การสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

Wear of the Bio-Organic Fertilizer Hammer Mill Blades

นายศิวะ มาประเสริฐ

นายคมกริช ตั้นคำ

นายเอนก กล้าหาญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 19 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 1600795B
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ศรส
2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : การสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ
(Wear of bio-organic fertilizer hammer mill blades)

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายศิวะ มาประเสริฐ รหัสนิสิต 51380880
นายคมกริช ตั้นคำ รหัสนิสิต 51383447
นายเอนก กล้าหาญ รหัสนิสิต 51383737

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน: ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม**หลักสูตร** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ
(ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

.....กรรมการ
(รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ
(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

.....กรรมการ
(ดร.ภาณุ พุทธวงศ์)

หัวข้อโครงงาน : การสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ
ผู้ดำเนินโครงงาน : นายศิวะ มาประเสริฐ รหัสนิสิต 51380880
นายคมกริช ตั้นคำ รหัสนิสิต 51383447
นายเอนก กล้าหาญ รหัสนิสิต 51383737
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน: ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2554

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้เพื่อศึกษาการสึกหรอของใบมีดและออกแบบใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพของกลุ่มชาวบ้านแม่ยื้อ หมู่ 9 ตำบลหนองไม้กอง อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร โดยทำการทดลองใช้ใบมีดในการบดปุ๋ย 4 แบบ คือ 1) กลุ่มควบคุมคือ แบบเดิมซึ่งใบมีดทำจากเหล็กเหนียว, ความแข็ง 17 HRC, 2) แบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม, ความแข็ง 20 HRC, 3) แบบชุบแข็งด้วยความร้อนทั้งชิ้น, ความแข็ง 27 HRC และ 4) ใบมีดทำจากเหล็กแหนบ (เหล็กสปริง), ความแข็ง 39 HRC ใบมีดทั้ง 4 แบบได้รับการติดตั้งในเครื่องบดพร้อมร่อนโดยกำหนดการติดตั้งแบบสุ่มแบบละ 4 ใบ และทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดใบมีดทั้งหมดทั้งก่อนทำการบดและหลังทำการบดทุกๆ 0.5 ตัน จนครบ 5.0 ตัน จากการทดลองพบว่าใบมีดแบบเดิมมีการสึกหรอสูงสุด 3.16 เปอร์เซ็นต์ หลังจากทำการบดปุ๋ย 5.0 ตัน ส่วนใบมีดอีก 3 แบบ คือ ใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม, ใบมีดชุบแข็งด้วยความร้อนและใบมีดเหล็กแหนบมีการสึกหรอ 1.32, 1.03 และ 1.18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อทำนายอายุการใช้งานโดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นพบว่าใบมีดทั้งสามแบบมีอายุการใช้งานเป็น 3.93, 4.98 และ 4.30 เท่าของใบมีดแบบเดิมและมีต้นทุนค่าใบมีดเท่ากับ 14.60, 13.50 และ 15.50 บาทต่อตัน เทียบกับใบมีดแบบเดิมซึ่งมีต้นทุน 47.30 บาทต่อตัน การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าวิธีการพัฒนาใบมีดทั้ง 3 วิธี สามารถเพิ่มความแข็งของหน้ามีด, ลดอัตราการสึกหรอ, ยืดอายุการใช้งานและลดต้นทุนของใบมีดเครื่องบดพร้อมร่อนได้

Project Title : Wear of bio-organic fertilizer hammer mill blades
Name : Mr. Siwa Maprasert ID. 51380880
Mr. Komkrich Tunkam ID. 51383447
Mr. Anek Klahan ID. 51383737
Project Advisor : Dr. Rattana Karoonboonyanan
: Assoc.Prof. Dr. Mathanee Sanguansermsri
Department : Mechanical Engineering
Academic Year : 2011

Abstract

The objective of this project is to study the wear of the blades of a bio-organic fertilizer hammer mill at Mae Yue Village, Moo 9, Tambon Nong Mai Kong, Amphoe Sai Ngam, Kamphaeng Phet Province of Thailand, testing by four types of blades, 1) the original blade type made of mild steel, hardness of 17 HRC, used as the control group, 2) the build-up welded type, 20 HRC, 3) the whole-piece heat-treated type, 27 HRC and 4) the spring steel type, 39 HRC. Four replicates of each type were installed into the hammer mill and were weighed and size measured before and after grinding each 0.5 ton of bio-organic fertilizer until 5.0 tons of the fertilizer was completed. It was found that the original type blades lost 3.16% of their weights after grinding 5.0 tons while the other three modifications, which are, build-up welded, heat-treated and spring steel type lost only 1.32%, 1.03% and 1.18% of the weights, respectively. Using linear regression technique, the estimated lives of the three modifications were 3.93, 4.98 and 4.30 times of the original type while the costs of blades per ton were 14.60, 13.50 and 15.50 Baht per ton, compared with 47.30 Baht per ton of the original type. In conclusion, the three modification techniques could enhance the hardness of cutting edge, reduce wearing rate, increase service life and reduce the cost of hammer mill blades.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณคณะบุคคลที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการช่วยเหลือและอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงงานจนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี มีดังนี้

- ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ และ รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยให้คำปรึกษาดูแลและช่วยเหลือมาตลอด

- กลุ่มชาวบ้านแม่ยื้อ หมู่ที่ 9 ตำบลหนองไม้กอง อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เพื่อใช้ในการทำโครงงานนี้

ณ โอกาสนี้จึงขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์จงช่วยเหลือคุ้มครองปกปักรักษาบุคคลเหล่านี้ด้วยเทอญ

ขอขอบพระคุณ
คณะผู้ดำเนินโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการทำงาน	3
1.6 ระยะเวลาปฏิบัติงาน	3
1.7 งบประมาณ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ	5
2.2 เครื่องจักรต่างๆในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ	7
2.3 การสีกหรอ	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 เหล็กแหนบ	15
2.5 การเชื่อม	16
2.6 การชุบเคลือบผิวและการชุบแข็ง	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน	19
3.1 เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ	19
3.2 สร้างและเสริมความแข็งของใบมีด	21
3.3 ทดสอบเพื่อหาปริมาณการสึกหรอของใบมีดแต่ละแบบ	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	30
4.1 ค่าความแข็งของใบมีด	30
4.2 ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ	31
4.3 ลักษณะการสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีชีวภาพ	32
4.4 ลักษณะการสึกหรอโดยมวล	34
4.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	35
บทที่ 5 บทสรุป	36
5.1 สรุปผลการทดลอง	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก. ตารางผลการทดลอง	39
ภาคผนวก ข. Drawing	46
ประวัติผู้จัดทำโครงงาน	51

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาการปฏิบัติงาน 3

ตารางที่ 2.1 แสดงความหมายของตัวเลขสุดท้ายในระบบการแบ่งประเภทของลวดเชื่อม AWS 17

ตารางที่ 4.1 ค่าความแข็งของใบมีดแต่ละแบบ 30

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยหมักอินทรีย์ชีวภาพทุกๆ 0.5 ตัน 31

ตารางที่ 4.3 ความยาวของใบมีดที่ตำแหน่งต่างๆเมื่อผ่านการบดปุ๋ยปริมาณ 5 ตัน 33

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของใบมีดแต่ละรูปแบบที่
ที่เปอร์เซ็นต์การสึกหรอ 10 เปอร์เซ็นต์ 35

ตารางที่ ก.1 ความแข็งของใบมีด 40

ตารางที่ ก.2 ความชื้นของปุ๋ยหมักอินทรีย์ชีวภาพ 41

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักใบมีดและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอเชิงน้ำหนักของใบมีดเมื่อทำการบดปุ๋ยทุกๆ 0.5 ตัน 42

ตารางที่ ก.4 ขนาดของใบมีดเมื่อผ่านการบดปุ๋ยปริมาณ 5 ตัน 45

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ	1
รูปที่ 1.2 ใบมีดจากเครื่องเดิมที่สึกหรอ	1
รูปที่ 1.3 การออกแบบใบมีด	2
รูปที่ 2.1 แผนผังการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดเม็ด	6
รูปที่ 2.2 เครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer Mill)	7
รูปที่ 2.3 เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ	7
รูปที่ 2.4 ชุดใบมีด	8
รูปที่ 2.5 ตะแกรงร่อน	9
รูปที่ 2.6 มอเตอร์	9
รูปที่ 2.7 พูลเล่ย์และเพลา	10
รูปที่ 2.8 สายพาน	10
รูปที่ 2.9 เครื่องผสมพร้อมถังผสมอัตโนมัติ	11
รูปที่ 2.10 เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ	11
รูปที่ 2.11 เครื่องคัดเกรด	12
รูปที่ 2.12 การสึกหรอแบบยึดติด	13
รูปที่ 2.13 การสึกหรอแบบขูดขีด	13
รูปที่ 2.14 การสึกหรอแบบการล้าตัว	14
รูปที่ 2.15 การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมีคอล	14

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 2.16 ลักษณะของแหนบ 15

รูปที่ 3.1 ชุดใบมีด 19

รูปที่ 3.2 การสร้างใบมีดแบบชุดเดิม 20

รูปที่ 3.3 การสร้างใบมีดแบบเดิม 21

รูปที่ 3.4 การสร้างใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม 22

รูปที่ 3.5 การสร้างใบมีดแบบชุบแข็ง 23

รูปที่ 3.6 การสร้างใบมีดแบบเหล็กแหนบ 24

รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบความแข็งและตำแหน่งที่ทดสอบความแข็ง 25

รูปที่ 3.8 การเรียงตำแหน่งของใบมีดในแต่ละเพลา 26

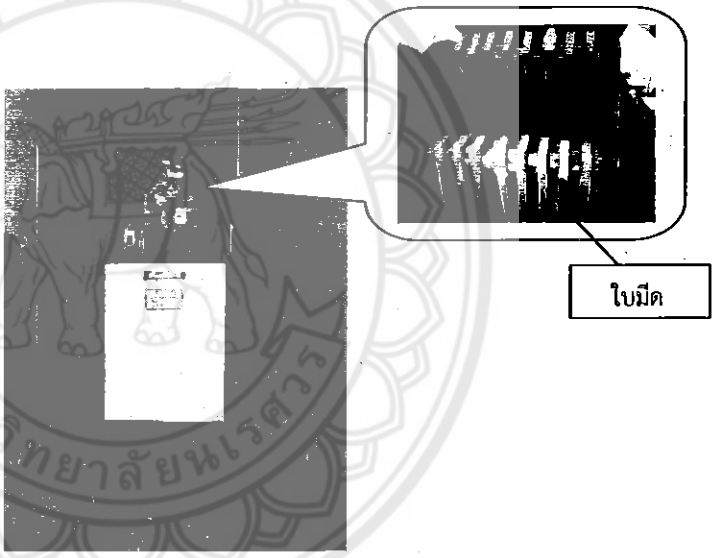
รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการวัดขนาดความยาวของใบมีด 28

รูปที่ 4.1 การสึกหรอของใบมีดแต่ละแบบเมื่อผ่านการบดปุ๋ยปริมาณ 5 ตัน 32

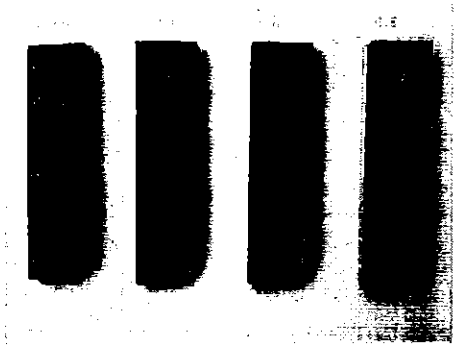
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากปัจจุบันปุ๋ยเคมีในท้องตลาดมีราคาสูง ทางกลุ่มชาวบ้านแม่ยื้อ หมู่ 9 ตำบลหนองไม้กอง อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร ต้องการลดต้นทุนในการทำนาจึงรวมกลุ่มเพื่อทำปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจะมีราคาที่ต่ำกว่าปุ๋ยเคมี ในการทำปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดเม็ดจะประกอบด้วยเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (รูปที่ 1.1) เครื่องผสม เครื่องปั้นเม็ด และเครื่องคัดขนาด ทางกลุ่มชาวบ้านพบปัญหาการสึกหรอของชุดใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (รูปที่ 1.2) มีผลทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลาในการเปลี่ยนใบมีดใหม่



รูปที่ 1.1 เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ



รูปที่ 1.2 ใบมีดจากเครื่องเดิมที่สึกหรอ

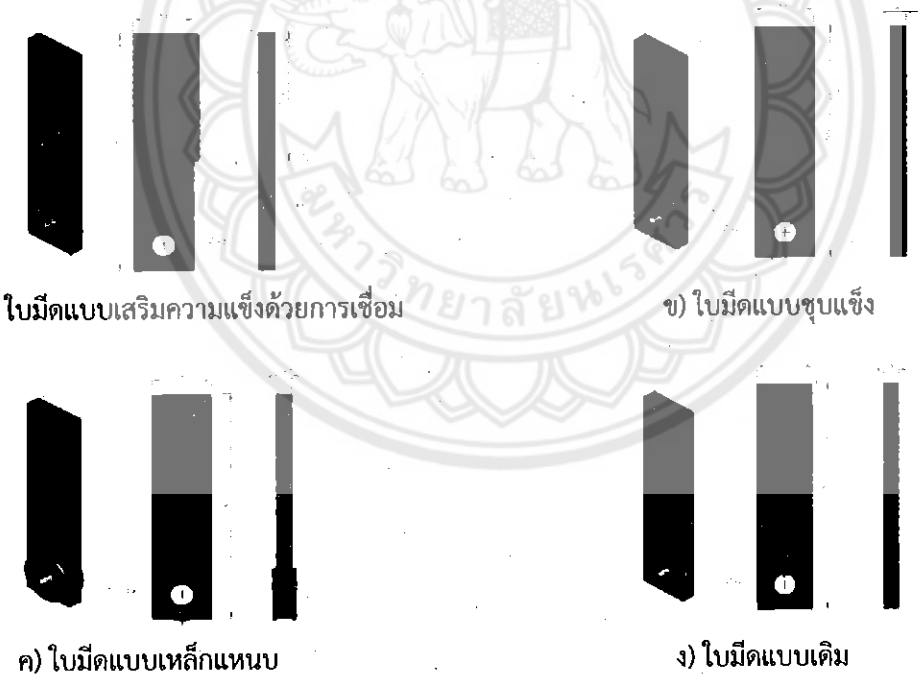
จากปัญหาดังกล่าวทางกลุ่มผู้ดำเนินงานจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการสึกหรอและออกแบบใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อให้ได้ใบมีดที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยพิจารณาจากการสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาข้อมูลการสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ
2) เพื่อออกแบบใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ศึกษารูปแบบและเปอร์เซ็นต์ของการสึกหรอของใบมีดเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพโดยทำการออกแบบและสร้างชุดใบมีดใหม่ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม 2) แบบชุบแข็ง และ 3) แบบเหล็กแหนบ (เหล็กสปริง) โดยทำการทดลองหาค่าความแข็งในห้องปฏิบัติการ และเก็บข้อมูลการสึกหรอเชิงน้ำหนักเมื่อนำใบมีดไปทดสอบกับเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการสึกหรอของใบมีดและพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อเทียบกับใบมีดเดิม



ก) ใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม ข) ใบมีดแบบชุบแข็ง

ค) ใบมีดแบบเหล็กแหนบ ง) ใบมีดแบบเดิม

รูปที่ 1.3 การออกแบบใบมีด

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ข้อมูลการสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ
2) ได้ใบมีดต้นแบบที่มีความเหมาะสมในการใช้งาน

1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1) ศึกษาสูตรปุ๋ยและหลักการทำงานของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพและศึกษารูปแบบการสึกหรอ
2) ออกแบบและสร้างใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ 4 แบบได้แก่ 1) แบบเดิมโดยสร้างแบบละ 4 ใบ 2) แบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม 3) แบบเหล็กแหนบ (เหล็กสปริง) 4) แบบชุบแข็ง
3) ทดลองและเก็บข้อมูลต่างๆดังนี้
    1) หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่จะใช้ก่อนทำการบดกับเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ
    2) ก่อนทำการทดลอง วัดค่าความแข็งของใบมีด ชั่งน้ำหนักของใบมีดและทำการบันทึกภาพถ่าย หลังจากที่ทำการบดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทุกๆ 0.5 ตัน ถอดใบมีดออกจากเครื่องบดพร้อมร่อนและทำการชั่งน้ำหนักและภาพถ่าย
4) วิเคราะห์การทดลองและสรุปผลโดยเลือกรูปแบบของใบมีดที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีดและค่าใช้จ่ายในการทำใบมีด
5) จัดทำรายงานและนำเสนอผลงาน

1.6 ระยะเวลาปฏิบัติงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาการปฏิบัติงาน

รายละเอียดการปฏิบัติงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน								
	มิ.ย. 54	ก.ค. 54	ส.ค. 54	ก.ย. 54	ต.ค. 54	พ.ย. 54	ธ.ค. 54	ม.ค. 55	ก.พ. 55
1) ศึกษาสูตรปุ๋ย หลักการทำงานของเครื่องบดพร้อมร่อนและรูปแบบการสึกหรอ	■	■	■						
2) ออกแบบและสร้างใบมีด				■	■				
3) ทดลองและเก็บข้อมูล						■	■	■	
4) วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล									■
5) จัดทำรายงาน									■

1.7 งบประมาณ

1) วัสดุและอุปกรณ์	1200	บาท
2) ค่าเดินทาง	2500	บาท
3) ค่าพิมพ์เอกสาร	500	บาท
รวม	4200	บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ [1]

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึงปุ๋ยที่ได้จากซากพืชซากสัตว์หรือมูลสัตว์ที่สามารถย่อยสลายต่อไปอีกได้ ข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์คือหาได้จากธรรมชาติ ไม่ทำให้ดินเสีย คำว่า ชีวภาพ คือ เป็นสิ่งมีชีวิต ในที่นี้จะหมายถึงสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กก็คือจุลินทรีย์ชีวภาพ ซึ่งให้ประโยชน์อย่างมากในการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุทุกชนิด ซึ่ง ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (Bio-Organic Fertilizer) มีรากศัพท์มาจาก ปุ๋ยอินทรีย์ + ชีวภาพ หมายถึง สารธรรมชาติที่ได้จากกระบวนการหมักบ่มวัตถุดิบจากธรรมชาติต่าง ๆ ทั้งพืชและสัตว์จนสลายตัวสมบูรณ์เป็น ฮิวมัส วิตามิน ฮอร์โมน และสารธรรมชาติต่าง ๆ (ดินป่า) ซึ่งเป็นทั้งอาหารของดิน (สิ่งมีชีวิตในดิน) ตัวเร่งการทำงาน (catalyst) ของสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน และอาศัยอยู่ปลายรากของพืช (แบคทีเรีย แอคติโนมัยซิส และเชื้อรา ฯลฯ) ที่สามารถสร้างธาตุอาหารกว่า 93 ชนิดให้แก่พืช ภายใต้หลักการกสิกรรมธรรมชาติที่ว่า "เลี้ยงดิน เพื่อให้ ดินเลี้ยงพืช" (Feed the soil and let the soil feed the plant) เพื่อให้เกิดธรรมชาติสมดุลขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้พืชผักต้นไม้ทุกชนิดเจริญเติบโตได้ดี

ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีดังต่อไปนี้

1) เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซิส
2) ให้ธาตุอาหาร และกระตุ้นให้จุลินทรีย์สร้างอาหารกว่า 93 ชนิดแก่พืช
3) ช่วยปรับปรุงสมบัติ และโครงสร้างดินให้ดีขึ้น
4) ช่วยดูดซับ หรือดูดยึดธาตุอาหารไว้ให้แก่พืช
5) ช่วยปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช
6) ช่วยกำจัด และต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคต่าง ๆ
7) ทำให้พืชสามารถสร้างพิษได้เอง สามารถต้านทานโรค และแมลงได้ดี

2.1.1 สูตรปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

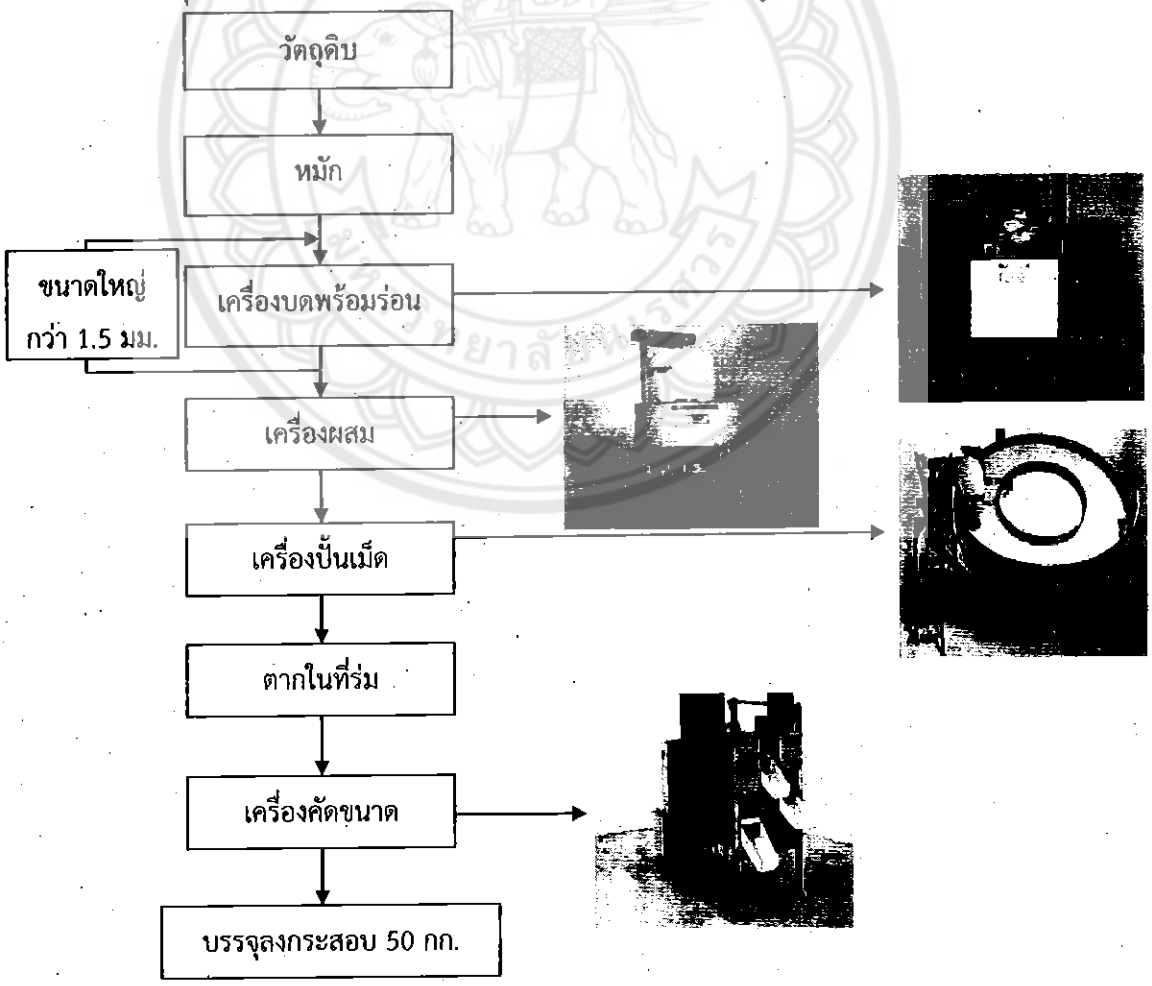
สูตรปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดต่างๆได้จากประสบการณ์ของเกษตรกร และนักวิชาการเครือข่ายต่าง ๆ ที่พัฒนามาจนได้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่มีคุณภาพ ให้คุณค่าทางธาตุอาหารโดยตรงแก่พืช และกระตุ้นให้จุลินทรีย์ในดินสร้างอาหารกว่า 93 ชนิดที่พืชต้องการ ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีธาตุอาหารเพียง 3 ชนิด คือ ไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P) และโพแทสเซียม(K) ได้คุณภาพของผลผลิตที่สูงกว่า ได้รสชาติที่ดีกว่า และต้นทุนที่ต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ปัจจุบันพบว่ามีสูตรการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมากกว่า 100 สูตร ซึ่งมีการพัฒนาการผลิตมาช้านานแต่ใช้ในวงจำกัดไม่แพร่หลายเหมือนกับปุ๋ยเคมี

2.1.1.3 ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดเม็ด

จุดประสงค์ของการปั้นเม็ดก็เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา สะดวกต่อการเก็บและการใช้งาน โดยการทำปุ๋ยเม็ดนั้นจะต้องมีอุปกรณ์ และเครื่องจักรกลเข้ามาเพิ่มเติม จึงไม่สามารถที่จะทำในระดับครัวเรือนได้ เพราะลงทุนสูง ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดเม็ดมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

1) มูลสัตว์ (มูลวัว) 420 กิโลกรัม
2) ดิน 320 กิโลกรัม
3) แกลบหรือแกลบดำ 220 กิโลกรัม
4) รำละเอียด 60 กิโลกรัม
5) น้ำหมักผลไม้ 3.5 ลิตร
6) น้ำหมักปลา 1.5 ลิตร
7) น้ำตาลโมลาส 1.5 ลิตร
8) น้ำสะอาด 50 ลิตร

กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดเม็ดและเครื่องจักรกลที่ใช้แสดงดังรูปที่ 2.1

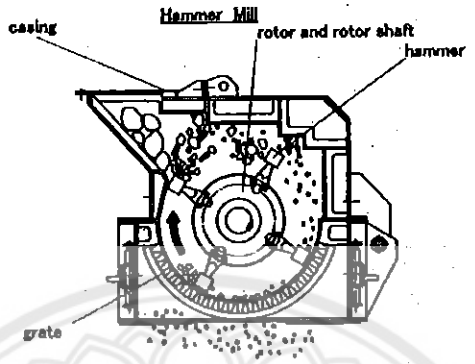


รูปที่ 2.1 แผนผังการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดเม็ด

2.2 เครื่องจักรต่างๆในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ [2]

2.2.1 เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่ทางกลุ่มชาวบ้านแม่ยื้อ หมู่ 9 ตำบลหนองไม้กอง อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer Mill)

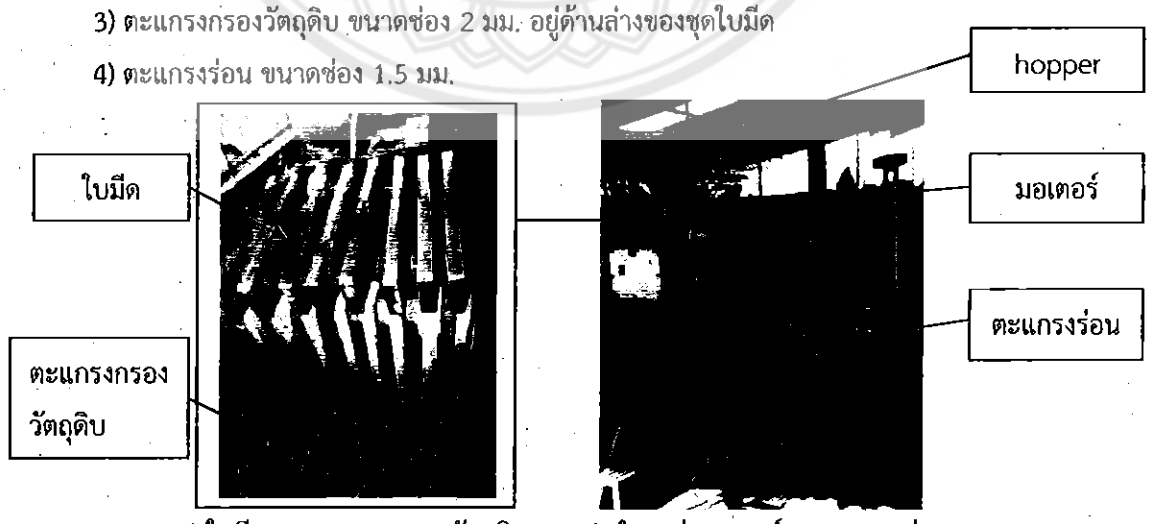


รูปที่ 2.2 เครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer Mill) [3]

หลักการทำงานโดยทั่วไปของแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer Mill) โครงสร้างหลักของเครื่องประกอบด้วยห้องบดและแกนหมุน จะมีใบมีดเชื่อมประกอบติดอยู่บนแกนหมุนรอบตัว เวลาทำงานวัตถุดิบจะถูกจ่ายลงมายังห้องบด แกนหมุนจะเหวี่ยงใบมีดให้กางออกกระแทกกับวัตถุดิบที่อยู่ในห้องบดจนแตกละเอียดให้ได้ขนาดตามความต้องการแล้วไหลผ่านรูตะแกรงทางออกด้านล่างของเครื่อง

ส่วนประกอบหลักของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดเม็ด

1) มอเตอร์ ขนาด 3 แรงม้า (กำลังการผลิต 800-1,000 กก.ต่อวัน)
2) ใบมีด 24 ใบ
3) ตะแกรงกรองวัตถุดิบ ขนาดช่อง 2 มม. อยู่ด้านล่างของชุดใบมีด
4) ตะแกรงร่อน ขนาดช่อง 1.5 มม.



ก) ใบมีดและตะแกรงกรองวัตถุดิบ ข) ตำแหน่งมอเตอร์และตะแกรงร่อน

รูปที่ 2.3 เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีหลักการทำงานคือป้อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่ผ่านกระบวนการหมักแล้วผ่านทาง hopper ทางด้านบนของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ปุ๋ยจะผ่านเข้าไปที่ชุดใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนที่มีตะแกรงกรองวัตถุดิบขนาดช่อง 2 มม. อยู่ด้านล่าง (รูปที่ 2.3) จากนั้นปุ๋ยที่ผ่านการบดแล้วจะผ่านตะแกรงร่อนทรงกระบอกขนาดช่องตระแกรง 1.5 มม. ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเมื่อผ่านการร่อนแล้วจะมีอยู่ 2 ขนาดคือเล็กกว่า 1.5 มม. และ ใหญ่กว่า 1.5 มม. ซึ่งจะออกมาทางออก นำปุ๋ยที่ขนาดใหญ่กว่า 1.5 มม. ไปบดซ้ำ ส่วนปุ๋ยที่มีขนาดเล็กกว่า 1.5 มม. นำไปสู่กระบวนการปั้นเม็ดต่อไป

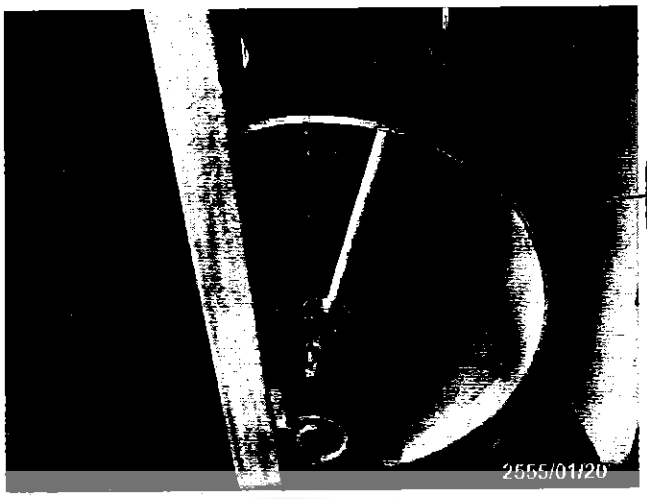
2.2.1.1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

1) ระบบบด ประกอบด้วย

1.1) ชุดใบมีด ทำหน้าที่ในการบดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพให้มีขนาดเล็กลง มีใบมีดจำนวน 3 แถว แถวละ 8 ใบ แต่ละใบ กว้าง 30 มม. ยาว 130 มม. หนา 8 มม. (รูปที่ 2.4)

รูปที่ 2.4 ชุดใบมีด

1.2) ตะแกรงร่อนทรงกระบอก (รูปที่ 2.5) ทำหน้าที่ร่อนเพื่อคัดแยกขนาดของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ โดยแยกปุ๋ยออกเป็น 2 ขนาดคือ ใหญ่กว่า 1.5 มม. และเล็กกว่า 1.5 มม. เพื่อนำปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่มีขนาดเล็กกว่า 1.5 มม. นำไปสู่กระบวนการปั้นเม็ดต่อไป



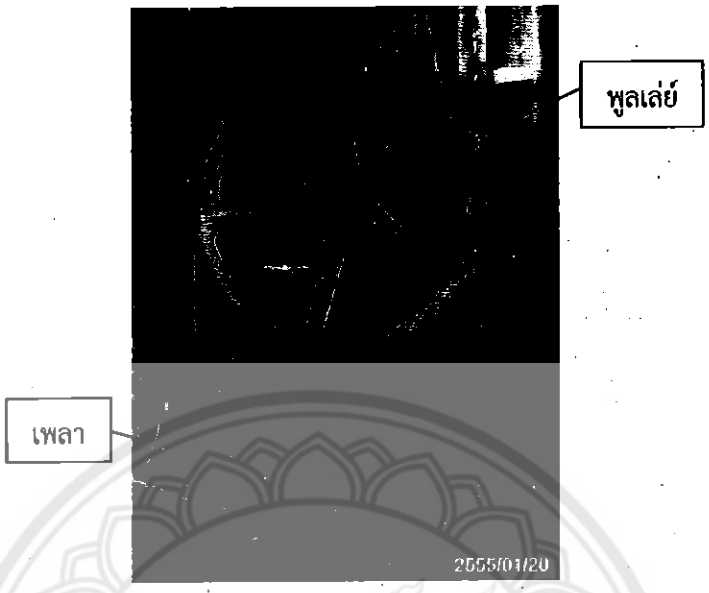
รูปที่ 2.5 ตะแกรงร่อน

2) ระบบขับเคลื่อนและส่งกำลัง ประกอบด้วย

2.1) มอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นต้นกำลัง เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีขนาด**มอเตอร์ 3 แรงม้า กำลังการผลิต** 800-1,000 กก.ต่อวัน

รูปที่ 2.6 มอเตอร์

2.2) พูลเล่ย์และเพลา พูลเล่ย์จะทำหน้าที่ในการทดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับชิ้นส่วนต่างๆ



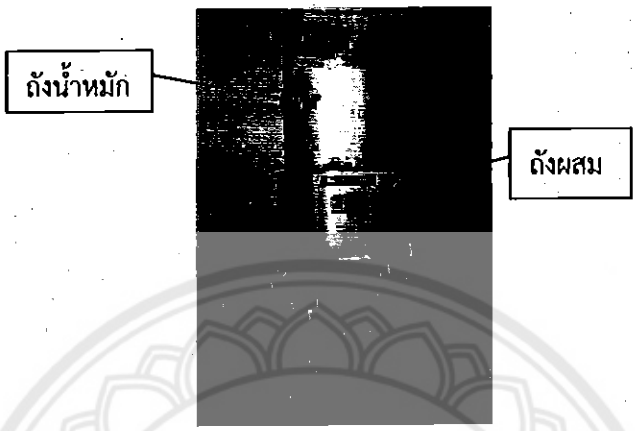
รูปที่ 2.7 พูลเล่ย์และเพลา

2.3) สายพาน สายพานทำหน้าที่ส่งกำลังไปยังชิ้นส่วนต่างๆ

รูปที่ 2.8 สายพาน

2.2.2 เครื่องผสมพร้อมถังผสมอัตโนมัติ

เป็นเครื่องผสมปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชนิดผงกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆรวมกันหรือชนิดผงกับน้ำหมักต่างๆ ให้มีความชื้นตามต้องการหรือตามสูตรต่างๆได้ สามารถผสมปุ๋ยต่อเนื่องได้ 3 ตันต่อวัน โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า

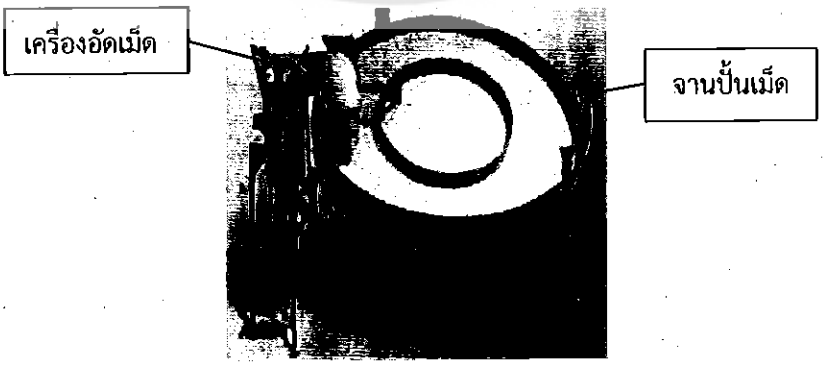


รูปที่ 2.9 เครื่องผสมพร้อมถังผสมอัตโนมัติ

เครื่องผสมพร้อมถังผสมอัตโนมัติ (รูปที่ 2.9) มีหลักการทำงานคือ นำน้ำหมักชีวภาพเติมลงในถังน้ำหมัก และนำปุ๋ยที่ได้จากการบดเทลงในถังผสม จากนั้นเปิดวาล์วถังน้ำหมักชีวภาพผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเอาปุ๋ยออกทางด้านหน้าของตัวเครื่อง นำปุ๋ยที่ได้ไปยังเครื่องปั่นเม็ดต่อไป

2.2.3 เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (รูปที่ 2.10) สามารถอัดพร้อมปั้นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่เป็นผงให้เป็นเม็ดกลม มีขนาดเท่าๆ กัน สามารถควบคุมขนาดของเม็ดปุ๋ยได้ เกิดฝุ่นละอองในขณะเครื่องทำงานน้อยมาก และยังสามารถอัดแท่งอาหารปลา หรืออัดพร้อมปั้นผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น แร่ผงให้เป็นเม็ดกลมได้โดยง่าย ใช้มอเตอร์ 3 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ กำลังการผลิต 1,000 - 1,500 กก.ต่อวัน

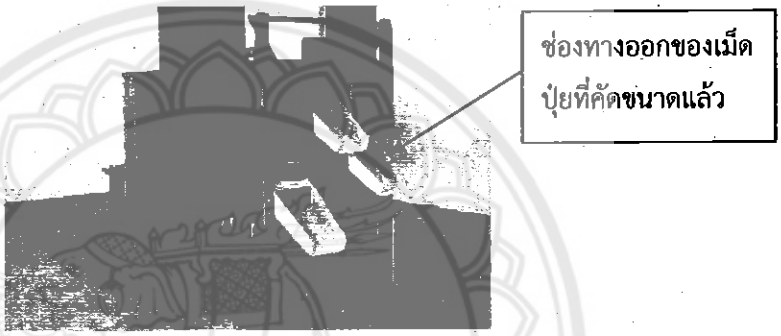


รูปที่ 2.10 เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีหลักการทำงานคือ นำปุ๋ยที่ผ่านการผสมแล้วเทผ่านทาง hopper ทางด้านบนของเครื่องปั้นเม็ดจากนั้นตัวอัดที่เป็นเกลียวจะดันปุ๋ยผ่านหน้าแปลนและใช้ลวดหมุนตัดปุ๋ยให้มีขนาดเท่ากันเม็ดปุ๋ยจานหมุนจะหมุนไปเรื่อยๆจนปุ๋ยมีขนาดและความกลมตามที่ต้องการและจะใช้ที่ตักในการตักปุ๋ยออกนำปุ๋ยที่ได้ไปตากในที่ร่มจนแห้งแล้วนำไปเข้าเครื่องคัดขนาดต่อไป

2.2.4 เครื่องคัดเกรด

เครื่องคัดเกรดมีถาดรองด้านล่าง ชั้นต่าง ๆ ที่เป็นตะแกรงร่อน สามารถถอดเลือกใช้ได้ตามความต้องการสามารถคัดเกรดเม็ดปุ๋ย ให้ออกตามเกรดได้ 4 ระดับคือ เม็ดจิ๋ว เม็ดเล็ก เม็ดใหญ่ และ เม็ดใหญ่มาก สามารถคัดเกรดได้ 4 ตันต่อวัน



รูปที่ 2.11 เครื่องคัดเกรด

เครื่องคัดเกรดมีหลักการทำงานคือ นำปุ๋ยที่ผ่านการปั้นเม็ดแล้วตากให้แห้งในที่ร่ม เทผ่านทางด้านบนของเครื่องคัดเกรด จากนั้นมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า จะเขย่าตะแกรงร่อน ปุ๋ยที่ได้ออกมาจะมีทั้งหมด 4 ระดับ คือเม็ดจิ๋ว เม็ดเล็ก เม็ดใหญ่ และ เม็ดใหญ่มาก จากนั้นนำปุ๋ยที่ได้แต่ละขนาดไปบรรจุใส่กระสอบเพื่อนำไปจำหน่ายต่อไป

2.3 การสึกหรอ [4]

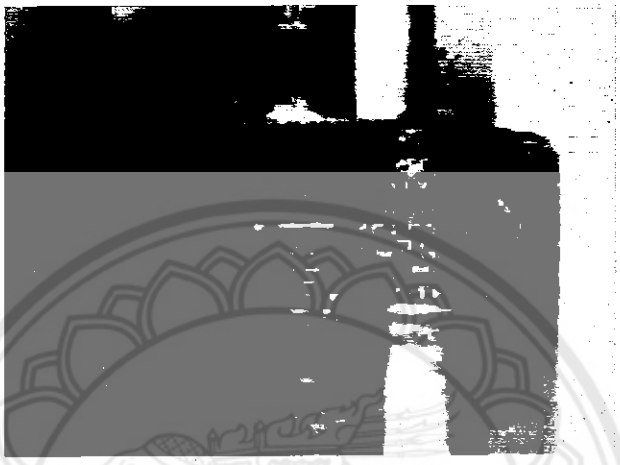
การสึกหรอถูกนิยามง่ายๆว่าเป็นการสูญเสียผิวเนื้อวัสดุอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสัมพัทธ์ของชิ้นงานคู่สัมผัส ซึ่งอาจจะเป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เมื่อมีการสึกหรอเพิ่มมากขึ้นจะเป็นที่มาของ "กลไก" ของการสึกหรอรูปแบบต่างๆ ซึ่งนอกเหนือจากการมีผลให้เกิดการสูญเสียไปของเนื้อวัสดุแล้วยังอาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของเนื้อวัสดุอีกด้วย

2.3.1 รูปแบบการสึกหรอ

ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศเยอรมัน DIN 50320 ได้มีการจัดแบ่งรูปแบบการสึกหรอไว้ 4 ลักษณะคือ

1) การสึกหรอแบบยึดติด (Adhesion)

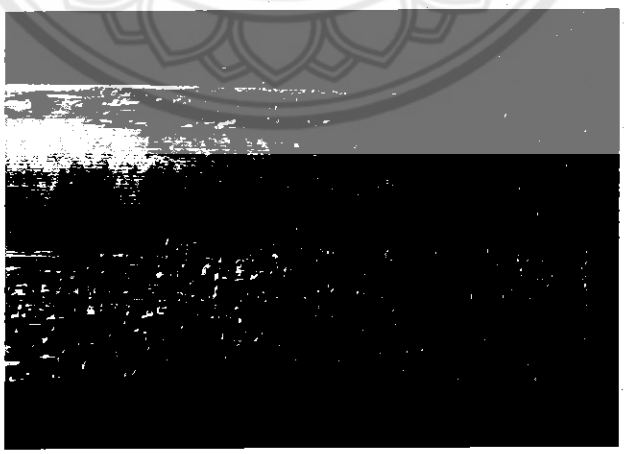
การสึกหรอแบบนี้เกิดจากการสัมผัสกันของยอดแหลมของเนื้อวัตถุ (หากพิจารณาอย่างละเอียดแล้วจะพบว่าผิววัตถุที่เห็นอยู่จะไม่ราบเรียบ ปรากฏเป็นยอดแหลมคล้ายยอดของภูเขา) ซึ่งทำให้เกิดชั้นของเนื้อวัตถุที่เชื่อมติดเข้าด้วยกัน และขาดออกจากกัน การสึกหรอแบบนี้มักเกิดจากการเคลื่อนที่แบบลื่นไถล และมักจะเกิดเศษโลหะขึ้นระหว่างผิวสัมผัส ตัวอย่างเช่น การสึกหรอที่เกิดขึ้นกับรางในของแบริ่ง



รูปที่ 2.12 การสึกหรอแบบยึดติด

2) การสึกหรอแบบขูดขีด (Abrasion)

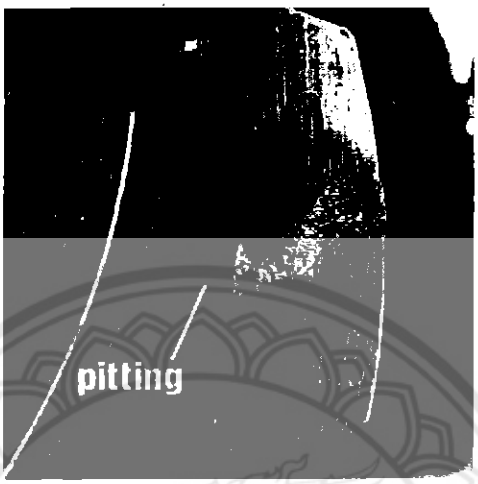
เกิดจากการที่เนื้อวัตถุหลุดหายไปอันเนื่องมาจากถูกขูดขีดหรือถูกขูดเป็นร่องลึก หรือเกิดจากการที่มีเศษผง ฝุ่นละออง หรือเศษโลหะที่มีความแข็งมาก ๆ แทรกอยู่ระหว่างผิวสัมผัส ทั้งนี้การสึกหรอแบบนี้มักเป็นผลเนื่องมาจากการสึกหรอแบบยึดติดด้วย ตัวอย่างเช่น การสึกหรอของเพลาและกาบแบริ่งในเครื่องยนต์



รูปที่ 2.13 การสึกหรอแบบขูดขีด

3) การสึกหรอแบบการล้าตัว (Material Fatigue)

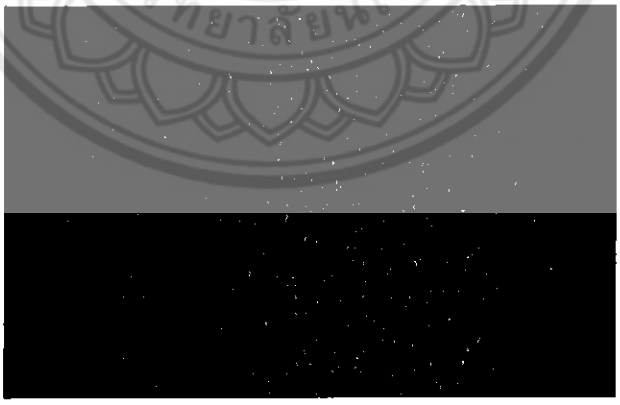
เกิดจากการล้าตัวของเนื้อวัสดุ ซึ่งจะเห็นว่าผิวของวัสดุมีหลุม รอยแตกหรือรอยแยก อันเป็นผลมาจากการเสียรูปทั้งแบบถาวรและแบบคืนรูปร่างเดิมได้ การล้าตัวของวัสดุมักเกิดกับชิ้นส่วนที่ต้องรับภาระเป็นเวลานาน ตัวอย่างเช่น การสึกหรอที่เกิดขึ้นกับแบริ่ง



รูปที่ 2.14 การสึกหรอแบบการล้าตัว

4) การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมีคอล (Tribochemical Reaction)

เกิดจากการที่ผิวสัมผัสเกิดการขัดสีและเกิดผลพวงจากปฏิกิริยาทางเคมี โดยเฉพาะ "ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น" บางครั้งอาจเรียกว่า การสึกหรอจากการกัดกร่อน ยกตัวอย่างเช่น การเกิดสนิมในเหล็ก เป็นต้น



รูปที่ 2.15 การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมีคอล

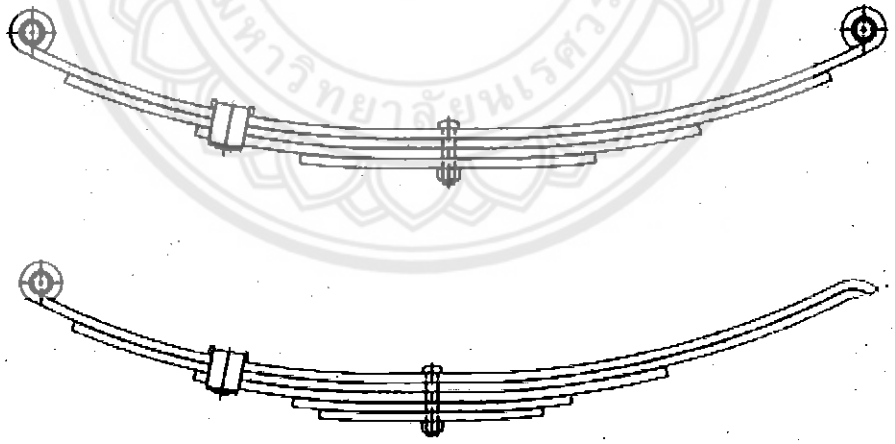
2.3.2 ระดับความรุนแรงของการสึกหรอ

การวัดระดับความรุนแรงของการสึกหรออาจจะทำการวัดโดยตรง โดยอ้อมหรือการเปรียบเทียบการสึกหรอแบบสัมพัทธ์ ซึ่งอาจจะทำการวัดค่าต่างๆ แบบสัมบูรณ์หรือแบบสัมพัทธ์ เช่น การเปลี่ยนแปลงไปของค่าความยาว ผิวหน้า ปริมาตรหรือน้ำหนักของวัสดุ ขนาดที่เปลี่ยนไปเปรียบเทียบกับมิติในตอนเริ่มต้นใช้งาน รวมไปถึงต้องคำนึงถึงค่าระดับของภาระช่วงเวลาในการใช้งาน เป็นต้น โดยทางปฏิบัติแล้วมีการแบ่งระดับการสึกหรอเป็น 3 ระดับ คือ

1) การสึกหรอเล็กน้อย ระดับนี้จะไม่มีผลต่อการชำรุดของเครื่องจักรก่อนถึงอายุขัยที่คาดการณ์ไว้
2) การสึกหรอปานกลาง โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของอัตราการสึกหรอแบบปานกลาง เชื่อกันว่าหากมีการสึกหรอในลักษณะนี้ชิ้นงานจะมีอายุขัยเกินกว่าครึ่งหนึ่งของอายุขัยที่คาดการณ์ไว้จากการใช้งานตามปกติ
3) การสึกหรอขั้นรุนแรง ในลักษณะนี้ผิววัสดุจะบ่งบอกให้เห็นลักษณะชำรุดด้วย และส่งผลให้เครื่องจักรมีการชำรุดแบบซัดเจน

2.4 เหล็กสปริง [5]

เหล็กสปริงเป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตแหนบซึ่งติดตั้งอยู่ช่วงล่างของยานยนต์หลายชนิดเพื่อรับภาระบรรทุกจากโครงรถแล้วถ่ายทอดลงสู่เพลาล้อ มีหน้าที่ในการลดการสั่นสะเทือนให้กับโครงรถโดยการรับและเก็บพลังงานที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนเมื่อรถวิ่งแล้วจึงคายออกในเวลาต่อมาจึงเป็นการหน่วงแรงสั่นสะเทือน ทำให้โครงรถเคลื่อนที่ได้นุ่มนวลขึ้น ผู้ใช้รถจึงรู้สึกสบายไม่เกิดอาการสั่นไหวตามไปกับความขรุขระของผิวถนน



รูปที่ 2.16 ลักษณะของแหนบ

ลักษณะของแหนบ (รูปที่ 2.16) โดยทั่วไปจะประกอบด้วยแผ่นแหนบหลายแผ่นที่มีความยาวแต่ละแผ่นแตกต่างลดหลั่นกันตามลำดับวางซ้อนกันโดยมีสลักเกลียวสอดผ่านรูกลางแหนบที่เรียกว่า รูสะดือ (center hole) เพื่อยึดแผ่นแหนบแต่ละแผ่นให้รวมกันเป็นแหนบตับ สลักเกลียวนี้เรียกว่า สะดือแหนบ (center bolt) แผ่นแหนบแต่ละแผ่นจะมีความโค้งก่อนประกอบแตกต่างกันเล็กน้อยเพื่อให้เกิดค่า NIP ตามที่กำหนดไว้ เมื่อประกอบกันเข้าเป็นตับแล้ว จึงมีความโค้งเดียวกัน แหนบส่วนใหญ่จะมีความโค้งแบบกึ่งวงรี (semi-elliptic spring) วัตถุดิบที่ใช้ทำแหนบคือเหล็กสปริง (spring steel) ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มี

โรงงานผลิตเหล็กประเภทนี้ จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ การทำเหล็กให้เป็นสปริงคือ การนำวัตถุดิบที่ผ่านการเจาะรูหรือขึ้นรูปต่างๆที่ปลายแหนบ (เช่น การม้วนหู การตัดมุม หรือ การรีดปลาย) มาผ่านกระบวนการอบชุบด้วยความร้อน (heat-treatment) โดยการเผาเหล็กให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม แล้วทำเหล็กที่ร้อนนั้นเย็นตัวลงทันทีทันใด (quenching) ด้วยการใช้สารชุบแข็ง วิธีการนี้ทำให้เหล็กแข็งขึ้น เรียกว่า การชุบแข็ง (hardening) จากนั้นจึงนำไปอบคลาย (tempering) เพื่อให้เกิดความเหนียวขึ้นไม่แข็งเปราะ เหล็กที่ผ่านขั้นตอนเหล่านี้แล้วจึงถือได้ว่าเป็นสปริง

2.5 การเชื่อม [6]

การเชื่อม เป็นขบวนการที่ใช้สำหรับต่อวัสดุ ส่วนใหญ่เป็นโลหะหรือพลาสติก โดยให้รวมตัวเข้าด้วยกัน ปกติใช้วิธีทำให้ชิ้นงานหลอมละลายและการเพิ่มเนื้อโลหะเติมลงในแอ่งหลอมละลายของวัสดุที่หลอมเหลว เมื่อเย็นตัวรอยต่อจะมีความแข็งแรง บางครั้งใช้แรงดันร่วมกับความร้อนหรืออย่างเดียวเพื่อให้เกิดรอยเชื่อม ซึ่งตรงข้ามกับการบัดกรีอ่อนและการบัดกรีแข็งซึ่งไม่มีการหลอมละลายของชิ้นงาน มีแหล่งพลังงานหลายอย่างสำหรับนำมาใช้ในการเชื่อม เช่น การใช้ความร้อนจากเปลวแก๊ส การอาร์คโดยใช้กระแสไฟฟ้า ลำแสงเลเซอร์ การใช้อิเล็คตรอนบีม การเสียดสี การใช้คลื่นเสียง เป็นต้น ในอุตสาหกรรมมีการนำมาใช้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่นการเชื่อมในพื้นที่โล่ง พื้นที่อับอากาศ การเชื่อมใต้น้ำ การเชื่อมมีอันตรายเกิดขึ้นได้ง่าย จึงควรมีความระมัดระวังเพื่อป้องกันอันตราย เช่น ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า ความร้อน สะเก็ดไฟ ควันเชื่อม แก๊สพิษ รังสีอาร์ค ชิ้นงานร้อน ฝุ่นละออง ในยุคเริ่มแรกจนถึงศตวรรษที่ 19 มีการใช้งานเฉพาะการเชื่อมทุบ (forge welding) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อโลหะ หลังจากนั้นได้มีการพัฒนามาสู่การเชื่อมอาร์ค และการเชื่อมโดยใช้เปลวแก๊สออกซิเจน และหลังจากนั้นมีการ เชื่อมแบบความต้านทานตามมา

เทคโนโลยีการเชื่อมได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 20 ซึ่งอยู่ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เทคโนโลยีการเชื่อมแบบใหม่ๆ ได้มีการเร่งพัฒนาเพื่อรองรับต่อการสู้รบในช่วงเวลานั้น เพื่อทดแทนการต่อโลหะแบบเดิม เช่นการใช้หมุดย้ำซึ่งมีความล่าช้าอย่างมาก ขบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ (SMAW) เป็นขบวนการหนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาในช่วงนั้นและกระทั่งปัจจุบัน ยังคงเป็นกรรมวิธีที่ใช้งานกันมากที่สุดในประเทศไทยและประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย

2.5.1 ลวดเชื่อมไฟฟ้า

เป็นลวดโลหะที่หุ้มด้วยฟลักซ์เมื่อเกิดการอาร์คจากกระแสไฟฟ้าจะทำให้โลหะละลาย ส่วนฟลักซ์ที่เคลือบอยู่จะกลายเป็นก๊าซหุ้มรอยเชื่อมทำให้ออกซิเจนไม่สัมผัสกับรอยเชื่อม

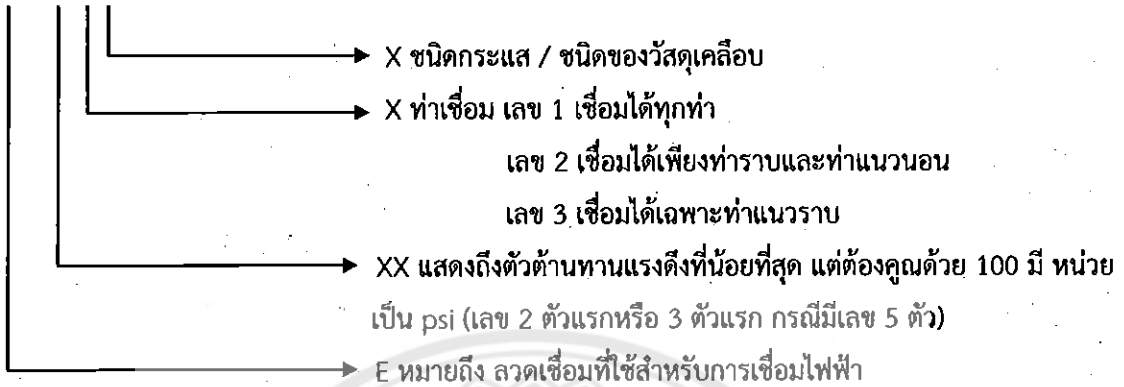
ปัจจัยสำคัญ 6 ประการ ของการเชื่อมไฟฟ้า

1) การเลือกลวดเชื่อม (Correct Electrode)
2) ท่าเชื่อม (Welding Position)
3) การเลือกและปรับแต่งกระแสไฟ (Correct Current)
4) ระยะอาร์คหรือแรงเคลื่อน (Correct Arc Length or Voltage)
5) มุมลวดเชื่อม (Correct Electrode Angle)
6) ความเร็วในการเดินลวดเชื่อม (Correct Travel Speed)

2.5.2 การบอกประเภทของลวดเชื่อม

ขึ้นต้นด้วย E นำหน้าและประกอบด้วยตัวเลข 4 หรือ 5 ตัว โดย

E XX X X



ตารางที่ 2.1 แสดงความหมายของตัวเลขสุดท้ายในระบบการแบ่งประเภทของลวดเชื่อม AWS [6]

ระบุชื่อ	กระแส	ชนิดของสารปกคลุม
E 6010	DCRP เท่านั้น	สารอินทรีย์
E 6011	DCRP หรือ a.c	สารอินทรีย์
E 6012	DCRP หรือ a.c	รัทไทส์
E 6013	DCSP,DCRP หรือ a.c	รัทไทส์
E 7014	DCSP,DCRP หรือ a.c	รัทไทส์(ผงเหล็ก 30 %)
E 7015	DCRP เท่านั้น	ไฮโดรเจนต่ำ
E 7016	DCRP หรือ a.c	ไฮโดรเจนต่ำ
E 7018	DCRP หรือ a.c	ไฮโดรเจนต่ำ(ผงเหล็ก 25 %)
E 7020	DCSP,DCRP หรือ a.c	เหล็กออกไซต์สูง
E7024	DCSP,DCRP หรือ a.c	รัทไทส์(ผงเหล็ก 50 %)
E 6027	DCSP,DCRP หรือ a.c	แร่ (ผงเหล็ก 50 %)
E 7028	DCRP หรือ a.c	ไฮโดรเจนต่ำ(ผงเหล็ก 50 %)

ตัวอย่าง

E 6013

E หมายถึง ลวดเชื่อมอาร์คไฟฟ้า

60 หมายถึง 60,000 psi

1 หมายถึง เชื่อมได้ทุกท่า

2 หมายถึง กระแส DCSP, DCRP หรือ a.c ใช้สารรัทไทส์เป็นวัสดุเคลือบ

2.6 การชุบแข็งด้วยความร้อน [7]

การชุบแข็งด้วยความร้อน (heat treatment) เป็นเทคโนโลยีที่มีมานาน มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงผิวชิ้นงานให้มีความแข็ง เพื่อทนต่อการสึกหรอ การเสียดสี ความร้อน รวมถึงป้องกันการกัดกร่อน การชุบเคลือบ เป็นการเอาวัสดุมาเคลือบ ติดกับผิวชิ้นงาน ได้แก่ การพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อน การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า การเคลือบผิว ด้วยไอกายภาพ และไอเคมี การทาสี การเคลือบสารแม่เหล็กลงบนแผ่นดิสก์ อุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทมักผ่านการชุบเคลือบทั้งสิ้น ได้แก่ อุตสาหกรรมการบินและอวกาศ อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเลียม ตลอดจน ชิ้นส่วนทางการแพทย์

ส่วนการชุบแข็งเหล็กกล้า เป็นการทำให้เหล็กกล้า มีความแข็งเพิ่มขึ้น โดยการให้ความร้อน เพื่อทำให้เหล็กกล้า เปลี่ยนโครงสร้างผลึก จากนั้นจึงทำให้เย็นตัวลง โดยอัตราการเย็นตัว ต้องเร็วพอ ที่จะทำให้เหล็กกล้า เปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็น มาร์เทนไซต์ซึ่งมีความแข็งสูง

การชุบแข็งเหล็กกล้าแบ่งเป็น 2 วิธี คือ การชุบแข็งทั้งชิ้นงาน และการชุบผิวแข็ง การชุบแข็งทั้งชิ้นงาน สามารถทำได้โดยการชุบโดยตรง ในสารชุบ ซึ่งได้แก่ น้ำ น้ำเกลือ น้ำมัน ก๊าซไนโตรเจน หรืออากาศ ขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็กกล้านั้นๆ การเลือกสารชุบ พิจารณาจากความร้อนในการเย็นตัว ของเหล็กกล้า ขณะชุบลงในสารชุบ ต้องสูงกว่าอัตราเย็นตัววิกฤต ของเหล็กชนิดนั้นๆ เพื่อให้ได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ นอกจากนี้ควรคำนึงถึง การเสียรูป การแตกร้าวซึ่งอาจเกิดขึ้นกับชิ้นงานในขณะชุบด้วย ปัจจัยดังกล่าว ทำให้ได้ความลึกของผิวแข็ง สำหรับการชุบผิวแข็งเป็นการชุบแข็งชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานมีความแข็งเฉพาะผิว โดยบริเวณแกนกลาง ยังคงความเหนียวอยู่ ชิ้นงานที่ผ่านการชุบ จะทนต่อการเสียดสี และสามารถรับแรงกดอัด ที่ผิวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผิวที่ผ่านการชุบแข็งยังสามารถป้องกันการแตกร้าวจากความล้าได้ดี การชุบผิวแข็งมีหลายวิธี ได้แก่ การชุบผิวแข็งด้วยเปลวไฟ การชุบผิวแข็งด้วยกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ การชุบผิวแข็งแบบคาร์บูไรซิ่ง การชุบผิวแข็งแบบคาร์โบไนไตรด์ดิ่ง การชุบผิวแข็งแบบไนไตรดิ่ง ภายหลังการชุบแข็ง ต้องทำการตลอดสอบคุณภาพ ชิ้นงานชุบแข็ง ได้แก่ การเกิดออกซิเดชั่นที่ผิว การเสียรูป การบิดตัว การขยายตัว การหดตัวของชิ้นงาน การแตกร้าว นอกจากนี้ ยังต้องตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค และวัดค่าความแข็งที่เกิดขึ้นด้วย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานการสีกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1) เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

2) สร้างและเสริมความแข็งของใบมีด

3) การทดสอบเพื่อหาปริมาณการสีกหรอของใบมีดแบบต่างๆ

3.1 เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

3.1.1 หลักการทำงานของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีหลักการทำงานคือป้อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพผ่านทาง hopper ทางด้านบนของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ปุ๋ยจะผ่านเข้าไปที่ชุดใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนที่มีตะแกรงกรองวัตถุดิบขนาดช่อง 2 มม. อยู่ด้านล่างจากนั้นปุ๋ยที่ผ่านการบดแล้วจะเข้าสู่ตะแกรงร่อนทรงกระบอกขนาดช่องตระแกรง 1.5 มม. ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเมื่อผ่านการร่อนแล้วจะมีอยู่ 2 ขนาดคือเล็กกว่า 1.5 มม. และ ใหญ่กว่า 1.5 มม.

3.1.2 ใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

จากการศึกษาเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ พบว่ามีใบมีดในการตีปุ๋ยทั้งหมด 24 ใบ โดยมี 3 เพลา เพลาละ 8 ใบ (รูปที่ 3.1) ใบมีดแต่ละใบทำจากเหล็กแบน มีขนาดกว้าง 30 มม. ยาว 130 มม. ความหนา 8 มม. แต่ละใบเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. เพื่อใส่เพลา

รูปที่ 3.1 ชุดใบมีด

3.1.3 การศึกษาการสึกหรอของใบมีด

จากการศึกษาการสึกหรอของใบมีดชุดเดิม จะเห็นว่าลักษณะการสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีการสึกหรอตรงด้านที่ใช้แรงกระแทกในการบดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (ด้านที่บดปุ๋ย) ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าใบมีดเริ่มมีการสึกหรอตรงบริเวณส่วนปลายของใบมีดลงมา ทำให้ใบมีดมีขนาดที่เว้าลงจากมุมที่ปลายใบมีด (รูปที่ 3.2)

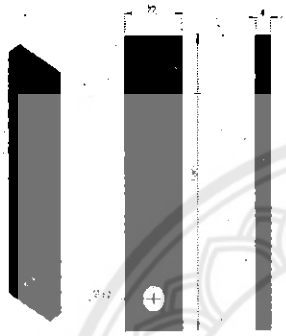
รูปที่ 3.2 การสึกหรอของใบมีดชุดเดิม

จากการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรบ้านแม่ยื้อ[1] พบว่าจะมีการเปลี่ยนใบมีดประมาณทุกๆ 10 ตัน มีผลทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลาในการเปลี่ยนใบมีดใหม่ กลุ่มผู้ดำเนินงานจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการสึกหรอและออกแบบใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อให้ได้ใบมีดที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานโดยพิจารณาจากการสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพและคุ้มค่าของการลงทุน

3.2 สร้างและเสริมความแข็งของใบมีด

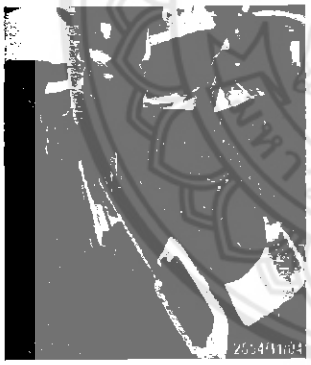
3.2.1 การสร้างใบมีดแบบเดิม

การสร้างใบมีดแบบเดิม (รูปที่ 3.3 ก) ทำโดยการนำเหล็กแบนที่มีความหนา 8 มม. กว้าง 30 มม. แล้วมาตัดที่ความยาว 130 มม. (รูปที่ 3.3 ข) แล้วเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. (รูปที่ 3.3 ค) ได้ใบมีดแบบเดิม (รูปที่ 3.3 ง) จากนั้นนำไปจุ่มสีกันสนิม



ก) ใบมีดแบบเดิมที่ออกแบบ

ข) วัดขนาดแล้วตัดด้วยไฟเบอร์



ค) เจาะรูใบมีด

ง) ใบมีดแบบเดิม

รูปที่ 3.3 การสร้างใบมีดแบบเดิม

3.2.2 การสร้างใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม

จากการศึกษาการสึกหรอของใบมีดชุดเดิม (รูปที่ 3.2) พบว่ามีการสึกหรอด้านที่ใช้แรงกระแทกในการบดปุ๋ย จึงทำการศึกษาการเสริมความแข็งของใบมีดด้วยการเชื่อมด้านที่แรงกระแทกในการบดปุ๋ย ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมใบมีดเป็นลวดเชื่อมไฟฟ้าเหล็กเหนียว เกรด E 6013 ขนาด 3.2 มม. เนื่องจากเป็นลวดเชื่อมที่เหมาะสมกับการเชื่อมเหล็กหนา 8 มม. และสามารถหาซื้อได้ง่าย เชื่อมที่หน้าความหนาของใบมีดโดยรอยเชื่อมมีความยาว 70 มม. จากปลายใบมีด การเสริมความแข็งใบมีดแบบการเชื่อม (รูปที่ 3.4 ก) มีขั้นตอนการทำคือนำใบมีดแบบเดิม ที่เจาะรูแล้วมาบากร่องให้ลึก 2 มม. ที่หน้าความหนาของใบมีด (รูปที่ 3.4 ข) จากนั้นทำการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้าเหล็กเหนียวเกรด E 6013 ขนาด 3.2 มม. (รูปที่ 3.4 ค) ได้ใบมีดแบบการเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม (รูปที่ 3.4 ง) และนำไปจุ่มสีกันสนิม

ก) ใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยลวดเชื่อมที่ออกแบบ

ข) ใช้หินเจียรบากร่องใบมีด

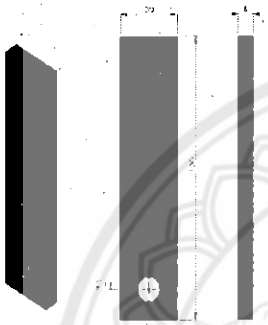
ค) เชื่อมใบมีดตามรอยที่บากไว้

ง) ใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยลวดเชื่อม

รูปที่ 3.4 การสร้างใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม

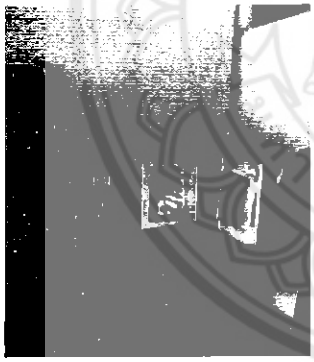
3.2.3 การสร้างใบมีดแบบเหล็กชุบแข็ง

การเสริมความแข็งแบบเหล็กชุบแข็ง (รูปที่ 3.5 ก) มีขั้นตอนการทำคือนำใบมีดแบบเดิมมาเตรียมรอการอบชุบ จากนั้นใส่ชิ้นงานเข้าเตาแล้วปิดให้สนิท (รูปที่ 3.5 ข) ตั้งโปรแกรมการอบชุบที่อุณหภูมิ 800 °C ใช้เวลาในการอบ 4 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อเมื่อถึงอุณหภูมิตามต้องการแล้วนำเหล็กออกจากเตาเผา (รูปที่ 3.5 ค) จากนั้นนำเหล็กมาทำการชุบแข็งในน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (รูปที่ 3.5 ง) ได้ใบมีดแบบเหล็กชุบแข็งและนำไปจุ่มสีกันสนิม



ก) ใบมีดแบบชุบแข็งที่ออกแบบ

ข) ใส่ใบมีดในเตาแล้วตั้งเวลา



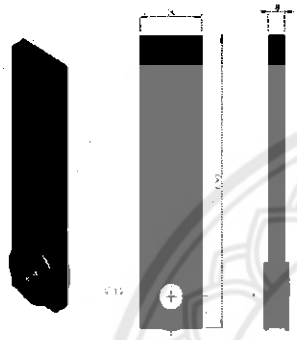
ค) นำใบมีดออกจากเตาเมื่อครบเวลาตามที่ตั้งไว้

ง) นำใบมีดแช่ในน้ำ1ชั่วโมง

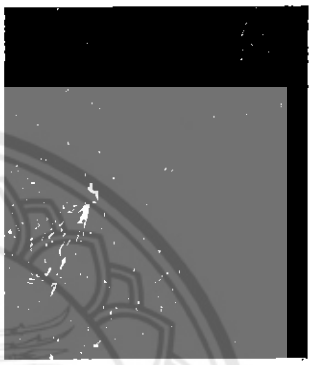
รูปที่ 3.5 การสร้างใบมีดแบบชุบแข็ง

3.2.4 การเสริมความแข็งแบบใช้เหล็กแหนบ

เหล็กแหนบเป็นเหล็กกล้าแบบยาว ซึ่งได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนมาจนได้คุณสมบัติที่ต้องการ โดยเป็นเหล็กกล้าชนิดซิลิกอน-แมงกานีส การเสริมความแข็งแบบใช้เหล็กแหนบ (รูปที่ 3.6 ก) ขั้นตอนการทำ คือนำแผ่นเหล็กแหนบที่มีความหนา 8 มม. มาวัดขนาดความกว้าง 30 มม. และยาว 130 มม. จากนั้นใช้แก๊สตัดเหล็กที่ขนาดตามต้องการ (รูปที่ 3.6 ข) แล้วเจาะรูใบมีดแบบเหล็กแหนบด้วยแก๊ส (รูปที่ 3.6 ค) แล้วนำแหวนที่มีขนาดเท่ากับแกนเพลามาทาบติดใบมีดทั้ง2 ฝั่งแล้วเชื่อม ได้ใบมีดเสริมความแข็งแบบใช้เหล็กแหนบ (รูปที่ 3.6 ง)



ก) ใบมีดแบบเหล็กแหนบที่ออกแบบ



ข) ใช้แก๊สตัดเหล็กตามขนาด

ค) ใช้แก๊สเจาะรูใบมีดแบบเหล็กแหนบ

ง) ได้ใบมีดแบบเหล็กแหนบ

รูปที่ 3.6 การสร้างใบมีดแบบเหล็กแหนบ

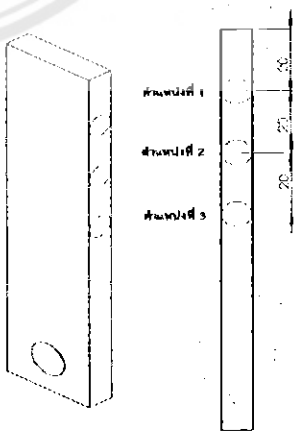
3.3 การทดสอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีดแต่ละแบบ

3.3.1 การทดสอบความแข็งของใบมีด

เป็นการวัดความต่อต้านของโลหะที่จะต้องเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร การทดสอบความแข็งของวัสดุนั้นใช้วิธีกดวัสดุที่มีลักษณะแข็งกว่าชิ้นงานที่นำมาทดสอบเช่น เหล็กแข็ง ทังสเตนคาไบด์ เพชร เป็นต้น โดยทำเป็นรูปต่างๆกัน เช่น ทำเป็นรูปกลม พีระมิด โคน หรือกรวย เมื่อกดตัวกด ลงไปในวัสดุที่ทดสอบเป็นมุม 90 องศา ลงไปอย่างช้าๆแล้ววัดรอยที่เกิดขึ้น โดยการเลือกหัวกดและน้ำหนักที่ใช้ ความแข็งของโลหะจะมีค่าเท่าไรขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรของวัสดุนั้น ในที่นี้จะเลือกการทดสอบแบบ Rockwell สเกล C หัวกดเพชรรูปกรวย (รูปที่ 3.7 ก) วิธีการเตรียมชิ้นงานทดสอบและการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมชิ้นงานใบมีด ทั้ง 4 แบบ
2) ทำความสะอาดผิวของฐานรองชิ้นงานที่เครื่องทดสอบความแข็ง
3) วางชิ้นงานทดสอบลงบนฐานรองชิ้นงานที่เครื่องทดสอบความแข็งโดยให้ด้านใบมีดที่จะทดสอบหงายอยู่ด้านบน ตรวจสอบผิวชิ้นงานด้านล่างสัมผัสกับฐานรองชิ้นงานแนบสนิทดี
4) ตรวจสอบว่าหัวกดทดสอบความแข็งโผล่พ้นการ์ดหัวทดสอบ
5) เลือกตำแหน่งการทดสอบ โดยจุดแรกที่ทดสอบห่างจากปลายใบมีด 20 มม. จุดที่สองห่างจากปลายใบมีด 40 มม. และ จุดที่สามห่างจากปลายใบมีด 60 มม. (รูปที่ 3.7 ข)
6) ทำการทดสอบความแข็ง
7) บันทึกค่าที่ได้จากการทดลอง
8) หมุนฐานรองลง และเอาชิ้นงานออก
9) ทดสอบความแข็งชิ้นงานละ 3 ค่า ทั้งหมด 4 แบบ
10) นำค่าที่ได้จากการทดอบความแข็งชิ้นงานละ 3 ค่า หาค่าความแข็งของชิ้นงานโดยเฉลี่ย ทั้งหมด 4 แบบ และบันทึกผล

ก) เครื่องทดสอบความแข็ง



ข) ตำแหน่งที่ทดสอบความแข็ง

รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบความแข็งและตำแหน่งที่ทดสอบความแข็ง

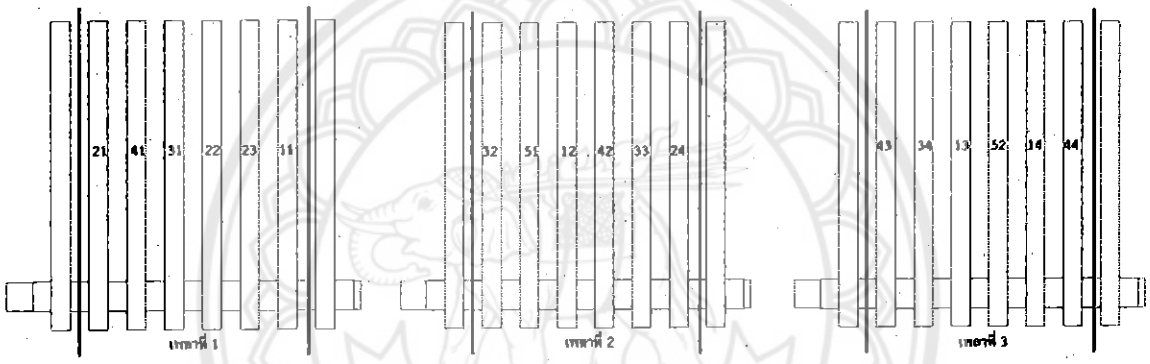
i60079588
ฝร.
ด5459
2554

3.3.2 การทาสีใบมีดและตอกหมายเลข

ทาสีบนใบมีดเพื่อให้สังเกตเห็นรูปแบบการสึกหรอ ตอกหมายเลขที่ใบมีดเพื่อที่เวลาถอดใบมีดมาชั่งน้ำหนักแล้วมาใส่ใหม่จะได้ไม่ผิดพลาด

3.3.3 การเรียงตำแหน่งตำแหน่งของใบมีด

การเรียงตำแหน่งของใบมีดในแต่ละแบบกระทำโดยการสุ่ม (completely Randomized Design, CRD)บันทึกตำแหน่ง และติดตั้งใบมีดตามตำแหน่งที่สุ่มไว้แล้ว (รูปที่ 3.8) การเรียงตำแหน่งของใบมีดจะเรียงแค่ 18 ใบ โดย 2 ใบ หัวและท้ายของแต่ละแกนเพลาจะไม่นำมาเรียง เนื่องจากใบมีดที่หัวและท้ายของแต่ละแกนเพลามีการสึกหรอที่ต่างจากใบอื่นๆมาก เพราว่ามีการเสียดสีที่ขอบของจานหมุน



ก) ตำแหน่งของใบมีดในเพลาที่ 1 ข) ตำแหน่งของใบมีดในเพลาที่ 2 ค) ตำแหน่งของใบมีดในเพลาที่ 3

รูปที่ 3.8 การเรียงตำแหน่งของใบมีดในแต่ละเพลา

โดยที่รหัส XX มีความหมายดังนี้

รหัส X ตัวที่หนึ่งหมายถึงชนิดของใบมีด

หมายเลข 1 คือ ใบมีดแบบเดิม

หมายเลข 2 คือ ใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยลวดเชื่อม

หมายเลข 3 คือ ใบมีดแบบเหล็กชุบแข็ง

หมายเลข 4 คือ ใบมีดแบบใช้เหล็กแหนบ

หมายเลข 5 คือ ใบมีดแบบเดิม แต่เป็น dummy จึงไม่นำมาวิเคราะห์

รหัส X ตัวที่สองหมายถึงจำนวนการซ้ำของแต่ละใบมีด

หมายเลข 1 คือ การซ้ำของใบมีดครั้งที่ 1

หมายเลข 2 คือ การซ้ำของใบมีดครั้งที่ 2

หมายเลข 3 คือ การซ้ำของใบมีดครั้งที่ 3

หมายเลข 4 คือ การซ้ำของใบมีดครั้งที่ 4

ดังนั้นจำนวนการซ้ำของใบมีดจึงมีทั้งหมด 4 แบบ และ 4 ซ้ำ ที่จะนำมาทดลองและวิเคราะห์ผล

3.3.4 การเตรียมปุ๋ย

1) นำวัตถุดิบทั้งหมดผสมให้เข้ากัน

2) นำท่อ PVC ที่เจาะรูมาปักไว้ที่กองปุ๋ยเพื่อระบายอากาศให้กับปุ๋ย

3) นำกระสอบมาคลุมกองปุ๋ยไว้

4) เมื่อครบ 7 วัน เปิดกองปุ๋ยพรมน้ำให้ชุ่ม แล้วคลุมกองปุ๋ยไว้เหมือนเดิม

5) เมื่อครบ 14 วันแล้ว นำปุ๋ยมาบดได้

3.3.5 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

เก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ทำ 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย โดยวิธีการหาความชื้นมีดังนี้

1) สุ่มเก็บตัวอย่างปุ๋ยทุกๆ 0.5 ตัน เป็นจำนวน 3 กระป๋อง

2) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยก่อนอบ หาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกค่า

3) นำปุ๋ยไปอบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4) เมื่ออบปุ๋ยเสร็จแล้ว นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกค่า

5) นำค่าที่บันทึกไว้มาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (สมการที่ 3.1)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักปุ๋ยก่อนอบ} - \text{น้ำหนักปุ๋ยหลังอบ}}{\text{น้ำหนักปุ๋ยหลังอบ}} \times 100 \qquad (3.1)$$

3.3.6 การทดสอบใบมีด ชั่งน้ำหนักและถ่ายรูป

ทดสอบใบมีดทั้ง 4 แบบ อย่างละ 4 ใบ ในเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพด้วยอัตราการทำงานที่ 76 กิโลกรัม/ชั่วโมง และเก็บผลการทดลองทุกๆ 0.5 ตัน ของการการบดปุ๋ยในแต่ละครั้ง โดยการถอดใบมีดและชั่งน้ำหนักของใบมีด หาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีด ถ่ายรูปการสึกหรอของใบมีด ขั้นตอนการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1) นำปุ๋ยที่หมักแล้วใส่กระแป๋งแล้วเทปุ๋ยใส่เครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ โดยแต่ละกระแป๋งหนักประมาณ 4 กิโลกรัม แล้วบันทึกค่า

2) เมื่อผ่านใบมีดตีปุ๋ยแล้ว ปุ๋ยผ่านมาที่ตะแกรงร่อนเพื่อแยกขนาด

3) นำปุ๋ยบดละเอียดแล้วใส่กระสอบ

4) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 ไปจนครบ 0.5 ตัน

5) ถอดใบมีดออก ชั่งน้ำหนักบันทึกผลและหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีด (สมการที่ 3.2)

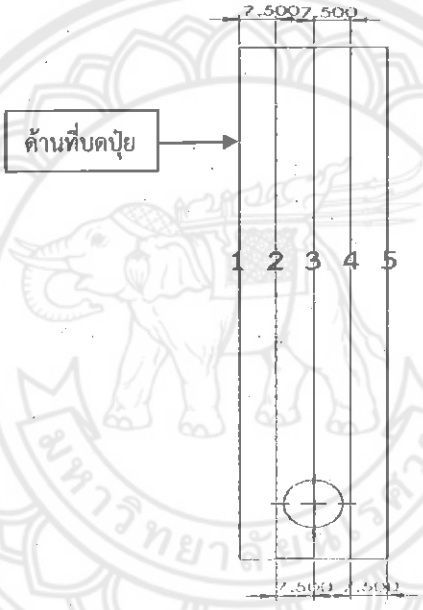
$$\text{เปอร์เซ็นต์การสึกหรอเชิงมวล} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง} - \text{น้ำหนักหลังการทดลอง}}{\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง}} \times 100 \qquad (3.2)$$

6) ถ่ายรูปการสึกหรอของใบมีด

7) ประกอบใบมีดเข้าที่ตำแหน่งเดิม

3.3.7 การวัดขนาดของใบมีด

การวัดขนาดของใบมีดในแต่ละตำแหน่งซึ่งมี 5 ตำแหน่ง โดยวัดตามด้านล่างของใบมีดเริ่มจากด้านที่ตีปุ๋ยและห่างกันตำแหน่งละ 7.5 มม. เพื่อศึกษาลักษณะการสึกหรอของใบมีดในแต่ละตำแหน่ง (รูปที่ 3.9) บันทึกผล



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการวัดขนาดความยาวของใบมีด

3.3.8 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ของใบมีดแต่ละแบบเพื่อที่จะหาต้นทุนที่ลดลงเมื่อเทียบกับแบบเดิม ต่อการเปลี่ยนใบมีด 1 ครั้ง ของแต่ละแบบ เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของใบมีดทั้ง 4 แบบต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายในการสร้างใบมีดแต่ละแบบ

1) ใบมีดแบบเดิม

-ราคาเหล็กแบน 1 เส้น	428	บาท
-ค่าเจาะรูใบมีด 1 ชุด (24ใบ)	50	บาท
รวม	478	บาท

2) ใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม

-ราคาเหล็กแบน 1 เส้น	428	บาท
-ค่าเจาะรูใบมีด 1 ชุด (24ใบ)	50	บาท
-ค่าบากร่อง	50	บาท
-ค่าเชื่อม	50	บาท
รวม	578	บาท

3) ใบมีดแบบชุบแข็ง

-ราคาเหล็กแบน 1 เส้น	428	บาท
-ค่าเจาะรูใบมีด 1 ชุด (24ใบ)	50	บาท
-ค่าชุบแข็ง	200	บาท
รวม	678	บาท

4) ใบมีดแบบเหล็กแหนบ

-ราคาเหล็กเหนบ	400	บาท
-ค่าทำใบมีดพร้อมเจาะรู	200	บาท
-ค่าแหวนรองรูใบมีดพร้อมเชื่อม	74	บาท
รวม	674	บาท

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ค่าความแข็งของใบมีด

จากการทดสอบการวัดค่าความแข็งของใบมีด ทำการวัดจากขอบด้านที่บดปุ้ย และวัดค่าแต่ละจุดห่างกัน 20 มม. ทั้งหมด 3 จุด โดยใช้การทดสอบแบบ Rockwell สเกล C หัวกดเพชรรูปกรวยได้ผล ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความแข็งของใบมีดแต่ละแบบ

รูปแบบใบมีด	ค่าความแข็งของใบมีด (HRC)
แบบเดิม	17
แบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม	20
แบบชุบแข็ง	27
แบบเหล็กแหนบ	39

จากตารางที่ 4.1 พบว่ารูปแบบใบมีด แบบเหล็กแหนบมีค่าความแข็งสูงที่สุดโดยมีค่าความแข็งอยู่ที่ 39 HRC ส่วนใบมีดเดิมมีความแข็งน้อยที่สุดคือ 17 HRC

4.2 ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

จากการทดสอบการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพก่อนการทดสอบทุกๆ 0.5 ตัน โดยการนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2

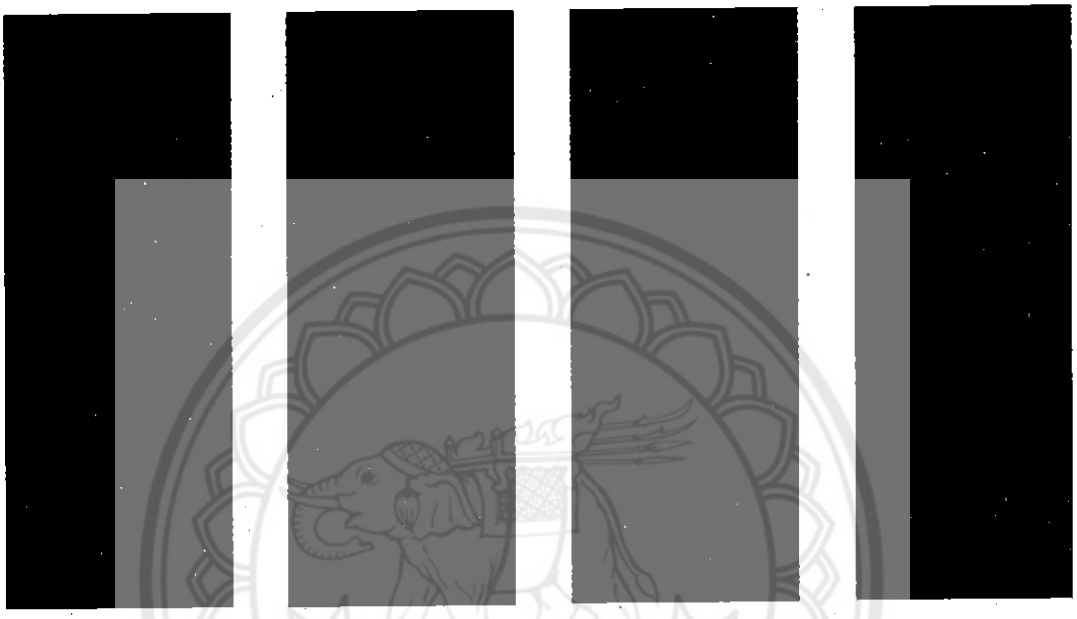
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทุกๆ 0.5 ตัน

น้ำหนักปุ๋ยที่บด (ตัน)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)
0.5	52.92
1.0	44.45
1.5	39.21
2.0	36.85
2.5	30.91
3.0	26.73
3.5	22.58
4.0	28.39
4.5	44.61
5.0	43.32
ความชื้นเฉลี่ย	36.99

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจะเห็นว่าช่วงครึ่งตันแรกปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีความชื้นที่สูงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ นั้นเป็นเพราะความชื้นจากการหมักของปุ๋ยยังคงความชื้นไว้สูง และความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เฉลี่ยอยู่ที่ 36.99 เปอร์เซ็นต์ จากการบดทั้งหมด 5 ตัน

4.3 ลักษณะการสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีชีวภาพ

จากการทดลอง ทำการบดปุ๋ยที่ 5 ตัน การสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 4.1



ก) ใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม ข) ใบมีดแบบชุบแข็ง ค) ใบมีดแบบเหล็กแหนบ ง) ใบมีดแบบเดิม

รูปที่ 4.1 การสึกหรอของใบมีดแต่ละแบบเมื่อผ่านการบดปุ๋ยปริมาณ 5 ตัน

การสึกหรอของใบมีดแต่ละแบบ (รูปที่ 4.1) จะเห็นว่าลักษณะการสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีการสึกหรอตรงด้านที่ใช้แรงกระแทกในการบดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (ด้านที่บดปุ๋ย) ใบมีดมีความเว้าลงจากมุมปลายใบมีดซึ่งจะเห็นได้ว่าใบมีดแบบชุบแข็งและใบมีดแบบเหล็กแหนบมีความเว้าน้อยที่สุดและใบมีดแบบเดิมมีความเว้ามากที่สุด โดยใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อมจะมีการสึกหรอไม่เหมือนอีก 3 แบบ คือจะมีการสึกหรอในส่วนปลายใบมีดมากกว่าในส่วนที่ใช้แรงกระแทกในการบดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เนื่องจากในส่วนที่ใช้แรงกระแทกมีการเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม

จากการวัดขนาดความยาวของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทั้ง 5 ตำแหน่งเมื่อทำการบดปุ๋ยที่ 5 ตัน แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความยาวของใบมีดที่ตำแหน่งต่างๆเมื่อผ่านการบดปุ๋ยปริมาณ 5 ตัน

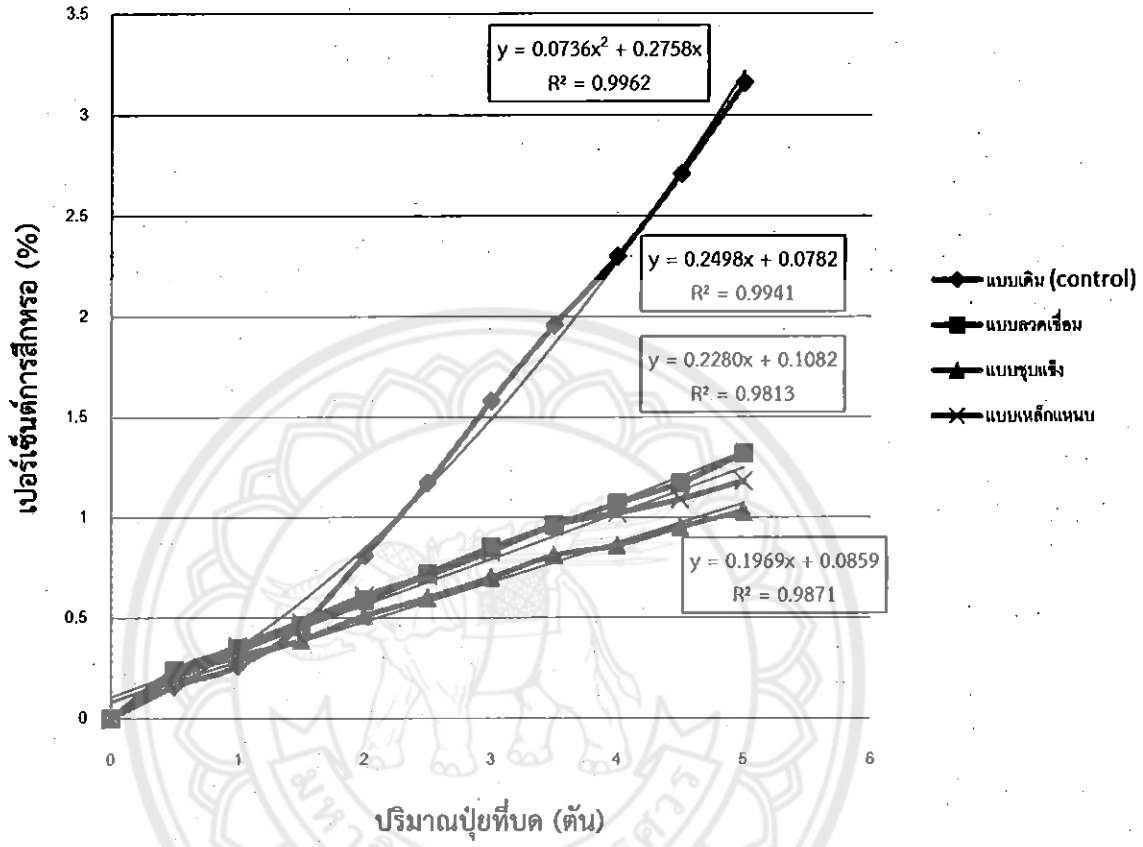
แบบใบมีด	ตำแหน่งที่				
	1	2	3	4	5
แบบเดิม (ซม.)	10.65	12.53	12.88	12.95	13.00
แบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม (ซม.)	12.25	12.80	12.90	12.98	13.00
แบบชุบแข็ง (ซม.)	12.60	12.88	12.95	12.98	13.00
แบบเหล็กแหนบ (ซม.)	12.50	12.85	12.95	13.00	13.00

จากตารางที่ 4.3 พบว่าขนาดของใบมีด ณ ตำแหน่งที่ 1 จะเกิดการสึกหรอมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ เพราะเป็นด้านที่ใช้แรงกระแทกในการบดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (ด้านที่บดปุ๋ย) และ ณ ตำแหน่งที่ 5 จะเห็นว่าใบมีดยังคงขนาดไว้เท่าเดิมไม่มีการสึกหรอใดๆก็เพราะว่า ณ ตำแหน่งที่ 5 นั้นอยู่ด้านตรงกันข้ามกับด้านที่ใช้แรงกระแทกในการบดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (ด้านที่บดปุ๋ย) เมื่อเครื่องทำงานเพลาของชุดใบมีดจะหมุนด้วยความเร็วคงที่ไปในทิศทางเดียวคือด้านที่บดปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ จึงทำให้ ณ ตำแหน่งที่ 5 ไม่ถูกกระทบหรือขูดขีด และไม่เกิดการสึกหรอ

การสึกหรอของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เป็นการสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมีคอล (Tribochemical Reaction) ซึ่งเกิดจากการที่ผิวของใบมีดและปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเกิดการขัดสีและเกิดผลพวงจากปฏิกิริยาทางเคมี โดยค่าความแข็งจะไม่มีผลต่อการสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมีคอล

4.4 ลักษณะการสึกหรอโดยมวล

จากการทดลอง ทำการบดปุ๋ยที่ 5 ตัน เปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยมวลของใบมีดของเครื่องบดพร้อมร่อนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพแต่ละแบบ แสดงดังกราฟรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยมวลของใบมีด

รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยมวลของใบมีด พบว่าใบมีดแบบเดิมมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยมวลสูงที่สุดและมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยมวลในช่วง 1.5 ถึง 5 ตัน เพิ่มสูงมาก และเมื่อทำการบดปุ๋ยหลังจาก 1.5 ตัน พบว่าแนวโน้มของกราฟมีความชันที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ใบมีดแบบชุบแข็งมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดมวลน้อยที่สุดและมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยมวลไม่มากนัก เพราะฉะนั้นใบมีดแบบชุบแข็ง จึงมีความต้านทานการสึกหรอมากที่สุด เปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีดแต่ละแบบ แสดงดังสมการต่อไปนี้

สมการเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีดแบบเดิม

$$Y = 0.0736X^2 + 0.2758X \qquad (4.1)$$

$$R^2 = 0.9962$$

สมการเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม

$$Y = 0.2498X + 0.0782 \quad (4.2)$$
$$R^2 = 0.9941$$

สมการเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีดแบบชุบแข็ง

$$Y = 0.1969X + 0.0859 \quad (4.3)$$
$$R^2 = 0.9871$$

สมการเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของใบมีดแบบเหล็กแหนบ

$$Y = 0.2280X + 0.1082 \quad (4.4)$$
$$R^2 = 0.9813$$

เมื่อ Y = เปอร์เซ็นต์การสึกหรอ (%)

X = จำนวนปุ๋ยที่บด (ตัน)

R^2 = ค่า R-squared

4.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จากการสอบถามข้อมูลผู้ปฏิบัติงานพบว่าจะทำการเปลี่ยนใบมีดประมาณทุกๆ 10 ตันและจากสมการที่ 4.1 พบว่าจะมีการสึกหรออยู่ที่ 9.81 เปอร์เซ็นต์ จึงสรุปได้ว่าจะมีการเปลี่ยนใบมีดใหม่เมื่อมีการสึกหรอที่ 10 เปอร์เซ็นต์ และจากสมการที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 ของใบมีดแต่ละแบบคำนวณหาจำนวนปุ๋ยที่บดได้ของใบมีดแต่ละแบบผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของใบมีดแต่ละรูปแบบที่เปอร์เซ็นต์การสึกหรอ 10 เปอร์เซ็นต์

แบบใบมีด	ดัชนีอายุการใช้งาน (ตัน)	ราคาใบมีด/ชุด	ราคาใบมีด/ตัน (%)
แบบเดิม	1.00	478	100
แบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม	3.93	578	31
แบบชุบแข็ง	4.98	678	28
แบบใช้เหล็กแหนบ	4.30	674	33

* ดัชนีอายุการใช้งาน คำนวณจากจำนวนปุ๋ยที่บดได้ของใบมีดแต่ละแบบหารด้วยอายุการใช้งานของใบมีดแบบเดิม

จากตารางที่ 4.4 พบว่าใบมีดแบบชุบแข็งมีความสามารถในการต้านทานการสึกหรอได้ 5 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับใบมีดแบบเดิมและเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าใบมีดแบบชุบแข็งมีต้นทุนราคาใบมีดต่อตันต่ำที่สุดคือ 28 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นใบมีดแบบชุบแข็งมีดัชนีอายุการใช้งานมากที่สุดคือ 4.98 ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับใบมีดแบบเดิม

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองใช้ใบมีดทั้ง 4 แบบ เมื่อผ่านการบดปุ๋ยปริมาณ 5 ตัน พบว่า

1) ใบมีดแบบเหล็กแหนบมีค่าความแข็งมากที่สุดคือ 39 HRC และใบมีดแบบเดิมมีค่าความแข็งน้อยที่สุดคือ 17 HRC
2) ใบมีดแบบเดิมมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยมวลสูงที่สุดคือ 3.16 เปอร์เซ็นต์ และใบมีดแบบชุบแข็งมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอโดยมวลต่ำที่สุดคือ 1.03 เปอร์เซ็นต์
3) ใบมีดทุกแบบมีการสึกหรอสูงสุดที่บริเวณตำแหน่งที่ 1 (ปลายใบมีดด้านที่ตีปุ๋ย)
4) ใบมีดแบบชุบแข็งสามารถบดปุ๋ยได้มากกว่าแบบเดิม 5 เท่า และมีต้นทุนราคาใบมีด 13.5 บาทต่อตัน ซึ่งถูกกว่าแบบเดิม 33.8 บาทต่อตัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การสึกหรอของใบมีดมีการสึกหรอมากในส่วนตำแหน่งที่ 1 ของใบมีด (ปลายใบมีดด้านที่ใช้แรงกระแทกในการบดปุ๋ย) มากกว่าส่วนอื่นๆ ของใบมีด ดังนั้นการป้องกันการสึกหรอควรป้องกันในส่วนตำแหน่งที่ 1 ของใบมีด เพื่อให้ทนต่อการสึกหรอมากขึ้นและจะได้ลดภาระค่าใช้จ่าย

2) เนื่องจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นการประมาณค่าจากผลการทดลองบดปุ๋ยที่ 5 ตัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากขึ้นควรจะทำการทดลองบดปุ๋ยจนกระทั่งเปลี่ยนใบมีด

เอกสารอ้างอิง

[1] สัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรบ้านแม่ยื้อ ม.9 ต.หนองไม้กอง อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร ปุ๋ยหมักแห้งอินทรีย์ชีวภาพ [สัมภาษณ์เมื่อ 29 สิงหาคม 2554]

[2] กลุ่มกองทุนเพื่อการเกษตรชุมชนบ้านแหลมทอง หลักการทำงานของเครื่องบด สืบค้นจาก http://www.thaitambon.com/tambon/tsmepdesc.asp?Prod=07828162438&ID=180606&SME=07828155938 [สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2554]

[3] เครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer Mill) สืบค้นจาก http://www.grinding-mills.com/hammer-mill [สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2555]

[4] การสึกหรอ สืบค้นจาก http://www.elkalube.com/index.php/component/content/article/1-2009-06-19-03-29-47 [สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2554]

[5] เหล็กแหนบ สืบค้นจากhttp://www.magnumsteel.co.th/standard.html [20 กุมภาพันธ์ 2555]

[6] บริษัท ซี.ซี. ซัพพลาย จำกัด ลวดเชื่อมไฟฟ้า สืบค้นจาก http://cc-supply.com/product/pro_detail.php?cid=10&cid_pr=10&pid=237&cname=ลวดเชื่อมไฟฟ้า [สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2554]

[7] การชุบแข็งเหล็กกล้าเครื่องมือ เอกสารประกอบการสัมมนา ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ วารสารโลหะวัสดุและการกัดกร่อน ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 เมษายน 2538

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ ก.1 ความแข็งของใบมีด

รูปแบบใบมีด	ค่าความแข็งของใบมีด			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
แบบเดิม (control)	18	11	22	17
แบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม	21	22	17	20
แบบเหล็กชุบแข็ง	20	32	29	27
แบบใช้เหล็กแหนบ	36	48	33	39

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ ก.2 ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

น้ำหนักปุ๋ยที่บด (ตัน)	น้ำหนักกระป๋อง (g)	น้ำหนักปุ๋ยรวมกระป๋อง		น้ำหนักปุ๋ย		ความชื้น (%) (d.b)	ความชื้นเฉลี่ย (%)
		น้ำหนักปุ๋ยก่อนอบ(g)	น้ำหนักปุ๋ยหลังอบ(g)	น้ำหนักปุ๋ยก่อนอบ(g)	น้ำหนักปุ๋ยหลังอบ(g)		
0.5	34.69	118.87	90.02	84.18	55.33	52.14	52.93
	35.59	128.41	91.17	92.82	55.58	67.00	
	35.36	124.52	99.21	89.16	63.85	39.64	
1	34.83	110.61	92.69	75.78	57.86	30.97	44.45
	35.61	119.81	87.25	84.20	51.64	63.05	
	35.28	116.37	93.48	81.09	58.20	39.33	
1.5	35.23	126.69	98.44	91.46	63.21	44.69	39.21
	35.48	135.54	110.77	100.06	75.29	32.90	
	35.22	102.71	83.41	67.49	48.19	40.05	
2	35.56	100.02	81.04	64.46	45.48	41.73	36.85
	34.92	120.13	100.32	85.21	65.40	30.29	
	35.14	85.83	71.73	50.69	36.59	38.54	
2.5	34.98	137.17	112.34	102.19	77.36	32.10	30.91
	35.56	113.24	96.92	77.68	61.36	26.60	
	35.76	111.92	92.58	76.16	56.82	34.04	
3	35.59	98.38	84.01	62.79	48.42	29.68	26.73
	35.61	100.36	85.87	64.75	50.26	28.83	
	35.27	100.51	88.88	65.24	53.61	21.69	
3.5	35.44	116.68	103.68	81.24	68.24	19.05	22.59
	35.47	115.03	97.61	79.56	62.14	28.03	
	35.67	122.27	107.43	86.60	71.76	20.68	
4	35.52	111.08	93.77	75.56	58.25	29.72	28.39
	35.64	97.44	82.65	61.80	47.01	31.46	
	34.87	103.65	90.34	68.78	55.47	23.99	
4.5	34.96	125.34	95.87	90.38	60.91	48.38	44.61
	35.66	116.87	92.32	81.21	56.66	43.33	
	35.67	112.89	90.01	77.22	54.34	42.11	
5	35.43	108.56	87.24	73.13	51.81	41.15	43.33
	35.34	114.41	89.98	79.07	54.64	44.71	
	35.63	106.87	85.06	71.24	49.43	44.12	

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักใบมีดและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอเชิงมวลของใบมีดเมื่อทำการบดปุ๋ยทุกๆ 0.5 ตัน

ลักษณะใบมีด	น้ำหนักใบมีด (g)					น้ำหนักที่หายไป (g)				น้ำหนักที่หายไปสะสม (g)			
	เริ่มต้น	0.5 ตัน	1.0 ตัน	1.5 ตัน	2 ตัน	0.5 ตัน	1.0 ตัน	1.5 ตัน	2 ตัน	0.5 ตัน	1.0 ตัน	1.5 ตัน	2 ตัน
แบบเดิม													
1	264.91	264.43	264.14	263.62	262.59	0.48	0.29	0.52	1.03	0.48	0.77	1.29	2.32
2	262.82	262.37	262.15	261.64	260.83	0.45	0.22	0.51	0.81	0.45	0.67	1.18	1.99
3	263.40	263.03	262.78	262.13	261.21	0.37	0.25	0.65	0.92	0.37	0.62	1.27	2.19
4	260.87	260.45	260.24	259.73	258.86	0.42	0.21	0.51	0.87	0.42	0.63	1.14	2.01
เฉลี่ย	263.00	262.57	262.33	261.78	260.87	0.43	0.24	0.55	0.91	0.43	0.67	1.22	2.13
น้ำหนักที่หายไป(%)										0.16	0.26	0.46	0.81
แบบเชื่อม													
1	264.02	263.24	263.04	262.70	262.33	0.78	0.20	0.34	0.37	0.78	0.98	1.32	1.69
2	262.97	262.48	262.17	261.85	261.52	0.49	0.31	0.32	0.33	0.49	0.80	1.12	1.45
3	265.88	265.20	264.83	264.55	264.22	0.68	0.37	0.28	0.33	0.68	1.05	1.33	1.66
4	264.80	264.23	263.98	263.74	263.39	0.57	0.25	0.24	0.35	0.57	0.82	1.06	1.41
เฉลี่ย	264.42	263.79	263.51	263.21	262.87	0.63	0.28	0.30	0.34	0.63	0.91	1.21	1.55
น้ำหนักที่หายไป(%)										0.24	0.35	0.46	0.59
แบบชุบแข็ง													
1	261.13	260.77	260.28	260.09	259.72	0.36	0.49	0.19	0.37	0.36	0.85	1.04	1.41
2	258.18	257.41	257.13	256.93	256.73	0.77	0.28	0.20	0.20	0.77	1.05	1.25	1.45
3	264.16	263.73	263.55	263.25	262.88	0.43	0.18	0.30	0.37	0.43	0.61	0.91	1.28
4	257.26	256.78	256.59	256.38	256.13	0.48	0.19	0.21	0.25	0.48	0.67	0.88	1.13
เฉลี่ย	260.18	259.67	259.39	259.16	258.87	0.51	0.29	0.22	0.30	0.51	0.80	1.02	1.32
น้ำหนักที่หายไป(%)										0.20	0.31	0.39	0.51
แบบเหล็กแหนบ													
1	298.77	298.42	297.96	297.55	297.14	0.35	0.46	0.41	0.41	0.35	0.81	1.22	1.63
2	261.33	260.95	260.63	260.37	260.00	0.38	0.32	0.26	0.37	0.38	0.70	0.96	1.33
3	253.68	252.97	252.70	252.34	251.95	0.71	0.27	0.36	0.39	0.71	0.98	1.34	1.73
4	316.74	315.64	315.20	314.86	314.54	1.10	0.44	0.34	0.32	1.10	1.54	1.88	2.20
เฉลี่ย	282.63	282.00	281.62	281.28	280.91	0.63	0.37	0.34	0.37	0.63	1.01	1.35	1.72
น้ำหนักที่หายไป(%)										0.22	0.36	0.48	0.61

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักใบมีดและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอเชิงมวลของใบมีดเมื่อทำการบดปุ๋ยทุกๆ 0.5 ตัน (ต่อ)

ลักษณะใบมีด	น้ำหนักใบมีด (g)					น้ำหนักที่หายไป (g)				น้ำหนักที่หายไปสะสม (g)			
	เริ่มต้น	2.5 ตัน	3.0 ตัน	3.5 ตัน	4.0 ตัน	2.5 ตัน	3.0 ตัน	3.5 ตัน	4.0 ตัน	2.5 ตัน	3.0 ตัน	3.5 ตัน	4.0 ตัน
แบบเดิม													
1	264.91	261.57	260.45	259.32	258.37	1.02	1.12	1.13	0.95	3.34	4.46	5.59	6.54
2	262.82	259.90	258.83	257.90	257.18	0.93	1.07	0.93	0.72	2.92	3.99	4.92	5.64
3	263.40	260.28	259.25	258.26	257.32	0.93	1.03	0.99	0.94	3.12	4.15	5.14	6.08
4	260.87	257.90	256.84	255.89	254.94	0.96	1.06	0.95	0.95	2.97	4.03	4.98	5.93
เฉลี่ย	**263.00**	**259.91**	**258.84**	**257.84**	**256.95**	**0.96**	**1.07**	**1.00**	**0.89**	**3.09**	**4.16**	**5.16**	**6.05**
น้ำหนักที่หายไป(%)										**1.17**	**1.58**	**1.96**	**2.30**
แบบเชื่อม													
1	264.02	261.96	261.53	261.19	260.82	0.37	0.43	0.34	0.37	2.06	2.49	2.83	3.20
2	262.97	261.15	260.81	260.57	260.30	0.37	0.34	0.24	0.27	1.82	2.16	2.40	2.67
3	265.88	263.83	263.51	263.15	262.89	0.39	0.32	0.36	0.26	2.05	2.37	2.73	2.99
4	264.80	263.15	262.82	262.59	262.38	0.24	0.33	0.23	0.21	1.65	1.98	2.21	2.42
เฉลี่ย	**264.42**	**262.52**	**262.17**	**261.88**	**261.60**	**0.34**	**0.35**	**0.29**	**0.28**	**1.90**	**2.25**	**2.54**	**2.82**
น้ำหนักที่หายไป(%)										**0.72**	**0.85**	**0.96**	**1.07**
แบบชุบแข็ง													
1	261.13	259.42	259.16	258.90	258.75	0.30	0.26	0.26	0.15	1.71	1.97	2.23	2.38
2	258.18	256.54	256.21	255.86	255.73	0.19	0.33	0.35	0.13	1.64	1.97	2.32	2.45
3	264.16	262.64	262.36	262.11	261.94	0.24	0.28	0.25	0.17	1.52	1.80	2.05	2.22
4	257.26	255.93	255.71	255.47	255.35	0.20	0.22	0.24	0.12	1.33	1.55	1.79	1.91
เฉลี่ย	**260.18**	**258.63**	**258.36**	**258.09**	**257.94**	**0.23**	**0.27**	**0.28**	**0.14**	**1.55**	**1.82**	**2.10**	**2.24**
น้ำหนักที่หายไป(%)										**0.60**	**0.70**	**0.81**	**0.86**
แบบเหล็กแหนบ													
1	298.77	296.83	296.62	296.34	296.17	0.31	0.21	0.28	0.17	1.94	2.15	2.43	2.60
2	261.33	259.72	259.44	259.06	258.85	0.28	0.28	0.38	0.21	1.61	1.89	2.27	2.48
3	253.68	251.72	251.28	250.88	250.74	0.23	0.44	0.40	0.14	1.96	2.40	2.80	2.94
4	316.74	314.17	313.78	313.42	313.23	0.37	0.39	0.36	0.19	2.57	2.96	3.32	3.51
เฉลี่ย	**282.63**	**280.61**	**280.28**	**279.93**	**279.75**	**0.30**	**0.33**	**0.35**	**0.18**	**2.02**	**2.35**	**2.71**	**2.88**
น้ำหนักที่หายไป(%)										**0.71**	**0.83**	**0.96**	**1.02**

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักใบมีดและเปอร์เซ็นต์การสึกหรอเชิงมวลของใบมีดเมื่อทำการบดปุ๋ยทุกๆ 0.5 ตัน (ต่อ)

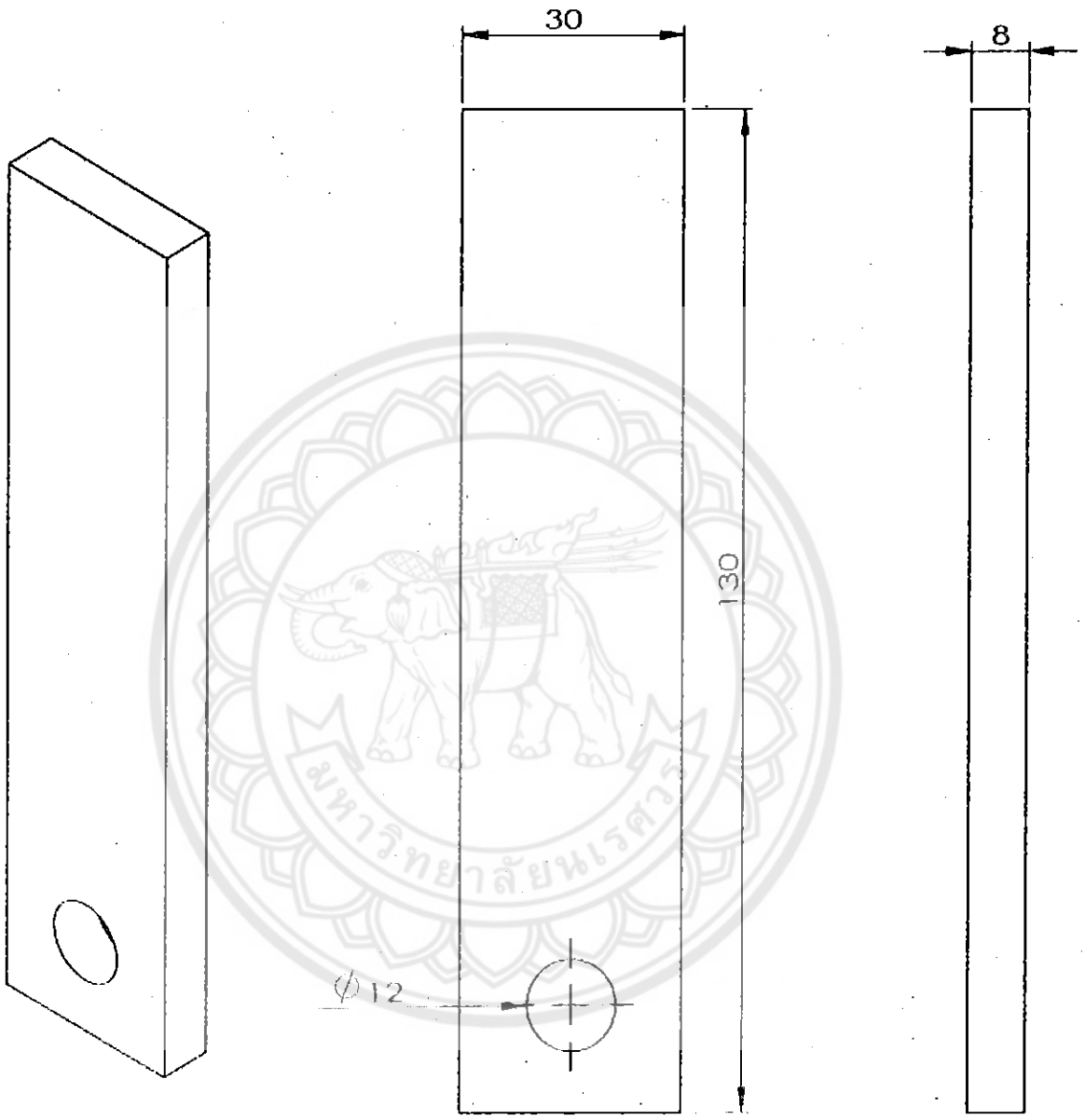
ลักษณะใบมีด	น้ำหนักใบมีด (g)			น้ำหนักที่หายไป (g)		น้ำหนักที่หายไปสะสม (g)	
	เริ่มต้น	4500	5000	4500	5000	4500	5000
แบบเดิม							
1	264.91	257.39	256.42	0.98	0.97	7.52	8.49
2	262.82	256.12	255.23	1.06	0.89	6.70	7.59
3	263.40	256.29	255.43	1.03	0.86	7.11	7.97
4	260.87	253.73	252.53	1.21	1.20	7.14	8.34
เฉลี่ย	**263.00**	**255.88**	**254.90**	**1.07**	**0.98**	**7.12**	**8.10**
น้ำหนักที่หายไป(%)						**2.71**	**3.16**
แบบการเชื่อม							
1	264.02	260.41	259.96	0.41	0.45	3.61	4.06
2	262.97	260.03	259.80	0.27	0.23	2.94	3.17
3	265.88	262.63	262.26	0.26	0.37	3.25	3.62
4	264.80	262.18	261.86	0.20	0.32	2.62	2.94
เฉลี่ย	**264.42**	**261.31**	**260.97**	**0.28**	**0.34**	**3.11**	**3.45**
น้ำหนักที่หายไป(%)						**1.17**	**1.32**
แบบชุบแข็ง							
1	261.13	258.55	258.38	0.20	0.17	2.58	2.75
2	258.18	255.41	255.19	0.32	0.22	2.77	2.99
3	264.16	261.72	261.52	0.22	0.20	2.44	2.64
4	257.26	255.21	255.06	0.14	0.15	2.05	2.20
เฉลี่ย	**260.18**	**257.72**	**257.54**	**0.22**	**0.19**	**2.46**	**2.65**
น้ำหนักที่หายไป(%)						**0.95**	**1.03**
แบบเหล็กแหนบ							
1	298.77	295.98	295.82	0.19	0.16	2.79	2.95
2	261.33	258.68	258.51	0.17	0.17	2.65	2.82
3	253.68	250.50	250.22	0.24	0.28	3.18	3.46
4	316.74	313.03	312.72	0.20	0.31	3.71	4.02
เฉลี่ย	**282.63**	**279.55**	**279.32**	**0.20**	**0.23**	**3.08**	**3.31**
น้ำหนักที่หายไป(%)						**1.09**	**1.18**

ตารางที่ ก.4 ขนาดของใบมีดเมื่อผ่านการบดปุ๋ยปริมาณ 5 ตัน

ลักษณะใบมีด	ตำแหน่ง					ขนาดที่ลดลงเมื่อเทียบกับระยะเดิม				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
แบบเดิม										
1	10.20	12.50	12.90	13.00	13.00	2.80	0.50	0.10	0.00	0.00
2	11.00	12.50	12.90	12.90	13.00	2.00	0.50	0.10	0.10	0.00
3	10.80	12.60	12.90	13.00	13.00	2.20	0.40	0.10	0.00	0.00
4	10.60	12.50	12.80	12.90	13.00	2.40	0.50	0.20	0.10	0.00
เฉลี่ย	**10.65**	**12.53**	**12.88**	**12.95**	**13.00**	**2.35**	**0.48**	**0.13**	**0.05**	**0.00**
แบบเชื่อม										
1	12.20	12.70	12.90	13.00	13.00	0.80	0.30	0.10	0.00	0.00
2	12.30	12.80	12.90	12.90	13.00	0.70	0.20	0.10	0.10	0.00
3	12.10	12.90	12.90	13.00	13.00	0.90	0.10	0.10	0.00	0.00
4	12.40	12.80	12.90	13.00	13.00	0.60	0.20	0.10	0.00	0.00
เฉลี่ย	**12.25**	**12.80**	**12.90**	**12.98**	**13.00**	**0.75**	**0.20**	**0.10**	**0.02**	**0.00**
แบบชุบแข็ง										
1	12.60	12.90	13.00	13.00	13.00	0.40	0.10	0.00	0.00	0.00
2	12.60	12.90	12.90	13.00	13.00	0.40	0.10	0.10	0.00	0.00
3	12.70	12.90	13.00	13.00	13.00	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00
4	12.50	12.80	12.90	12.90	13.00	0.50	0.20	0.10	0.10	0.00
เฉลี่ย	**12.60**	**12.88**	**12.95**	**12.98**	**13.00**	**0.40**	**0.13**	**0.05**	**0.02**	**0.00**
แบบเหล็กแหนบ										
1	12.50	12.90	13.00	13.00	13.00	0.50	0.10	0.00	0.00	0.00
2	12.60	12.90	12.90	13.00	13.00	0.40	0.10	0.10	0.00	0.00
3	12.40	12.80	13.00	13.00	13.00	0.60	0.20	0.00	0.00	0.00
4	12.50	12.80	12.90	13.00	13.00	0.50	0.20	0.10	0.00	0.00
เฉลี่ย	**12.50**	**12.85**	**12.95**	**13.00**	**13.00**	**0.50**	**0.15**	**0.05**	**0.00**	**0.00**

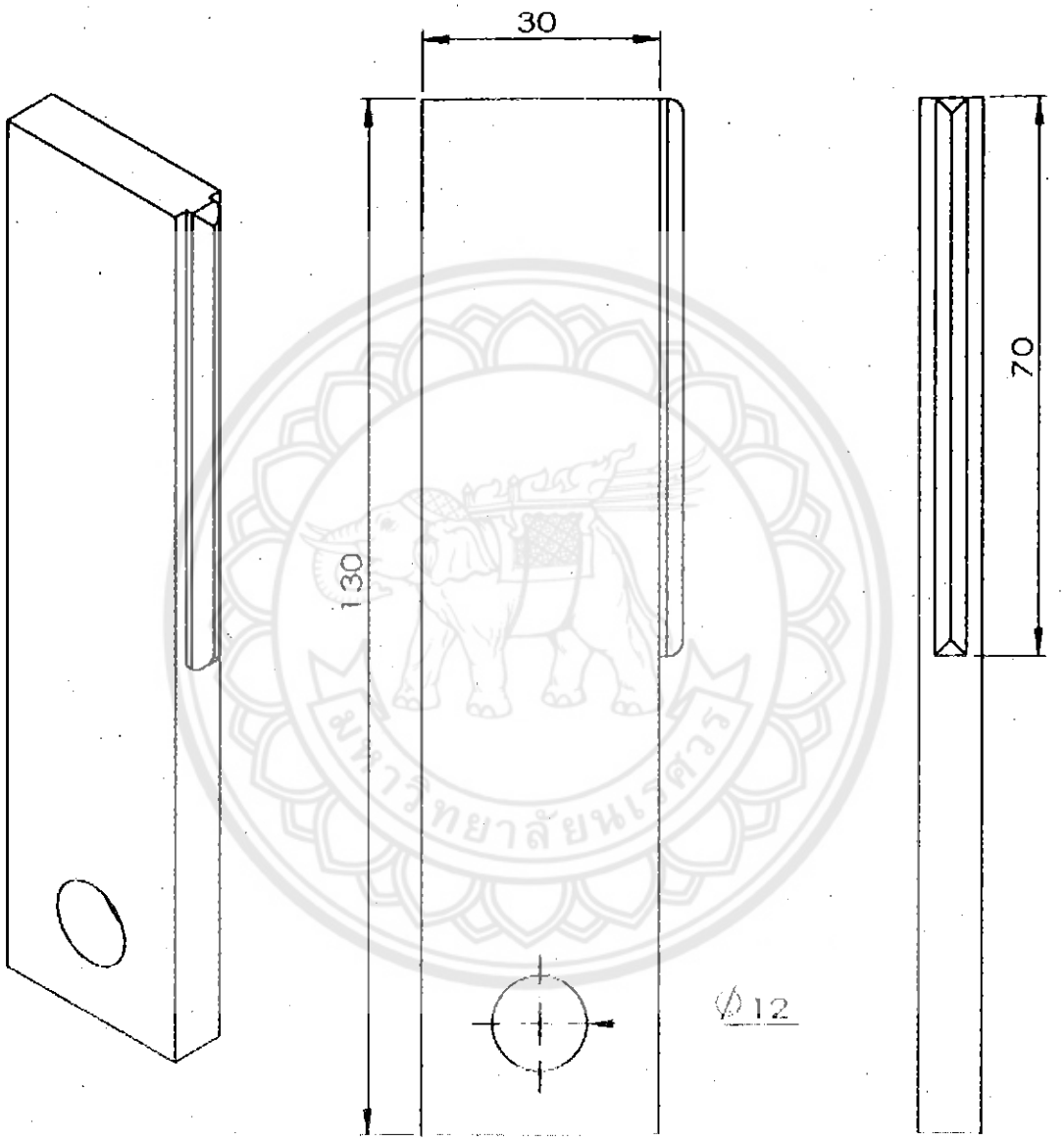
ภาคผนวก ข

Drawing



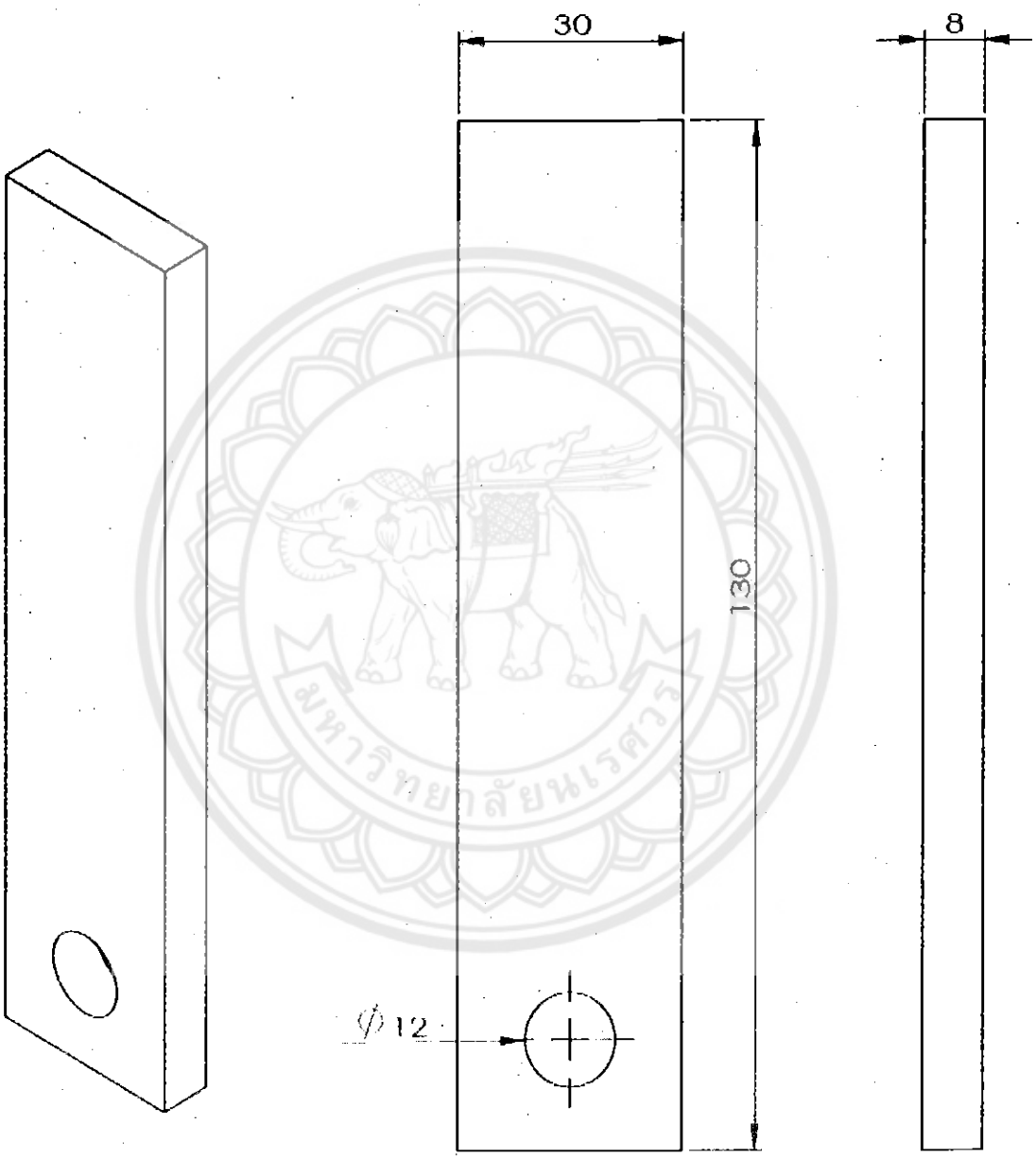
NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

FACUTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ใบมีดแบบเดิม	PROJECT	PLATE : 1
		DATE : 19/09/54	DNBY : SIWA,KOMKRICH,ANEK



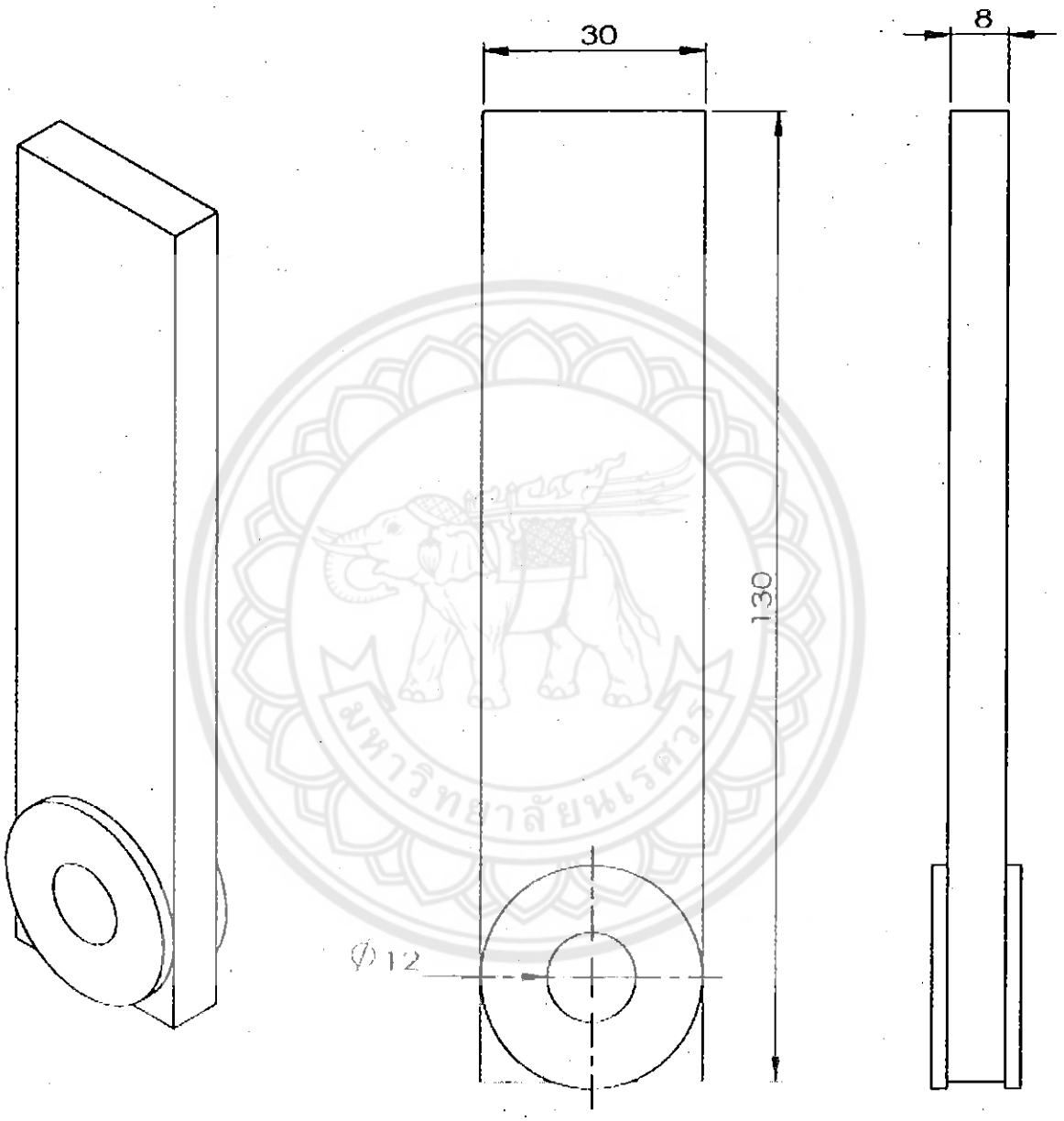
NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

FACUTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ใบมีดแบบเสริมความแข็งด้วยการเชื่อม	PROJECT	PLATE : 2
		DATE : 19/09/54	DNBY : SIWA,KOMKRICH,ANEK



NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

FACUTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ใบมีดแบบชุบแข็ง	PROJECT	PLATE : 3
		DATE : 19/09/54	DNBY : SIWA,KOMKRICH,ANEK



NOTE : ALL DIMENTION ARE IN MILLIMETER

FACUTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ใบมีดแบบเหล็กแหนบ	PROJECT	PLATE : 4
		DATE : 19/09/54	DNBY : SIWA,KOMKRICH,ANEK