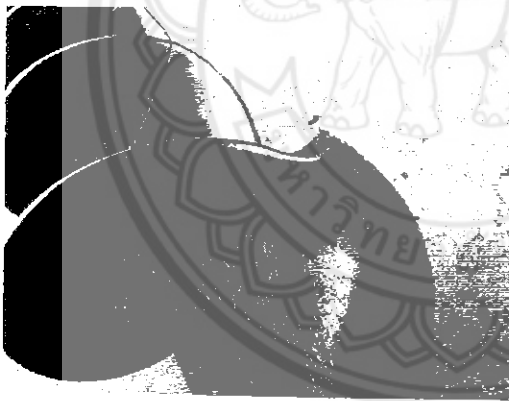
4.1.1 ลักษณะการสีกหโดยรวม

1. การสีกหโดยรวมของสกรูแบบธรรมดา



(ก) ก่อนการทดลอง

(ข) 400 ไร่



(ค) 800 ไร่



(ง) 1200 ไร่



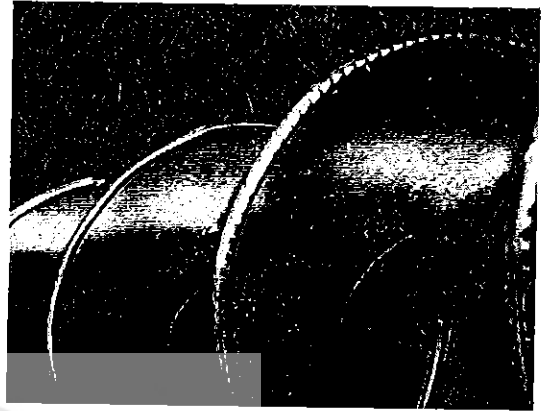
(จ) 1600 ไร่

รูปที่ 4.1 ลักษณะการสีกหของสกรูแบบธรรมดา

2. การสีทหรอ โดยรวมของสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น



(ก) ก่อนการทดลอง



(ข) 400 ไร่



(ค) 800 ไร่

(ง) 1200 ไร่



(จ) 1600 ไร่

รูปที่ 4.2 ลักษณะการสีทหรอของสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น

3. การสึกหรอโดยรวมของสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส



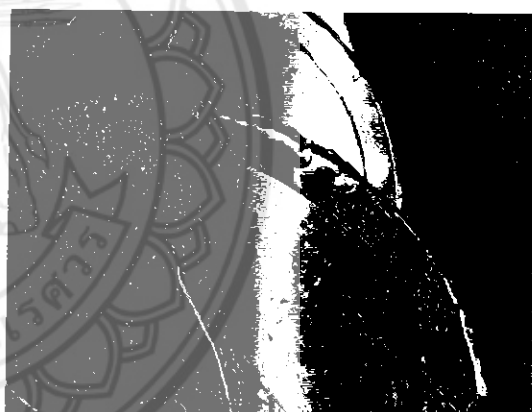
(ก) ก่อนการทดลอง



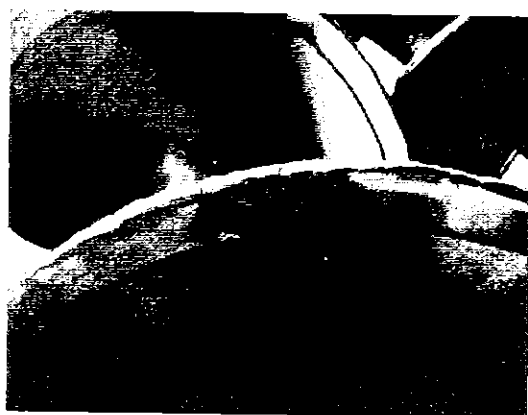
(ข) 400 ไร่



(ค) 800 ไร่



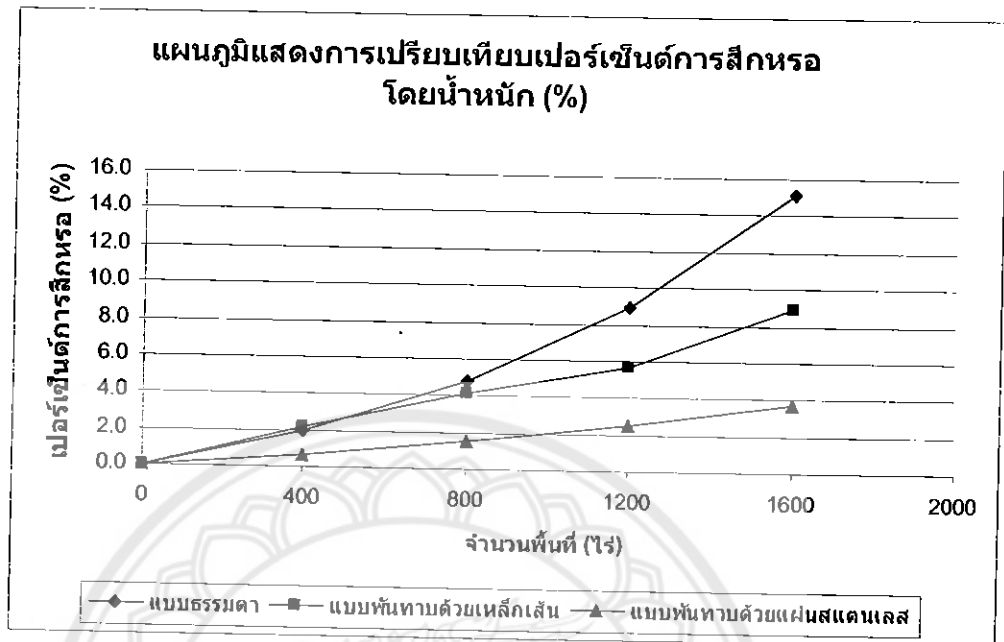
(ง) 1200 ไร่



(จ) 1600 ไร่

รูปที่ 4.3 ลักษณะการสึกหรอของสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กสแตนเลส

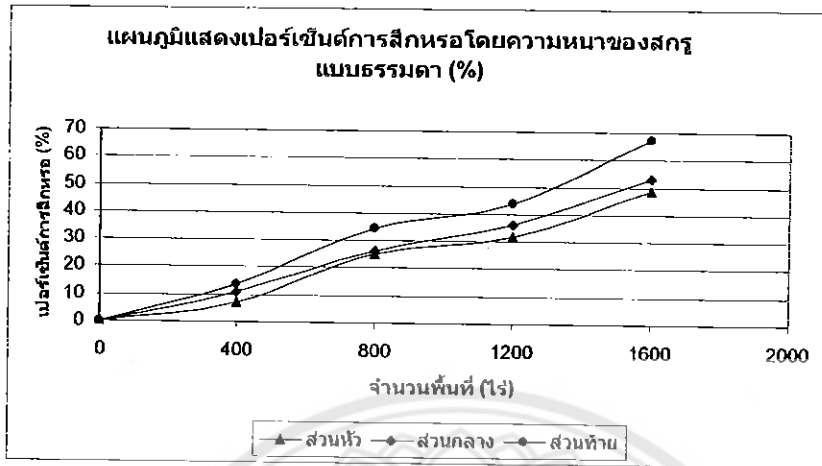
4.1.2 ลักษณะการสึกหรอโดยน้ำหนักร



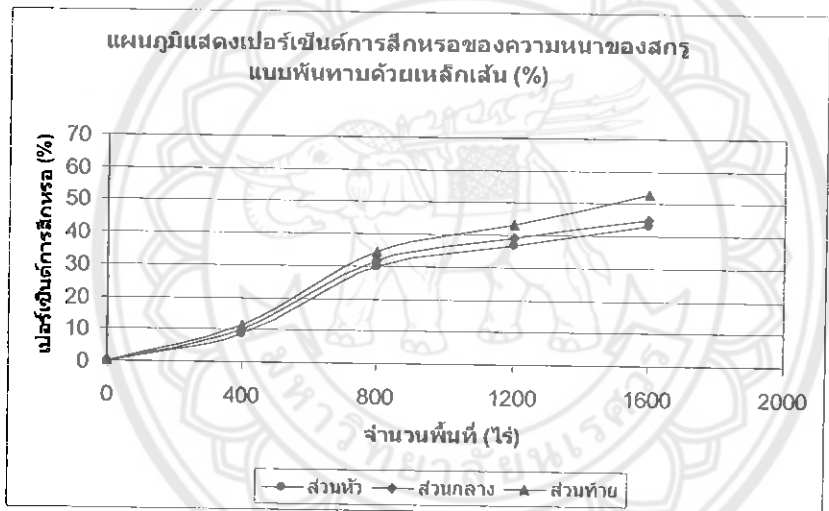
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนักของสกรู

จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าสกรูดำเลี้ยงแบบธรรมดา มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนักสูงที่สุดและมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนักในช่วง 800 ไร่ ถึง 1600 ไร่เพิ่มสูงมาก เพราะฉะนั้นสกรูแบบธรรมดาเริ่มมีการสึกหรอมากเมื่อทำงานไป 800 ไร่ และความต้านทานการสึกหรอน้อยลง และสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนักน้อยที่สุดและมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนักเพิ่มขึ้นไม่มาก เพราะฉะนั้นสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส จึงมีความต้านทานการสึกหรอมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบพบว่าเมื่อทำงานไป 1600 ไร่ เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของสกรูโดยน้ำหนักของแบบธรรมดาและสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสจะมีความแตกต่างกันมาก

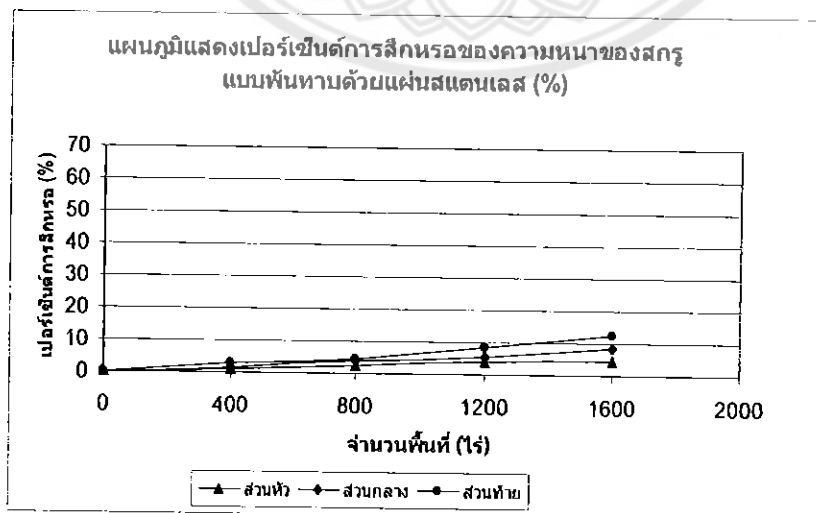
4.1.3 ลักษณะการสึกหรอโดยความหนา



(ก) แบบธรรมดา



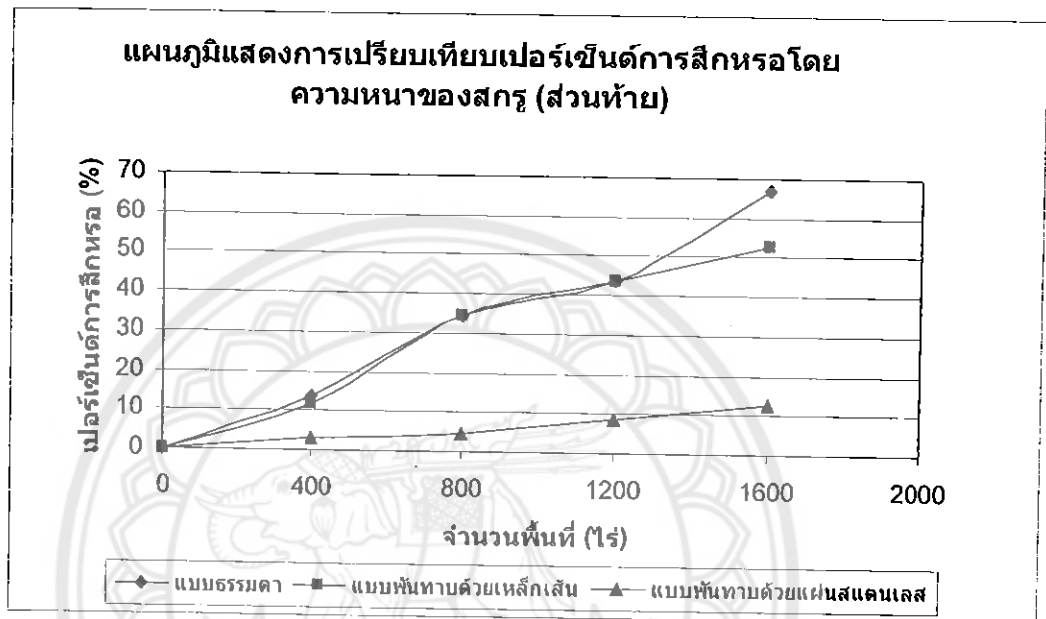
(ข) แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น



(ค) แบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความหนาของสกรูแบบธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าส่วนท้ายของสกรูทั้ง 3 แบบ มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาสูงที่สุด และพบว่าแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาของสกรูแบบธรรมดาและแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงในช่วงการทำงาน 400 ไร่ ถึง 800 และช่วง 1200 ไร่ ถึง 1600 ไร่ จึงนำเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาในส่วนท้ายของสกรูทั้ง 3 แบบ มาเปรียบเทียบกัน

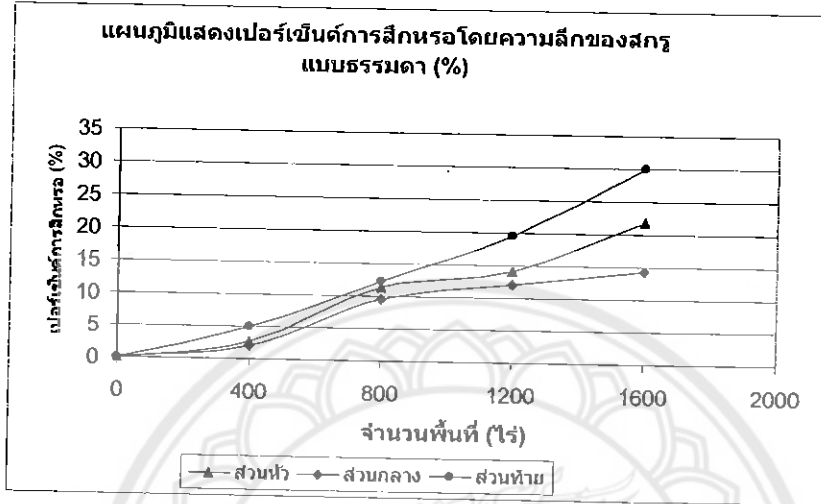


แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาของสกรู (ส่วนท้าย) แบบธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

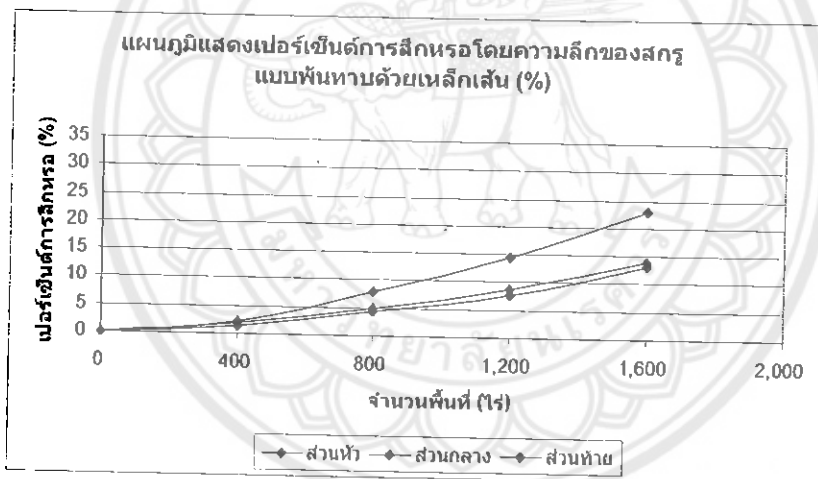
จากแผนภูมิที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาของสกรูแบบธรรมดาและแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้นในช่วงเริ่มต้นถึง 1200 ไร่ มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาใกล้เคียงกันแต่หลังจากทำงานไป 1200 ไร่พบว่าเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาของสกรูแบบธรรมดามีค่าสูงกว่าสกรูพันทาบด้วยเหล็กเส้น เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นการทำงานจนถึง 1200 ไร่บริเวณผิวสัมผัสของเหล็กเส้นที่สัมผัสกับเมล็ดข้าวจะมีลักษณะค่อนข้างกลม พื้นที่ในการสัมผัสกับเมล็ดข้าวจึงมีค่าน้อย ทำให้ความหนาของเหล็กเส้นลดลงอย่างรวดเร็ว เปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนามีค่ามากและมีค่าใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของแบบธรรมดา แต่หลังจากทำงานถึง 1200 ไร่ ขึ้นไป พบว่าผิวสัมผัสของเหล็กเส้นนั้นมีลักษณะค่อนข้างแบน พื้นที่ในการสัมผัสเมล็ดข้าวจึงมีค่ามากขึ้น ความหนาของเหล็กเส้นจึงลดลงอย่างช้าๆ ทำให้เปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนามีค่าน้อย และเมื่อเทียบกับสกรูแบบธรรมดาจึงทำให้สกรูแบบธรรมดามีค่าเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาที่สูงกว่า สรุปได้ว่า สกรูแบบธรรมดานั้นมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนาสูงที่สุด และมีความต้านทานการสึกหรอน้อยที่สุด สกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส พบว่าในช่วงเริ่มต้นจนถึง 1600 ไร่มีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความหนา

เพิ่มขึ้นน้อยมาก ดังนั้น สกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นจึงเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนักน้อยที่สุดและมีความต้านทานการสึกหรอสูงที่สุด

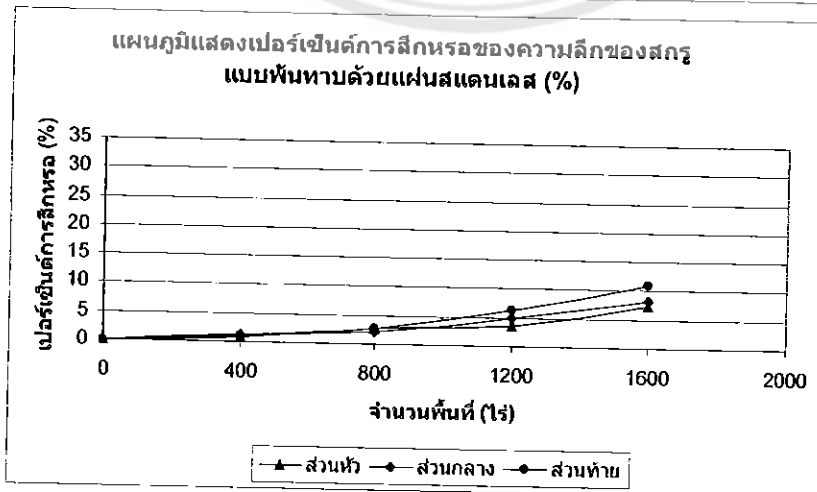
4.1.4 ลักษณะการสึกหรอโดยความลึก



(ก) แบบธรรมดา



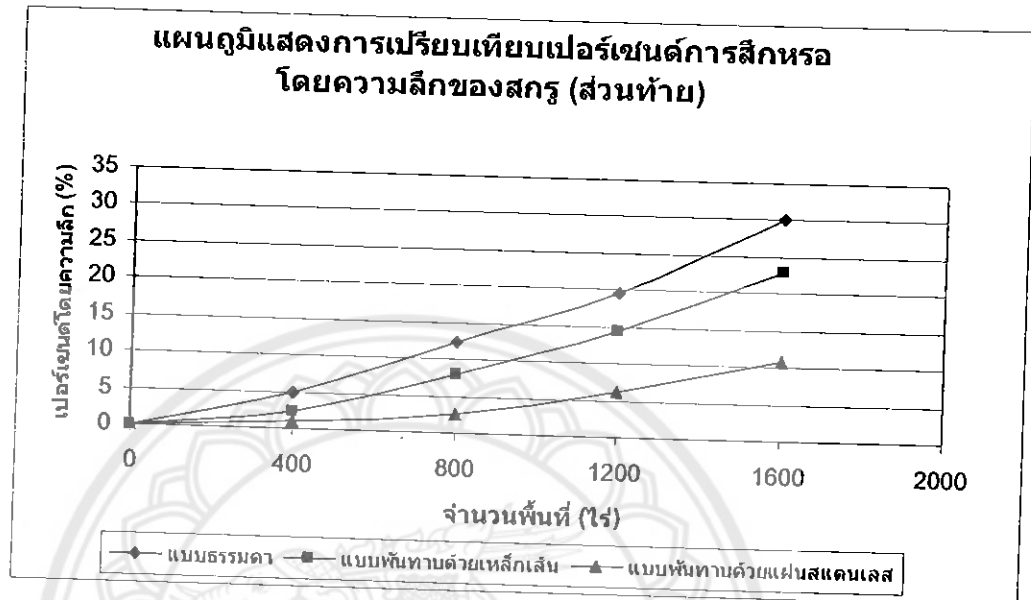
(ข) แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น



(ค) แบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความลึกของสกรูแบบธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

จากแผนภูมิที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าส่วนท้ายของสกรูทั้ง 3 แบบ มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอสูงที่สุด สำหรับสกรูแบบธรรมดาแนวโน้มในการสึกหรอของสกรูส่วน จึงนำเปอร์เซ็นต์การสึกหรอในส่วนท้ายของสกรูทั้ง 3 แบบ มาเปรียบเทียบกัน



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความลึกของสกรู (ส่วนท้าย) แบบธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

จากแผนภูมิที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าสกรูลำเลียงแบบธรรมดามีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกสูงที่สุด และมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความลึกเพิ่มขึ้น และพบว่า สกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กแผ่นเหล็กสแตนเลสมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความลึกน้อยที่สุด มีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสึกหรอเพิ่มสูงขึ้นหลังจากทำงานได้ 800 ไร่

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอโดยความลึกและการสึกหรอโดยความหนา

การสึกหรอโดยความลึกและการสึกหรอโดยความหนาจะเกิดควบคู่กันไป เนื่องจากเป็นวัสดุชิ้นเดียวกัน การสึกหรอโดยความลึกเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการลำเลียงหรืออัตราการลำเลียงวัสดุโดยตรง ส่วนการสึกหรอโดยความหนามีผลต่อความสามารถในการลำเลียงน้อยมากเมื่อเทียบกับการสึกหรอโดยความลึก

จากการคำนวณหาอัตราการลำเลียงวัสดุพบว่า การสึกหรอโดยความลึกเป็นตัวกำหนดอัตราการลำเลียงและเป็นตัวตัดสินใจในการเปลี่ยนสกรู

สกรูแบบธรรมดาเมื่อการทำงานถึง 1600 ไร่ มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ และมีความลึกเหลือเพียง 54.10 มิลลิเมตร จากเดิมก่อนการทดลองมีความลึก 77.00 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณความลึกลดลงไปถึง 22.9 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของสกรู

- เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D) 154 mm
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d) 33 mm
- ระยะพิตช์ (p) 166 mm
- เมล็ดข้าวเปลือกมีความหนาแน่น (ρ) 700-800 kg/m³

- เมล็ดข้าวเปลือกจัดเป็นวัสดุประเภทที่ 1 ที่มุมเอียง 20 องศา จากรูปที่ 3.7 พบว่ามีแฟกเตอร์ความเต็มราง $k = 0.28$

- เนื่องจากสกรูมีระยะพิตช์ ไม่มาตรฐาน ดังนั้น $CF_1 = 1.15$ โดยประมาณ จากตารางที่ 3.1

- จากรูปที่ 3.9 และ 3.10 จะได้ $CF_2 = CF_3 = 1.0$

$$\text{จากสมการที่ 3.6} \quad m_s = \frac{\rho_b \pi (D^2 - d^2) k p N}{4 CF_1 CF_2 CF_3}$$

4.2.1 อัตราการลำเลียงวัสดุก่อนเกิดการสึกหรอ

อัตราการลำเลียงวัสดุก่อนเกิดการสึกหรอ สามารถคำนวณได้จากสมการ 3.6 ดังนี้

วิธีทำ แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการจะได้

$$\begin{aligned} m_s &= \frac{\rho_b \pi (D^2 - d^2) k p N}{4 CF_1 CF_2 CF_3} \\ &= \frac{800 \times \pi \times (0.187^2 - 0.033^2) \times 0.28 \times 0.166 \times N}{4 \times 1.15 \times 1.0 \times 1.0} \end{aligned}$$

$$m_s = 0.860N \quad \text{ก.ก./นาที}$$

$$m_s = 0.860N \times 60 = 51.6 N \quad \text{ก.ก./ชั่วโมง}$$

4.2.2 อัตราการลำเลียงวัสดุที่ 1600 ไร่

การคำนวณอัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวลเมื่อทำงานที่ 1600 ไร่ จะได้เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D) = 141.5 มิลลิเมตร ซึ่งลดลงไปจากเดิมถึง 45.5 มิลลิเมตร หรือมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ โดยความลึก 30.1 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากสกรูมีระยะพิตช์ ไม่มาตรฐาน ดังนั้น $CF_1 = 0.8$ โดยประมาณ จากตารางที่ 3.1

$$\text{จากสมการที่ 3.6} \quad m_s = \frac{\rho_b \pi (D^2 - d^2) k p N}{4 CF_1 CF_2 CF_3}$$

แทนค่า

$$= \frac{800 \times \pi \times (0.1415^2 - 0.033^2) \times 0.28 \times 0.166 \times N}{4 \times 0.8 \times 1.0 \times 1.0}$$

$$m_s = 0.690N \quad \text{ก.ก./นาที}$$

$$m_s = 0.690N \times 60 = 41.4N \quad \text{ก.ก./ชั่วโมง}$$

จากการคำนวณอัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวลของทั้งสองสภาวะพบว่าอัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวลก่อนเกิดการสึกหรอได้ 51.6 เท่าของความเร็รรอบ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และที่ 1600 ไร่ อัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวลได้ 41.4 เท่าของความเร็รรอบ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าอัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวลลดลง 19.8 เปอร์เซ็นต์เมื่อใบสกรูลำเลียงสึกหรอ โดยความลึก 30.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวลลดลงเนื่องมาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงพื้นที่สัมผัสกับเมล็ดข้าวและคอกพาเมล็ดข้าวส่งต่อไปยังปลายทางลดลง ทำให้พาข้าวส่งไปได้น้อยลงจึงทำให้อัตราการลำเลียงวัสดุเชิงมวลลดลง

ดังนั้น จึงเลือกเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกของสกรูที่ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเปลี่ยนสกรูตัวใหม่

4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของสกรูทั้ง 3 แบบ ต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ มาใช้ประกอบการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการสร้างสกรูแต่ละแบบ

1) สกรูแบบธรรมดา

- ราคาสกรู	1500	บาท
รวม	1500	บาท

2) สกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น

- ราคาสกรู	1500	บาท
------------	------	-----

- ราคาเหล็กเส้นที่ใช้พันทาบสกรู	85	บาท
- ค่าจ้างพนักงานในการสร้างสกรู	50	บาท
รวม	1635	บาท
3) สกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส		
- ราคาสกรู	1500	บาท
- ราคาแผ่นสแตนเลสที่ใช้พันทาบสกรู	342	บาท
- ค่าจ้างพนักงานในการสร้างสกรู	100	บาท
รวม	1942	บาท

2. ความสามารถในการทำงานของสกรูแต่ละแบบ

ในการทำงานของสกรูแต่ละแบบ เมื่อมีการใช้งานไปนาน ๆ ความสามารถในการลำเลียงของสกรูจะลดน้อยลง จากการทดลองพบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกของสกรูเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ สภาพการลำเลียงของสกรูจะลดลงอย่างมาก ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของรถเกี่ยววนคว่ำไม่เต็มประสิทธิภาพ ฉะนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนสกรูตัวใหม่แทนตัวเดิม

จากการทดลองพบว่า สกรูแบบธรรมดาที่มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าจะต้องทำการเปลี่ยนสกรูตัวใหม่ โดยที่รถเกี่ยววนคว่ำทำงานได้ 1600 ไร่ โดยประมาณ

สกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกอยู่ที่ 23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อการทำงานของรถเกี่ยววนคว่ำอยู่ที่ 1600 ไร่ เพราะฉะนั้นการทำงาน ของรถเกี่ยววนคว่ำจะอยู่ที่ 1850 ไร่ โดยประมาณ เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกจึงจะอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะต้องทำการเปลี่ยนสกรูตัวใหม่แทนตัวเดิม

สกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส มีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกอยู่ที่ 10.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อการทำงานของรถเกี่ยววนคว่ำอยู่ที่ 1600 ไร่ เพราะฉะนั้นการทำงานของรถเกี่ยววนคว่ำจะอยู่ที่ 2700 ไร่ โดยประมาณ เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกจึงจะอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะต้องทำการเปลี่ยนสกรูตัวใหม่แทนตัวเดิม

3. การคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปีและค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่

โดยทั่วไปแล้ว ในระยะเวลา 1 ปี รถเกี่ยววนคว่ำสามารถทำงานได้ 8000 ไร่ โดยประมาณ ซึ่งในระยะเวลา 1 ปี มีการใช้งานสกรูลำเลียงแบบต่างหลายตัวด้วยกัน เนื่องจากสกรูแบบต่าง ๆ มีขีดความสามารถในการทำงานจำกัดและแตกต่างกัน ในการเปลี่ยนสกรูแต่ละครั้งจะใช้พนักงานในการถอดประกอบสกรู 2 คน ซึ่งต้องจ่ายค่าแรงตอบแทน คนละ 100 บาท

ในการเปลี่ยนสกรูแต่ละครั้งย่อมสูญเสียโอกาสในการทำงาน ทำให้เกิดการขาดรายได้ไปบางส่วน ในการเปลี่ยนสกรูแต่ละครั้งนั้นจะใช้เวลาในการทำสกรูขึ้นมาใหม่ประมาณ 30 นาที (เฉพาะสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้นและแผ่นสแตนเลส) และเวลาในการเปลี่ยนสกรูประมาณ 30 นาที โดยที่ใน 1 ชั่วโมง รถเกี่ยววนวข้าวสามารถทำงานได้ 4 ไร่โดยประมาณ (กรณีรถเกี่ยววนวข้าวไม่มีการขัดข้อง) โดยที่ค่าบริการในการเกี่ยววนวข้าวนั้นประมาณ 500 บาทต่อไร่ ฉะนั้น ค่าเสียโอกาสในการทำงานของการเปลี่ยนสกรูแต่ละครั้งจะอยู่ที่ 1000 บาท

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แสดงดังตาราง 4.1

ใน 1 ปี รถเกี่ยววนวข้าว สามารถทำงานได้ประมาณ 8000 ไร่ และสกรูแบบธรรมดา พันทาบด้วยเหล็กเส้น และพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส สามารถทำงานได้ 1600, 1850, 2700 ไร่ ตามลำดับ

ตาราง 4.1 ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ใน 1 ปี

ประเภทของสกรู	จำนวนการเปลี่ยนสกรู (ครั้ง)	ราคาของสกรู (บาท)	ราคาของสกรูที่ใช้ (บาท/ปี)	ค่าตอบแทนแรงงาน (บาท/ปี)	ค่าเสียโอกาสในการทำงาน (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ (บาท/ไร่)
ธรรมดา	5	1500	7500	1000	5000	13500	1.69
พันทาบด้วยเหล็กเส้น	4.3	1635	7030	860	4300	12190	1.52
พันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	3.0	1942	5826	600	3000	9426	1.18

จากตาราง 4.1 พบว่าค่าใช้จ่ายต่อปีของสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสใช้ได้นานจึงมีค่าเสียโอกาส, ค่าใช้จ่ายในการทำสกรู และค่าสกรุน้อย

ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ของสกรูดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า สกรูแบบธรรมดามีค่าสูงที่สุด เนื่องจากสกรูแบบธรรมดามีการสึกหรอสูงจึงทำงานได้จำนวนไร่น้อยทำให้ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่มีค่าสูง และค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ของสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสมีค่าต่ำสุดเนื่องจากสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสมีการสึกหรอต่ำจึงทำงานได้จำนวนไร่มากจึงมีค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ต่ำ

บทที่ 5

บทสรุป

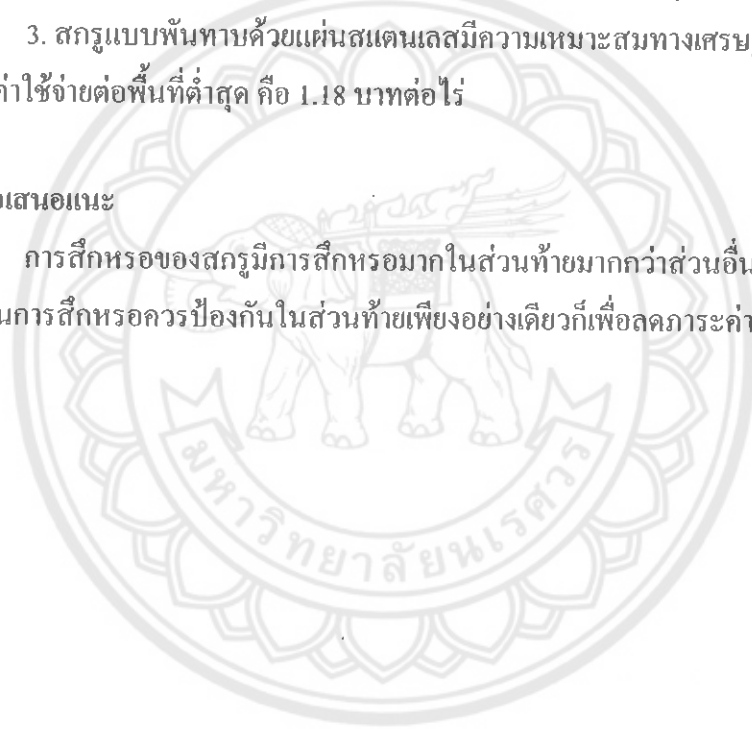
5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองใช้สกรูทั้ง 3 แบบกับพื้นที่ 1600 ไร่พบว่า

1. สกรูแบบธรรมดามีเปอร์เซ็นต์การสีกรอโดยความลึกสูงสุดคือ 30.1 เปอร์เซ็นต์และสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสมีเปอร์เซ็นต์การสีกรอโดยความลึกต่ำสุดคือ 10.8 เปอร์เซ็นต์
2. บริเวณส่วนท้ายของสกรูแต่ละแบบมีการสีกรอมากที่สุด
3. สกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลสมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ต่ำสุด คือ 1.18 บาทต่อไร่

5.2 ข้อเสนอแนะ

การสีกรอของสกรูมีการสีกรอมากในส่วนท้ายมากกว่าส่วนอื่น ๆ ของสกรูดังนั้นการป้องกันการสีกรอควรป้องกันในส่วนท้ายเพียงอย่างเดียวก็เพื่อลดภาระค่าใช้จ่าย



บรรณานุกรม

1. สุรเวทย์ กฤษณะเศรษฐี . การพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย. กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ. 2536
2. วิชา หมั่นทำการและคณะ. การวิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าว. วิศวกรรมสาร มก. เล่มที่ 23 ประจำปี 2537
3. ปันต์ดา นีรนาทล้ำพงศ์และคณะ. การสีกรอในงานอุตสาหกรรม: ความรู้เบื้องต้นและการป้องกัน. กรุงเทพฯ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2547
4. พรชัย จงจิตรไพศาล. สกรูขนถ่ายวัสดุ. กรุงเทพฯ ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.







ภาคผนวก ก
ตารางเปรียบเทียบผลการทดลอง

ก.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบการสึกหรอของสกรูก่อนการทดลอง
ตาราง ก.1 แสดงข้อมูลโดยน้ำหนักก่อนการทดลอง

ประเภทสกรู	น้ำหนัก (kg)
แบบธรรมดา	14.6
แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น	15.7
แบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	16.0

ตาราง ก.2 แสดงข้อมูลโดยความหนาก่อนการทดลอง

ประเภทสกรู	ความหนา (mm)		
	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย
แบบธรรมดา	3.60	3.60	3.65
แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น	10.90	10.80	10.85
แบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	6.35	6.40	6.40

ตาราง ก.3 แสดงข้อมูล โดยความลึกก่อนการทดลอง

ประเภทสกรู	ความลึก (mm)		
	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย
แบบธรรมดา	77.35	77.4	77.35
แบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น	78.80	78.90	78.85
แบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส	78.80	78.85	78.55

ก.2 ตารางและแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการสึกหรอของสกรูแบบธรรมดา

ตาราง ก.4 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนักของสกรูลำเลียงแบบธรรมดา

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	น้ำหนัก (kg)	เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของน้ำหนัก (%)
0	14.6	0.0
400	14.3	2.1
800	13.9	4.8
1200	13.3	8.9
1600	12.4	15.1

ตาราง ก.5 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความหนาของสกรูลำเลียงแบบธรรมดา

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	ความหนา (mm)			เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของความหนา (%)		
	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย
0	3.60	3.60	3.65	0.0	0.0	0.0
400	3.35	3.20	3.15	6.9	11.1	13.7
800	2.70	2.65	2.40	25.0	26.4	34.2
1200	2.45	2.30	2.05	31.9	36.1	43.8
1600	1.85	1.70	1.20	48.6	52.8	67.1

ตาราง ก.6 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกของสกรูลำเลียงแบบธรรมดา

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	ความลึก (mm)			เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของความลึก (%)		
	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย
0	77.35	77.40	77.35	0.0	0.0	0.0
400	75.25	75.75	73.50	2.7	2.1	5.0
800	68.55	70.05	67.85	11.4	9.5	12.3
1200	66.40	68.15	62.30	14.1	12.0	19.5
1600	60.55	66.25	54.10	21.7	14.4	30.1

ก.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบการสึกหรอของสกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น

ตาราง ก.7 ข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยน้ำหนักของสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	น้ำหนัก (kg)	เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของน้ำหนัก (%)
0	15.7	0.0
400	15.4	2.2
800	15.1	4.1
1200	14.8	5.7
1600	14.3	8.9

ตาราง ก.8 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความหนาของสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	ความหนา (mm)			เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของความหนา (%)		
	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย
0	10.90	10.80	10.80	0.0	0.0	0.0
400	9.95	9.70	9.55	8.7	10.12	11.6
800	7.65	7.35	7.05	29.8	31.9	34.7
1200	6.90	6.55	6.10	36.7	39.4	43.5
1600	6.20	5.95	5.10	43.1	44.9	52.8

ตาราง ก.9 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยความลึกของสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	ความลึก (mm)			เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของความลึก (%)		
	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย
0	78.80	78.90	78.90	0.0	0.0	0.0
400	77.65	77.3	77.15	1.5	2.0	2.2
800	75.25	75.00	72.65	4.5	4.9	7.9
1200	72.85	71.90	67.45	7.6	8.9	14.5
1600	68.35	68.00	60.75	13.3	13.8	23.0

ก.4 ตารางและแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการสึกหรอของสกรูแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส ตาราง ก.10 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์สึกหรอโดยน้ำหนักของสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	น้ำหนัก (kg)	เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของน้ำหนัก (%)
0	16	0.0
400	15.9	0.6
800	15.8	1.6
1200	15.6	2.5
1600	15.4	3.7

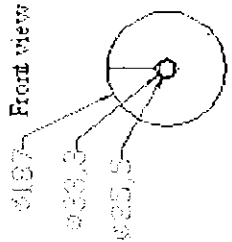
ตาราง ก.11 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์สึกหรอโดยความหนาของสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	ความหนา (mm)			เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของความหนา (%)		
	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย
0	6.35	6.40	6.40	0	0	0
400	6.30	6.30	6.20	0.8	1.6	3.1
800	6.20	6.15	6.10	2.4	3.9	4.7
1200	6.10	6.05	5.85	3.9	5.5	8.6
1600	6.05	5.85	5.60	4.7	8.6	12.5

ตาราง ก.12 แสดงข้อมูลและเปอร์เซ็นต์สึกหรอโดยความลึกของสกรูลำเลียงแบบพันทาบด้วยแผ่นสแตนเลส

จำนวนพื้นที่ (ไร่)	ความลึก (mm)			เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของความลึก (%)		
	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย	ส่วนหัว	ส่วนกลาง	ส่วนท้าย
0	78.80	78.85	78.55	0.0	0.0	0.0
400	78.05	77.80	77.65	1.0	1.3	1.1
800	76.65	77.10	76.45	2.7	2.2	2.7
1200	75.95	75.00	73.60	3.6	4.9	6.3
1600	72.90	72.35	70.05	7.5	8.2	10.8

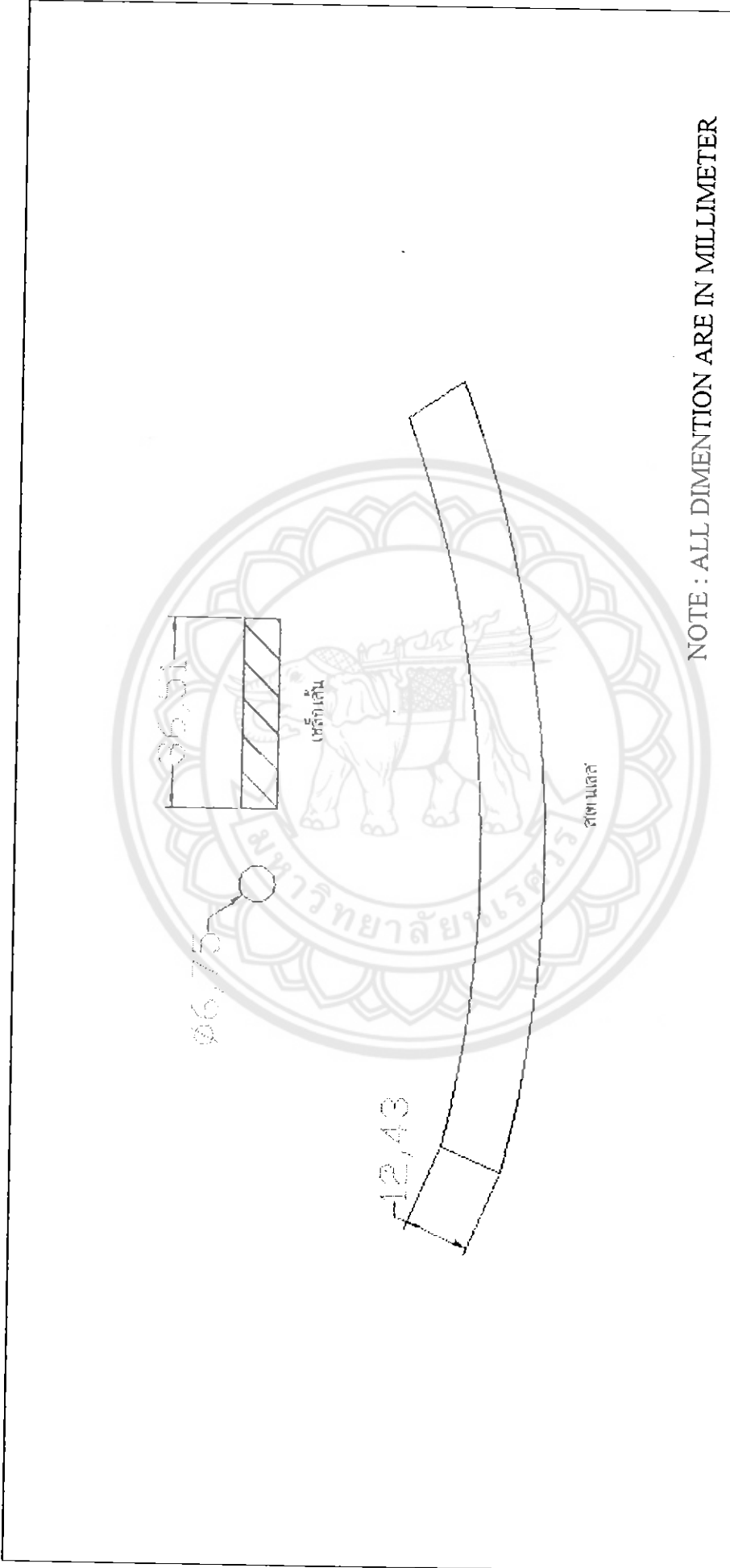




รายละเอียด 1 แก๊ส

NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ศกฐิตำเตียง	PROJECT	PLATE : 1	SCALE : ตามขนาด
		DATE : 15/10/49	DNBY : SOMID PUENGCHAI SATID SENANUCH	



NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	เหล็กเส้นและแผ่นสแตนเลส		PROJECT	PLATE : 2	SCALE : ตามขนาด
			DATE : 15/10/49	DNBY : SOMID PUENGCHAI SATID SENANUCH	



NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

**FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY**

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

PROJECT

DATE : 15/10/49

PLATE : 3

**DNBY : SOMID PUENGCHAI
SATID SENANUCH**



NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	สกรูแบบพันทาบด้วยเหล็กเส้น	PROJECT	PLATE : 4
		DATE : 15/10/49	DNBY : SOMID PUENGCHAI SATID SENANUCH



NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ศกรุแบบพันทนายด้วย แผ่นสแตนเลส	PROJECT	PLATE : 5
		DATE : 15/10/49	DNBY : SOMID PUENGCHAI SATID SENANUCH

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ นายสมคิด พึ่งไชย
 วัน เดือน ปีเกิด 14 สิงหาคม 2527
 ภูมิลำเนา 13/2 หมู่ 5 ต. บ้านน้อย อ. โพนทะเล จ. พิจิตร
 ที่อยู่ 13/2 หมู่ 5 ต. บ้านน้อย อ. โพนทะเล จ. พิจิตร
 ประวัติการศึกษา
 - ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านหนองไผ่-มาบชุมแสง ต.บ้านน้อย อ. โพนทะเล จ. พิจิตร
 - ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนโพธิธรรมสุวรรณ อ. โพนทะเล จ. พิจิตร
 - ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบางมูลนากภูมิวิทยาคม อ.บางมูลนาก จ. พิจิตร

ชื่อ นายสาริต เสนานุช
 วัน เดือน ปีเกิด 26 พฤศจิกายน 2527
 ภูมิลำเนา 471 หมู่ 1 ต. บ้านแยง อ. นครไทย จ. พิจิตร
 ที่อยู่ 471 หมู่ 1 ต. บ้านแยง อ. นครไทย จ. พิจิตร
 ประวัติการศึกษา
 - ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านแยง ต. บ้านแยง อ. นครไทย จ. พิจิตร
 - ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนครบางยางพิทยาคม ต. บ้านแยง อ. นครไทย จ. พิจิตร
 - ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนครบางยางพิทยาคม ต. บ้านแยง อ. นครไทย จ. พิจิตร