เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

MOBILE ROTATIONAL PLASTIC MOLDING MACHINE FOR SMALL AND MEDIUM AGRICULTURE ENTERPRISE

ฐาปกรณ์ อุประ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

ฐาปกรณ์ อุประ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม MOBILE ROTATIONAL PLASTIC MOLDING MACHINE FOR SMALL AND MEDIUM AGRICULTURE ENTERPRISE
ชื่อ-นามสกุล	นายฐาปกรณ์ อุประ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2561

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กระวี ตรีอำนรรค, D.Eng.)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม
ชื่อ-นามสกุล	นายฐาปกรณ์ อุประ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีการนำพลาสติกมาทำเป็นอุปกรณ์ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากโดยมีวิธีการในการขึ้นรูปพลาสติกอุปกรณ์การเกษตรอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่นการขึ้นรูปพลาสติกแบบฉีด การขึ้นรูปแบบเป่าและการขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง ซึ่งเราจะพบเห็นพลาสติกที่เอามาทำอุปกรณ์ทางการเกษตรโดยทั่วไป เช่นการนำพลาสติกมาทำเป็นกระถางปลูกต้นไม้ อ่างเลี้ยงไส้เดือน ที่ใส่อาหารสัตว์ เป็นต้น

การทดสอบโดยเครื่องที่ถูกออกแบบพิเศษใช้มอเตอร์เกียร์ 0.5 hp รอบที่ใช้ 20 รอบต่อนาที สามารถปรับรอบในการหมุนแนวแกนนอนของชิ้นงานและมอเตอร์เกียร์ 1 hp 1:20 ต่อกับ เกียร์ทด 1:60 รอบ/นาที ที่ใช้ในแนวแกนตั้งโดยเครื่องสามารถปรับความเร็วรอบได้ และทำการทดสอบค่าความเร็วรอบในแนวแกนนอน 10:15:20 รอบ/นาที ให้พลาสติกไหลทั่วทั้งแม่พิมพ์ได้อย่างเหมาะสม โดยได้ทำการทดสอบความเร็วรอบในแนวแกนนอนอย่างเดี่ยว แนวแกนตั้งคงที่คือ 2 รอบ/นาที อุณหภูมิ 180°C โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 7,10 และ13นาที ตามลำดับ ในการให้ความร้อน และเป่าเย็น 10 นาที ทดสอบกับเม็ดพลาสติก LLDPE น้ำหนัก 4 กิโลกรัมหล่อกับแม่พิมพ์ กระถางปลูกต้นไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.57 เมตร สูง 0.50 เมตร

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า น้ำหนักพลาสติกที่ 4 กิโลกรัมใช้เวลาในการขึ้นรูปพลาสติก 10 นาที ความเร็วรอบในแนวแกนนอน 40 รอบ/นาที และความเร็วรอบในแนวแกนตั้ง2รอบ/นาที อุณหภูมิในการหล่อ180°C สามารถขึ้นรูปชิ้นงานกระถางปลูกต้นไม้ในงานเกษตรได้รูปทรงในการขึ้นรูปดีที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องขึ้นรูปพลาสติก สถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

Thesis Title	Mobile Rotational Plastic Molding Machine for Small and Medium Agricultural Enterprises
Name - Surname	Mr. Tapagon Ouprara
Program	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Kiattisak Sangpradit, Ph.D.
Academic Year	2018

ABSTRACT

Nowadays, the plastic is used to make different kinds of agricultural equipment. In general, plastic injection molding, blow molding and swirling molding are used to make plastic agricultural equipment such as plastic flowerpots, earthworm nesting bins, and animal feed containers.

The plastic forming machine was specially designed and equipped with a 0.5-hp rotary engine with the rotational speed of 20 rpm. It could be adjusted to rotate the horizontal axis of the work piece with a 1- hp geared motor of 20 rpm, connected to that of 60 rpm on the vertical axis. The machine revolution speed was adjustable. The rotational speed of the horizontal axis was then measured at 10, 15, 20 rpm to let plastic beads flow smoothly in the mold. After that, the horizontal axis was tested with a constant vertical axis of 2 rpm, burned by a gas burner at 180 °C for 7,10,13 minutes, and blown to cool down for 10 minutes. Finally, the mold of a flowerpot with a diameter of 0.57m and height of 0.5m was filled with 4 kilograms of plastic beads (LLDPE).

The experimental result indicated that the best performance of plastic molding for a 0.57m x 0.5m flowerpot was 4 kilograms of plastic beads burned for 10 minutes under the temperature of 180 °C at the rotational speed of 40 rpm on the horizontal axis and 2 rpm on the vertical axis.

Keywords: rotational plastic molding machine, small and medium agricultural enterprises

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ รองศาตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัย ตลอดจนพี่ๆน้องๆ ร่วมชั้นในระดับปริญญาโท ที่ร่วมเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณสถานที่ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบการทำวิจัย ขอบคุณเกษตรกรสำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย จนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกๆคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดเวลาการทำวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป ส่วนข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

ฐาปกรณ์ อุประ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (8)
สารบัญรูป ..... (9)
บทที่ 1 บทนำ 13
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 14
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 14
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 14
1.4 ขั้นตอนการวิจัย/กรอบแนวคิดในการวิจัย 15
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 15
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16
2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องหล่อพลาสติก 16
2.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก (Rotational Molding) 18
2.3 การปลูกมะนาวในกระถาง 19
2.4 ปลูกต้นมะนาวในบ่อซีเมนต์ 21
2.5 การปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ 26
2.6 อ่างไส้เดือน 34
2.7 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives) 35
2.8 เฟืองโซ่ (Sprocket and Chain) 36
2.9 มอเตอร์(Motor) 37
2.10 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ 41
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 56
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ 56
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 57
3.3 วิธีการทดสอบและประเมินผล 66

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 71

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 72

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหล่อขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม 72

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม 75

4.3 ผลการทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม 77

4.4 การประยุกต์ใช้เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมเพื่อผลิตอุปกรณ์ทางการเกษตร 82

4.5 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 85

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 90

5.1 สรุป 90

5.2 ข้อเสนอแนะ 91

บรรณานุกรม 92

ภาคผนวก ก 94

ภาคผนวก ข 99

ภาคผนวก ค 102

ภาคผนวก ง 110

ประวัติผู้เขียน 121

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการจำแนกประเภทกระบวนการผลิตภัณฑ์พลาสติก 17

ตารางที่ 2.2 อุปกรณ์ปลูกมะนาวในท่อซีเมนต์..... 29

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R775-1969 50

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ 79

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถาน ประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม..... 87

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติก 17
รูปที่ 2.2 ภาพแสดงขั้นตอนการขึ้นรูปแบบ Rotational Molding 17
รูปที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เกษตรให้อาหารหมูและกระถางต้นไม้ 19
รูปที่ 2.4 ปลูกมะนาวในกระถาง 20
รูปที่ 2.5 กระถางต้นไม้พลาสติก 21
รูปที่ 2.6 การปลูกต้นมะนาวในบ่อซีเมนต์ 22
รูปที่ 2.7 ระยะการวางบ่อซีเมนต์ 22
รูปที่ 2.8 ปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ 24
รูปที่ 2.9 ปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ 24
รูปที่ 2.10 แปลงปลูกมะนาว 25
รูปที่ 2.11 ปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ 26
รูปที่ 2.12 การปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ 27
รูปที่ 2.13 ปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ 31
รูปที่ 2.14 ท่อซีเมนต์ วงบ่อซีเมนต์ 32
รูปที่ 2.15 ปลูกมะนาวในบ่ซีเมนต์ 33
รูปที่ 2.16 การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินและอ่างเลี้ยงไส้เดือนกับถังพลาสติก 34
รูปที่ 2.17 อ่างเลี้ยงไส้เดือนในคอนกรีต 35
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างโซ่ส่งกำลัง 36
รูปที่ 2.19 เฟืองโซ่ 36
รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบหลักๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 38
รูปที่ 2.21 แปลงถ่านมอเตอร์ 39
รูปที่ 2.22 ทิศทางแรงดันมอเตอร์ 40
รูปที่ 2.23 เกียร์ทด 41
รูปที่ 2.24 การใช้สายพานเพื่อให้อุปกรณ์ตึง 42
รูปที่ 2.25 แสดงมุมโอบ ที่ล้อมู่เล่ย์เล็ก 42
รูปที่ 2.26 การส่งกำลังของสายพาน 43
รูปที่ 2.27 แสดงหน้าตัดของสายพานลิ่มล้อสายพาน 45

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.28 แสดงแรงบนสายพานลิ่ม 45
รูปที่ 2.29 แสดงภาพบอลแบริ่ง 53
รูปที่ 3.1 ลักษณะทางกายภาพของผงพลาสติก : LLDPE 58
รูปที่ 3.2 เครื่องหล่อพลาสติกแบบเดิมรุ่นเก่า 58
รูปที่ 3.3 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนรุ่นเดิม : Rock N Roll 60
รูปที่ 3.4 การถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ 61
รูปที่ 3.5 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนากลางและขนาดย่อม 62
รูปที่ 3.6 โครงสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ 63
รูปที่ 3.7 ชุดหมุนโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติก 64
รูปที่ 3.8 ชุดหมุนส่งกำลังในแนวแกนไปตามชุดหมุนโยกองศา 65
รูปที่ 3.9 แม่พิมพ์หล่อชิ้นงาน 65
รูปที่ 3.10 รูปแผนผังการทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม 67
รูปที่ 3.11 การชั่งน้ำหนักผงพลาสติก 68
รูปที่ 3.12 การเทผงพลาสติกใส่ในแม่พิมพ์ 68
รูปที่ 3.13 การหล่อขึ้นรูปพลาสติก 69
รูปที่ 4.1 รูปชุดเลี้ยงไส้เดือน 73
รูปที่ 4.2 การวัดอุณหภูมิแม่พิมพ์ 74
รูปที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม 75
รูปที่ 4.4 การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม 76
รูปที่ 4.5 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม 77
รูปที่ 4.6 ความสามารถในการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกเพื่อการเกษตร 78
รูปที่ 4.7 การขึ้นรูปได้สมบูรณ์ 80

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 การขึ้นรูปไม่สมบูรณ์..... 81
รูปที่ 4.9 ไม่สามารถขึ้นรูปได้..... 81
รูปที่ 4.10 การปลูกต้นไม้ในกระถางคอนกรีต 82
รูปที่ 4.11 การประยุกต์นำไปทำเป็นกระถ่างปลูกต้นไม้ 82
รูปที่ 4.12 การประยุกต์นำไปทำเป็นกระถ่างปลูกต้นไม้ประดับบ้าน 83
รูปที่ 4.13 การเคลื่อนย้ายกระถางปลูกมะนาว 83
รูปที่ 4.14 การประยุกต์ปลูกมะนาวในกระถางพลาสติกเป็นแนวตามสวน 84
รูปที่ 4.15 ไส้เดือนในถังพลาสติก 84
รูปที่ 4.16 การประยุกต์นำไส้เดือนมาเลี้ยงในถังพลาสติก..... 85
รูปที่ 4.17 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกเพื่อการเกษตร..... 86

บทที่ 1
บทนำ

ในอดีตมนุษย์รู้จักนำเอาวัสดุจากธรรมชาติ เช่น ไม้ ก้อนหิน และโลหะ มาทำเป็นอาวุธหรือภาชนะอื่นๆ ซึ่งพลาสติกเป็นสิ่งที่มนุษย์คิดขึ้นมาในภายหลัง โดยการนำปิโตรเลียมมาผ่านกระบวนการผลิตนั้นๆ พลาสติกจึงกลายเป็นจุดเปลี่ยนของผลิตภัณฑ์ทดแทนวัสดุเดิมที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ โดยอุตสาหกรรมพลาสติกในยุคต้นๆ ยังมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร จึงเป็นที่รู้จักกันว่าสินค้าประเภทนี้ กรอบหรือแตกหักง่าย จึงทำให้พลาสติกเป็นสินค้าราคาถูก ซึ่งอายุการใช้งานจะสั้นกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุแบบเดิม แต่ปัจจุบันความต้องการใช้พลาสติกมีเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ผลิตเม็ดพลาสติกได้คิดค้นวิจัยและพัฒนาคุณภาพของพลาสติกให้ดีขึ้นเรื่อยๆจนสามารถนำมาใช้ทดแทนไม้ และโลหะได้มากขึ้น ซึ่งจะรวมไปถึงภาคการเกษตรด้วย

โดยปัจจุบันนี้เกษตรกรเรามีความรู้ความสามารถสามารถคิดประดิษฐ์ อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆที่จะมาใช้ในการผลิต หรือเพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ต่างๆที่เกี่ยวกับการเกษตร พลาสติกก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยตอบโจทย์ในการสร้างผลิตภัณฑ์ สินค้าที่ช่วยในภาคการเกษตร ในการเป็นวัตถุดิบหนึ่งในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์นั้น ซึ่งจะทำให้เกษตรกร มีเครื่องมือ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา และราคาถูก กว่าที่ทำจากโลหะ ซึ่งโลหะนั้นก็มีน้ำหนักมากกว่าพลาสติก และใช้ขบวนการในการขึ้นรูปที่แพงกว่า ยุ่งยากกว่าพลาสติกซึ่งสามารถขึ้นรูปโดยวิธีการทำให้แม่พิมพ์เกิดความร้อนเพื่อให้พลาสติกละลายการเป็นของเหลว โดยที่ระรูปทรงของชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับแม่พิมพ์ ที่ได้ทำการออกแบบดีไซน์ผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในด้านการเกษตรโดยทั่วไปก็จะรู้จักกันในโปรดักส์พลาสติกทำเป็นรูปทรงต่างๆ เช่น ถังน้ำ ถังน้ำยาเคมี ทุ่นลอยน้ำ เรือ เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่เราต้องพัฒนาผลิตการนำพลาสติกมาทำเป็นโปรดักส์ทางการเกษตรซึ่งที่คิดว่าน่าจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรเป็นอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์นั้นก็คือ อ่างเลี้ยงไส้เดือน โดยจะทำให้เกษตรกรได้มีรายได้จากการเลี้ยงไส้เดือนขาย โดยไส้เดือนนั้นก็จะกินดินถ่ายออกมาเป็นปุ๋ย ซึ่งถือได้ว่าเป็นปุ๋ยชั้นดี ปราศจากสารเคมี กลายเป็นการทำเกษตรปุ๋ยอินทรีไปในตัว ซึ่งเกษตรกรสามารถนำปุ๋ยที่ได้จากไส้เดือนมาใส่กับพืชผลทางการเกษตรได้ แล้วยังมีปุ๋ยจากการเลี้ยงไส้เดือนในขั้นตอนการล้างอ้างไส้เดือนอีกด้วย ในระหว่างการเลี้ยง ซึ่งจะถูกเรียกว่าน้ำเมือกไส้เดือน โดยน้ำเมือกจากการเลี้ยงไส้เดือนสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยได้อีก ซึ่งนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งทางด้านงานเกษตรที่หน้าสนใจ ที่จะต้องทำการพัฒนาตัวเครื่องหล่อพลาสติกให้เหมาะสมกับการใช้งานกับผลิภัณฑ์ เพื่อให้เกิดผลิภัณฑ์ที่ดีดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นให้เกิดเป็นเป็นรูปธรรมโดยสามารถ

ทำงานได้จริงและเกิดประโยชน์ต่อวงการเกษตรไทยเป็นต้น ซึ่งจะช่วยเป็นการขับเคลื่อนประเทศอีกทางหนึ่งด้วย เป็นต้น

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การพัฒนาเครื่องหล่อพลาสติก (Roto Mold) เพื่อใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานให้มีความหลากหลายและทันสมัย ให้ได้ตามความความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆที่จะเกิดขึ้นกับเครื่อง Roto Mold ชนิด “ Rock N Roll ” ยกตัวอย่าง เช่น ถังเก็บน้ำ ถังบำบัดน้ำเสีย ทุ่นลอยน้ำ กระถางต้นไม้ เรือ เป็นต้น

นอกเหนือจากนั้นยังจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีผลิตภัณฑ์หรือเครื่องต้นแบบที่มีรูปแบบที่ขึ้นรูปได้หลากหลายและทันสมัย ซึ่งจะเป็นเครื่องต้นแบบและทดสอบให้แก่เกษตรกรที่อยากเริ่มต้นธุรกิจเพื่อใช้ในการขึ้นรูปพลาสติกและได้เรียนรู้ และรู้จักการขึ้นรูปพลาสติกแบบ Rock N Roll ซึ่งเป็นการขึ้นรูปแบบ Roto mold แบบที่ง่ายและไม่ซับซ้อนเหมาะกับเกษตรกร โดยการเพิ่มเทคโนโลยีให้กับตัวเครื่อง ในการขึ้นรูปที่ทันสมัย ใช้งานง่าย และมีคุณภาพในการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่จะเกิดในอนาคต ในทางด้านการเกษตร การนำพลาสติกมาขึ้นรูปเกี่ยวกับการเกษตรก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ที่จะเสริมสร้างอุปกรณ์ในการทำเกษตรของเกษตรได้เป็นอย่างดี โดยหลักการขึ้นรูปแบบวิธี โรโตโมลดิ่งนี้เป็นการขึ้นรูปพลาสติกแบบง่าย ที่นับได้ว่าเป็นพื้นฐานและเป็นวิธีการที่นิยมขึ้นรูป ซึ่งสะดวกและลงทุนน้อย ต้นทุนต่ำ เมื่อเทียบกับวิธีการขึ้นรูปพลาสติกด้วย กรรมวิธี การฉีดและการเป่าขึ้นรูป ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ขอนข้างสูงและก็มีข้อจำกัด จึงถือเป็นความจำเป็นหนึ่ง ที่จะเลือกที่จะพัฒนาเครื่องหล่อพลาสติกแบบหมุนเหวี่ยง(Rock N Roll) และนำไปต่อยอดในการสร้างผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ให้สามารถใช้งานง่ายราคาถูก และเหมาะสมกับเกษตรกรมากที่สุดในยุคต์สมัยปัจจุบันนี้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มตันของการลงทุนสร้างนวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ใหม่ๆที่เกิดขึ้น ระหว่างการนำพลาสติกมาหล่อขึ้นรูปเพื่อตอบสนองผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อที่จะให้เกษตรกรได้ใช้และเรียนรู้ที่จะต่อยอดกับงานทางด้านการเกษตรกับเครื่องหล่อพลาสติกที่จะได้ทำการพัฒนาสร้างขึ้นต่อไปนี้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มสินค้าทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์ทางด้านการเกษตรอีกทางหนึ่ง ที่เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมเกษตรของประเทศเราต่อไปในอนาคตอย่างแน่นอน ด้วยการคิดพัฒนาต่อยอดเครื่องหล่อพลาสติกเพื่อการเกษตร ให้ใช้งานได้จริง ใช้งานง่าย สะดวกตอการเคลื่อนย้าย ราคาถูก เกษตรกรได้ประโยชน์ประเทศชาติก็ขับเคลื่อนไปได้ โดยไม่ต้องพึงพาเครื่องจักรเครื่องมือทางการเกษตรจากต่างประเทศ

ลดการนำเข้าสินค้าทางการเกษตรจากต่างประเทศได้ เพิ่มรายได้ให้เกษตรกรไทย มีสินค้าในประเทศที่ผลิตจากคนในประเทศที่จากผู้เชียวชาญ และ มีความรู้ความสามารถมากขึ้น นับเป็นโอกาสที่ดีอีกทางหนึ่ง ที่จะได้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาเครื่องหล่อพลาสติกเคลื่อนที่นี้ ให้สามารถใช้งานกับงานด้านการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้รับมาตรฐานในการออกแบบและสร้างเครื่องให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นด้วยหลักวิศวกรรมที่ถูกต้อง แม่นยำ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากรรมวิธีการขึ้นรูป ของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

1.2.3 เพื่อทดสอบและประเมินสรรถนะการทำงานของเครื่องหล่อพลาสติกกับงานเกษตร

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบการขึ้นรูปที่ใช้เครื่องหล่อพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมที่ได้พัฒนาขึ้น กับ เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบเดิมที่นำเข้าจากต่างประเทศวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องหล่อพลาสติกกับงานเกษตร เช่นอ่างเลี้ยงไส้เดือน หล่อกระถางต้นไม้ อ่างปลูกต้นมะนาว ขนาดไม่เกิน 200 ลิตร เป็นต้น

1.3.2 ออกแบบและสร้างเครื่องหล่อพลาสติกกับงานเกษตร ที่ทำงานได้ 2 หัวซึ่งจะช่วยในการประหยัดเวลาอีกทางหนึ่งด้วย ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า กับ 0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง

1.3.3 ทดสอบและประเมินสรรถนะการทำงานของเครื่องโดยใช้ความเร็วรอบของชุดหมุนที่ ความเร็ว 30, 40 และ 50รอบต่อนาที และใช้เวลาในการหล่อ 7-10 และ 13นาทีตามลำดับ

1.3.4 ใช้เม็ดพลาสติก (LLDPE)ในการทดสอบ

1.4 ขั้นตอนการวิจัย/กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4.1 เป็นเครื่องหล่อขึ้นรูปพลาสติกที่สามารถใช้กับงานเกษตร เหมาะกับสำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม ใช้คนคุมเครื่องแค่ 1 คน

1.4.2 วัสดุและอุปกรณ์ประกอบตัวเครื่องต้องสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดและสามารถผลิตได้เองในประเทศ

1.4.3 มีความสะดวก และความปลอดภัยในการใช้งาน

1.4.4 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รู้จักวิธีการขึ้นรูปอุปกรณ์ทางการเกษตร ด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

1.5.2 สามารถเพิ่มผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ทำจากพลาสติก ซึ่ง จะทำได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหล่อมาใช้ในงานเกษตร โดยมีน้ำหนักที่เบาสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย

1.5.3 นักศึกษาได้ใช้ความรู้ที่ได้เรียน มาใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องหล่อพลาสติกมาใช้กับงานด้านการเกษตรได้

1.5.4 เพื่อต้องการลดการนำเข้าจากต่างประเทศและได้ผลิตภัณฑ์ใหม่และต่อยอดกับงานด้านการเกษตรได้หลากหลายมากขึ้น ทำให้ธุรกิจ SMEs ได้เริ่มต้นธุรกิจที่มีการลงทุนที่ใช้ค่าใช้จ่ายน้อย

1.5.5 เกษตรกร SMEs สามารถคิดผลิตภัณฑ์ขึ้นมาแล้วสามารถผลิตสินค้าขึ้นเพื่อนำไปขายและใช้เองได้โดยเครื่องหล่อพลาสติกชนิดนี้

1.5.6 สามารถขึ้นรูปพลาสติกอ่างเลี้ยงไส้เดือน กระถางต้นไม้ อ่างปลูกมะนาว เพื่อตอบสนองความต้องการสินค้าทางการเกษตรได้

1.5.7 สามารถนำไปต่อยอดธุรกิจ SMEs ได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

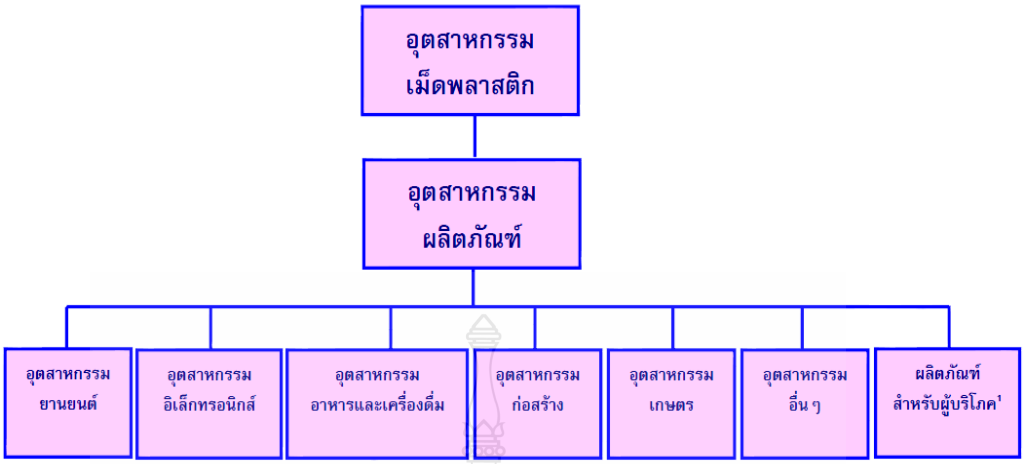
2.1 ข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องหล่อพลาสติก

ในปัจจุบัน ความคิดสร้างสรรค์และการออกแบบเพื่อเป็น เครื่องมือสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนให้เกิดนวัตกรรมต่างๆ เพื่อ ตอบสนองความต้องการของผู้คนในสังคมให้มากขึ้น โดยเฉพาะ อย่างยิ่งการใช้ความคิดสร้างสรรค์ตลอดทั้งกระบวนการผลิต เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปลักษณ์และคุณสมบัติที่ดีขึ้นสามารถ ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ถือเป็นการสร้างคุณค่าและ เพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ (High Value Added Product)

แนวคิดนี้เปรียบเสมือนการติดอาวุธทางธุรกิจที่จะช่วยสร้าง จุดเด่นและยกระดับจากสินค้าและบริการทั่วไป ให้กลายเป็น สินค้าและบริการที่โดดเด่น มีเอกลักษณ์เป็นของตนเอง เป็นที่ จดจำในกลุ่มเป้าหมายและ ที่สำคัญคือยังสามารถสร้างราคาของสินค้าให้เพิ่มมากขึ้น เป็นการเปิดช่องทางการตลาดใหม่ๆ และเพิ่มศักยภาพทางธุรกิจให้เติบโตอย่างแข่งแกร่งอีกด้วย

สำหรับเอสซีจี เคมิคอลส์ เรามองว่า ‘พลาสติกคือวัสดุ แห่งจินตนาการ’ เพราะพลาสติกเป็นวัสดุที่สามารถรองรับและ ปรับเปลี่ยนไปตามความคิดสร้างสรรค์ของผู้ออกแบบ ผสมผสาน กับการทำงานที่ทุ่มเทด้านการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D) ยิ่งทำให้พลาสติกนั้นเพิ่มคุณค่ามากกว่าที่เคยเป็น

All Around Plastics ฉบับนี้ จึงรวบรวมหลายเรื่องราว ที่น่าสนใจของการใช้ความคิดสร้างสรรค์ผ่านวัสดุรอบตัวเรา อย่างพลาสติก เพื่อสร้างแรงบันดาลใจใหม่ๆ ให้แก่ผู้อ่านทุกท่าน รวมทั้งผู้ประกอบการซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเร่งปรับตัว เพื่อเดินให้ทันกลไกทางการตลาด รวมทั้งสร้างขีดความสามารถ ในการพัฒนาสินค้าและบริการที่มีมูลค่าเพิ่มให้ธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก ของประเทศไทยมีจำนวนโรงงานที่ขึ้นทะเบียนกับกอง ควบคุมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 4,560 โรงงาน (อ้างอิงข้อมูลปี พ.ศ. 2547) มีจำนวน แรงงานทั้งสิ้น 183,703 คน และมีจำนวนเงินลงทุนรวมทั้งสิ้นกว่า 136,795 ล้านบาท อุตสาหกรรม พลาสติกจัดเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดย เป็นอุตสาหกรรมที่ ทำหน้าที่เปลี่ยนเม็ดพลาสติกไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมกลุ่ม ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูป2.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติก [1]

จากการศึกษากระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก ในอุตสาหกรรมพลาสติกของประเทศไทยได้ทำการจัดกลุ่มอุตสาหกรรมการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยทำการพิจารณาแบ่งตามกระบวนการ ผลิต และ ประเภทของผลิตภัณฑ์พลาสติก ดังนั้นจึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 13 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่

ตาราง2.1 แสดงการจำแนกประเภทกระบวนการผลิตภัณฑ์พลาสติก[2]

ลำดับ	กระบวนการผลิต	ประเภทผลิตภัณฑ์	วัตถุดิบ (ประเภทเม็ดพลาสติก)
1	Blow Molding	ถังน้ำมันเครื่อง/ขวดแชมพู	PP,PE,PET,HDPE
2	Stretch Blow Molding	ขวด PET	PET,PP,HDPE
3	Injection Molding	ชิ้นส่วนรถยนต์,ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (IC) เครื่องใช้ในครัวเรือน, เครื่องใช้ไฟฟ้า,และชิ้นวางของ	Thermoplastics (PP,PE,HDPE,ABS,PS,PC)
4	Blow Film Extrusion	ถุงพลาสติก	HDPE,LDPE,LLDPE
5	Film Extrusion	แผ่นฟิล์มบาง (ฟิล์มบรรจุภัณฑ์,เทปกาวฯลฯ)	PP,PE,PET,HDPE
6	Sheet Extrusion	แผ่นพลาสติก,แฟ้มพลาสติก,ฯลฯ	PP,PE,PS,PMMA
7	Pipe/Tube Extrusion	ท่อน้ำประปา,ท่อระบายน้ำ,ท่อ PVC/PE,ฯลฯ	PVC,PE,PP
8	Profile Extrusion	รางน้ำฝน,ขอบหน้าต่าง,รางสายไฟ,วงกบ,ฯลฯ	PVC Rigid,HDPE
9	Rotational Molding	ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่ , ถงขยะ , ถังแช่น้ำแข็ง,ฯลฯ	PVC,PP,HDPE
10	Thermoforming	ถาดใส่บรรจุภัณฑ์อาหาร,ถ้วยน้ำดื่ม,ฯลฯ	PS,PE,PP,PET
11	Laminating	ถุงใส่ขนมอบกรอบ,ถุงบรรจุภัณฑ์หลายชั้น,ฯลฯ	PE,PP
12	Tape Yarn/Filament	กระสอบพลาสติก,ถุงปุ๋ย,ถุงจัมโบ้,ฯลฯ	PP,HDPE,PA6,PA66,PET
13	Compressed Molding	ถ้วย,จาน,ชาม,ช้อน,เครื่องใช้ในครัวเรือน (ที่ทำจาก Melamine)	Melamine
14	Other (Calendering,ete.)	ผลิตภัณฑ์พลาสติกอื่นๆ	อื่นๆ

2.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก (Rotational Molding)

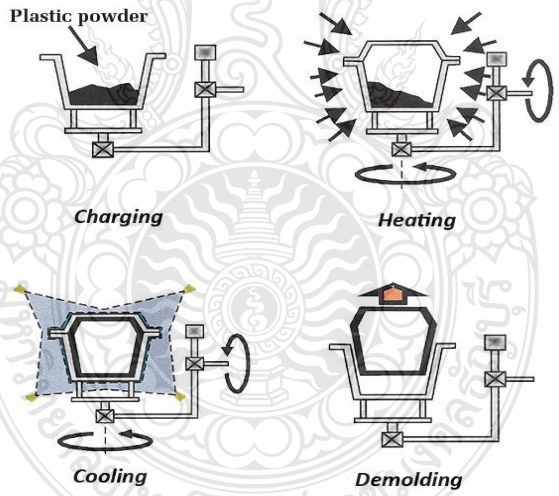
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยวิธีหมุน เหมาะ สำหรับผลิตชิ้นงานภายในกลวงขนาดใหญ่ ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่ไม่มีความเคน ผิวงานเรียบร้อย ระยะเวลาการผลิตต่ำ และมีความหนาสม่ำเสมอ หลักการทำงาน ของการขึ้นรูปแบบนี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ดังนี้ ดังรูปที่ 2.2

1) การใส่วัตถุดิบวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกพวกเทอร์โมพลาสติกอาจจะมีลักษณะเป็นของเหลว หรือ เป็นผงก็ได้ นำมาใส่เข้าไปในแม่พิมพ์กลวงหลังจากนั้นปิดฝาประกบแม่พิมพ์

2) การขึ้นรูปหรือการหลอมละลาย (molding หรือ curing) ย้ายแม่พิมพ์เข้าไปยังห้องร้อนเพื่อนำไปหมุน สองแกนพร้อมทั้งให้ความร้อนเพื่อให้พลาสติกเหลว และไหลเกลี่ยไปตามผิวภายในของแม่พิมพ์จน ทั่วถึง ด้วยแรงโน้มถ่วง (ไม่ใช่แรงเหวี่ยง)

3) การทำให้เย็น (cooling) ย้ายไปยังห้องเย็นโดยอาจจะใช้อากาศเย็น หรือน้ำเย็นพ่นใส่แม่พิมพ์ แต่แม่พิมพ์จะต้องยังคงหมุนอยู่ เพื่อลดการหดตัวของชิ้นงานขณะทำการหล่อเย็น

4) การนำเอาชิ้นงานออก (unloading) จากนั้นเมื่อชิ้นงานแข็งตัวและคงรูปแล้ว ก็สามารถเปิดแม่พิมพ์ ออก เพื่อนำชิ้นงานออกได้



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงขั้นตอนการขึ้นรูปแบบ Rotational Molding [2]

ผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Rotational Molding: ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่, ถังที่ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร, ห้อง อาบน้ำ, ถังขยะ, เรือบดทั้งลำ,เครื่องเล่นสำหรับเด็กในสวนสนุก เป็นต้น

รูปที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์เกษตรให้อาหารหมูและกระถางต้นไม้ [4]

2.2 การปลูกมะนาวในกระถาง

การเลือกใช้กระถาง และวางกระถางกระถางที่ใช้ปลูกมี 3 แบบคือกระถางพลาสติกกระถางดินเผา และกระถางจากวัสดุไม่ใช้ต่างๆ ซึ่งผู้ปลูกส่วนใหญ่มักหาซื้อกระถางพลาสติกหรือกระถางดินเผา ที่มีขนาดแตกต่างกัน หากใช้กระถางที่มีขนาดใหญ่ย่อมทำให้มีปริมาตรดินมากขึ้น หากใช้กระถางเล็กย่อมต้องใช้ดินน้อย ปัจจัยนี้มีผลต่อการแผ่ขยายของราก และสารอาหารที่มะนาวต้องการ ดังนั้นการใช้กระถางขนาดใหญ่ย่อมทำให้ต้นมะนาวเจริญเติบโตดี และมีอายุต้นได้นานมากกว่ากระถางขนาดเล็ก ทั้งนี้ ขึ้นกับปัจจัยการดูแลเป็นสำคัญ และการเลือกใช้ขนาดกระถางต้องเหมาะสมกับพื้นที่วาง หากต้องยกหรือเคลื่อนกระถางต้องยกหรือเคลื่อนที่ได้ง่าย[3]

รูปที่2.4 ปลูกมะนาวในกระถาง [4]

สายพันธุ์มะนาวที่นำมาปลูกได้ผลดี ได้แก่ มะนาวแป้นพันธุ์พิจิตร มะนาวแป้น มะนาวพันธุ์พวงเพชร และมะนาวไข่

2.3.1 ข้อดีการปลูกมะนาวในกระถาง คือ

1. ประหยัดพื้นที่ เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่มีที่ดินหรือมีที่ดินน้อย
2. สามารถปลูกได้บนดาดฟ้าหรือระเบียงห้องบนตึกหรืออาคารสูง
3. ง่ายต่อการดูแล และการให้น้ำ
4. สามารถบังคับให้ออกลูกนอกฤดูกาลได้ง่าย
5. ยกหรือเคลื่อนย้ายได้ง่าย
6. สามารถจัดเป็นไม้ประดับได้อีกทาง

2.3.2 วัสดุอุปกรณ์

กระถางดินเผาหรือกระถางพลาสติกกระถางที่ใช้อาจเป็นกระถางดินเผา กระถางเซรามิกส์หรือกระถางพลาสติก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-20 นิ้วและต้องมีรูระบายน้ำด้านล่าง นอกจากนั้นเราสามารถประยุกต์ใช้ภาชนะอื่นสำหรับการปลูกได้ เช่น ถัง กะละมัง ตุ่มน้ำ เป็นต้น

รูปที่2.5 กระถางต้นไม้พลาสติก[6]

2.3.3 ข้อเสีย

1. ต้นเจริญเติบโตไม่ค่อยดีเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกบนดินหรือในท่อซีเมนต์
2. ต้องเติมแร่ธาตุให้ปุ๋ยธาตุอาหารมากเพื่อให้ดินมีธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเติบโตและให้ผลผลิต
3. อายุของต้นมะนาวจะมีอายุสั้นกว่าการปลูกกับพื้นดินโดยทั่วไปแต่ไม่แตกต่างกันมากนัก
4. การดูแลรักษาก็ต้องมั่นตัดแต่งกิ่งไม้ให้มีขนาดสูงหรือทรงพุ่มใหญ่เพื่อจะให้เหมาะสมกับพื้นที่และขนาดของกระถางที่ใช้ในการปลูก
5. กระถางปลูกต้นไม้อาจจะล้มได้ ทำให้กระถางแตกได้ง่าย

2.3 ปลูกต้นมะนาวในบ่อซีเมนต์

ถ้าเราอยากให้มะนาวออกลูกนอกฤดูกาลก็สามารถทำได้ โดยไม่ต้องพึ่งวิธีการวิทยาการให้ยุ่งยาก ซึ่งสามารถเริ่มจากการเตรียมกิ่งพันธุ์สมบูรณ์มาชำลงในถุงดำที่มีดินผสมแกลบและรอให้รากมีความแข็งแรง และในระหว่างนั้นก็มาเตรียมส่วนของพื้นที่ปลูก โดยการเลือกใช้บ่อซีเมนต์ขนาด 80 x 40 เซนติเมตรมาใช้ในการปลูก ซึ่งมีวิธีคือต้องรองก้นบ่อด้วยฝาบ่อซีเมนต์ขนาด 100 เซนติเมตร

จากนั้นนำหน้าดินที่มีแร่ธาตุและสารอาหารมาผสมปุ๋ยคอกในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน มาเติมแกลบเพื่อให้ดินร่วนซุย และเมื่อรากต้นมะนาวในถุงดำแข็งแรงแล้ว เราก็สามารถย้ายต้นมะนาว ลงปลูกในบ่อซีเมนต์ กลบดินบริเวณโคนต้นให้มีความแน่น โดยปักไม้ที่ทำจากไม้ไผ่ทำเป็นหลักเพื่อยึดต้นมะนาว และเพื่อให้ต้นมะนาวทนทานไม่หักเอน

รูปที่ 2.6 การปลูกต้นมะนาวในบ่อซีเมนต์[5]

2.4.1 การเตรียมวงบ่อซีเมนต์

การใช้วงบ่อซีเมนต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 – 100 ซม. และสูง 40 ซม. ที่ด้านล่างของวงบ่อซีเมนต์ต้องมีแผ่นซีเมนต์วงกลมวางรองอยู่ก้นวงบ่อซีเมนต์ (แต่ต้องไม่เชื่อมต่อกับวงบ่อ)

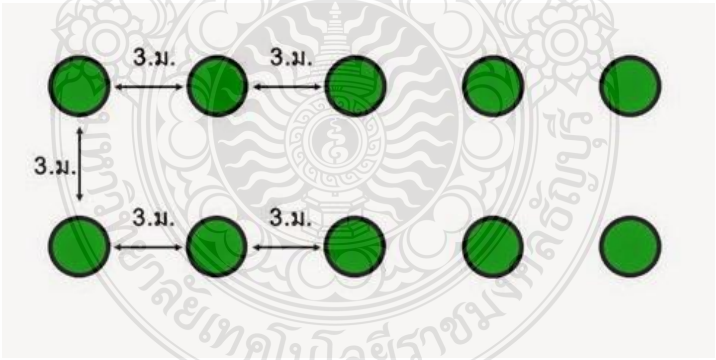
2.4.2 ระยะการวางบ่อซีเมนต์ ปลูกได้ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 ระยะห่างระหว่างแถวห่างกัน 3 เมตร ระหว่างต้นห่างกัน 3 เมตรซึ่งเพื่อจะสะดวกต่อการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ซึ่งมะนาวเป็นเครื่องปรุงรสเปรี้ยวที่ทุกคนชื่นชอบ และต้องการในการปรุงรสคงจะไม่มีใครที่ไม่เคยลิ้มรสชาติความเปรี้ยวของมะนาว ซึ่งไม่มีสิ่งใด ที่จะมาทดแทนคุณลักษณะเหล่านี้ได้ จึงทำให้มะนาว เป็น เครื่องปรุงรส ที่อยู่คู่กับ คนไทย ครัวไทย แต่ ทำไมราคาผลผลิตมะนาว ในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน ของทุกๆ ปีถึงจะมี ราคาแพงบางปีมีราคาสูงกว่าผลละ10บาท จึงทำให้หลายคนสนใจที่จะปลูกมะนาวเพื่อที่จะเอาไว้ใช้บริโภคในครัวเรือน หรือ เอาไว้จำหน่ายในช่วงที่

มะนาวมีราคาแพง ซึ่งส่วนใหญ่ ก็มักจะพบกับความผิดหวังทั้งสิ้น เพราะมะนาวมักจะไปออกผลในช่วงที่ผลมะนาวมีราคาถูก ผลละ ไม่กี่บาท แต่พอถึงช่วงแพง ก็กลับไม่ออกผล ต้องไปซื้อมะนาวราคาแพงมารับประทานเช่นเดิม ดังนั้นการตัดสินใจที่จะปลูกมะนาวให้ได้ผล จึงจำเป็นต้องมองที่วัตถุประสงค์หลักของผู้ปลูกและความสา มารถที่จะเอาใจใส่ดูแลต้นมะนาวว่ามีเวลามากน้อยเพียงใด เป็นองค์ประกอบหลัก เพราะในปัจจุบันมีสายพันธุ์มะนาวไม่น่าจะน้อยกว่า 20 พันธุ์ที่ปลุกในประเทศไทย แต่ละสายพันธุ์ก็จะมีข้อดี ข้อเสียที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าเกษตรกรต้องการปลูกมะนาวไว้สำหรับบริโภคในครัวเรือนเพียงไม่กี่ต้น ก็ควรเลือกใช้สายพันธุ์มะนาวที่ดูแลง่าย และไม่ต้องใช้สารเคมีในการป้องกันดูแลโรคและแมลงมากนัก เช่น พันธุ์พิจิตร 1 พันธุ์ด่านเกวียน (มะนาวน้ำหอม) หรือพันธุ์ตาฮิติ (มะนาวไร้เมล็ด) ทั้งหมดเป็นสายพันธุ์ที่ดูแลรักษาง่ายกว่าสายพันธุ์อื่นๆถึงแม้ว่าคุณภาพอาจจะสู้กับมะนาวแป้นรำไพหรือแป้นทะวายไม่ได้ แต่ก็การันตีว่าได้กินผลแน่นอนและยิ่งถ้าปลูกในวงบ่อซีเมนต์ (ขนาด 80 X 40 เซนติเมตร) ด้วยแล้ว มะนาวจะมีราคาแพงแค่ไหนก็ยังมีผลมะนาวทานตลอดทั้งปี แต่สำหรับผู้ที่ต้องการปลูกมะนาวเป็นอาชีพนั้น

โดยในการปลูกต้นมะนาวไว้ขายหรือกินนั้นเราจะดูเฉพาะในช่วงที่มะนาวมีราคาแพงเพียงอย่างเดียวไม่ได้ เพราะว่าในช่วงที่มะนาวมีราคาแพงไม่ว่ามะนาวพันธุ์ไหนก็สามารถจำหน่ายได้ทั้งหมดแต่ถ้าเป็นในช่วงที่มะนาวมีราคาถูกบางสายพันธุ์อาจจะไม่สามารถจำหน่ายได้เลย หรือจะนำไปแปรรูปก็ใช้ไม่ได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาให้ดี



รูปที่ 2.7 ระยะการวางบ่อซีเมนต์ [5]

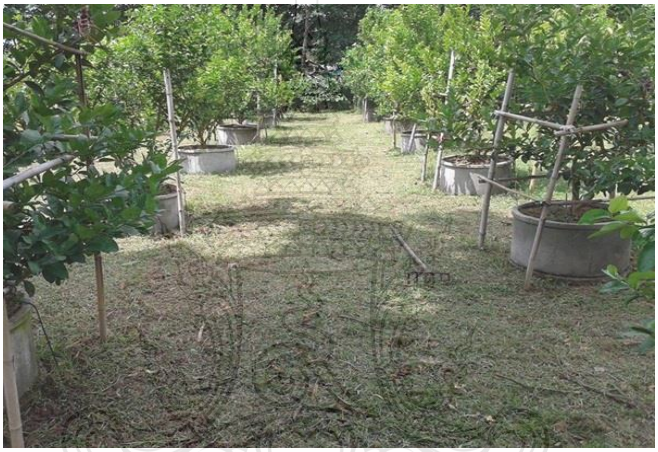
แบบที่ 2 การปลูกต้นมะนาวที่มีระยะห่างระหว่างแถวห่างกัน 3.5 เมตร และระหว่างต้นห่างกัน 3 เมตร เพื่อให้สะดวกต่อการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวผลผลิต

รูปที่ 2.8 ปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ [5]

โดยเทคนิคการปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร ที่ต้องการปลูกต้นมะนาวให้มะนาวสามารถออกลูกนอกฤดูกาลได้ และง่ายต่อการจัดการ เนื่องจากเราต้องการปลูกต้นมะนาวในบ่อซีเมนต์สามารถปลูกให้มีขนาดทรงพุ่มเท่ากับการปลูกในแปลงดินได้ และง่ายต่อการรดน้ำเพื่อบังคับให้ต้นมะนาวออกลูกนอกฤดูกาลได้

รูปที่ 2.9 ปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ [7]

การเริ่มต้นปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ เริ่มจากการเตรียมพื้นที่ โดยพื้นที่นั้นจะต้องมีแดดส่องถึงตลอดหรือประมาณ 60% ที่มีแสงแดดส่องถึงต่อวัน โดยเฉพาะในช่วงเช้าหากมีแดดส่องถึงจะยิ่งดี และตอนหน้าฝนจะต้องไม่มีน้ำขังเป็นอันขาด เมื่อได้พื้นที่แล้วจากนั้นจะเป็นการเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกมะนาว สำหรับใครที่มีพื้นที่เหลือสามารถปลูกให้ห่างกันได้ เช่น 3×4, 4×4, 4×5 เมตร โดยไม่แนะนำไม่ปลูกห่างมากกว่าขนาดดังกล่าว เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองโดยใช่เหตุ แนะนำให้ปลูกห่างกันเป็นขนาดความกว้าง x ยาว 3×2 เมตร โดยฝั่งที่หันหน้าเข้าเจอดวงอาทิตย์ตอนเช้า ให้ปลูกห่างกัน 2 เมตร และฝั่งที่โดนเงา ให้ปลูกห่างกันเป็น 3 เมตร ไม่แนะนำให้ปลูกชิดกันมากไปกว่านี้เพราะมะนาวจะไม่ได้รับแสงแดดเต็มที่ และเมื่อแดดส่งไม่ถึงโดนต้นปัญหาพวกเชื้อโรคก็จะตามมา



รูปที่ 2.10 แปลงปลูกมะนาว [5]

การเตรียมดินสำหรับปลูกมะนาวส่วนผสมของดินจะใช้วัสดุหลัก 3 ชนิด คือ หน้าดิน 1 ส่วน มูลวัวเก่า 1 ส่วน และ แกลบ+เศษใบไม้ 2 ส่วน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน การใช้แกลบจะช่วยให้สภาพดินมีการระบายน้ำที่ดีและดินไม่แน่น ถ้าใช้แค่หน้าดินผสมกับขี้วัวจะทำให้ดินปลูกแน่นมากเกินไป เวลาให้น้ำไป 4-5 วัน น้ำยังไม่ถึงข้างล่างของบ่อ และการใส่ดินจะต้องใส่ให้พูนเป็นภูเขา โดยสิ่งที่ต้องเน้นเป็นพิเศษนั้นคือ จะต้องขึ้นเหยียบที่ขอบวงบ่อ บริเวณตรงกลางไม่ต้องเหยียบ การใส่ดินให้เป็นภูเขาจะช่วยในเรื่องดินยุบลงมาเสมอวงบ่อได้นานถึง 1 ปี

วิธีการปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ หลังจากที่ใส่ดินลงไปในบ่อซีเมนต์แล้ว ให้ทำการขุดตรงกลางออกความลึกพอเหมาะกับขนาดของกิ่งชำ ถุงดำไม่ควรขุดลึกมากเกินไปเพราะขณะที่มะนาวโตจะทำให้รากไปกองกันอยู่ที่ก้นบ่อเร็วเกินไป และจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ช้า หลังจากที่ใส่กิ่งชำลงไปแล้ว ให้กลบกดดินให้แน่นพอสมควร แล้วปักไม้ค้ำลงไปจากนั้นมัดด้วยเชือกแล้วรดน้ำถือว่า

เป็นอันเสร็จ แนะนำหากเรามีต้นกล้วยให้ใช้กาบกล้วยแห้งมามัดจะยิ่งดีกว่าใช้พวกเชือกฟาง หรือเชือกที่ทำจากพลาสติก พอเวลาผ่านไปสัก 3-4 เดือน เชือกกล้วยจะสลายหายไปเองโดยไม่ต้องไปตามแก้เชือกมัดออก และมะนาวจะไม่อึดอัดมากเกินไปขณะที่มันกำลังเจริญเติบโต

รูปที่ 2.11 ปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ [6]

2.4 การปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์

การปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์นั้น เป็นวิธีการที่สามารถควบคุมระดับน้ำและอาหารสำหรับต้นมะนาวได้ดี เพราะการที่เราสามารถควบคุมน้ำที่ให้กับต้นมะนาวได้นั้น ก็เปรียบได้กับเราสามารถควบคุมการออกดอก ออกผลของต้นมะนาวได้ เนื่องจากว่าเราต้องการให้ต้นมะนาวออกผลเมื่อไหร่ตามความต้องการของเราได้และ รวมถึงการทำมะนาวออกนอกฤดูอีกทางหนึ่งด้วย สำหรับการเตรียมปลูกต้นมะนาวในท่อซีเมนต์นั้น ในช่วงแรกจะมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการปลูกลงดินพอสมควร เพราะจะมีค่าใช้จ่ายในการซื้อท่อซีเมนต์ และระบบการรดน้ำของต้นมะนาว เพิ่มเข้ามา

รูปที่ 2.12 การปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ [7]

2.5.1 ขั้นตอนการปลูกมะนาวในท่อซีเมนต์

1. ก่อนอื่นเราจะต้องเตรียมพื้นที่สำหรับปลูกมะนาวเสียก่อน คือ จะต้องปรับพื้นที่ให้มีความราบเรียบโดยนำท่อซีเมนต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80-90 เซ็นติเมตร สูง 50 เซ็นติเมตร มาวางไว้โดยให้ห่างกันโดยมีระยะประมาณ 3 x 4 เมตร โดยนำฝาท่อซีเมนต์วางไว้ด้านล่างเพื่อไม่ให้รากของมะนาวลงดิน แต่ต้องไม่ปิดจนน้ำระบายออกไม่ได้ (1 ไร่จะปลูกได้ประมาณ 100 - 120 ต้น แล้วแต่รูปร่างของพื้นที่)

2. การเตรียมดินที่จะปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ โดยนำหน้าดิน 3 ส่วน ผสมกับ ปุ๋ยคอก และ ปุ๋ยหมักอย่างละ 1 ส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วนำดินที่เตรียมแล้วใส่ลงในบ่อซีเมนต์

3. การนำกิ่งพันธุ์มะนาว ปลูกลงในบ่อโดยเจอะหลุมลึก ประมาณ 1/2 ฟุต แล้วนำกิ่งพันธุ์มะนาวลงปลูก โดยระหว่างปลูกพยายามให้ให้ราก จับกันเป็นก่อน แล้วทำการนำดินกลบ เสร็จแล้วนำฟาง หรือ กาบมะพร้าวมาคลุมดิน ที่โคนต้นมะนาว

4. หลังจากปลูกมะนาวลงบ่อแล้ว ให้รดน้ำให้ชุ่ม ชื่งในส่วนการรดน้ำในครั้งต่อๆไป แนะนำให้ใช้การให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ และการให้แต่ละครั้งจะไม่มากเพื่อไม่ให้ ดินไหลออกจะบ่อซีเมนต์ที่ก้นบ่อโดยการรดน้ำในช่วงแรกให้รดน้ำวันละ2(ฝนไม่ตก) เท่านี้ก็เป็นอันเสร็จขั้นตอนการปลูกมะนาวในท่อซีเมนต์แล้ว ต่อยอดแนวทางท่านนายกฯ ประยุทธ์ จันทร์โอชา ด้วยการปลูกมะนาวในกระถางกินเอง ทีมข่าว ASTVผู้จัดการ Live มีข้อมูลดีๆ มาฝากให้พิจารณา เผื่อบ้านไหน

สนใจปลูกมะนาวในกระถางไว้บริโภคในครัวเรือน โดยเฉพาะบ้านที่มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ในการปลูกลงดินโดย ASTV

2.5.2 ราคามะนาว

เมื่อพูดถึงราคามะนาว ไม่ใช่เพิ่งมาแพงเอาตอนนี้ แต่มีราคาค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องมาหลายปีแล้ว โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนที่มะนาวติดผลน้อยมาก ขณะที่ตลาดยังมีความต้องการเท่าเดิมไม่แปลกที่ผู้ลงทุนจะต้องหาโอกาสในการขึ้นราคาเนื่องจากเป็นช่วงที่ปลูกยาก ทำให้หลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ออกมาส่งเสริม และสนับสนุนให้มีการปลูกมะนาวในหลากหลายรูปแบบ รวมถึงการเพาะปลูกเพื่อบังคับการออกลูกนอกฤดูกาล เช่น การปลูกมะนาวในกระถางที่ใครๆ ก็สามารถปลูกได้ โดยแนวทางดังกล่าวนี้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ก็เคยออกมาแนะนำ ทีมข่าว ASTVผู้จัดการ Live จึงขออนุญาตหยิบยกมานำเสนอต่อนั้น เพื่อเป็นแนวทางให้แก่ทุกบ้านไว้พิจารณาเป็นตัวเลือกกัน

โดยเกี่ยวกับเรื่องนี้ ศาสตราจารย์ นายแพทย์สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ เลขาธิการคณะกรรมการวิจัยแห่งชาตินั้น ได้เคยนำเทคนิคการผลิตหรือการปลูกมะนาวนอกฤดูในกระถางที่ทาง วช. ให้ทุนส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยแก่ นายพิชัย สมบูรณ์วงศ์ จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่เกษตรกร และประชาชนที่สนใจ โดยเลขาธิการ วช. เปิดเผยว่า การบังคับให้มะนาวออกลูกนอกฤดูทำได้หลายวิธี

สำหรับวิธีที่ง่ายในการปลูกมะนาว และเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับเกษตรกรหรือคนเมืองที่มีพื้นที่น้อย คือ "การปลูกมะนาวในกระถาง" ซึ่งวิธีที่นิยมมากที่สุดคือใช้กิ่งตอน จากการศึกษา พบว่าเมื่อปลูกมะนาวพันธุ์แป้นทวายในกระถางสามารถเจริญเติบโตได้ดีไม่ต่างกับการปลูกลงดิน ข้อสำคัญของการปลูกมะนาวในกระถางจะต้องตั้งกระถางไว้กลางแจ้งเพื่อให้ได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน

โดยที่ต้นทุนการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์ นั้นถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้ปลูกทุกท่านต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก เพราะการปลูกมะนาวในวงบ่อนั้น ต้องมีการลงทุนซื้อ วงบ่อซีเมนต์,ฝารองวงบ่อ,หน้าดิน ระบบน้ำเป็นต้นซึ่งค่าใช้จ่ายจะต่างกับการปลูกมะนาวแบบลงดินพอสมควร ซึ่งราคาต้นทุนนี้แต่ละพื้น ที่แต่ละจังหวัดอาจจะแตกต่างกันออกไป ซึ่งวันนี้ทางสวนมะนาวเมืองจันทร์ จะขอยกตัวอย่างต้นทุนการปลูกมะนาวจาก ภายในสวนมะนาวเมืองจันทร์เอง โดยทางสวนได้มีค่าใช้จ่ายในการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์ดังนี้

ตารางที่ 2.2 อุปกรณ์ปลูกมะนาวในท่อซีเมนต์ [7]

วงบ่อซีเมนต์	ขนาด80x40เซนติเมตร ราคา 170บาท : ต่อ1วงบ่อ
ฝารองวงบ่อ	ขนาด80เซนติเมตร ราคา 100บาท : ต่อ1ฝารอง
หน้าดิน	700บาท : ต่อ1คันรถหกล้อ (หน้าดิน1คันรถหกล้อใช้ปลูกได้25วงบ่อ)
ปุ๋ยมูลวัว	กระสอบละ35บาท (ปุ๋ยมูลวัว1กระสอบใช้ได้2วงบ่อ)
ต้นพันธุ์	แป้นพิจิตร1ราคาต้นละ 60 บาท แป้นรำไพราคาต้นละ 45 บาท
ท่อPVC	ขนาด 2นิ้ว ความยาว 4เมตร ราคาเส้นละ 80 บาท
ท่อPE	ขนาด 20มิลลิเมตร ความยาว 200 เมตร ราคาขดละ 590 บาท
สายไมโคร	ขดละ 150 บาท
เสาปัก	เสาปักหัวน้ำมินิสปิงเกอร์ เสาละ 2.50 บาท
หัวมินิสริงเกอร์	หัวละ 4.5 บาท
ตัวเจาะรู	สำหรับเจาะรูท่อPE ราคา 80 บาท
ข้อต่อ	ระหว่างสายไมโคร pe กับท่อ PE ราคาตัวละ 1บาท
ข้อต่อ	ระหว่างหัวมินิสปิงเกอร์ กับสายไมโคร ราคาตัวละ 1 บาท
ปุ๋ยอินทรีย์	สำหรับรองก้นหลุม กระสอบละ380บาท 1วงบ่อใช้ปุ๋ยครึ่งกิโลกรัม

และทั้งหมดก็คือค่าใช้จ่ายสำหรับค่าวัสดุอุปกรณ์สำหรับ การปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์ของทางสวนมะนาวเมืองจันทร์ ซึ่งยังไม่รวมถึงค่าแรงงาน สำหรับผู้ที่สนใจในการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์ แต่ยังไม่รู้ว่าจะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร โดยเราสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายต้นทุนในการปลูกได้

2.5.3 การปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์นั้น ทางสวนมะนาวเมืองจันทร์มีวิธีการขั้นตอนดังนี้

การเตรียมกิ่งพันธุ์ ก่อนที่จะปลูกมะนาวนั้นเราต้องจัดเตรียมกิ่งพันธุ์เอาไว้ก่อนโดยการเลือกกิ่งพันธุ์ที่สมบูรณ์และไม่มีโรคแคงเกอร์ติดมากับกิ่งพันธุ์ นำกิ่งตอนชำลงถุงดำเบอร์3x7หรือ 4x8 นิ้วไว้ประมาณ 1เดือน โดยใช้ขุยมะพร้าวหรือดินผสมแกลบเป็นวัสดุในการชำ และทำการวางกิ่งพันธุ์ไว้ในที่ร่มที่ที่มีแสงส่องถึง และให้น้ำ 3-4วันต่อครั้ง หลังจากนั้นรอให้รากเดินได้ดีและมีความแข็งแรงก่อน แล้วจึงค่อยนำไปปลูกได้

การเตรียมพื้นที่ปลูก การเตรียมพื้นที่ปลูกมะนาววงบ่อก่อนอื่นเราต้องปรับพื้นที่ให้เรียบเสมอกันและทำการจัดผังแปลง โดยทำการวัดตำแหน่ง โดยใช้ระยะ 3 x 3 หรือ 4 x 4 เมตร ไม่ควรปลูกในระยะประชิดมากกว่านี้ เพราะเมื่อมะนาวโตขึ้นการเข้าปฏิบัติงานจะเป็นไปได้ยากลำบาก

การเตรียมวงบ่อซีเมนต์ ขนาดวงบ่อซีเมนต์ที่ใช้การปลูกมะนาวนั้นคือขนาด 80 x 40 เซนติเมตรหรืออาจจะใช้ขนาดใหญ่กว่านี้ก็ได้ และฝารองวงบ่อใช้ขนาด 80 เซนติเมตรหรือ100 เซนติเมตรก็ได้ แต่ถ้า ใช้ขนาด80เซนติเมตรเท่ากับขนาดของวงบ่อ เมื่อปลูกไปนาน 2 - 3 ปีพบว่า รากของต้นมะนาวจะโผล่ ออกมานอกวงและชอนลงไปในดิน ทำให้ควบคุมในเรื่องของการบังคับให้ออกนอกฤดูได้ยากมากขึ้น

การเตรียมดิน ดินที่ใช้ในการปลูกมะนาววงบ่อนั้น ควรจะเป็นหน้าดิน เพราะหน้าดินอุดมไปด้วยธาตุอาหารต่างที่มะนาวต้องการ การปลูกมะนาววงบ่อจำนวน50วงบ่อ ทางสวนมะนาวเมืองจันทร์ได้ใช้ หน้าดินจำนวน2คันรถหกล้อ และนำหน้าดินมาผสมกับปุ๋ยมูลวัวตากแห้ง โดยมะนาว1วงบ่อนั้นทางสวนได้ใช้หน้าดินเฉลี่ยต่อ1วงบ่อประมาณ 12-13 บุ้งกี๋ตักดินและใช้ปุ๋ยมูลวัวครึ่งกระสอบต่อ1วงบ่อและทำการคลุกเคล้าหน้าดินกับปุ๋ยมูลวัวให้เข้ากัน สวนมะนาวเมืองจันทร์ไม่ได้ใช้เปลือกถั่วเขียวหรือแกลบเป็นวัสดุในการปลูกด้วย เนื่องจากช่วงที่ทำการปลูกมะนาววงบ่อนั้นทางสวนหาวัสดุทั้ง2อย่างนี้ภายในจังหวัดไม่ได้เลย เลยปลูกไปตามแบบเท่าที่มีเท่าที่หาได้

เตรียมระบบน้ำ ระบบน้ำในสวนมะนาวนั้น ทางสวนได้ใช้ปั๊มน้ำหอยโข่งเป็นเครื่องสูบน้ำ และมีระบบน้ำบาดาลไว้สำรอง การเดินท่อจากปั๊มน้ำทางสวนใช้ท่อpvc เริ่มตั้งแต่ขนาด 3นิ้ว และลดระดับลงมาเรื่อยๆ เหลือ2นิ้วจนเหลือ1นิ้วครึ่ง โดยเดินท่อผ่านทางหัวแถวของมะนาวแต่ละแถว และใส่ประตูเปิดปิดน้ำในท่อเมนหลัก1ตัว เพื่อควบคุมแรงดันน้ำ หลังจากนั้นให้ทำการใส่ท่อแยกโดยใช้ท่อ PE ขนาด20มิลลิเมตร ไปตามแถวของมะนาวแต่ละแถว และเมื่อถึงวงบ่อแต่ละวงบ่อให้ทำการเจาะรูสาย PE โดยที่เราซื้อสาย PE ที่มีความนาวม้วน 100เมตรหรือ200เมตรและทำการเจาะรู

รูปที่ 2.13 ปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ [5]

PE โดยใช้ตัวเจาะสาย PE ซึ่งให้ทำการต่อสายไมโครเข้ากับสาย PE โดยใช้ข้อต่อต่อสายเข้าหากันและทำการต่อหัวน้ำมินิสปิงเกอร์เข้ากับสายไมโครในอีกด้านหนึ่ง ใช้ขาปักหัวน้ำมินิสปิงเกอร์ปักไว้บนวงบ่อซีเมนต์ โยทำอย่างนี้ทุกๆวงบ่อจนหมดแปลงหลังจากนั้นกิ่งพันธุ์ที่เราเตรียมไว้ก็นำมาปลูกลงวงบ่อซีเมนต์ได้เลยได้ โดยการขุดพรวนดินให้ร่วนซุยวางกิ่งพันธุ์ลงไปในวงบ่อแล้วใช้ดินกลบโดยกดบริเวณรอบๆโคนต้นให้แน่น และหาไม้มาปักมัดกับต้นกันต้นโยกหรือเอนเอียงเวลาที่มะนาวโดนลมพัดแรงๆ ต้นจะได้ไม่เอน หลังจากนั้นก็ลองทดสอบระบบน้ำเพื่อ ดูว่ามีปัญหาอุดตันหรือมีปัญหาอะไรหรือไม่ โดยจะได้ทำการแก้ไขให้เรียบร้อย เท่านี้ก็เป็นอันเสร็จเรียบร้อย

รูปที่ 2.14 ท่อซีเมนต์ วงบ่อซีเมนต์ [9]

ราคาเริ่มต้นที่อยู่ที่80บาท

ขนาด	40×40	ราคา	80	บาท
ขนาด	60×40	ราคา	100	บาท
ขนาด	80×40	ราคา	160	บาท
ขนาด	100×40	ราคา	250	บาท

2.5.4 มะนาวในวงบ่อซีเมนต์

การปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์เป็นวิธีการที่มีมานานแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์ในการปลูก คือ เพื่อที่จะให้ง่ายต่อการจัดการหรือการบังคับให้มะนาวออกดอกนอกฤดู หลีกเลี่ยงปัญหาด้านราคาที่จะถูกลง ในช่วงที่มีผลผลิตออกมามาก และนอกจากนี้การปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์ยังมีข้อดีเรื่องการจัดการดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะนาวหรือหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีสภาพดินไม่ดีหรือไม่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของมะนาวหรือเป็นดินปัญหาเรื่องของเชื้อโรคในดิน ซึ่งมีหลักในการปลูกและการจัดการด้านต่างๆ ดังนี้

รูปที่ 2.15 ปลูกมะนาวในบ่ซีเมนต์ [13]

ประสบการณ์ของจ่าสิบเอกสำราญ ศรีวงษา หรือจ่าสำราญ ข้าราชการตำรวจวัย 47 ปี ผู้มีอาชีพเสริมด้านการเกษตร คือทำสวนมะนาวอยู่ที่บ้านป่าไม้พัฒนา ม. 14 ต. หนองหญ้าลาด อ.กันทรลักษ์ จ.ศรีสะเกษ ได้ทำการปลูกมะนาวมานานถึง 6 ปี เริ่มปลูกครั้งแรกในปี 2547ในการปลูกนั้น เขาได้จะปลูกต้นมะนาวไว้บนพื้นดิน เก็บผลผลิตได้ไม่นานมะนาวก็เป็นเชื้อรา ต้องรื้อทิ้งหมดเกือบทั้งสวน แต่เนื่องจากยังสนใจในอาชีพนี้อยู่จึงได้ศึกษาข้อมูลทั้งจากหนังสือ และไปศึกษาดูงานที่ต่างๆ จนได้ค้นพบวิธีการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์จนเมื่อ สองปีที่แล้วได้เริ่มทดลองปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์ ปรากฏว่ามะนาวให้ผลผลิตดีไม่แพ้ปลูกในดิน และปัญหาเรื่องเชื้อราก็หมดไป จึงหันมาปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์ตั้งแต่นั้นมา ปัจจุบันมีมะนาวที่ปลูกในบ่อซีเมนต์ทั้งหมด 200 บ่อ ในเนื้อที่ 3 ไร่ ปลูกบนพื้นดินอีก 300 ต้น และมะนาวที่เลือกมาปลูก คือ มะนาวแป้นพวง และพันธุ์พื้นบ้าน ซึ่งทั้งสองพันธุ์เป็นมะนาวพันธุ์ดี ที่ให้ผลผลิตเร็ว ผลดก และทนสภาพดินฟ้าอากาศรวมถึงต่อโรค โดยเฉพาะพันธุ์พื้นบ้านจะให้ผลผลิตดีมาก โดยไม่มีปัญหาเรื่องโรค แมลงศัตรูพืช ถึงมีก็น้อยมาก

2.5 อ่างเลี้ยงไส้เดือน

การเลี้ยงไส้เดือนดิน (Vermiculture) นั้นเป็นการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากไส้เดือนดิน โดยเฉพาะผลผลิตที่ได้นั้น คือปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (vermicomposting) ซึ่งเป็นการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่หรือเป็นการจัดการทำให้สภาพแวดล้อมในดินและระบบนิเวศนั้นๆเพื่อให้ก้าวไปสู่พื้นฐานความเป็นเกษตรกรรมที่ยังยืน การใช้ไส้เดือนเป็นตัวหลักในการจัดการเศษของเสียเพื่อเปลี่ยนให้ เป็นวัสดุที่มีสารอาหารพืชสูงมากและพร้อมที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชพืช โดยใส่ลงในพื้นที่การเกษตรเพื่อเป็นการปรับปรุงดิน โดยจะทำให้โครงสร้างของดินนั้นให้มีความอุดมสมบูรณ์ หรือเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางการค้าเป็นวัสดุในการปลูกไม้ดอกไม้กระถางหรือ เป็นวัสดุสำหรับปลูกพืชอื่นๆอย่างหลากหลาย อีกทางหนึ่งด้วย

รูปที่ 2.16 การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินและอ่างเลี้องไส้เดือนกับถังพลาสติก [14]

วิธีการเลี้ยงไส้เดือนมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้เลี้ยง ตั้งแต่แบบง่ายๆ ใช้วัสดุในท้องถิ่น ลงทุน น้อย จนถึงการทำเป็นโรงเรือนผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่ลงทุนสูง เช่น เลี้ยงบนพื้นดินโดยทำกองเลี้ยงให้สูงจากพื้น เล็กน้อย หรือ ขุดร่องให้ เป็นแปลงลงบนพื้นดินปกติ หรือก่ออิฐฉาบปูนเป็นบล็อกเลี้ยงเพื่อให้ไส้เดือนอยู่ก็ได้ หรือถ้าผลิตปุ๋ยขนาดใหญ่ อาจจะต้องสร้างโรงเรือนถาวร และให้มีระบบการเลี้ยงที่เป็นระบบตั้งแต่การให้อาหารไปจนถึงการเก็บปุ๋ยไว้ใช้งาน สำหรับ หลังคากันแดด หรือ ฝนนั้น อาจทำด้วยวัสดุง่ายๆ เช่น มุงด้วยหญ้าคา ใบจาก หรือ ตาข่ายพรางแสง ไปจนถึงการใช้หลังคาที่มีโครงสร้าง ที่แข่งแรงอายุใช้งานได้นาน และนอกจากนี้ยังสามารถเลี้ยงด้วยอุปกรณ์ขนาดเล็กได้ที่หาได้ ในครัวเรือน ซึ่งอาจประยุกต์ใช้วัสดุที่มีอยู่ ทั่วไปมาใช้ก็ได้ เช่น กะละมัง ถังพลาสติก ยางรถยนต์ วงบ่อปูนซีเมนต์ ต่างๆเป็นต้น

รูปที่ 2.17 อ่างเลี้ยงไส้เดือนในคอนกรีต [14]

2.6 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives)

ในการส่งกำลังโซ่สามารถส่งกำลังให้ได้โมเมนต์บิด (แรงหมุน) สูงมากโดยที่ให้เป็นชุดส่งกำลังมีขนาดเล็กได้ เป็น ลักษณะการส่งกำลังด้วยรูปร่างและ ที่รอง เพลาจะรับภาระน้อยมาก ไม่มีการให้ลื่นไถลในขณะส่งกาลัง ในขณะส่งกำลังข้อต่อโซ่จะรับภาระความเสียดทานลื่น (Sliding Friction) จึงต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอสำหรับโซ่ โซ่ส่งกำลังจะมีใช้งานในที่รับภาระดึงมาก ๆ ในที่ รับอุณหภูมิสูง , โรงงานเคมี, ไอน้ำมัน, ความชื้น เป็น ที่ซึ่งสายพานไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ชนิดของโซ่ตามประเภทการใช้งานของโซ่ โดยจะนำโซ่มาใช้ส่งกำลังในการ ลำเลียง ใช้ขับ ใช้ยกและส่งน้ำหนักลง ข้างล่าง ส่งถ่ายแรงและโมเมนต์บิด โซ่จึง สามารถแบ่งตามลักษณะรูปร่างได้ดังนี้ โซ่ลูกกลิ่ง และ โซ่บูชโซ่ลูกกลิ่งและโซ่บูชจะประกอบด้วยแผ่นปิดข้างของบูช โซ่ด้านนอกและด้านในที่ยึดด้วยบูชและโบลต์เข้าด้วยกัน โซ่ลูกกลิ่งที่มีใช้ งานส่วนใหญ่จะมีลูกกลิ่งที่ชุบแข็งร้อย (หมุนได้) อยู่ในบูช ลูกกลิ่งนี้จะช่วยลดความเสียดทานและการสึกหรอของด้านข้างของเฟืองโซ่ในขณะที่ล้อเฟืองขับ โซ่ และมีเสียงดังน้อยเมื่อความเร็วโซ่สูง ในการใช้งานให้รับโมเมนต์หมุนมาก ๆ จะใช้โซ่ลูกกลิ้งและ โซ่บูช แบบชุดหลายเส้น โซ่ลูกกลิ่งตามมาตรฐานจะนำมาใช้งานได้ถึงความเร็ว 30 เมตรต่อนาที ในการส่งกำลังใน รถยนต์ในเครื่องมือกลและโซ่ลำเลียง โดยปกติโซ่บูชจะทนการสึกหรอมากกว่าโซ่

โบลต์ บูชจะหมุนได้ ส่วนโบลต์จะยึดแน่นกับแผ่นปิดนอก แผ่นปิดส่วนใหญ่จะทำจาก St60 ส่วนโบลต์จะทำจากเหล็กกล้า อาบคาร์บอน C15

รูปที่ 2.18 ตัวอย่างโซ่ส่งกำลัง [15]

2.7 เฟืองโซ่ (Sprocket and Chain)

เฟืองโซ่นั้นเป็นระบบการส่งกำลังอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากหาง่าย ราคาไม่แพง ซึ่งเฟืองโซ่ที่มีใช้ตามท้องตลาดก็มีอยู่ 2 มาตราฐานด้วยกัน คืออเมริกา (ANSI) และอังกฤษ (BS)

รูปที่ 2.19 เฟืองโซ่ [15]

2.8 มอเตอร์(Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้านั้น เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังกล โดยมอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันนั้น แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปตามความต้องการความเร็ว รอบหรือกำลังงานที่แตกต่างกันซึ่งมอเตอร์แต่ละชนิดจะแบ่งได้เป็น2ชนิดตามลักษณะการใช้งานกระแสไฟฟ้ามอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้2ชนิดดังนี้ คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือที่เรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์ (A.C.MOTOR)การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกเป็น3ชนิดได้แก่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟสหรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C.Sing Phase) จะใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์มีสายไฟ เข้า 2 สาย มีแรงม้าไม่สูง ส่วนใหญ่ตามบ้านเรือน

สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-Phase motor)

คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)

รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion-type motor)

ยูนิเวอร์แวซลมอเตอร์ (Universal motor)

เช็ดเดดโพล มอเตอร์ (Shaded-pole motor)มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟสหรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two phas Motor)

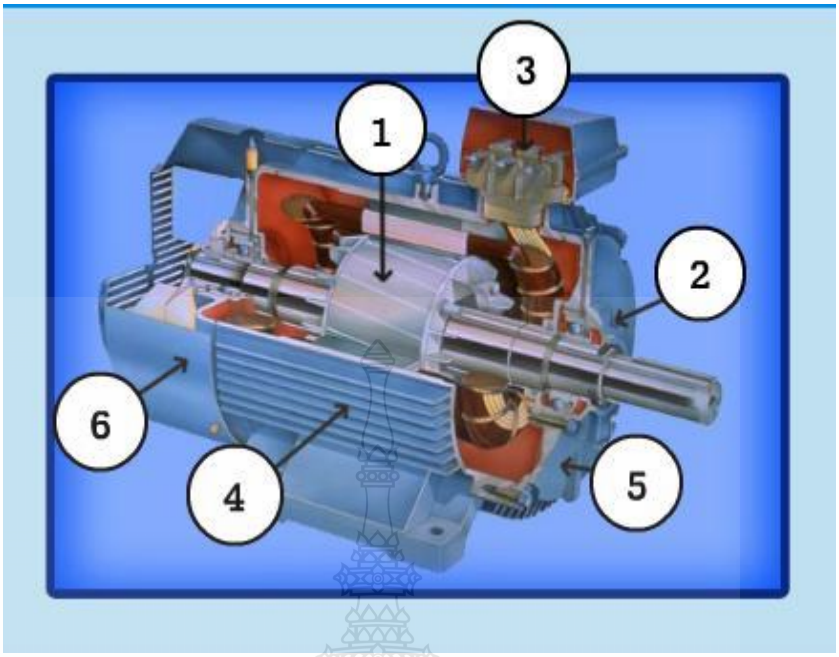
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมต้องใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส ใช้แรงดัน 380 โวลต์ มีสายไฟเข้ามอเตอร์ 3 สาย

2.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเอตร์ (D.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น3ชนิดได้แก่

1. มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)
2. มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)



รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบหลักๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [16]

ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil)คือขดลวดที่ถูกพันอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) แทนแม่เหล็กถาวรขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวนสนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์

2.9.1 ขั้วแม่เหล็ก (Pole Pieces)

คือแกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็กถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กทำมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆ อัดซ้อนกัน (Lamination Sheet Steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Edy Current) ที่จะทำให้ความเข้าของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงสุด แทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี

2.9.2 โครงมอเตอร์ (Motor Frame)

โครงมอเตอร์ คือส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์ที่ทำจากอลูมิเนียม และถูกยึดอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โดยที่โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร

2.9.3 อาร์เมเจอร์ (Armature)

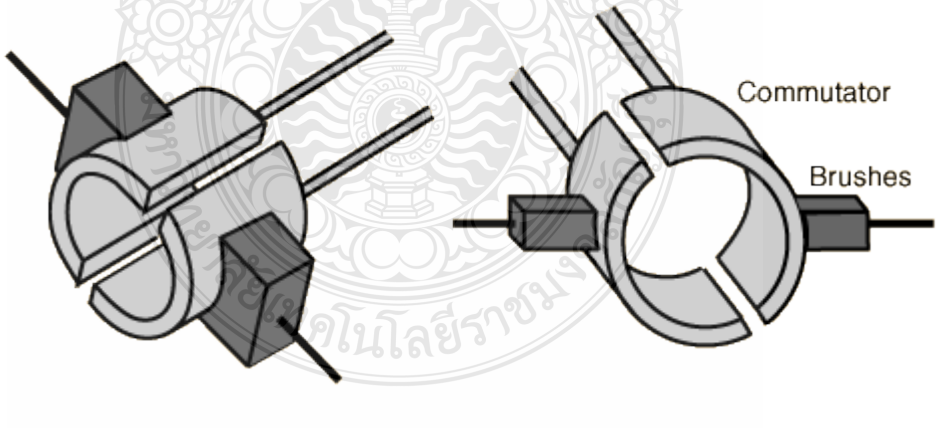
อาร์เมเจอร์ คือส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลาทำจากเหล็ก (Shaft) และมีที่รองรับการหมุนที่เรียกว่าลูกปืน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกัน ถูกเซาะร่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิ่มไฟเบอร์อัดแน่นผันขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมอเจอร์ผลักดันของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่

2.9.4 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

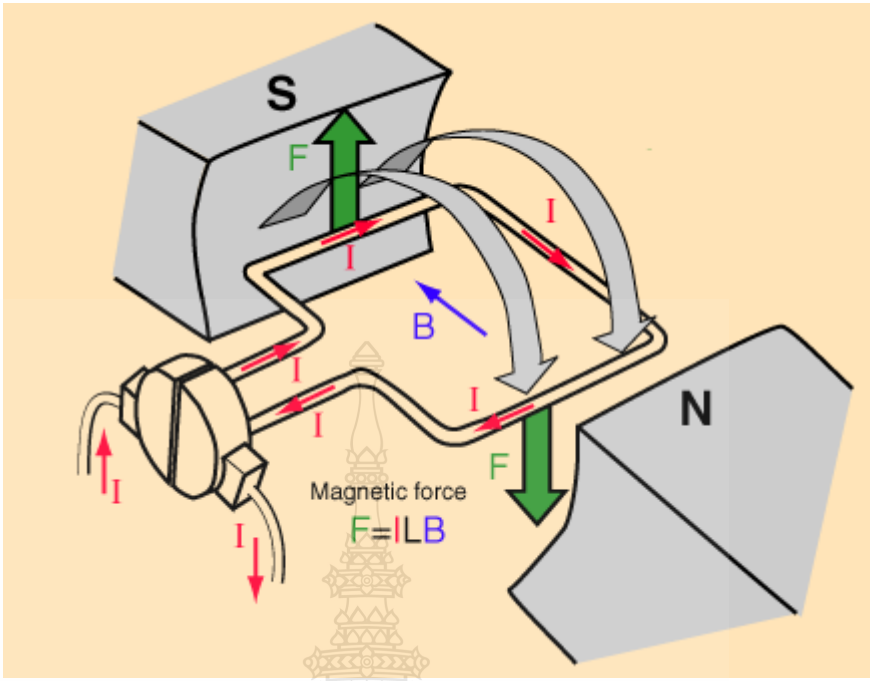
คอมมิวเตเตอร์ คือส่วนเคลื่อนที่อีกส่วนหนึ่ง ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลาร่วมกัน คอมมิวเตเตอร์ทำจากวัสดุแท่งทองแดงแข็งประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก ของแต่ละแท่งของทองแดง คอมมิวเตเตอร์จะถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica) อาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่านเพื่อส่งไปให้ขดลวดอาร์เมอร์

2.9.5 แปรงถ่าน (Brush)

แปรงถ่าน คือ ตัวสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผลิตมาจากวุสดุคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำต่อร่วมกับแปรงถ่านเพื่อไปรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา แปรงถ่านทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่าย จ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์เพื่อให้ระบบทำงานได้



รูปที่ 2.21 แปลงถ่านมอเตอร์ [16]



รูปที่ 2.22 ทิศทางแรงดันมอเตอร์ [16]

การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยหลักการเบื้องต้น จะมีแรงดันไฟฟ้าจ่ายตรงผ่านแปรงถ่านไปคอมมิวเตเตอร์ ผ่านไปให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมา ทางด้านซ้ายมือเป็นขั้วเหนือ (N) และด้านขวาเป็นขั้วใต้ (S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ เพื่อเกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกัน อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา พร้อมกับคอมมิวเตเตอร์ก็จะหมุนตามไปด้วย แปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์เปลี่ยนไปในอีกปลายหนึ่งของขดลวดแต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆอีกครั้งโดยที่ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มของนาฬิกาตลอดเวลาแล้วลักษณะเกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน

รูปที่ 2.23 เกียร์ทด [17]

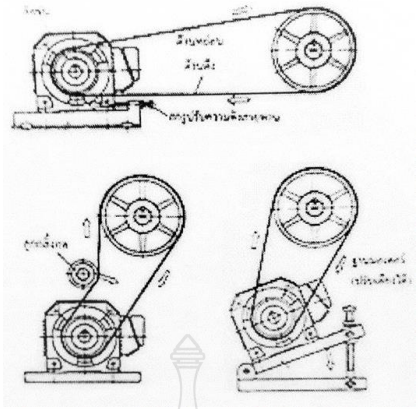
เกียร์ทด คือ ชุดเฟืองหนอน (Worm gear set) ใช้ส่งกำลัง สำหรับเพลาที่ไม่ขนานกัน และไม่ตัดกัน (ส่วนใหญ่จะทำมุม 90°) และต้องการอัตราทดสูง แต่ชุดเฟืองหนอนมีการเสียดสีระหว่างฟันมาก จึงมีประสิทธิภาพต่ำ และ ต้องมีการระบายความร้อนที่ดีเหมาะสมในการใช้งาน

2.9 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

2.10.1 การออกแบบสายพานส่งกำลัง

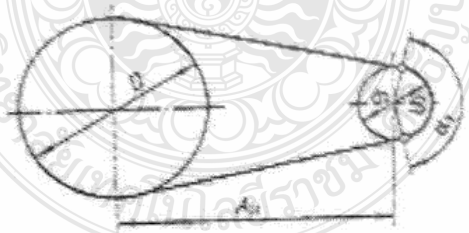
สายพานเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ถ่ายทอดกำลังในการหมุน และกำลังระหว่างเพลา 2 เพลา หรือมากกว่านั้น สายพานจะแบ่งเป็นลักษณะส่งกำลังด้วยแรงและแบบลักษณะส่งกำลังด้วยรูปร่าง

1. ลักษณะการส่งกำลังด้วยแรงนั้น จะส่งถ่ายโมเมนต์ด้วยความเสียดทาน (Friction) ระหว่างล้อสายพานและสายพาน ส่วนการทำให้สายพานตึงนั้นจะได้จากการที่เรา กำหนดให้มีความยาวสายพานที่ถูกต้อง โดยการขยายระยะห่างระหว่างแกนเพลา เช่น ให้มอเตอร์ขับยึดอยู่ในรางเลื่อนได้หรือบนแท่นเอียงปรับขึ้นลงหรือใช้ลูกกลิ้งกดสายพานด้านหย่อน (ขณะส่งกำลัง) ให้อยู่ใกล้ด้านล้อของ มู่เล่ย์ (Pullry) ที่มีขนาดเล็กกว่า เพื่อให้มีการโอบของสายพานเพิ่มมากขึ้นดังรูปที่ 2.24 ยิ่งทำให้การส่งกำลังได้มากขึ้น [33]



รูปที่ 2.24 การใช้สายพานเพื่อให้อุปกรณ์ตึง [33]

แรงตามขอบล้อสายพานที่ส่งกำลังจะทำให้สายพานเกิดการยืดตัวแบบยืดหยุ่นที่มีผลให้สายพานนั้น เกินการลื่นในขณะส่งกำลังบนล้อสายพาน =2% ของการส่งกำลังทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้สายพานที่มีลักษณะการส่งกำลังด้วยแรง นั้นจะไม่เหมาะนำมาใช้งานในที่ต้องการอัตราทดที่เที่ยงตรงระหว่างเพลาตั้งแต่ 2 เพลาขึ้นไป โดยปกติจะต้องให้มีมุมโอบที่ล้อสายพานตัวเล็กให้มากเพียงพอที่การส่งกำลังจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิ จึงต้องกำหนดอัตราทดไว้สำหรับการส่งกำลังสายพานแบนให้นั้นไม่เกิน I = มากกว่า 6 : 1 และระยะห่างระหว่างแกนล้อสายพาน a มากกว่าหรือเท่ากับ 1,2 (d1+d2) ในกรณีที่อัตราทด I = มากกว่า 6 : 1 หรือในกรณีที่มุมโอบของสายพานด้านล้อสายพานตัวเล็กสุดน้อยกว่า 100 องศา ก็ให้ใช้ลูกกลิ้งกดสายพานที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อยที่สุดเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตัวเล็ก ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงมุมโอบ α ที่ล้อมู่เล่ย์เล็ก [21]

ผลของการใช้ลูกกลิ้งกดสายพาน

ทำให้เกิดภาระดัดสูงขึ้น

ทำให้เกิดเสียงดังมากขึ้น

ทำให้ประสิทธิภาพลดลง

การใช้ลูกกลิ้งกดภายในสายพาน

ทำให้มุมโอบล้อสายพานน้อยลง

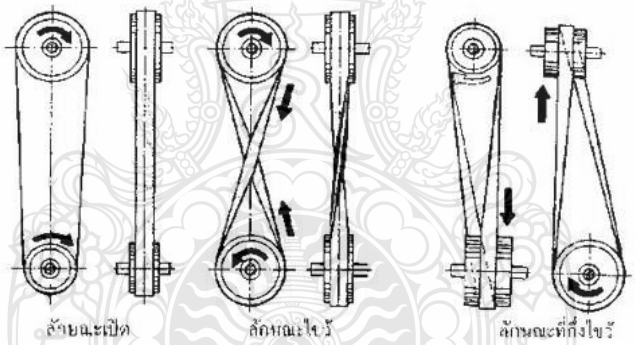
ถ้าเป็นไปได้ควรวางให้ใกล้กลับล้อสายพานใหญ่ การใช้ลูกกลิ้งกดภายนอกสายพาน

ทำให้มุมโอบสายพานมากขึ้น ถ้าเป็นไปได้ควรวางให้ใกล้กับล้อสายพานตัวเล็ก

เพื่อมิให้สายพาน 1 รับภาระดัดมาก ควรจะเลือกขนาดลูกกลิ้งให้โตขึ้น

การปรับหรือทำให้สายพานตึงเพื่อใช้งานนั้น จะมีผลให้รองเพลาต้องรับภาระสูง สายพานลักษณะส่งกำลังด้วยแรงแบ่งออกเป็น แบบสายพานแบน, สายพานลิ่ม, และสายพานกลม

2. สายพานแบน จะผลิตจากหนัง, สิ่งทอ หรือทำจากชั้นต่างๆ ของหนังพลาสติก และเส้นใยหลายๆชั้น สายพานแบนสามารถนำไปใช้งานในลักษณะไขว้หรือกึ่งไขว้ได้ แต่การสึกหรอของสายพานดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากกว่าการใช้ของสายพานลักษณะเปิด ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 การส่งกำลังของสายพาน [21]

3. สายพานลักษณะไขว้ เป็นลักษณะการวางสายพานที่ทำให้มีมุมโอบมากกว่าลักษณะเปิด อัตราทดเปลี่ยนแปลงนั้นซึ่งล้อสายพานจะหมุนไปในทิศทาง ตรงกันข้าม เนื่องจากสายพานไขว้สัมผัสกันจึงทำให้เกิดการสึกหรอ

4. สายพานลักษณะกึ่งไขว้ จะทำให้มีมุมโอบล้อสายพานมากกว่าแบบลักษณะเปิดล้อสายพาน ซึ่งจะวางในทิศทางตั้งฉากกันแต่มีทิศทางการหมุนเหมือนกัน เพื่อให้การหมุนของสายพานบนล้อสายพานมั่นคง จะกำหนดให้ความกว้างของล้อสายพานขับโตกว่าประมาณ 1/4 เท่าของล้อแบบลักษณะเปิดและให้ล้อสายพานโตกว่าประมาณ 1/3 เท่าของล้อแบบลักษณะเปิด

5. สายพานสิ่งทอ จะผลิตแบบไม่มีปลายจากเส้นใยของโพลิเอสเตอร์ สายพานแบบนี้เวลาใช้งานจะมีเสียงน้อยมากและไม่มีการสั่นสะเทือน จึงเหมาะใช้งานขับเพลาสปินเดิล (ภายใน) ของเครื่องเจียระไนและความเร็วสูงสำหรับล้อสายพานขนาดเล็ก

6. สายพานแบบหลายชั้น จะมีชั้นความฝืดที่เป็นพลาสติกยืดหยุ่นหรือหนัง ส่วนชั้นที่รับการดึงจะทำจากแถบโพลิเอไมด์ชั้นเดียวหรือหลายชั้น หรือทำจากเชือกเกลียวโพลิเอสเตอร์

ข้อดีของสายพานแบบหลายชั้น

มีความสามารถในการฉุดดึงได้ดีเพราะมีความเสียดทานสูง

สามารถดัดงอได้มากเพราะสายพานมีความหนาน้อย

สามารถส่งถ่ายกำลังงานได้ถึง 600 kw

ใช้งานที่มีความเร็วได้ถึง 100 m/s

2.10.2 ประเภทของสายพาน

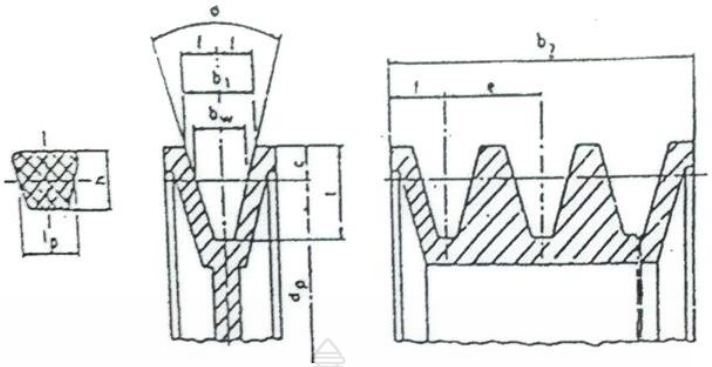
สำหรับระบบถ่ายทอดกำลังนั้นจะเป็นระบบหนึ่งที่มีความสำคัญในการส่งถ่ายกำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้ามายังเฟืองทด

สายพานลิ่ม

สายพานลิ่มที่ใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างยาก โดยต้องการแรงดึงของสายพานค่อนข้างน้อย เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกัน ระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียวกับร่องรูปลิ่มของสายพานทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งจะเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีถึงจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อยและมีแรงดึงด้านค่อนข้างต่ำ และเหมาะสมกับงานที่กรณีระยะห่างศูนย์กลางน้อย การส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุดก็ต่อเมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนสายพานและเหตุฉุกเฉินอาจใช้ผลจากการอักแน่น ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย การขับสายพานลิ่มมีข้อดี คือเงียบ สะอาดและสามารถรับแรงกระตุกได้มีขนาดกะทัดรัดและมีประสิทธิภาพดี อีกทั้งแบริ่งและเพลาไม่ต้องรับแรงกระแทกมากเกินไป ทำให้มีสภาพการใช้งานได้ดี

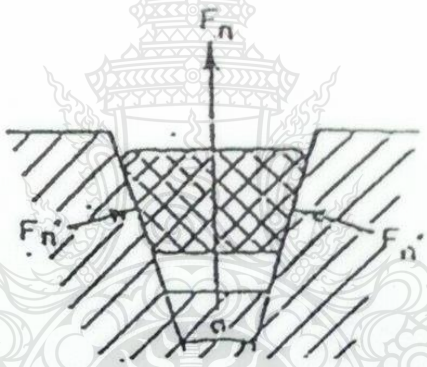
ขนาดของสายพานและล้อสายพาน

ลักษณะจะมีหน้าต้องเป็นรูปลิ่ม การกำหนดขนาดจะกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์และความหนาสายพานใช้อักษรแทน ซึ่งสายพานลิ่มแบบธรรมดา จะมีขนาดดังนี้ คือ Y, Z, A, B, C และขนาด E



รูปที่ 2.27 แสดงหน้าตัดของสายพานลิ่มล้อสายพาน [21]

ซึ่งการขับด้วยสายพานลิ่มจะมีแรงปฏิกิริยาแนวตั้งฉากระหว่างผลสัมผัสของล้อสายพานกับร่องสายพานซึ่งจากสมการ $fF_N = dF$ ของสายพาน



รูปที่ 2.28 แสดงแรงบนสายพานลิ่ม [21]

ในกรณีของสายพานลิ่มจะกลายเป็น

$$2fF_N = dF \tag{2.1}$$

แรงปฏิกิริยารวมของแรง F_N ทั้งสองแรงคือ

$$F_N = \frac{2F_n \mathrm{Sin}\alpha}{2} \text{ หรือ } F_N = \frac{F_n}{2} \times \frac{\mathrm{Sin}\alpha}{2} \tag{2.2}$$

กำลังที่ส่งสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = Z\left(F_1 - F_2\right)V \tag{2.3}$$

โดยที่ V = ความเร็วสายพาน

Z = จำนวณสายพาน

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$L_p = 2C+1.57\left(D_P-d_p\right)+\frac{(D_P-d_p)}{4C} \quad (2.4)$$

เมื่อ L_p = ความยาวพิตช์

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายใหญ่

D_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานใหญ่

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก

สายพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศุนย์กลางพิตช์ หรือในกรณีที่ต้องการทราบความยาวพิตช์ต้องการหาระยะเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยใช้สมการ

$$C = P+(P^2-q)^{\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

โดยที่ $P = 0.25L_p-\left(D_P-d_p\right)$ (2.6)

ซึ่งการทำให้แรงดึงในสายพานในขั้นต้น จะช่วยทำให้สายพานขับมีประสิทธิภาพดีและยืดอายุการใช้งานของสายพาน จากสมการ

$$F = F_1-F_2$$

$$F_w = F_1-F_2 \quad (2.7)$$

แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักของสายพาน

$$F_c = \frac{WAV^2}{g} \quad (2.8)$$

แรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง คือ

$$F_R = \frac{2ZF_c Sic\alpha}{2} \quad (2.9)$$

โดยที่ Z = จำนวนสายพาน

แรงดึงขั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากสมการการรวมแรงดึงในแนวแกน ขณะส่งกำลังกับแรงเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง คือ

$$F_1 = F_W-F_R \quad (2.10)$$

ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_W = \frac{K_1 F\, Sic\alpha}{2} \quad (2.11)$$

ค่า K_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของแต่ล่ะค่า

ในกรณีที่ขับโดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคงที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา ก็จำเป็นต้องเอาแรงศูนย์กลางมาคิดด้วยจากสมการ

$$F_R = \frac{2ZF_c Sic\alpha}{2}$$

หรือ $$F = \frac{2K_2V^2 Sic\alpha}{2} \quad (2.12)$$

ดังนั้นแรงดึงในสายพานขั้นต้นจึงเท่ากับ

$$F_1 = \frac{(K_1F_1 \div ZK_2V^2)Sic\alpha}{2} \quad (2.13)$$

การคำนวณขนาดสายพานลิ่ม

การคำนวณด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิ่ม จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐานและแสดงวิธีการเลือกขนาดสายพานลิ่ม ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ่ม ซึ่งการส่งกำลังอาจทำได้โดยการเลือกขนาดหน้าตัดของล้อสายพาน บริษัทได้แนะนำให้เลือกขนาดล้อสายพานลิ่มให้ใหญ่ที่สุดเท่าที่ทำได้ ขนาดล้อสายพานไม่ควรเล็กกว่าค่าที่กำหนด แต่ข้อระวังคือ ขณะการใช้งานปกติของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 เมตรต่อวินาที การเลือกขนาดล้อสายพานลิ่มจะมีข้อแตกต่างกันไปจากสายพานแบบเล็กน้อย คือ จะต้องใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ต้องการใช้งานกำลังที่ต้องขับ และตัวประกอบที่ใช้ แก้ไขต่างๆ จำนวนเส้นสายพานลิ่มหาได้จากสมการ

$$Z = \frac{W_p N_s}{P_R N_a N_l} \quad (2.14)$$

โดยที่ Z = จำนวนสายพานลิ่ม

W_p = กำลังที่ต้องการส่ง

N_a = ตัวประกอบการใช้งาน

N_s = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

N_l = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

P_R = กำลังที่สาพานเส้นหนึ่งส่งได้

การส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังเพลาอีกอันหนึ่ง อาจทำได้โดยสามวิธีการ คือใช้เฟือง ใช้โซ่ และใช้สายพาน การส่งกำลังแบบใช้สายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ คือ มีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเทียบกับการส่งแบบอื่น ข้อดี คือมีราคาถูกและใช้งานง่ายรับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าบำรุงรักษาต่ำ ข้อเสียคืออัตราการทดไม่แน่นอนเนื่องจากเกิดสลิปและเกิดครีบของสายพานต้องปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพาในระหว่างใช้งานนอกจากนั้นยังใช้งานที่อัตรา

ทดสูงมากได้ โดยสายพานดังกล่าวมาทั้งหมดนี้ ยืดตัวได้ดี ดังนั้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงจะยืดตัวทำให้เกิด สลิปบนล้อสายพาน (Pulley) ในทางปฏิบัติจึงมักจะยืดสายพานให้ตึงก่อนใช้งานเพื่อลดการสลิปของสายพาน

2.10.3 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนงานที่ใช้งานในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด เพลาที่ดีต้องสามารถรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงอัด การคำนวณหาขนาดต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วยและการทนต่อความล้าของเพลา เพลาต้องมีความแข็งแกร่ง (rigidity) เพียงพอที่จะลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดพอเหมาะ ระยะโก่ง (deflection) มีผลต่อความเร็ววิกฤต (critical speed) ของเพลาลดลง อีกทั้งยังมีผลต่อชิ้นส่วนประกอบร่วมที่เพลา เช่น ลูกปืน พูลเล่ย์ เฟืองหรือชิ้นส่วนที่ส่งกำลัง เป็นต้น ยกตัวอย่าง เช่น

1. แอกเซิล (AXLE) จะใช้ทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่อยู่นิ่งหรือหมุนที่รองรับการหมุนหรือการสั่นสะเทือน แอกเซิลจะไม่สามารถรับโมเมนต์บิดจึงรับแต่ภาระดัดเป็นส่วนใหญ่ แอกเซิลจึงแบ่งเป็นแอกเซิลที่อยู่กับที่ เช่น ล้อหมุนของเครนหรือรอกหมุน ส่วนแกนแอกเซิลแบบหมุนได้ เช่น ล้อของรถไฟรองเพลาของแกนหมุนที่หมุนได้จะได้รับการหล่อลื่นดีขึ้นเพราะสารหล่อลื่นอยู่ตรงเรือนรองเพลาและไม่ได้เป็นแบบหล่อลื่นผ่านทางรูกลางของแกนแต่อย่างใด

2. เพลา (SHAFT) เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่หมุนได้เพลาจะรับโมเมนต์บิดที่ถ่ายภาระมาจากล้อเฟือง ล้อสายพานหรือคลัตช์ เพลาจึงสามารถรับภาระบิดและภาระดัดจึงมีการแบ่งเพลาออกเป็นแบบเกร็ง แบบข้อต่อและดัดได้ในเครื่องมือกลจะมีการเรียกเพลาบาง

เพลาแบบเกร็งจะแยกออกตามแต่แนวของภาคตัดขวางในลักษณะที่ตรงและโค้งตกบ่ารวมทั้งเพลาตันและเพลากลวง ในการสวมเครื่องมือหรือชิ้นงานจะนิยมให้เพลาสปินเดิลของเครื่องมือกลเป็นเพลากลวงรูเจาะของเพลากลวงครึ่งหนึ่งของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะหนักน้อยกว่าเพลาตันเท่ากับ 25% แต่สามารถรับโมเมนต์บิดได้เกือบเท่ากัน

เพลาข้อเหวี่ยงเป็นเพลาที่ทำหน้าที่เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนให้เคลื่อนที่แบบเส้นตรงหรือลักษณะตรงข้ามกัน เช่น ในเครื่องยนต์แบบเผลาไหม้เพลาข้อเหวี่ยงจะผลิตด้วยการหล่อขึ้นรูปหรือการทุบกระแทกขึ้นรูป (ในแม่พิมพ์) หรือได้จากการอัดเข้าด้วยกันจากหลายๆชิ้นหรือจากการยึดด้วยสกรูหรือสวมด้วยวิธีให้หดตัวเข้าด้วยกัน

เพลาเกียร์นั้น ส่วนใหญ่จะมีการตกบ่าหลายครั้งตรงที่ตกบ่าจะช่วยให้การประกอบง่ายขึ้นและยังเป็นการกำหนดตำแหน่งในการประกอบรองเพลาล้อเฟือง ล้อสายพาน คลัตช์ และปะเก็นเพลา

แกนเพลา (SHAFTJOURNAL) จะเรียงตรงส่วนที่แอกเซิลหรือเพลาถูกหุ้มตามหน้าที่และรูปร่างของแกนเพลาจะแบ่งแยกเป็นแกนเพลาข้างแกนเพลาคอแกนเพลาทรงกลมแกนเพลาค้ำยันและแกนเพลาข้อเหวี่ยงแกนรองเพลาจะรับภาระดัดและภาระอัดตามพื้นที่ (PRESSURE UNIT) สำหรับเพลาและแอกเซิลที่รับภาระสูงและหมุนเร็วจะมีการชุบผิวแข็งที่แกนเพลาแล้วจึงทำการเจียระไนช่วงบริเวณตกบ่าระหว่างแกนเพลากับบ่าเพลา จะเกิดความเค้นแตกหักง่ายกว่าบริเวณอื่นแต่ถ้ามีการออกแบบบริเวณดังกล่าวเป็นรัศมีโตหรือร่องตกบ่าตามมาตรฐานแล้วก็จะช่วยลดปฏิกิริยารอยบอกได้

3. ข้อต่อเพลา โดยทั่วไปจะมีการใช้งานตามตำแหน่งด้านที่ส่งกำลังออกไปยังด้านที่รับส่งกำลังของเพลาที่มีตำแหน่งเอียงเปลี่ยนไป เช่น แอกเซิลของรถยนต์

4. เพลาแบบดัดได้หรือเพลาปลาไหล เพลาแบบดัดได้นี้เหมาะสำหรับใช้งานกับการขับเคลื่อนเครื่องมือไฟฟ้าที่มีโมเมนต์ต่ำแต่ความเร็วรอบสูง เช่น เครื่องเจียระไนมือตะไบแบบหมุนและสำหรับขับทักโคมิเมเตอร์เพลานี้จะประกอบด้วยลวดเหล็กกล้าหลายชั้นที่พันรอบลักษณะเหมือนเกลียวซ้ายและขวาในการป้องกันเพลาจะให้เพลาสวมอยู่ในท่อโลหะที่มีจาระบีในการหล่อลื่นอย่างถาวร

ก. วัสดุการผลิตทำแกนและเพลา

ในภาวะปกติ เช่น ในกระปุกเกียร์ เครื่องจักรกล ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ St 37, St 42, St 50 และ St 60

ในภาระสูงสำหรับเพลา เช่น ในรถยนต์ เครื่องยนต์ เครื่องกลหนัก กระปุกเกียร์ เทอร์ไบน์ จะนิยมใช้เหล็กกล้าอบชุบ เช่น 25CrMo4, 40 Mn4 และอื่นๆ

ในงานภาระที่ต้องทนต่อการสึกหรอ จะใช้เหล็กกล้าเพิ่มคาร์บอน เช่น C15 , 18CrNi8 และอื่นๆ

แกนและเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1-200 มิลลิเมตร จะสามารถผลิตโดยไม่ต้องมาทำงานเพิ่มเติมอีก โดยการดึง รีด หรือเจียระไนผิว ขัดผิวมันได้

แกนเพลาที่โตและมีรูปร่างพิเศษจะผลิตด้วยการทุยขึ้นรูป อัดหรือหล่อขึ้นรูปได้

ข. ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R775-1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป

นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดของระบุของเพลาได้จากตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R775-1969 [7]

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

ค. การคำนวณแกนและเพลา

1) การหาโมเมนต์บิด

$$P=\frac{M_t\times 2\times\pi\times n}{60} \tag{2.15}$$

$$M_t=\frac{P\times 1000\times 30}{\pi\times n}\ (\text{นิวตัน}-\text{เมตร}) \tag{2.16}$$

P = กำลังงานระบุในเพลา เป็น (กิโลวัตต์)

n = ความเร็วรอบของเพลา เป็น (รอบต่อนาที)

M_t = โมเมนต์บิด ระบุ (นิวตัน-เมตร)

M_B = Working Torque (นิวตัน-เมตร)

C_B = Working-factor

$$M_B=M_t\times C_B \tag{2.17}$$

2) การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลาง ($\emptyset_d$) ของเพลาโดยประมาณ

ส่วนใหญ่แล้วในการคำนวณอันดับแรกจะยังไม่ทราบว่าค่าโมเมนต์ดัดที่แน่นอนเพราะระยะของเพลา,ล้อหรือแรงยังไม่ทราบค่า เราจึงมีการคำนวณจากค่าโมเมนต์บิดและจำนวนรอบเพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผ่านศูนย์กลางของเพลาได้โดยประมาณ ดังสูตร

$$\emptyset d \approx C_1 \times \sqrt[3]{M_B} \quad (2.18)$$

C_1 = เป็นแฟกเตอร์ขึ้นอยู่กับโมเมนต์

C_1 = 6,9 เมื่อ τ_{all} = 15นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับ St 37, St 42

C_1 = 6,3 เมื่อ τ_{all} = 20นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับ St 50, St 60

C_1 = 5,8 เมื่อ τ_{all} = 25นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับเหล็กกล้าที่มีความเค้นสูงกว่า

3) การคำนวณให้ได้ค่าที่แน่นอน

เนื่องจากโมเมนต์ที่เกิดในเพลามี 2 ลักษณะคือ โมเมนต์ดัดและโมเมนต์มุมบิดจึงต้องเป็นค่า Comparative Moment (M_c) ซึ่งจะได้จาก

$$M_c = \sqrt{(M_B^2 + 0.745\alpha_0 M_t^2} \quad (2.19)$$

M_c = Comparative Moment หน่วย นิวตัน – เมตร

M_b = โมเมนต์ดัดสำหรับพื้นที่หน้าตัดน้อยและเป็นอันตราย หน่วยเป็นนิวตัน – เมตร

M_t = โมเมนต์บิดสำหรับเพลาหาได้จากสมการ (2.20) หน่วยต้องเป็น นิวตัน – เมตร

α_0 = อัตราส่วนการเกร็งตัว

α_0 = 0.7 เมื่อภาระการหมุนบิดอยู่ในลักษณะ Static (dead) load หรือ Undulating Load หรือเป็น Alternating Bending Load

α_0 $\approx$ เมื่อภาระการหมุนบิดและการดัดอยู่ในกรณีรับภาระเช่นเดียวกัน เช่นเป็น Alternating Load ทั้งสอง

$$\sigma_{ball} = \frac{M_c}{W} \quad (2.20)$$

σ_{ball} = ค่าความเค้นดัดอนุญาต หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

W = Section modulus หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

เพลากลวง $$W = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 \times D} \quad (2.21)$$

$$\approx \frac{(D^4 - d^4)}{10 \times D}$$

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เพลาตัน $$W = \frac{\pi \times d^3}{32} \quad (2.22)$$

$\approx 0.1 \times d^3$ แทนใน

$$\sigma_{ball} = \frac{M_c}{0.1 \times d^3} \; ; \; d^3 = \frac{M_c}{0.1 \times \sigma_{ball}}$$

$$\text{Ø}d = \sqrt[3]{\frac{M_c}{0,1.\sigma_{ball}}} \qquad (2.23)$$

ใช้ในกรณีที่มีค่าโมเมนต์หมุนดัดในเพลา

ในกรณีที่เกิดเฉพาะการหมุนบิดในเพลาอย่างเดียว จะใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\tau_{all} = \frac{M_t}{W_p} \qquad (2.24)$$

เมื่อ Mt = โมเมนต์บิดดูจากสมการที่

τ_{all} = ความเค้นบิดอนุญาต หน่วยเป็นนิวต่อตารางมิลลิเมตร

W_p = Polar Section Modulus

สำหรับเพลากลวง $W_p \approx \frac{0.2 \times (D^4 - d^4)}{D}$ (2.25)

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเพลา

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

สำหรับเพลาตัน $W_p \approx 0.2 \times d^3$ แทนในสมการ

จะได้ $\tau_{all} = \frac{M_t}{0.2 \times d^3}$ (2.26)

$$\text{Ø}d = \sqrt[3]{\frac{M_c}{0,2.\sigma_{ball}}} \text{ หน่วยเป็นมิลลิเมตร} \qquad (2.27)$$

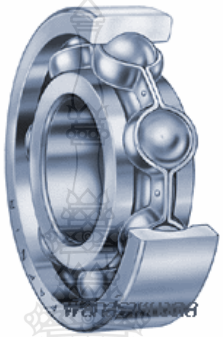
d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

2.10.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบริ่ง

แบริ่งลูกกลิ้ง หมายถึง แบริ่งที่มีลักษณะโมเมนต์การเริ่มหมุนน้อย การใช้สารหล่อลื่นน้อย และมีทั้งชนิดต้องบำรุงรักษาและชนิดไม่ต้องมีการบำรุงรักษา ข้อเสียก็คือ ไวต่อการกระแทกและการสั่นเทือน รวมทั้งไวต่อสิ่งสกปรก

แบริ่งลูกกลิ้งมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างสูง แต่จำกัดในเรื่องของความเร็วรอบ โยที่ในการใช้งานที่ไม่ต้องการบำรุงรักษาและใช้งานอย่างปลอดภัย ได้แก่ ในงานเครื่องมือกล กระปุกเกียร์ ยานยนต์ อุปกรณ์ยกขนถ่ายและลักษณะงานที่ใกล้เคียง

แรงกระทำต่อแบริ่งกลิ้งแบ่งเป็น แบริ่งรับแรงรัศมี (radial roller dearing) และแบริ่งรับแรงแนวแกน (axial roller bearing) ดังรูปที่ 2.29 สำหรับแบริ่งลูกกลิ้งรัศมีจะมีลูกกลิ้ง



รูปที่ 2.29 แสดงภาพบอลแบริ่ง [20]

2.10.5 ข้อดีของแบริ่ง คือ

1) แรงเสียดทานน้อยมาก โดยเฉพาะขณะเริ่มสตาร์ทซึ่งเป็นผลดี
2) รับโหลดได้สูงโดยเฉพาะโหลดที่เป็นแรงดันในแนวแกนรัศมีเพลา
3) มีมาตรฐานกำหนดการสร้าง งานซ่อมบริการ และการจัดหาอะไหล่ทำได้สะดวก
4) ในกรณีที่แบริ่งชำรุด เพลาจะไม่ชำรุดตาม
5) ในกรณีที่จำเป็นต้องล็อคปลายเพลาของมอเตอร์ข้างหนึ่งให้แน่นและสั้นต้องมีแบริ่ง เช่น เครื่องสูบน้ำ บอลแบริ่งใช้ได้เป็นประโยชน์มาก

2.10.6 วัสดุที่ใช้ทำแบริ่ง มีคุณสมบัติดังนี้

1) มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะใช้รับแรงดัน
2) เนื้อวัสดุจะต้องอ่อน เพื่อยอมให้ฝุ่นละออง เศษวัสดุ หรือทรายสามารถฝังตัวได้เพื่อไม่ทำอันตรายต่อผิวของเพลา
3) เป็นตัวนำความร้อน เนื่องจากพลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความเสียดทานจะออกมาในรูปของความร้อน

4) สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนจะต้องเหมาะสม ไม่มากเกินไปเมื่อใช้งาน ในช่วงอุณหภูมิกว้าง

5) วัสดุฉาบผิวต้องเกาะติดกับโครงสร้างของแบริ่งได้ดี

ในทางปฏิบัติ วัสดุชิ้นเดียวจะมีคุณสมบัติครบถ้วนนั้นเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุต้องพยายามให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการมากที่สุดตามลักษณะของงานนั้นๆ

2.10.7 การคำนวณภาระของแบริ่งลูกกลิ้ง

การคำนวณแบริ่งลูกกลิ้งที่มีการกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน ได้แก่ ความสามารถรองรับ (Bearing capacity แรงประเมิน (Basic load rating) แรงสมมูล (Load equivalent) และอายุประเมิน (Rating life)

PN คือ แรงพลวัตประเมิน (Basic dynamic load rating) หมายถึง แรงแนวรัศมีถ้าเป็นแบริ่งแนวแกนก็จะหมายถึง แรงแนวแกนของแบริ่งลูกกลิ้งที่รับได้ในสภาพการทำงานจริง

เมื่อแบริ่งที่มีแรงรัศมี Fr เพียงแรงเดียว นั่นคือ จะมีค่าเท่ากับแรงสมมูลพลวัต

$$P_N=F_r \tag{2.28}$$

เมื่อ F_r = แรงแนวรัศมี (radial force,N)

สำหรับแบริ่งรัศมีที่มีแรงรัศมี Fr และมีแรงแนวแกน Fa กระทำ จะทำให้ค่าแรงพลวัตสมมูล PN มีค่าเท่ากับ

$$P_N=XF_r+YF_a \tag{2.29}$$

เมื่อ X = แฟคเตอร์แนวรัศมีคิดจากสัดส่วนของแรงรัศมีและแรงแนวแกน

Y = แฟคเตอร์แนวแกน ใช้แปลงค่าแนวแกนไปป็นแรงรัศมี

F_a = แรงแนวแกน (axial force,N)

สำหรับแบริ่งลูกกลิ้งรับแรงแนวแกนและแบริ่งลูกกลิ้งแกว่งปรับหาศูนย์แนวแกนที่รับแรงแนวแกนอย่างเดียวก็ได้

$$P_N=F_a \tag{2.30}$$

อายุประเมิน (Rating life) ของแบริ่งลูกกลิ้ง (L) คือ จำนวนรอบหรือจำนวนชั่วโมงที่หมุนไปจนกระทั่งเกิดการเสียหายที่ผิวขึ้น เช่น รอยร้าว รูพรุน ที่ตัวลูกกลิ้งหรือลางลูกกลิ้ง แต่เนื่องจากค่านี้ช่วงห่างสมควร ดังนั้นอายุประเมินจะคิดจากประมาณ 90% ของจำนวนรอบหรือชั่วโมงก่อนที่การเสียหายจะเกิดขึ้น

แรงพลวัตประเมิน (Basic dynamic load rating) C คือ แรงหรือภาระการกระทำที่สามารถมีอายุการใช้งานได้ L = 106 รอบหรือมีอายุ Ln=500h ที่ n = 33 x 1/3 รอบต่อนาที

ถ้าแบริ่งลูกกลิ้งรับภาระน้อยกว่าแรงพลวัตประเมิน (C) ก็จะแสดงว่าอายุของแบริ่งจะมากกว่า 106 นั่นคือ

อายุระบุของแบริ่งลูกกลิ้ง

$$L_n=\left(\frac{C}{P_N}\right)^k \qquad (2.31)$$

เมื่อ L_n = อายุการใช้งานของแบริ่ง มีหน่วยเป็นล้านรอบ

C = แรงพลวัตประเมินของแบริ่ง (kN)

P_N = แรงสมมูลพลวัต (kN)

k = ค่าคงที่ (สำหรับบอลแบริ่ง k = 3)

ถ้าอายุแบริ่งลูกกลิ้งหมุนทำงานที่ความเร็วรอบคงที่นั่นคือ อายุระบุของแบริ่งลูกกลิ้ง

$$L_a=\frac{L}{n} \qquad (2.32)$$

เมื่อ L = จำนวนรอบหมุนแบริ่งลูกกลิ้ง

n = จำนวนรอบของแบริ่งลูกกลิ้ง (h^{-1}) โดย 1 min^{-1} = 60 h^{-1}

ที่อุณหภูมิทำงานแบริ่ง t = 120 องศาเซลเซียส จะทำให้แบริ่งลูกกลิ้งปรกติเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างวัสดุ ทำให้แบริ่งบิดตัว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ผ่านมาได้นำทฤษฎีต่างๆมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมที่สร้างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่

1) วัสดุโครงสร้าง

1. มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.5 Hp และมอเตอร์เกียร์ขนาด 1 Hp
2. สายพาน
3. เหล็กกล่อง 3”x3” หนา4.5mm
4. เหล็กตัดแก๊ช

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
2. เครื่องตัดเหล็กแผ่น
3. เครื่องกลึง
4. เครื่องเจาะ
5. พลาสม้า CNC

3.1.2 อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. เม็ดพลาสติก LLDPE
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก 60 KG
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ
5. ประแจ
6. เครื่องมือวัดความเร็วรอบมอเตอร์

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นจึงวางแผนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ
2. การออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่
3. การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ
4. การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

วัตถุประสงค์ในการศึกษาขั้นตอนนี้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับนำมาใช้พัฒนาการออกแบบเครื่องต้นแบบ มีรายละเอียดในการศึกษาดังต่อไปนี้

1) การศึกษาปัญหาและวิธีการหล่อขึ้นรูปของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาในการหล่อขึ้นรูปพลาสติกของเกษตรกร รวมถึงหาข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่กับเกษตรกรและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์

2) การศึกษาลักษณะกายภาพของผงพลาสติก

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของผงพลาสติกโดยการวัดจุดหลอมละลายของผงพลาสติก ได้แก่ อุณหภูมิในการหลอมละลาย ขนาดของผงพลาสติก และความเร็วรอบในการหมุนเหวี่ยงชิ้นงาน และองศาของเครื่องเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ ที่เหมาะสม

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับผงพลาสติกข้างต้น นำไปสู่การออกแบบลักษณะการหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการหลอมละลายของผงพลาสติกและการเคลื่อนที่ของผงพลาสติกโดยจะเลียนแบบการทำงานของเครื่องแบบเดิมที่มีขนาดใหญ่แบบ Rock N Roll และยังนำลักษณะทั่วไปในการไหลของผงพลาสติกมาใช้ในการออกแบบชุดหมุนเหวี่ยง และมุมองศาในการหมุนเหวี่ยงอีกด้วย

รูปที่ 3.1 ลักษณะทางกายภาพของผงพลาสติก : LLDPE

3) การศึกษาปัญหาการทำงานของเครื่องหล่อพลาสติกแบบรุ่นเก่า

รูปที่ 3.2 เครื่องหล่อพลาสติกแบบเดิมรุ่นเก่า

จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบเดิมรุ่นเก่า ดังรูปที่ 3.2 พบว่าการใช้งานไม่เหมาะสำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม เนื่องจากมีขนาดที่ใหญ่เคลื่อนที่ไม่ค่อยสะดวก เหมาะกับทำเป็นอุตสาหกรรมหลัก ซึ่งผู้ประกอบการต้องลงทุนสูงในช่วงแรกและประกอบกับเครื่องมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นกับผลิต ผลิตภัณฑ์ที่จะทำขึ้นรูปแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม และโดยเครื่องรุ่นเดิมใน 1 รอบการทำงานสามารถหล่อขึ้นรูปได้ทีละ1ชิ้น ซึ่งนับว่าช้ามากถ้าเราหล่อขึ้นรูปชิ้นงานขนาดไม่ใหย่มากแล้วได้จำนวนในการผลิตน้อย

จากข้อมูลข้างต้นได้ดำเนินการออกแบบเพื่อพัฒนาเครื่องใหม่วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานให้มากขึ้น จำนวนในการหล่อขึ้นรูปชิ้นงานมากขึ้น จำนวนการหล่อขึ้นรูปเสียน้อยลง ชุดทดสอบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติก ชุดหมุนส่งกำลังในแนวแกนไปตามชุดหมุนโยก แม่พิมพ์หล่อชิ้นงานองศาโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจาก การนำผงพลาสสติกเทเข้าไปในแม่พิมพ์แล้วปิดฝาแม่พิมพ์เสร็จแล้วทำการเปิดเครื่องให้เครื่องหมุนเหวี่ยงตามระบบแล้วจุดไฟระบบแก๊ซเริ่มทำงาน พอครบเวลาที่ตั้งไว้ในการให้ความร้อนก็เป่าเย็นต่อ จนพลาสติกเย็นเหลืออุณหภูมิ 70-100 องศาก็ทำการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

จากการทดสอบที่ความเร็วรอบในการหมุน 30, 40 และ 50 เมตรต่อนาที ตามลำดับ เวลาที่ใช้ขึ้นรูป 7,10,13 นาที พบว่าเครื่องขึ้นรูปได้ดีที่เวลา 10 นาที รอบที่ใช้คือ 40รอบต่อนาที และมีความสามารถในการทำงาน 2ชิ้นต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งจะได้นำผลของเครื่องเดิมนี้ไปทำการออกแบบเพื่อตอบโจทย์ให้กลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมที่มีความต้องการผลิต อุปกรณ์ทางการเกษตร ที่ทำจากผงพลาสติก ซึ่งจะได้ใช้เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม ที่ผลิตภายในประเทศที่มีขนาดพอดีกับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในแต่ละพื้นที่ ที่มีขนาดพอดีสามารถขึ้นรูปได้อย่างรวดเร็ว และประหยัดพื้นที่ในการผลิตชิ้นงาน และเครื่องย้ายสะดวกเหมาะกับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมดัง รูปที่ 3.3 โดยเอาระบบการโยกองศาแบบข้อเหวี่ยงให้ได้มุมเอียงของชิ้นงาน 48 องศา ตามเครื่องเดิมรุ่นเดิม จึงได้นำหลักการของเครื่องนี้เพื่อไปออกแบบเครื่องที่มีขนาดที่เหมาะสมกับสถานประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมให้สามารถตอบโจทย์ในการสร้างผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีขนาดเล็กสามารถหล่อทีเดี่ยวได้ 2 ชิ้นซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาในการขึ้นรูปชิ้นงานต่อหนึ่งรอบการทำงานได้จำนวนชิ้นงานมากกว่าแบบเครื่องเดิมเมื่อเทียบกับรอบการทำงานเดี่ยวกัน โดยได้นำหลักการของเครื่องนี้ไปออกแบบเครื่องสำหรับพัฒนาต่อไป

รูปที่ 3.3 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนรุ่นเดิม : Rock N Roll

3.2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มถา ประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

จากการศึกษาข้อมูลที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม ขึ้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบ ดังต่อไปนี้

1) เกณฑ์ในการออกแบบ ที่สำคัญดังนี้

เครื่องขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก สามารถหล่อขึ้นรูปพลาสติกในหนึ่งรอบการทำงานสามารถหล่อผลิตภัณฑ์ได้ 2 ชิ้นในหนึ่งรอบการทำงาน

กลไกการทำงานของเครื่อง ใช้กลไก Scotch Yoke มาเป็นกลไกหลักในหมุนให้ได้องศาในไหลของผงพลาสติก

ใช้มอเตอร์เกียร์ในการทดรอบและใช้อินเวอร์เตอร์ในการช่วยปรับความเร็วรอบในการหมุนและการ โยกอีกทางหนึ่งด้วยเพื่อสะดวกในการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องกับการขึ้นรูปชิ้นงาน

ใช้แก๊ซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน

การบำรุงรักษาและเคลื่อนย้ายสะดวก สามารถถอดทำความสะอาดได้ง่าย

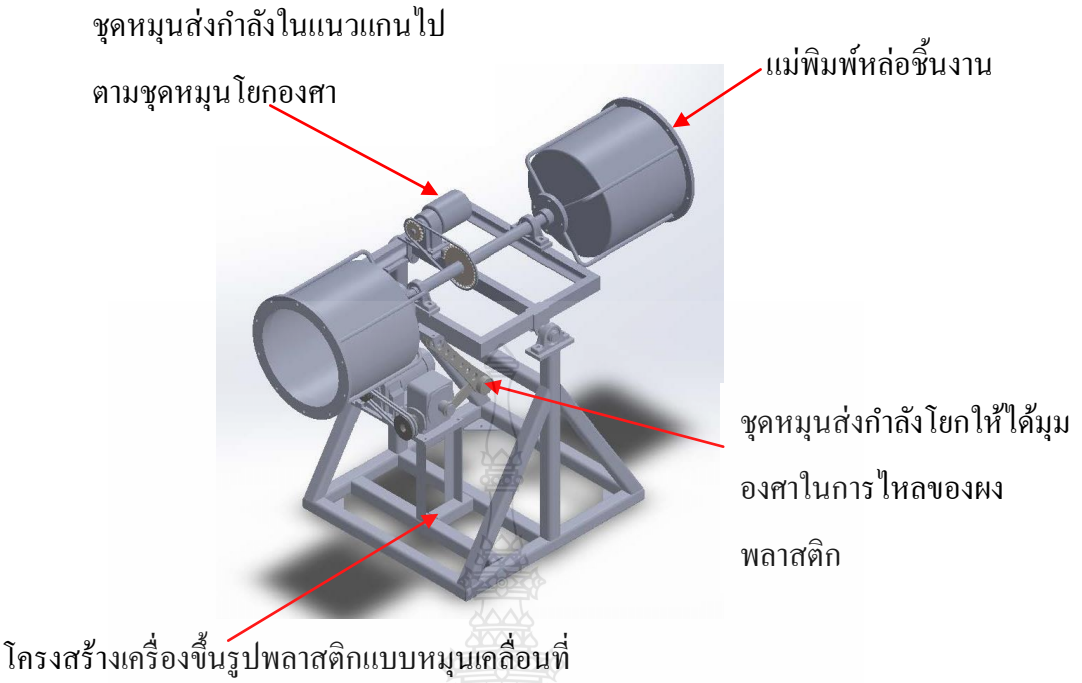
ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

รูปที่3.4 การถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

2) รายละเอียดในการออกแบบ

ในการออกแบบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมได้ออกแบบให้มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดหมุนโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติก ชุดหมุนในแนวแกนไปตามชุดหมุนโยกองศา และแม่พิมพ์หล่อชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

1. โครงสร้างเครื่อง
2. ชุดหมุนโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติก
3. ชุดหมุนส่งกำลังในแนวแกนไปตามชุดหมุนโยกองศา
4. แม่พิมพ์หล่อชิ้นงาน

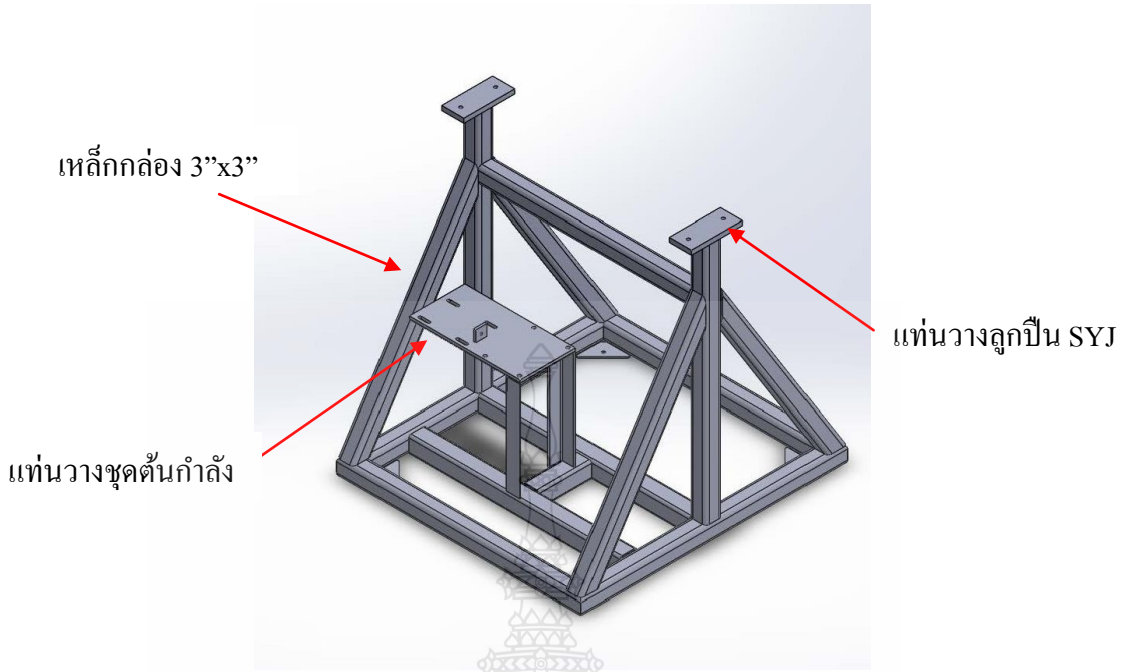


รูปที่ 3.5 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

โดยแต่ละส่วนมีการสร้างดังนี้

โครงสร้างของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

ทำจากเหล็กเชื่อมประกอบกันเป็นโครงสร้างขนาด 1200x1100x1350 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง) ดังรูปที่ 3.6 โดยออกแบบให้รองรับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์เกียร์ ชุดหมุนเหวี่ยง เกียร์ทดรอบ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ต่างๆทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีโครงเป็นส่วนประกอบหลักในการยึดชุดหมุนเหวี่ยง และอุปกรณ์ต่างๆในการทำงาน



รูปที่ 3.6 โครงสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่

ชุดหมุนโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติก ประกอบด้วย

มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.50 แรงม้า

เกียร์ทดลอบขนาด 1.00 แรงม้า

แขนหมุนโยกมุมองศา

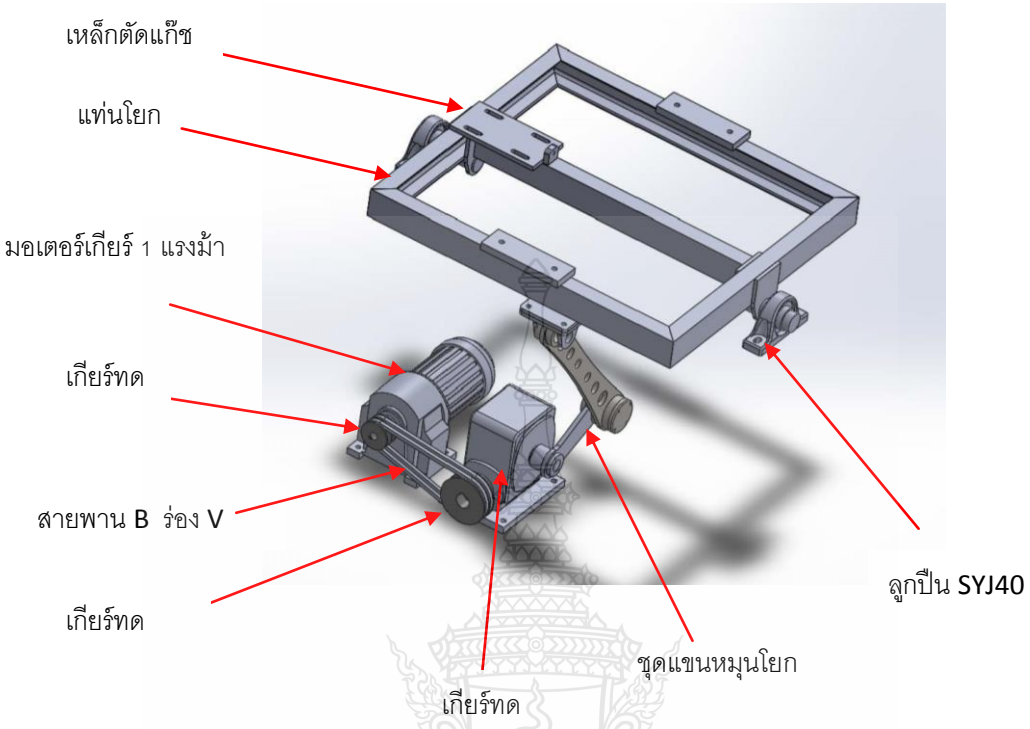
เหล็ก C - Chanel ขนาด 3”x2”หนา 9 มิลลิเมตร

เพลา Dia60x1080 มิลลิเมตร

เหล็กตัดแก๊ช

สายพานBร่องV จำนวน 2 เส้น

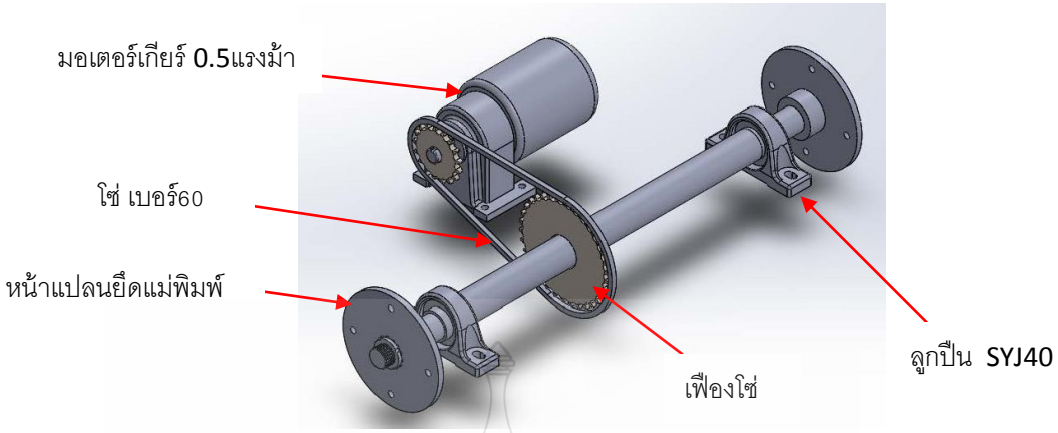
ชุดหมุนโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติก ทำจากเหล็กเหล็ก C - Chanel เชื่อมประกอบเป็นแท่นและมีแขนหมุนเหวี่ยงมุมองศา โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์เกียร์ซึ่งเป้นต้นกำลังหลักส่งถ่ายกำลังมาที่เกียร์ทดเพื่อปรับความเร็วรอบ ซึ่งใช้สายพาน B ร่องV เป็น ตัวถ่ายทอดส่งกำลงมาที่เกียร์ทด เกียร์ทดก็จะส่งถ่ายกำลังไปที่ชุดแขนหมุนเหวี่ยงเพื่อทำการเคลื่อนที่ในแนวองศา โดยจะมีลูกปืนตุ๊กตา SYJ 40 ทำหน้าที่เป็นจุดหมุนองศาให้กับชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ชุดหมุนโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติก

ชุดหมุนส่งกำลังในแนวแกนไปตามชุดหมุนโยกองศา

ชุดหมุนส่งกำลังในแนวแกนไปตามชุดหมุนโยกองศา จะมีเพลาเป็นชิ้นส่วนหลักและมีลูกปืน SYJ เป็นจุดยึดการหมุน โดยมีต้นกำลังจากมอเตอร์เกียร์ ขนาด 1 แรงม้า อัตราทด1:20 เป็นต้นกำลัง ซึ่งจะมีเฟืองโซ่จากมอเตอร์เกียร์ถ่ายกำลังมาที่โซ่เบอร์60 ในการส่งถ่ายกำลังมาที่ชุดหมุนเฟืองโซ่ที่ยึดกับแกนเพลา ดังรูปที่ 3.8 หน้าที่ คือ หมุนไปตามแนวแกนตามองศาของชุดหมุนโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติก ซึ่งจะหมุนไปเลื่อยๆตามระยะเวลาที่เราตั้งไว้ และส่วนปลายของแกนเพลาจะมีหน้าแปลนไว้ยึดแม่พิมพ์ชิ้นงาน ทั้งสองด้านโดยสามารถใส่แม่พิมพ์ได้ทีละสองแม่พิมพ์



รูปที่ 3.8 ชุดหมุนส่งกำลังในแนวแกนไปตามชุดหมุนโยกองศา

แม่พิมพ์หล่อชิ้นงาน

แม่พิมพ์หล่อชิ้นงาน คือแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบรูปทรงทำขึ้นเพื่อทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาส ติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม ดังรูปที่ 3.9 โดยใช้แม่พิมพ์ทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 570x500 มิลลิเมตร ปริมาตร 120 ลิตรที่ความหนาพลาสติก3mmใช้พลาสติก 4 กิโลกรัมสามารถคำนวณได้จากโปรแกรม Solidwork ในการทดสอบ

รูปที่ 3.9 แม่พิมพ์หล่อชิ้นงาน

3) หลักการทำงานของเครื่อง

เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม มีหลักการในการทำงาน 4 ขั้นตอน ดังนี้

การใส่ผงพลาสติก (LLDPE) โดยนำผงพลาสติก มาใส่เข้าไปในแม่พิมพ์กลวงหลังจากนั้นปิดฝาประกบแม่พิมพ์

การขึ้นรูปพลาสติก โดยใช้การใช้แก๊ซให้ความร้อนผ่านระบบหัวพ่น ไปยังแม่พิมพ์แล้วหมุนแม่พิมพ์ พร้อมทั้งให้ความร้อนเพื่อให้พลาสติกเหลว และไหลไปตามผิวภายในของแม่พิมพ์จนทั่วถึง ด้วยแรงโน้มถ่วง

การทำให้แม่พิมพ์เย็นลง โดยจะใช้พัดลมเป่าให้เย็น แต่แม่พิมพ์จะต้องยังคงหมุนอยู่ เพื่อไม่ให้พลาสติกยุบตัวหรือหดตัวของชิ้นงานในช่างที่ทำการเป่าเย็น

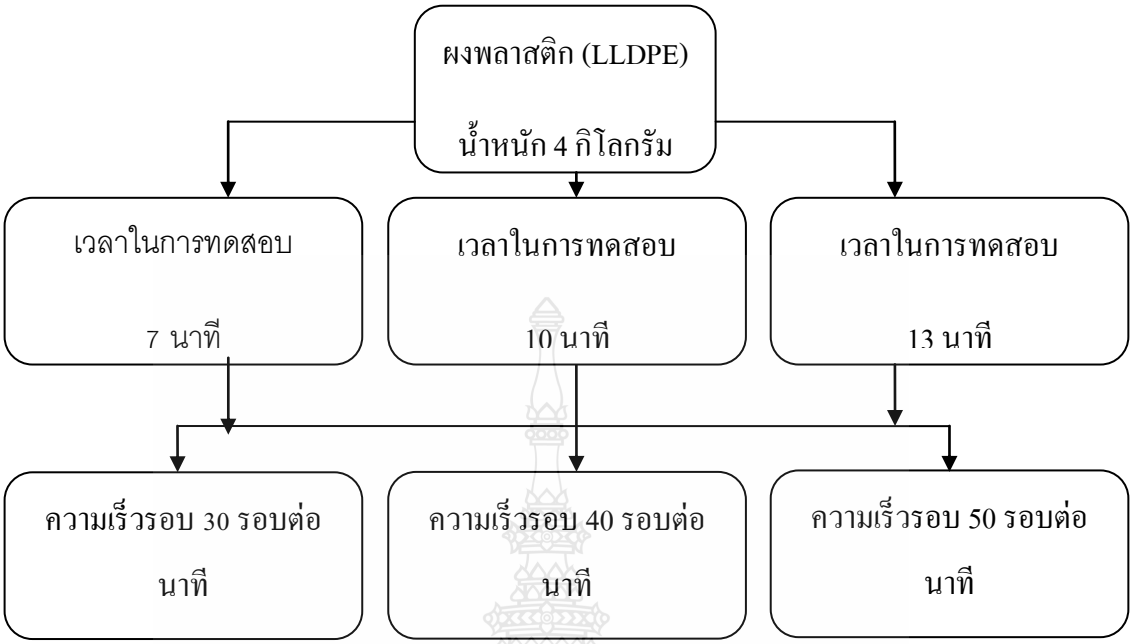
การนำเอาชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เมื่อชิ้นงานแข็งตัวและคงรูปแล้ว ก็สามารถเปิดแม่พิมพ์ ออก เพื่อนำชิ้นงานออกได้

4) การสร้างเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ณ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี

3.3 วิธีการทดสอบและประเมินผล

การทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องหาเวลากับรอบที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานตามรูปทรงแม่พิมพ์ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ความสามารถในการทำงานและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ คือ ความเร็วรอบ 30,40,50 รอบต่อนาที ปริมาณแก๊ซที่ใช้ในการทดสอบต่อน้ำหนักพลาสติก ระยะเวลาในการขึ้นรูปชิ้นงาน 7,10,13 นาทีดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.10 รูปแผนผังการทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

3.3.1 การทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

ก) เตรียมเมล็ดผงพลาสติกในการทดสอบ

1. นำผงพลาสติกมาชั่งน้ำหนัก ให้ได้ 4 กิโลกรัม
2. เมื่อได้ผงพลาสติกที่พร้อมในการทดสอบแล้ว เทผงพลาสติกใส่ในแม่พิมพ์ เสร็จแล้วปิดฝาแม่พิมพ์เพื่อไม่ให้ผงพลาสติกร่วงออกมา เพื่อทำการเริ่มหล่อชิ้นงาน
3. เตรียมแก๊ซที่จะใช้ในการทดสอบให้พร้อม
4. สตาร์ทเครื่อง เปิดแก๊ซแล้วทำการจุดไฟ
5. เตรียมเครื่องวัดอุณหภูมิให้เรียบร้อยเพื่อใช้ในงานเช็คอุณหภูมิรอบๆแม่พิมพ์

รูปที่ 3.11 การชั่งน้ำหนักผงพลาสติก

รูปที่ 3.12 การเทผงพลาสติกใส่ในแม่พิมพ์

ข) ทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม ที่ความเร็วรอบ 30,40 และ50 รอบต่อเวลาในการให้ความร้อน 7,10,13 นาที ตามลำดับ

1. เตรียมผงพลาสติก
2. เดินเครื่องเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม โดยปรับความเร็วที่ 30 รอบต่อนาที
3. ใส่ผงพลาสติกเข้าไปในแม่พิมพ์ จับเวลาในการให้ความร้อน 7 นาที และจับเวลาทั้งหมดในการทดสอบ 1รอบ และบันทึกค่า
4. ทำการเปิดเครื่องรันระบบให้ครบรอบและบันทึกค่า
5. บันทึกค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า
6. บันทึกค่าแก๊ซที่ใช้ไปกี่กิโลกรัม
7. ทำซ้ำ 3 ซ้ำ ขั้นตอนที่ 1-6
8. ทำการปรับความเร็วรอบและเวลาในการทดสอบที่ความเร็วรอบ 30,40 และ50 รอบต่อเวลาในการให้ความร้อน 7,10,13 นาที ตามลำดับ
9. ทดสอบซ้ำตามข้อที่ 2 ถึง 7

รูปที่ 3.13 การหล่อขึ้นรูปพลาสติก

ค) ค่าชี้ผลการศึกษา

1) ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม การหาความสามารถในการทำงานที่เหมาะสมคือเครื่องสามารถขึ้นรูปแล้วชิ้นงานอุปกรณ์ทางการเกษตรได้ไม่เสียหาย พลาสติกหล่อได้สม่ำเสมอเต็มพื้นที่ผิว โดย หาได้จากจำนวนที่เครื่องสามารถหล่อขึ้นรูปได้หารด้วยจำนวนที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้ที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดแสดงได้จากสมการที่ 3.1

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{จำนวนที่หล่อขึ้นรูปได้ทั้งหมด (Set)}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด (hr)}} \qquad (3.1)$$

2) เปอร์เซ็นต์การขึ้นรูปอุปกรณ์ทางการเกษตรด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม (%)

การหาเปอร์เซ็นต์การหล่อขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม หาได้
จากจำนวนที่ขึ้นรูปได้ทั้งหมดต่อจำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมด แสดงได้จากสมการที่ 3.2

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหล่อขึ้นรูปได้} = \frac{\text{จำนวนที่ขึ้นรูปได้ (Set)}}{\text{จำนวนที่ทดสอบทั้งหมด (Set)}} \times 100 \qquad (3.2)$$

3) เปอร์เซ็นต์การเสียหาย (%)

การหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการหล่อขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมหาได้จากจำนวนที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้(พลาสติกยังหลอมละลายไม่หมด)ต่อจำนวนที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด แสดงได้จากสมการที่ 3.3

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเสียหาย} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.3)$$

4) อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

คำนวณอัตรากาสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม หาได้จากเครื่องวัดหน่วยมิเตอร์ไฟฟ้า

3.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ก) การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย อาศัยแนวคิดการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้ เครื่อง สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม ค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง เมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม ได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไป ตามปริมาณของผงพลาสติก อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในที่นี้จะไม่คิด ต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงงาน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงาน ตามสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตาม ปริมาณการหล่อขึ้นรูป ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น

ข) การวิเคราะห์ระยะเวลาการคุ้มทุน (Pay-back period) เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนในเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม แล้วจะได้รับผลตอบแทนกับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี โดยพิจารณาจากการทราบค่า (i) (10 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่ทราบค่า n ทำการเปลี่ยน n ไป เรื่อย ๆ จนค่าทั้งสองข้างของสมการเท่ากันก็จะได้ค่า n โดยที่ n คือระยะเวลาคืนทุน (ปี)

ค) การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break–even point) เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการหล่อขึ้นรูปกับผลิตภัณฑ์ ให้ได้ชิ้นงานดีกับเสียเปรียบเทียบการหล่อดีคงที่ เครื่องต้นแบบว่าสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานดีมีประสิทธิภาพสูงหล่อชิ้นงานไม่เสีย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากวิธีการดำเนินงานวิจัยที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ
2. การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม
3. การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ
4. การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหล่อขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

4.1.1 ผลการศึกษาปัญหาและวิธีการหล่อขึ้นรูปของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมกับเกษตรกร

ผลของการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับการขึ้นรูปพลาสติก LLDPEด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม สรุปได้ดังนี้

1. เครื่องหล่อพลาสติกแบบโรโตเหมาะกับพลาสติกที่เป็นผงซึ่งจะขึ้นรูปได้ง่ายไม่ค่อยมีปัญหา เพราะเนื่องจากพลาสติก LLDPE ชนิดนี้มีจุดหลอมละลายต่ำ
2. ความสามารถในการหล่อผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิด (LLDPE) 1 เครื่องเดิมสามารถผลิตชิ้นงานได้ใน 1 วัน (ทำงาน 8 ชั่วโมง)ได้ประมาณ 8 ชิ้นต่อวัน เครื่องที่ได้ทำการออกแบบใหม่นี้สามารถขึ้นรูปได้มากกว่าคือ 8ชั่วโมงได้ 16 ชิ้น ซึ่งมากกว่า 1เท่าตัวจากระแบบเดิม
3. ค่าจ้างแรงงาน 1 คนสามารถทำงานได้ 1 เครื่องโดยปรกติ

4. ปัญหาที่พบในขั้นตอนการหล่อพลาสติก (LLDPE) ด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม คือ

ระยะเวลาในการหล่อมีผลต่อการหล่อแบบผงชนิด (LLDPE) ถ้าใช้ระยะเวลาในการหล่อขึ้นรูปชิ้นงานนานไปผงพลาสติกอาจไหม้ได้ จึงจำเป็นต้องควบคุมเวลาให้ดี

รอบในการหมุนของเครื่องมีผลต่อการขึ้นรูปพลาสติกด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนโดยจะต้องสัมพันธ์กับการไหลของผงพลาสติกชนิด (LLDPE)

5. คุณลักษณะของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

การบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย

ทนทานต่อการใช้งาน ราคาไม่แพง ลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

ประหยัดเวลาการทำงาน

สามารถเคลื่อนย้ายฐานผลิตได้ง่าย

เครื่องสามารถผลิตชิ้นงานออกมาได้คุณภาพดี ไม่เกิดความเสียหายต่อชิ้นงาน

รูปที่ 4.1 รูปชุดเลี้ยงไส้เดือน

4.1.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม สรุปได้ดังนี้

1. ทำการทดสอบกับแม่พิมพ์หล่อด้วยพลาสติกชนิดผง ที่น้ำหนัก 4 กิโลกรัม ซึ่งผลที่ออกมา ระยะเวลาในการหล่อ ความเร็วรอบในการหมุนของชิ้นงาน มีผลต่อการขึ้นรูปพลาสติกชนิดผง โดยใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูปชิ้นงานที่ 180 องศา

2. นำข้อมูลในการ ในการหล่อขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่องมาวิเคราะห์เปรียบเทียบซึ่งระยะเวลาในการหล่อขึ้นรูป มีผลต่อการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยความเร็วรอบก็มีผลโดยตรงกับอัตราการไหลในการหลอมละลายเผื่อให้พลาสติกขึ้นรูปได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ถูกความร้อนเผาจนไหม้ หรือพลาสติกหลอมละลายไม่หมด

รูปที่ 4.2 การวัดอุณหภูมิแม่พิมพ์

4.1.3 ผลการศึกษาระยะเวลาและรอบที่เหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยเครื่องหล่อพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปพลาสติกด้วยผงพลาสติก (LLDPE) นำไปสู่การออกแบบลักษณะรูปทรงของเครื่องที่สามารถลดระยะเวลาในการขึ้นรูปโดยออกแบบให้มีลักษณะเด่น คือหนึ่งรอบการทำงานสามารถหล่อขึ้นรูปชิ้นงานได้ 2 ชิ้นต่อรอบการทำงาน และสามารถกำหนดรอบและเวลาที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปของเครื่องหล่อพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมได้

รูปที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

จากการการรวบรวมข้อมูลในการสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม ซึ่งใช้วัสดุพลาสติกที่มีคุณสมบัติในการหล่อขึ้นรูปที่ง่ายในการทดสอบคือพลาสติกชนิด (LLDPE) ซึ่งนำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยได้ออกแบบเครื่องให้ตอบโจทย์ต่อกลุ่มสถาน

ประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมให้สามารถผลิตสินค้าทางการเกษตรได้ง่าย และรวดเร็ว แม่นยำ ดังนั้นการออกแบบจึงมีการคิดสร้างเครื่องให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ใน1รอบการทำงาน สามารถผลิตชิ้นงานได้ 2ชิ้นจากเดิมผลิตได้ชิ้นเดี่ยวต่อเครื่องซึ่งเครื่องมีขนาดใหญ่ และเพื่อลดระยะเวลาในการผลิตและสามารถเพิ่มชิ้นงานได้ในการผลิตแต่ละวันได้จำนวน16ชิ้นต่อวันต่อเครื่อง โดยตัวเครื่องสามารถปรับความเร็วในการหมุน ปรับองศาการไหลของผงพลาสติก และสารมารถปรับความเร็วรอบในการหมุนตามแนวแกนองศาได้ เพื่อให้ได้รอบที่เหมาะสม ในการหล่อขึ้นรูปชิ้นงานไม่ให้เกิดความเสียหายในการหล่อขึ้นรูป ส่วนต้นกำลังใช้แบบมอเตอร์เกียร์ 2 ตัว ตัวหนึ่งเป็นต้นกำลังในการหมุนเหวี่ยงองศา ส่วนอีกตัวหนึ่งเป็นตันกำลังในการหมุนในแนวแกนไปพร้อมกับแกนเหวี่ยงองศาซึ่งจะทำงานไปพร้อมๆกัน โดยตัวเครื่องจะมีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดหมุนโยกให้ได้มุมองศาในการไหลของผงพลาสติกจะโยกขึ้นลงในแนวเอียงองศาสลับขึ้นลง ซ้ายขวา ส่วนชุดหมุนในแนวแกนก็จะหมุนไปตามทิศทางการหมุนเป็นวงล้อตามชุดหมุนโยกองศา และแม่พิมพ์หล่อชิ้นงาน

หลังจากได้คำนวณและออกแบบขนาดต่างๆของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมแล้วจึงได้ทำการเขียนแบบทางวิศวกรรมแสดงดัง รูป4.4 เมื่อดำเนินการเขียนแบบเสร็จสิ้น จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมต้นแบบตามแบบที่เขียนแบบไว้ ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.4 การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

รูปที่ 4.5 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

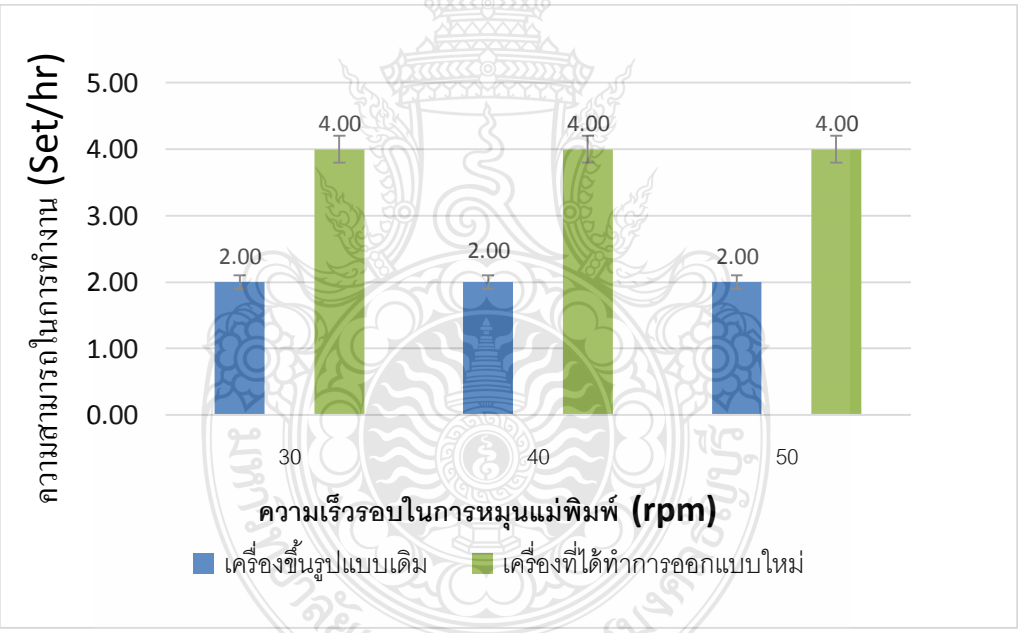
4.3 ผลการทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

ผลการทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมที่ความเร็วรอบ 30 ,40 และ 50 รอบต่อนาที โดยใช้เวลาที่เวลาในการให้ความร้อนชิ้นงาน 7,10 และ13 นาที กับการหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง570 มิลลิเมตรสูง 500 มิลลิเมตร โดยใช้น้ำหนักพลาสติก 4 กิโลกรัม เพื่อทดสอบหารอบที่เหมาะสมในการหล่อขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่อง โดยที่งานไม่เสียโดยใช้ค่าชี้ผลการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์การขึ้นรูปเสียหาย และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ดังต่อไปนี้

4.3.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.3 พบว่าความสามารถในการทำงานของเครื่องใช้เวลาในการให้ความร้อน 7,10 และ 13 นาที น้ำหนักพลาสติก 4 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบ 30 ,40 และ 50 รอบต่อ

นาทีตามลำดับ จะเห็นได้ผลคือเวลามีผลต่อการขึ้นรูปเนื่องจากถ้าเวลาในการหล่อขึ้นรูป 13 นาทีซึ่งมากเกินไป จะได้ชิ้นงานขึ้นรูปไม่สมบูรณ์คือจะมีรอยไหม้ บริเวณก้นของชิ้นงาน ส่วนเวลาที่ใช้ในการหล่อขึ้นรูปน้อยไปคือ 7 นาที พลาสติกในการขึ้นรูปก็ยังไม่ละลาย ยังเหลือส่วนที่เป็นผงกองอยู่ที่ก้นถัง และเวลาที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถังพลาสติกขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 570 สูง500 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตรที่เวลา 10 นาทีสามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด และรอบในการทดสอบมีผลต่อการขึ้นรูปเหมือนกันคือรอบในการหมุน 50 รอบต่อนาทีถ้ามากไปพลาสติกขึ้นรูปได้แต่จะไม่ค่อยสมบูรณ์เนื่องจากจะมีรอยย้นบริเวณก้นถังเพราะรอบในการหมุนมากไป ส่วนรอบต่ำเกินไปคือ 30 รอบต่อนาทีก็สามารถขึ้นรูปได้แต่ชิ้นงานไม่ค่อยสมบูรณ์ ต่างจากรอบการทำงานที่ 40 เวลา 10นาที ที่ชิ้นงานขึ้นรูปได้มีความสมบูรณ์ ที่สุดชิ้นงานมีความสวยงามผิวเรียบเนียนเสมอกัน และเป็นช่วงเวลาและรอบในการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 4.1 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.6 ความสามารถในการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกเพื่อการเกษตร

4.3.2 เปอร์เซ็นต์การเปอร์เซ็นต์การหล่อขึ้นรูปได้ของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

เปอร์เซ็นต์การหล่อขึ้นรูปได้ จากผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 30,40 และ 50 รอบต่อนาที และเลาที่ใช้ในการทดสอบ 7,10 และ13 นาที ซึ่งผลการทดสอบได้ค่าผลของการขึ้นรูปชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้สมบูรณ์ทั้งหมด 6 ชิ้นจากการทดสอบทั้งหมด 9 ครั้ง ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูปได้ คือ 66.66%

4.3.3 เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของการขึ้นรูปของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

เปอร์เซ็นต์การหล่อขึ้นรูปได้ จากผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 30,40 และ 50 รอบต่อนาที และเลาที่ใช้ในการทดสอบ 7,10 และ13 นาที ซึ่งผลการทดสอบได้ค่าผลของการขึ้นรูปชิ้นงานที่ขึ้นรูปไม่ได้ ทั้งหมด 3 ชิ้นจากการทดสอบทั้งหมด 9 ครั้ง ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูปได้ คือ 33.33%

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ

รายการทดสอบ Set	เวลา/นาที Time/Min	รอบ/นาที Rpm	ผลที่เกิดขึ้น Results
A1	7	30	N/A
A2	7	40	N/A
A3	7	50	N/A
B1	10	30	NC
B2	10	40	C
B3	10	50	NC
C1	13	30	NC
C2	13	40	NC
C3	13	50	NC

A1,A2,A3 คือ รายการทดสอบที่เวลา 7 นาที คงที่ รอบในการทดสอบ 30,40,50 รอบตามลำดับ

B1,B2,B3 คือ รายการทดสอบที่เวลา 10 นาที คงที่ รอบในการทดสอบ 30,40,50 รอบตามลำดับ

C1,C2,C3 คือ รายการทดสอบที่เวลา 13 นาที คงที่ รอบในการทดสอบ 30,40,50 รอบตามลำดับ

*** C = Complete (ขึ้นรูปได้สมบูรณ์)

*** NC = Incomplete (ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์)

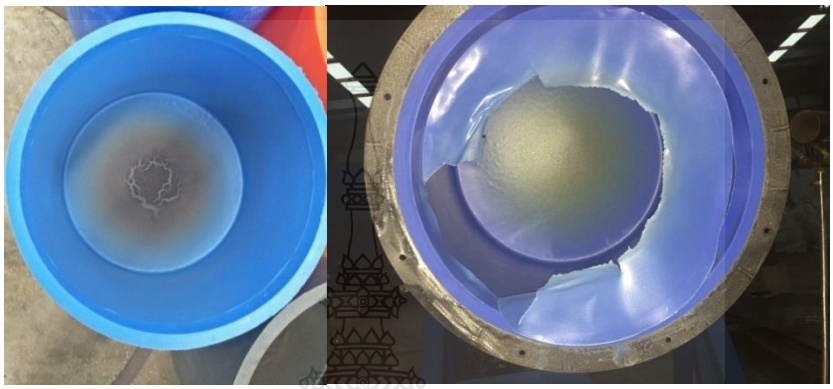
*** N/A = Not applicable (ไม่สามารถขึ้นรูปได้)

เนื่องจากผลการทดสอบเราวัดได้จากลักษณะของชิ้นงานในการขึ้นรูป คือขึ้นรูปได้สมบูรณ์,ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์และไม่สามารถขึ้นรูปได้ โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของชิ้นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ในการพิจารณาการขึ้นรูปได้สมบูรณ์และพิจารณาความสามารถในการหล่อขึ้นรูปจากจำนวนที่หล่อขึ้นรูปกับเครื่องหล่อแบบเดิมเปรียบเทียบกับเครื่องหล่อพลาสติกที่ได้ทำการออกแบบขึ้นใหม่ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลักษณะการขึ้นรูปได้สมบูรณ์ C = Complete (ขึ้นรูปได้สมบูรณ์) คือการหล่อชิ้นงานออกมาแล้วพลาสติกมีความเรียบเสมอกันไม่มีร่องรอยของการไหม้ของชิ้นงาน พลาสติกถูกหลอมละลายหมดเป็นผิวเดี่ยวกันดัง รูปที่ 4.4

รูปที่ 4.7 การขึ้นรูปได้สมบูรณ์

ลักษณะการขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ :INC = Incomplete (ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์) คือการหล่อชิ้นงานออกมาได้เป็นรูปทรง แต่ชิ้นงานเกิดรอยไหม้ ซึ่งเกิดจากความเร็วรอบรอบในการหมุนที่เร็วเกินไปและเวลาที่ใช้ในการหล่อชิ้นงานมากไปทำให้พลาสติกเกิดการไหม้และทำให้เกิดรอยย้นไหม้ที่บริเวณก้นถัง ดัง รูปที่ 4.5ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์



รูปที่ 4.8 การขึ้นรูปไม่สมบูรณ์

ไม่สามารถขึ้นรูปได้ : N/A = Not applicable (ไม่สามารถขึ้นรูปได้) คือการหล่อชิ้นงานแล้วผงพลาสติก หลอมละลายไม่หมดยังมีลักษณเป็นผงเหลืออยู่ด้านในชิ้นงานซึ่งเกิดจากเวลาที่ใช้ในการหล่อขึ้นรูปชิ้นงานน้อยเกินไป ทำให้ผงพลาสติกยังหลอมละลายไม่หมด ดังรูปที่ 4.6 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

รูปที่ 4.9 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

4.4 การประยุกต์ใช้เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมเพื่อผลิตอุปกรณ์ทางการเกษตร

4.4.1 การประยุกต์อุปกรณ์ทางการเกษตรที่ได้จากเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม ไปใช้ในการปลูกพืช ต้นไม้ ดอกไม้ทั่วไป เพื่อให้ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย และเหมาะกับอายุการเจริญเติบโตของพืชชนิดนั้น โดยสามารถเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่จะทำให้กับเจ้าของร้านจัดสวน ร้านขายต้นไม้ดอกไม้ นำไปเป็นการถ่างขายพร้อมกับต้นไม้ที่เราปลูกไว้ได้ในตัว เพิ่มกำไรในการขายได้อีกทางหนึ่งด้วย

รูปที่ 4.10 การปลูกต้นไม้ในกระถางคอนกรีต

รูปที่ 4.11 การประยุกต์นำไปทำเป็นกระถ่างปลูกต้นไม้

รูปที่ 4.12 การประยุกต์นำไปทำเป็นกระถางปลูกต้นไม้ประดับบ้าน

4.4.2 การประยุกต์อุปกรณ์ทางการเกษตรที่ได้จากเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม ไปใช้ในการปลูกมะนาว ตามบ้าน หรือทำเป็นสวนมะนาวได้ สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายเหมาะกับการทำเป็นกระถางปลูกมะนาวเป็นอย่างยิ่ง

รูปที่ 4.13 การเคลื่อนย้ายกระถางปลูกมะนาว

รูปที่ 4.14 การประยุกต์ปลูกมะนาวในกระถางพลาสติกเป็นแนวตามสวน

4.4.3 การประยุกต์อุปกรณ์ทางการเกษตรที่ได้จากเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม ไปใช้ในการเลี้ยงไส้เดือน ได้อาศัยคุณสมบัติเด่นของอุปกรณ์ คือ มีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนที่ง่าย ทนต่อแรงกระแทก สามารถเชื่อมต่อพลาสติกทำเป็นรูระบายน้ำได้ เพื่อสะดวกในการว่างระบบในการเลี้ยงไส้เดือนให้มีความสะดวกและง่ายในการเลี้ยงไส้เดือน

รูปที่ 4.15 ไส้เดือนในถังพลาสติก

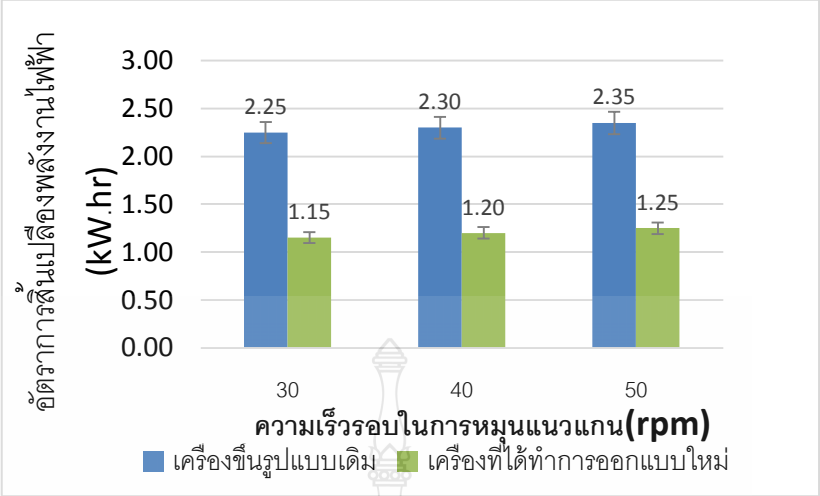
รูปที่ 4.16 การประยุกต์นำไส้เดือนมาเลี้ยงในถังพลาสติก

จากการทดลองสมรรถนะของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่จะเห็นได้ว่าเวลาและความเร็วรอบมีผลต่อการขึ้นรูปชิ้นงานซึ่งจากการทดสอบจะได้เวลาและความเร็วรอบที่เหมาะสมในการขึ้นรูปจะอยู่ที่ 10 นาที ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที สามารถขึ้นรูปได้ดี เนื่องจากเวลาในการหลอมพลาสติกอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับความเร็วรอบในการขึ้นรูป และจากตารางการทดสอบจะเห็นได้ว่าถ้าเวลาน้อยเกินไปก็ไม่สามารถขึ้นรูปได้พลาสติกยังไม่ละลายหรือถ้าเวลามากเกินไปพลาสติกก็จะเกิดการไหม้ของเนื้อพลาสติกทำให้ขึ้นรูปไม่ได้ และถ้าระยะเวลาในการให้ความร้อนนานเกินไปก็จะทำให้พลาสติกไหม้ ทำให้เกิดการขึ้นรูปที่ไม่สมบูรณ์ โดยจะมีลักษณะเป็นรอยไหม้ที่ก้นชิ้นงาน

จากการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมความสามารถในการทำงานที่เหมาะสมในการหล่อขึ้นรูปที่น้ำหนัก 4 กิโลกรัม เครื่องสามารถหล่อชิ้นงานออกมาได้ดีคือ คือ ใช้เวลาในการหล่อ 10 นาที และใช้รอบการทำงานที่ 40 รอบต่อนาที ชิ้นงานที่ขึ้นรูปมีความสวยงาม การหลอมละลายของพลาสติกที่มาทำขึ้นรูปอุปกรณ์ทางการเกษตรมีความมีความสมบูรณ์

4.5 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการทดสอบของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมที่ได้ออกแบบขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใช้งาน 1.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 4 ชิ้นต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดให้เรื่องทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวันทำงานปีละ 180 วัน สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะคืนทุน และจุดคุ้มทุนของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมได้ดังนี้



รูปที่ 4.17 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกเพื่อการเกษต

4.5.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานคำนวณได้จาก ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable - cost) ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1.) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation,DP) คิดค่าเสื่อมราคา (DP) แบบ Straight - linemethod DP = (P-S)/L โดยที่ P คือราคาซื้อของเครื่องจักร (บาท) S คือราคาขายหรือมูลค่าคงเหลือเมื่อเครื่องจักรหมดอายุ (บาท) และ L คือ อายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

ราคาของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม จากตาราง 4.2 เท่ากับ 165,500 บาท ให้มูลค่าซากของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม เมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง ดังนั้น ราคาซากเครื่อง (S) = (10 / 100)•(165,500) = 16,500บาท

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (P - S) / L = (165,500– 16,550) / 5 = 29,790 บาท

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (lnterest on investment) คิดค่าเสียโอกาส (I) = ((P+S)/2)·(i/100) โดยที่ i คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี = ((165,500 +16,550)/ 2)·(10 / 100) = 7,447.5 บาทต่อปี

รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost) = 29,790 +7,447.5= 37,237.5 บาทต่อปี

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.50 แรง 1:20,380V	10,500.00
2. มอเตอร์เกียร์ขนาด 1.00 แรง 1:20,380V	22,000.00
3. ลูกปืน SYJ510	2,500.00
4. เกียร์ทดรอบ PA80 1:60	9,500.00
5. เฟืองโซ่เบอร์ 60-13 ฟัน	850.00
6. เฟืองโซ่เบอร์ 60-32 ฟัน	1,250.00
7. โซ่เบอร์ 60	950.00
8. สายพาน B ร่อง V เบอร์ B-31	250.00
9. มูเลย์ B- 2 ร่อง Vขนาด 2 นิ้ว	750.00
10. มูเลย์ B- 2 ร่อง Vขนาด 4 นิ้ว	950.00
11. วัสดุที่ใช้สร้างโครงสร้าง	
เหล็กกล่อง ขนาด 3x3นิ้ว หนา 4.5 mm	5,000.00
เหล็กฉาก ขนาด 2-1/2x2-1/2 นิ้ว หนา 6.00mm	1,200.00
เหล็กตัวซี ขนาด 3x1-1/2 นิ้วหนา 8 mm	4,000.00
เพลาเหล็ก ขนาด Dia60mm	2,800.00
เหล็กตัดแก๊ช	3,000.00
12. ตู้คอนโทรน	30,000.00
13. แม่พิมพ์เหล็ก	35,000.00
อื่นๆ	15,000.00
3. ค่าจ้างแรงงานสร้างและประกอบเครื่อง	20,000.00
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	165,500.00

2.) ต้นทุนผันแปร (Variable - cost)

ค่าบำรุงรักษา (Repair and maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 5 บาท ทำงาน

280 วัน ค่าบำรุงรักษา = 5 × 280 = 1400 บาทต่อปี

ค่าไฟฟ้า จากการทดลองการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 1.20 กิโลวัตต์ชั่วโมงราคาไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาทในหนึ่งปีทำงาน 280 วัน วันละ 8 ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฟฟ้า = (1.20)·(3.5)·(280)·(8) = 9,408.00 บาทต่อปี

ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 280 วัน คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน = (300)·(280)·(1) = 84,000 บาทต่อปี รวมต้นทุนผันแปร = 1400 + 89,600+1,433,600+9,408+84,000 = 1,618,008 บาทต่อปี คิดต้นทุนในการใช้งานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมโดยรวมต้นทุนคงที่กับต้นทุนผันแปรเท่ากับ 37,237.5 + 1,618,008 = 1,655,245.5 บาทต่อปี

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อชิ้น) ของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม ใน 1 ปี เวลาทำงาน 2,240 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 4 ชิ้นต่อชั่วโมง จะได้เท่ากับ 1,655,245.5 /(2,240× 4) = 184.74 บาทต่อชิ้น

4.5.2 ระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม

รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณระยะเวลาคืนทุนมีดังนี้

1.) ต้นทุนผันแปร คือ ค่าผลรวมของค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน

2.) ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ยผลประโยชน์ที่ได้รับคิดจากอัตราค่าจ้างในการหล่อพลาสติกคูณชั่วโมงการทำงานต่อปี อัตราค่าหล่อพลาสติกต่อชั่วโมง โดยใช้แรงงานคนของเกษตรกร 9.375 บาทต่อชิ้นงาน คูณกับอัตราการทำงาน 4 ชิ้นต่อชั่วโมง เท่ากับ 37.5 บาทต่อชั่วโมง

3.) ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนรวม

4.) ระยะเวลาคืนทุน คือ ผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับประโยชน์สุทธิ

ชั่วโมงการทำงาน	2,240	ชั่วโมงต่อปี
ค่าเครื่อง	165,500	บาท
ค่าเสื่อม	29,790	บาท
ดอกเบี้ย	7,447.5	บาทต่อปี
ต้นทุนผันแปร	1,618,008	บาทต่อปี
ต้นทุนรวม	1,618,008+165,500+37,237.5+7,447.5 = 1,828,193	บาทต่อปี

ผลประโยชน์ที่ได้รับ 2,240 × 1000 = 2,240,000 บาทต่อปี

ผลประโยชน์สุทธิ 2,240,000 - 1,618,008 = 621,992 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน (165,500+37,237.5)/ 621,992 × 12 = 3.9 เดือน

ดังนั้น 1 ปี ทำงาน 2240 ชั่วโมง ระยะเวลาคืนทุนจะเท่ากับ 3.9 เดือน หรือ 117 วัน

4.5.3 การใช้งานคุ้มทุน

การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง – ค่าใช้จ่ายในการทำงาน) ค่าใช้จ่ายคงที่ = 37,237.5 บาทต่อปี

อัตราค่าจ้างการหล่อขึ้นรูปของเกษตรกรเครื่องเดิม = 240 บาทต่อชิ้น เปรียบเทียบอัตราการทำงาน 4 ชิ้นต่อชั่วโมง จะได้อัตราค่าจ้าง (240)•(4) = 960บาทต่อชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อม เท่ากับ 184.74บาทต่อชิ้น เปรียบเทียบอัตราการทำงาน 4 ชิ้นต่อชั่วโมง จะได้ค่าใช้จ่ายในการทำงานเท่ากับ (184.74)•(4) = 738.96 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นการใช้งานที่จุดคุ้มทุน = (165,500+37,237.5) / (960-738.96) = 917ชั่วโมงต่อปี หรือ 115วัน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการทดลองสมรรถนะของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่จะเห็นได้ว่าเวลาและความเร็วรอบมีผลต่อการขึ้นรูปพลาสติกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม โดยจากการทดสอบสรุปได้ว่าเวลาและความเร็วรอบที่เหมาะสมในการขึ้นรูปจะอยู่ที่ 10 นาที และ ความเร็วรอบอยู่ที่ 40 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นผลการทดสอบสมมรรถนะที่ดีที่สุด ในการทดสอบเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม และจากตารางการทดสอบจะเห็นได้ว่าถ้าเวลาใช้เวลาในการสดสอบ 7 นาที ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาในการหล่อที่น้อยเกินไป ก็จะทำให้ ไม่สามารถขึ้นพลาสติกได้สมบูรณ์โดยชิ้นงานพลาสติกจะยังมีผงเป็นเม็ดๆซึ่งเกิดจากการหลอมละลายยังไม่หมด หรือถ้าเวลาที่ใช้ในการหล่อ 15 นาที ก็จะเป็นระยะเวลาในการหล่อพลาสติกที่มากเกินไป พลาสติกก็จะเกิดการไหม้ของเนื้อพลาสติก ซึ่งจะเป็นลักษณะของการขึ้นรูปไม่สมบูรณ์เช่นกัน และอีกประการหนึ่งคือเรื่องของความเร็วรอบของเครื่องก็มีผลต่อการขึ้นรูปอีกเหมือนกันคือถ้ารอบในการขึ้นรูปชิ้นงานต่ำไปที่เราได้ทำการทดสอบอยู่ที่ 30 รอบต่อนาที จะทำให้พลาสติกตรงส่วนก้น มีลักษณะบาง สามารถมองเห็นทะลุก้นถังได้ แต่ถ้าใช้รอบเร็วเกินไป ที่ใช้ทดสอบอยู่ที่ 50 รอบต่อนาที ผลที่เกิดขึ้นคือพลาสติกตรงส่วนก้นถังจะมีลักษณะผิวไม่เรียบแสมอกัน คือพลาสติกตรงส่วนกลางจะถูกแรงหมุนกาวิตี้ของเครื่องซึ่งมีความเร็วรอบเกินไปก็จะส่งผลทำให้การขึ้นรูปพลาสติกไม่สมบูรณ์ โดยพลาสติกจะไหลมากลองอยู่ตรงส่วนกลางของก้นถังมากเกินไป ซึ่งเป็นลักษณะของการขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ เป็นต้น

โดยจากการทดสอบเครื่องสามารถทำงานได้จริงเหมาะกับสำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม โดยเครื่องสามารถหล่อขึ้นรูปพลาสติกเป็นกระถ่างปลูกต้นไม้ กระถ่างมะนาว และอ่างเลี้ยงใส้เดือนได้ และสามารถนำไปใช้ต่อยอดส่วนอื่นได้อีกเช่นเป็นถังใส่น้ำเพื่อการเกษตรได้ปริมาตร 120ลิตร ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการต่อยอดธุรกิจ หรือสร้างผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้มีความหลากหลายสามารถแข่งขันกับต่างประเทศ ลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ ซึ่งจะทำให้ประเทศไทยพัฒนาได้อย่างยั่งยืนและมั่นคงต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากเครื่องใช้ระบบแก๊ซที่เป็นตัวให้ความร้อน ถูกส่งถ่ายมาตามท่อเพื่อให้แม่พิมพ์รับความร้อนสม่ำเสมอเมื่อกะทบแม่พิมพ์ จึงต้องอาศัยแรงดันแก๊ซที่สม่ำเสมอด้วยเพื่อให้แม่พิมพ์มีความร้อน ซึ่งอาจจะต้องมีสถานีแก๊ซที่ช่วยควบคุมแรงดัน

5.2.2 ระบบถอดยึดแม่พิมพ์เดิมเป็นสกรูซึ่งต้องอาศัยประแจ หรือบล็อกลมในการถอดแม่พิมพ์ซึ่งอนาคตต้องพัฒนาเป็นระบบสับล็อก

5.2.3 ควรเพิ่มการทดสอบกับผงพลาสติกชนิดอื่น เช่น พลาสติกรีไซเคิลที่สามารถนำมาบดเป็นผงเพื่อขึ้นรูปกับแม่พิมพ์ของเครื่องได้

5.2.4 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถหล่อกับแม่พิมพ์อื่นที่ออกแบบเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่ออุสาหกรรมด้านอื่นๆได้อีกหลากหลายแบบหลายชนิด

บรรณานุกรม

[1] โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติก[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก :
http://www2.dede.go.th/kmberc/datacenter/factory/plastic/chapter1-2.pdf

[2] กระบวนการผลิตพลาสติก [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
https:/PE.wordpress.com[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก

[3] ขั้นตอนการขึ้นรูปพลาสติก [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www2.dede.go.th/kmberc/datacenter/factory/plastic/chapter1-2.pdf

[4] กระถางต้นไม้พลาสติก. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://puechkaset.com (6 กรกฎาคม 2560).

[5] ปลูกต้นมะนาวในบ่อซีเมนต์[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:https://home.kapook.com

[6] แปลงปลูกมะนาว. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://1.bp.blogspot.com/-
(15 กรกฎาคม 2560)

[7] ส่วนมะนาว [ออนไลน์] เข้าถึงได้จากhttp://puechkaset.com/
(15 กรกฎาคม 2560)

[8] การปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:https://news.mthai.com/economy-news/477690.html (6 กรกฎาคม 2560)

[9] ท่อซีเมนต์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จากhttps://www.kaidee.com/product-127466080/
(20 กรกฎาคม 2560)

[10] ปลูกมะนาวในบ่ซีเม็นต์[ออนไลน์]เข้าถึงได้จา
http://www.chanapanmanaw.com/index.php/component/easytagcloud/

[11] โกวิท สุวรรณหงษ์,2555,“ศักยภาพการผลิตพลาสติกชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้จากเกษตรกรรม” สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม,คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี,มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

[12] การปลูกมะนาว [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=6633&s=tblplant

[13] กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2544. พันธุ์พืชกรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

[14] บ่อเลี้ยงไส้เดือน [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
http://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/20144201431411.pdf

บรรณานุกรม (ต่อ)

[15] โซ่ http [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.thiansupa.com/product

[16] มอเตอร์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://iq-technician.blogspot.com/2012/02/blog-post.html

[17] เกียร์ทด [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.almotorandbelt.com/

[18] บัณฑิต จริโมภาส, 2545. สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[19] มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2545. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน จำกัด.

[20] บอลแบริ่ง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork /howstuff1/bearing/bearingthai3.htm (11 กรกฎาคม 2560)

[21] มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2545. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน จำกัด.

[22] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, 2555. ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรม ด้วยโปรแกรม SolidWorks (ฉบับเรียนลัดด้วยตัวเอง). สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

[23] นายปริญญา อี๊ตระกูล,2556,“การประมวลความรู้ในการทดลองแม่พิมพ์และแนวทางตัดสินใจการแก้ปัญหางานฉีดพลาสติก” สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม,ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ,มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[24] นิติวัฒน์ คูคู่สมุทร,และ อัญชนา วงษ์โต,2556,“การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับกระบวนการin-moldlabeling”ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล,คณะวิศวกรรมศาสตร์ ,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.

[25] สถาบันพลาสติก,2557,“โครงการพัฒนาศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมพลาสติก” อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิ สถาบันพลาสติก.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบ

ผลตาราง ก.1 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเดิม

อัตราเร็วรอบการหมุน (rpm/min)	ครั้งที่	น้ำหนัก (kg)	เวลา (min)	I (A)	V (v)	สมรรถนะการขึ้นรูป		
						ขึ้นรูปได้สมบูรณ์	ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
30	1	4	7	1.15	380			/
	2	4	10	1.15	380			/
	3	4	13	1.15	380			/
40	1	4	7	1.20	380		/	
	2	4	10	1.20	380	/		
	3	4	13	1.20	380		/	
50	1	4	7	1.25	380		/	
	2	4	10	1.25	380		/	
	3	4	13	1.25	380		/	

C = Complete (ขึ้นรูปได้สมบูรณ์)

INC = Incomplete (ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์)

N/A = Not applicable (ไม่สามารถขึ้นรูปได้)

ผลตาราง ก.2 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

อัตราเร็วรอบการหมุน (rpm/min)	ครั้งที่	น้ำหนัก (kg)	เวลา (min)	I (A)	V (v)	สมรรถนะการขึ้นรูป		
						ขึ้นรูปได้สมบูรณ์	ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
30	1	4	7	2.25	380			/
	2	4	10	2.25	380			/
	3	4	13	2.25	380			/
40	1	4	7	2.30	380		/	
	2	4	10	2.30	380	/		
	3	4	13	2.30	380		/	
50	1	4	7	2.35	380		/	
	2	4	10	2.35	380		/	
	3	4	13	2.35	380		/	

C = Complete (ขึ้นรูปได้สมบูรณ์)

INC = Incomplete (ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์)

N/A = Not applicable (ไม่สามารถขึ้นรูปได้)

ผลตาราง ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเดิม

ความเร็วรอบ (m/min)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (Set/hr)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)
30	1	2	2.25
	2	2	2.25
	3	2	2.25
เฉลี่ย		2	2.25
40	1	2	2.30
	2	2	2.30
	3	2	2.30
เฉลี่ย		2	2.30
50	1	2	2.35
	2	2	2.35
	3	2	2.35
เฉลี่ย		2	2.35

ผลตาราง ก.4 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

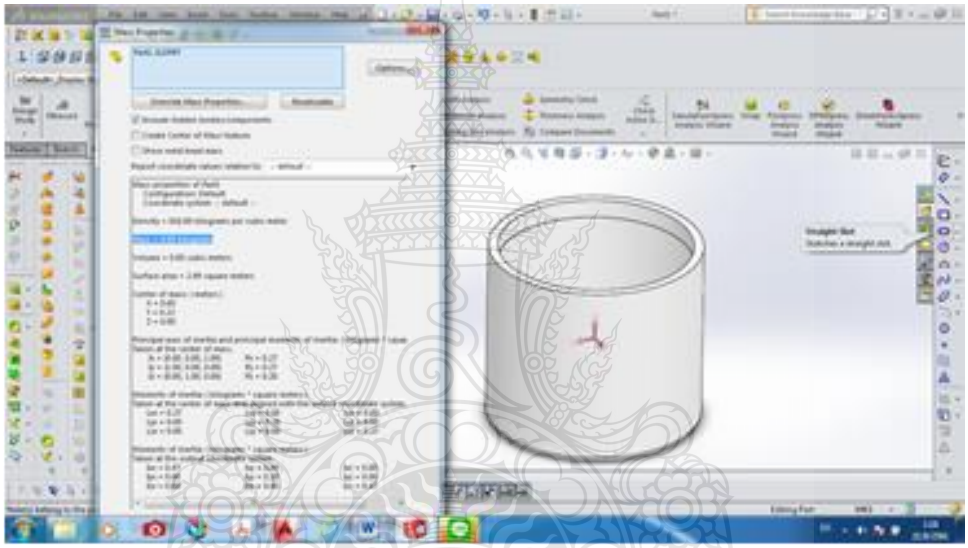
ความเร็วรอบ (m/min)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (Set/hr)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)
30	1	4	1.15
	2	4	1.15
	3	4	1.15
เฉลี่ย		4	1.15
40	1	4	1.20
	2	4	1.20
	3	4	1.20
เฉลี่ย		4	1.20
50	1	4	1.25
	2	4	1.25
	3	4	1.25
เฉลี่ย		4	1.25

ภาคผนวก ข
การคำนวณค่าชี้ผลการทดสอบ

การคำนวณและการออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ

1. การคำนวณหาน้ำหนักของผงพลาสติกที่ใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์

การคำนวณหาน้ำหนักพลาสติกที่ความหนา 3 มิลิเมตร ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 570 มิลลิเมตร สูง 500 มิลิเมตรหาได้จากโปรแกรม Solidwork โดยการเลือกวัสดุในการออกแบบอุปกรณ์การเกษตรเป็นพลาสติก PE Low Density Film เสร็จแล้วเลือกคำสั่ง Mass Properties โปรแกรมจะคำนวณน้ำหนักพลาสติกที่ต้องใช้ในการขึ้นรูปให้ได้ความหนาชิ้นงาน 3 มิลลิเมตรตามที่เราได้กำหนดไว้เป็นต้น



รูปภาคผนวก ข การหาน้ำหนักพลาสติกในโปรแกรม Solidwork 2014

2. แสดงตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการขึ้นรูปชิ้นงานอุปกรณ์ทางการเกษตร

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการหล่อขึ้นรูปชิ้นงาน ที่มีความเร็วรอบ 30 รอบ/นาทีที่เวลาให้ความร้อน 7 นาที

$$\text{ความสามารถในการขึ้นรูปชิ้นงาน} = \frac{\text{จำนวนที่หล่อขึ้นรูปได้ทั้งหมด (Set)}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด (hr)}}$$

$$= \frac{4 \text{ Set}}{1 \text{ hr}} = 4 \text{ Set/hr}$$

ดังนั้น ความสามารถในการหล่อขึ้นรูป เท่ากับ 4 Set/hr

3. แสดงตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การหล่อขึ้นรูปของเครื่อง

ตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การหล่อขึ้นรูปชิ้นงาน ที่มีความเร็ว 30,40 และ 50 รอบ/นาที ที่เวลา 7,10 และ 13 นาที

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหล่อขึ้นรูปชิ้นงาน} = \frac{\text{จำนวนที่หล่อขึ้นรูปได้ (Set)}}{\text{จำนวนที่หล่อขึ้นรูปทั้งหมด (Set)}} \times 100$$

$$= \frac{6 \text{ Set}}{9 \text{ Set}} \times 100 = 66.66 \%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การการหล่อขึ้นรูปชิ้นงาน เท่ากับ 66.66 %

4. แสดงตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การเสียหาย (%)

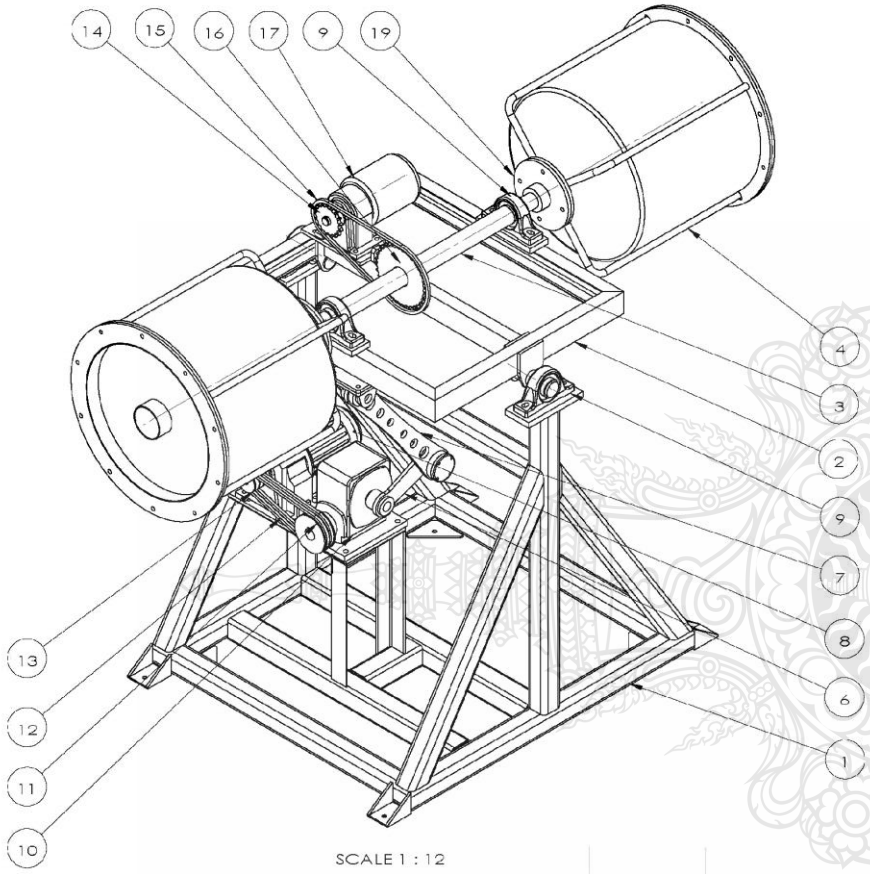
ตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การเสียหาย ที่มีความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเสียหาย} = \frac{\text{จำนวนที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้ (Set)}}{\text{จำนวนที่หล่อขึ้นรูปทั้งหมด (Set)}} \times 100$$

$$= \frac{3 \text{ Set}}{9 \text{ Set}} \times 100 = 33.33 \%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การเสียหายจากการหล่อขึ้นรูป เท่ากับ 33.33 %

ภาคผนวก ค
การเขียนแบบทางวิศวกรรม



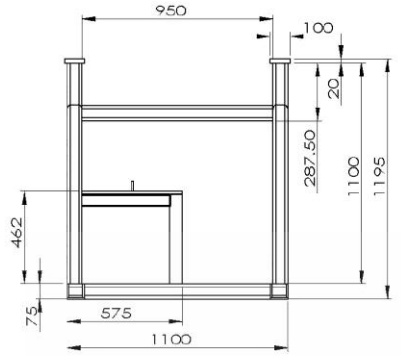
SCALE 1 : 12

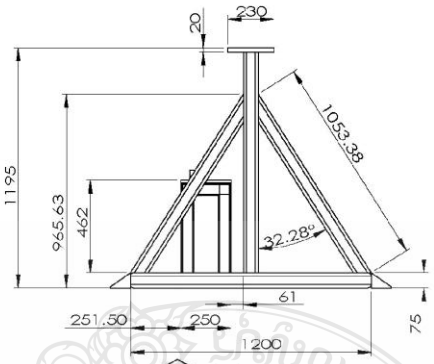
ชิ้นที่	รายการ	หมายเลขแบบ	จำนวน.
01	โครงสร้าง	ROTO-01	1
02	เท่นแกนหมุน	ROTO-02	1
03	เพลาแกนหมุน	ROTO-03	1
04	แม่พิมพ์	ROTO-04	2
05	หน้าแปลนยึดแม่พิมพ์	ROTO-05	2
06	แกนหมุนเองศาตัวสั้น	ROTO-06	1
07	แกนหมุนองศาต้วยาว	ROTO-07	1
08	มอเตอร์เกียร์1แรง 1:50 , 380V	-	1
09	ลูกปืน SYJ 510	-	4
10	เกียร์ทดรอบPA80 1:60	-	1
11	สายพาน B ร่อง V- เบอร์B-31	-	2
12	มูเลยB- 2 ร่อง Vขนาด2นิ้ว	-	1
13	มูเลยB- 2 ร่อง Vขนาด4นิ้ว	-	1
14	เฟืองโซ่เบอร์ 60-13 ฟัน	-	1
15	โซ่เบอร์ 60	-	1
16	เฟืองโซ่เบอร์60-32 ฟัน	-	1
17	มอเตอร์เกียร์ 0.5 แรง 1:20,380V	-	1

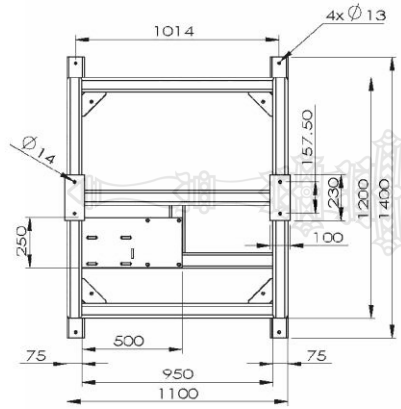
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายฐาปกรณ์ อุประ				
ผู้ตรวจ	ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์				
มาตราส่วน 1 : 12	เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม				

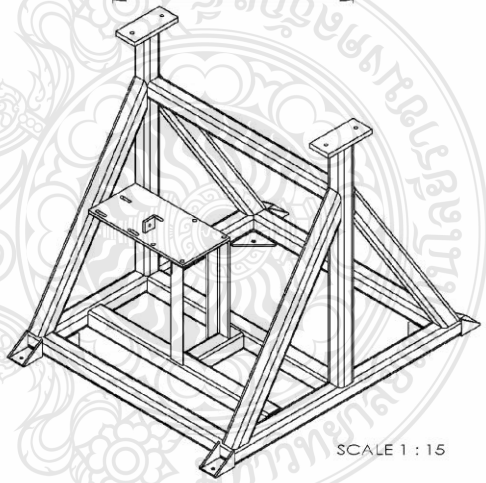
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี









SCALE 1 : 15

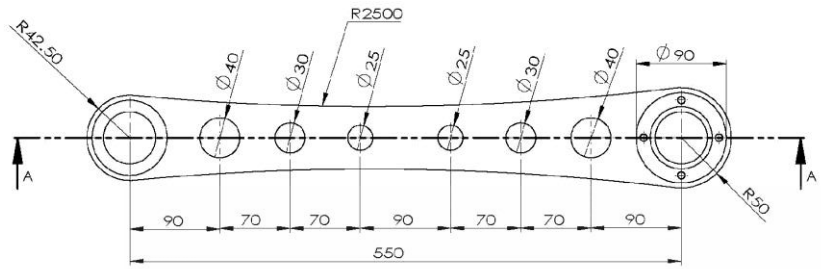
01	โครงสร้าง	1200x1100x1195	เหล็กกล่อง	ROTO-01	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายฐาปกรณ์ อุประ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์				
มาตราส่วน 1 : 15	เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม				

SCALE 1 : 4
1088
728
180
100
80
37.50
M40x1.5
5
Ø50
Ø60
SCALE 1 : 3
12
41
28
SCALE 1 : 4

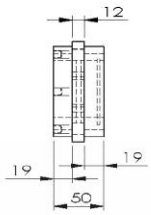
10Hole Ø13xPCD305
Ø230
Ø21.30
Ø21.30
652
Ø520
Ø650
A
A
SECTION A-A
Ø570
Ø110
150
50
520
510
652
132
Ø230
Ø21.30
12
Ø570

53.30
A
A
12
4Hole Ø13xPCD180
1:2
Ø230
180
12
48
36
Ø80
SECTION A-A

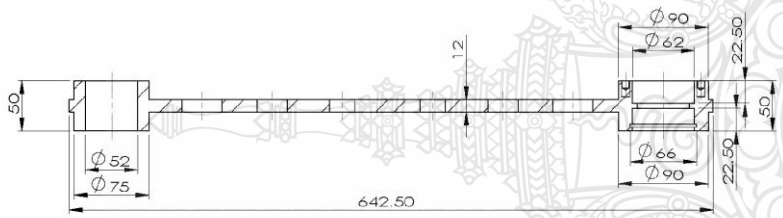
SECTION A-A
SCALE 1 : 2
283
200
R30
Φ60
Φ32
Φ90
Φ70
Φ40
25
12
60



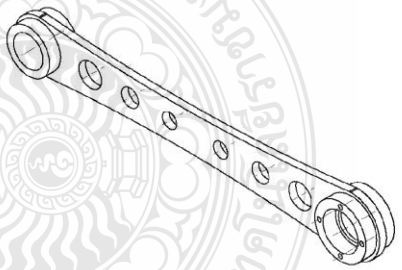
SCALE 1 : 4



SCALE 1 : 4



SECTION A-A
SCALE 1 : 4



07	แกนหมุนองศาตัวยาว	642.50x50	เหลก	ROTO-07	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายฐาปกรณ์ อุประ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์				
มาตราส่วน 1 : 4	เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม				

ภาคผนวก ง

การเผยแพร่ผลงาน

KU
TSAE 2018
THAILAND
PEA
The 11 th TSAE International Conference
การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 11
26-27 APRIL 2018
Chulabhorn International Convention Center
(Wora Wana Hua Hin Hotel & Convention)
Hua Hin, Prachuap Khiri Khan, Thailand
วิศวกรรมเกษตร
เปิดแนวคิดวิศวกรรมสู่การเกษตรแนวใหม่
AGRICULTURAL ENGINEERING
Imagineering Novel Agriculture
TSAE 2018
Topics of Oral and Poster Presentation
Power and machinery
Soil and water engineering
Post-harvest and food engineering
Structures and buildings
Agricultural systems
Electronics and information technology
Energy and environment

สารบัญ (Content)		Page
NE06-06	การศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมร้อนเหลือทิ้งโดยใช้ชุดผลิตไฟฟ้าจากความร้อนขนาดเล็ก	195
NE07-07	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานสำหรับการตัดแบบแพนดูลัมโดยการปรับมุมใบมีดสำหรับกระบวนการตัดกล้วยน้ำว้า	199
NE08-26	การศึกษาปัจจัยเบื้องต้นในการลดความชื้นข้าวเปลือกในชุดอุปกรณ์ลำเลียงโดยใช้ไอเสียเครื่องยนต์	204
NE09-27	ผลของรูปร่างชิ้นกล้วยในการอบแห้งเพื่อการผลิตแป้งกล้วย	208
NE10-28	การศึกษาพารามิเตอร์ของการให้ความร้อนด้วยคลื่นวิทยุสำหรับกระบวนการต่อเนื่อง	212
NE11-42	ผลของความสูงท่อรีฟลักซ์ต่อปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพจากไพโรไลซิสกากยางเหนียวของน้ำมันยางนา	216
NE12-43	การประเมินผลกระทบจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวและสิ่งแวดล้อมในจังหวัดนครปฐม ประเทศไทย	220
NE13-44	การทำแก๊สชีวภาพบริสุทธิ์โดยการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยซีโอไลต์ชนิดเอและซีโอไลต์ชนิด เอ ที่ผ่านการปรับปรุงโดยกระบวนการเอิบชุ่ม	226
NE14-45	การไพโรไลซิสแกลบแบบต่อเนื่องสำหรับการผลิตแกลบดำ	232
กลุ่มเครื่องจักรกลก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว		
NM01-08	การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว	238
NM02-09	วิจัยและพัฒนาเครื่องไถเปลี่ยนตามค่าวิเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ยสำหรับอ้อย	245
NM03-10	การเพิ่มประสิทธิภาพการรีดน้ำอ้อยโดยการออกแบบชุดรีดและหาความเร็วรอบที่เหมาะสม	250
NM04-11	อุปกรณ์วัดการแข็งตัวของก้อนยางพาราที่เหมาะสมสำหรับการรีดขึ้นรูป	257
NM05-12	การศึกษาและการพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดพันธุ์บลอมบนสำหรับข้าวโพดหวาน	261
NM06-13	การหาแรงต้านของดินสำหรับไถดินดานชนิดขาโค้งด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ	265
NM07-14	การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบการสอบเย็นสำปะหลัง	270
NM08-35	การกำหนดกลไกและระบบส่งกำลังในเครื่องจักรผลิตวัสดุมุงหลังคาจากหญ้าแฝก	275
NM09-36	เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม	281
NM10-37	การทดสอบชุดปลูกของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบเปิดร่อง	284
NM11-38	การศึกษาและออกแบบเครื่องคัดขนาดผลมะพร้าว	289
NM12-39	ผลของอุณหภูมิและความชื้นอากาศป้อนเข้าที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เอนกประสงค์ขนาดเล็ก	293
NM13-40	การพัฒนาชุดปอกเปลือกชิ้นมะม่วงดอง	299
NM14-41	การศึกษาผลของมุมหลบบริเวณส่วนตรงใบมีดที่มีต่อพลังงานการไถพรวนจำเพาะ	303

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561
Available online at www.tsae.asia

เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม

The Mobile Rotation Molding of SMEs for Agricultural

ฐาปกรณ์ อุประ[1]*, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์[2]
Tapragon Ouprara[1]*, Kiattisak Sangpradit

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110
*Corresponding author: Tel: +66-8-1493-2489 , E-mail: K.sangpradit@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ในอดีตมนุษย์รู้จักนำเอาวัสดุจากธรรมชาติ เช่น ไม้ ก้อนหิน และโลหะ มาทำเป็นอาวุธหรือภาชนะอื่นๆ แต่ปัจจุบันได้มีการนำพลาสติกมาทดแทนวัสดุเหล่านั้นเป็นจำนวนมาก จึงทำให้พลาสติกกลายเป็นจุดเปลี่ยนของผลิตภัณฑ์ทดแทนวัสดุเดิมที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ ซึ่งอุตสาหกรรมทางด้านการเกษตรก็ได้ใช้เป็นจำนวนมาก โดยการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น ภาชนะใส่อาหารสัตว์ กระถางปลูกต้นไม้พลาสติกทางการเกษตร โดยทั่วไปพลาสติกจะถูกขึ้นรูปด้วยกรรมวิธี การขึ้นรูปด้วยขบวนการฉีด การเป่า และการหล่อพลาสติกแบบหมุนโรโตโมลดิง ซึ่งการขึ้นรูปแบบฉีดและแบบเป่าขึ้นรูป จะมีต้นทุนการผลิตที่ราคาสูงมากกว่าแบบหมุนโรโตโมลดิงมาก เราจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่อง ขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ โดยใช้เครื่องหล่อพลาสติกแบบโรโตที่มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าแบบวิธีอื่น โดยทั่วไปการขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุน สามารถทำได้ใหญ่มากซึ่งมี ขนาดตั้งแต่10 ลิตรถึง 30,000 ลิตร โดยเราได้เลือกทำการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นจะเป็นขนาดเล็กเหมาะกับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งสามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้ตั้งแต่ 10 ลิตรถึง 200 ลิตร ใช้งานง่ายต้นทุนต่ำเหมาะสมกับอุตสาหกรรมแกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม โดยเราได้ทำการทดสอบความเร็วรอบ และระยะเวลา ในการหล่อขึ้นรูปน้ำหนักพลาสติก 5 กิโลกรัม อุณหภูมิ180 องศา

คำสำคัญ: เครื่องหล่อพลาสติกแบบโรโตโมลดิง ขบวนการฉีด การเป่า

Abstract

In the past, human beings used natural materials such as wood, stones and metal to make weapons or other containers. Today, plastic is used to replace those materials. As a result, plastic has become the turning point of the natural substitute products. The agricultural industry has become very popular. It is made into agricultural products such as food box, flower plastic bucket. In general, plastic is processed by injection molding, blow molding and rotomoulding. The injection molding and blow molding use cost of production is higher than the rotomolding. We designed and built the plastic rotational molding machine because it used price operation lowers than other methods. Normally, rotary plastic molding can be very big. It size from 10 liters to 30,000 liters. In this reaserch we have chosen to design small and medium size molding machine which is sutable for agricultural. It size can be from 10liters to 200liters, easy to use, low cost, suitable for small and medium industries. We tested speed and molding time to 5 kg plastic weight at 180 degrees.

Keywords: Roto moulding, injection Molding, Blow Molding

1 บทนำ

เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ ถูกออกแบบขึ้นเพื่อช่วยเกษตรกรในการสร้างผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีขนาดที่ใช้งานได้ง่ายและขึ้นรูปโปรดักส์ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว เพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ต่างๆที่เกี่ยวกับการเกษตร ซึ่งพลาสติกก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยตอบโจทย์ในการสร้างผลิตภัณฑ์ สินค้าที่ช่วยในภาคการเกษตร ในการเป็นวัตถุดิบหนึ่งในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์นั้น ซึ่งจะทำให้เกษตรกร มีเครื่องมือ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา และราคาถูก กว่าที่ทำจากโลหะ ซึ่งโลหะนั้นก็มีน้ำหนักมากกว่าพลาสติก และใช้ขบวนการในการขึ้นรูปที่แพงกว่า ยุ่งยากกว่าพลาสติกซึ่งสามารถขึ้นรูปโดยวิธีการทำให้ร้อนเพื่อให้พลาสติกละลายการเป็นของเหลว ซึ่งเรียกว่าโมล โดยที่ระรูปทรงของชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับโมลที่ได้ทำการออกแบบดีไซน์ ผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในด้านการเกษตรโดยทั่วไปก็จะรู้จักกันในโปรดักพลาสติกทำเป็นรูปทรงต่างๆ เช่น ถังน้ำ ถังน้ำยาเคมี ทุ่นลอยน้ำ เรือ เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่เราต้องพัฒนาผลิต การนำพลาสติกมาทำเป็น

โปรดักส์ทางการเกษตรซึ่งที่คิดว่าน่าจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรเป็นอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์นั้นก็คือ อ่างเลี้ยงไส้เดือน โดยจะทำให้เกษตรกรได้มีรายได้จากการเลี้ยงไส้เดือนขาย โดยไส้เดือนนั้นก็จะกินดินถ่ายออกมาเป็นปุ๋ย ซึ่งถือได้ว่าเป็นปุ๋ยชั้นดีปราศจากสารเคมี กลายเป็นการทำเกษตรปุ๋ยอินทรีย์ในตัว ซึ่งเกษตรกรสามารถนำปุ๋ยที่ได้จากไส้เดือนมาใสกับพืชผลทางการเกษตรได้ แล้วยังมีปุ๋ยจากไส้เดือนในขั้นตอนการล้างอ้างไส้เดือน ในระหว่างการเลี้ยง ซึ่งจะถูกเรียกว่าน้ำเมือกไส้เดือน โดยน้ำเมือกจากการเลี้ยงไส้เดือนสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยได้อีก ซึ่งนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งทางด้านงานเกษตรที่หน้าสนใจ ที่จะต้องทำการพัฒนาตัวเครื่องหล่อพลาสติกให้เหมาะสมกับการใช้งานกับผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ดีดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นให้เกิดเป็นเป็นรูปธรรมโดยสามารถทำงานได้จริงและเกิดประโยชน์ต่อวงการเกษตรไทยเป็นต้น ซึ่งจะช่วยเป็นการขับเคลื่อนประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

2 อุปกรณ์และวิธีการ

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยวิธีหมุนเหมาะสำหรับผลิตชิ้นงานภายในกลวงขนาดใหญ่ ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่ไม่มีความเค้น ผิวงานเรียบร้อย ระยะเวลาการผลิตต่ำ และมีความหนาสม่ำเสมอ หลักการทำงาน ของการขึ้นรูปแบบนี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้ คือ การใส่วัตถุดิบ (loading) วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกพวกเทอร์โมพลาสติก อาจจะมีลักษณะ เป็นของเหลวหรือ เป็นผงก็ได้ นำมาใส่เข้าไปในแม่พิมพ์กลวงหลังจากนั้นปิดฝาประกบแม่พิมพ์ การขึ้นรูปหรือการหลอมละลาย (molding หรือ curing) ย้ายแม่พิมพ์เข้าไปยังห้องร้อน เพื่อนำไปหมุน 2 แกน พร้อมทั้งให้ความร้อนเพื่อให้พลาสติกเหลว และไหลเกลี่ยไปตามผิวภายในของแม่พิมพ์จน ทั่วถึง ด้วยแรงโน้มถ่วง (ไม่ใช่แรงเหวี่ยง)แล้วทำให้เย็น (cooling) โดยอาจจะใช้อากาศเย็น หรือน้ำเย็นพ่นใส่แม่พิมพ์ แต่แม่พิมพ์จะต้องยังคงหมุนอยู่ เพื่อลดการหดตัวของชิ้นงานขณะทำการหล่อเย็นและการนำเอาชิ้นงานออก (unloading) จากนั้นเมื่อชิ้นงานแข็งตัวและคงรูปแล้ว ก็สามารถเปิดแม่พิมพ์ ออก เพื่อนำชิ้นงานออกได้

Figure 1 Material(LLDPE)

วิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเครื่องจากสมการที่ 1

$$Fc = \frac{w}{t} \quad (1)$$

โดย Fc = ความสามารถในการขึ้นรูปชิ้นงาน (kg/hr)

เมื่อ W = น้ำหนักของชิ้นงานก่อนหล่อได้หมด (kg)

t = เวลาที่ใช้ในการหล่อชิ้นงานทั้งหมด (hr)

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

$$(kW - hr) = \frac{IVt}{1000} \quad (2)$$

เมื่อ I = กระแสไฟที่ใช้ (I)

V = โวลล์ที่ใช้ (V)

t = เวลา 1 ชั่วโมง

3. ผลและวิจารณ์

การทดสอบโดยเครื่องที่ถูกออกแบบพิเศษใช้มอเตอร์เกียร์ 1hp รอบที่ใช้ 20 รอบต่อนาทีสามารถปรับรอบในการหมุนแนวแกนนอนของชิ้นงานและมอเตอร์เกียร์ 2 hp 1:20 ต่อกับเกียร์ทด 1:60 รอบ/นาที ที่ใช้โนแนวแกนตั้งโดยเครื่องสามารถปรับความเร็วรอบได้ และทำการทดสอบค่าความเร็วรอบในแนวแกนนอน 10:15:20 รอบ/นาที ให้พลาสติกไหลทั่วทั้งโมลได้อย่างเหมาะสม โดยได้ทำการทดสอบความเร็วรอบในแนวแกนนอน อย่างเดียว แนวแกนตั้งคงทีคือ 1.2 รอบ/นาที อุณหภูมิ 180องศาโดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 5:10:15นาที ในการให้ความร้อน และเป่าเย็น 10 นาที ทดสอบกับเม็ดพลาสติก LLDPE น้ำหนัก 5 Kg กระถางปลูกต้นไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร สูง 0.5 เมตร

Figure 2 Rotomoulding and Plastic Parts

โดยการทดสอบทั้งหมด 9 ครั้ง แบ่งเป็น 3 หมวด เวลา 5 นาที ใช้รอบ 10:15:20 rpm เวลาที่ใช้ทดสอบ 10 นาที ใช้รอบ 10:15:20rpm และ เวลาที่ใช้ทดสอบ 15 นาที ใช้รอบ 10:15:20 rpm ซึ่งจากการทดสอบ แบ่งผลการทดสอบเป็นการทดสอบโดยอ้างอิง เป็นขึ้นรูปได้สมบูรณ์ ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ และไม่สามารถขึ้นรูปได้ โดยตัวเครื่องจะมีชุดคอนโทรนในการควบคุมสามารถปรับความเร็วรอบได้ และ มีการควบคุมที่สามารถใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน เหมาะกับการนำไปใช้ในการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และผู้ที่สนใจในการนำไปต่อยอดธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

Figure 3 Rotomoulding and Clontrol

Table 1 Varriation of experimental results

Set	Time/Min	rpm	Results
A	5	10	INC
B	5	15	INC
C	5	20	N/A
D	10	10	INC
E	10	15	C
F	10	20	C
G	15	10	N/A
H	15	15	N/A
I	15	20	INC

C = Complete (ขึ้นรูปได้สมบูรณ์)
INC = Incomplete (ขึ้นรูปไม่สมบูรณ์)
N/A = Not applicable (ไม่สามารถขึ้นรูปได้)

4 สรุป

จากการทดลองสมรรถนะของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่จะเห็นได้ว่าเวลาและความเร็วรอบมีผลต่อการขึ้นรูปซึ่งจากการทดสอบจะได้เวลาและความเร็วรอบที่เหมาะสมในการขึ้นรูปจะอยู่ที่10นาที ความเร็วรอบ 15และ20 rpm สามารถขึ้นรูปได้ดี เนื่องจากเวลาในการหลอมพลาสติกอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับความเร็วรอบในการขึ้นรูป และจากตารางการทดสอบจะเห็นได้ว่าถ้าเวลาน้อยเกินไปก็ไม่สามารถขึ้นรูปได้เพลาสติกยังไม่ละลาย หรือถ้าเวลามากเกินไปพลาสติกก็จะเกิดการไหม้ของเนื้อพลาสติก ทำให้ขึ้นรูปไม่ได้

5 กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.จตุรงค์ สังกาพินธุ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัย ตลอดจนพี่ๆน้องๆ ร่วมชั้นในระดับปริญญาโท ที่ร่วมเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณสถานที่ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบการทำวิจัย ขอบคุณเกษตรกรสำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย จนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกๆคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดเวลาการทำวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป ส่วนข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

6 เอกสารอ้างอิง

โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติก. แหล่งข้อมูล : http://www2.dede.go.th/kmberc/datacenter/factory/plastic/chapter1-2.pdf. เข้าถึงเมื่อ 11 มิถุนายน 2560

กระบวนการผลิตพลาสติก. แหล่งข้อมูล : https:/PE.wordpress.com. เข้าถึงเมื่อ 11 มิถุนายน 2560

ขั้นตอนการขึ้นรูปพลาสติก. แหล่งข้อมูล :http://www2.dede.go.th /kmberc/datacenter/factory/plastic/chapter1-2.pdf. เข้าถึงเมื่อ 15 มิถุนายน 2560

กระถางต้นไม้พลาสติก. แหล่งข้อมูล:http://puechkaset.com. เข้าถึงเมื่อ 6 กรกฎาคม 2560

ปลูกต้นมะนาวในบ่อซีเมนต์. แหล่งข้อมูล : https://home.kapook.com.เข้าถึงเมื่อ 15 กรกฎาค2560

แปลงปลูกมะนาว. แหล่งข้อมูล:http://1.bp.blogspot.com/- เข้าถึงเมื่อ 15 กรกฎาคม 2560

ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ ๑๙ และระดับนานาชาติ ครั้งที่ ๑๑ ประจำปี ๒๕๖๑

เพื่อให้การดำเนินการโครงการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ ๑๙ และระดับนานาชาติ ครั้งที่ ๑๑ ประจำปี ๒๕๖๑ ในระหว่างวันที่ ๒๖ – ๒๗ เมษายน ๒๕๖๑ ดำเนินการไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพและบรรลุผลตามวัตถุประสงค์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ ๑๙ และระดับนานาชาติ ครั้งที่ ๑๑ ประจำปี ๒๕๖๑ ดังนี้

คณะกรรมการอำนวยการ

๑. รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน	ที่ปรึกษา
๒. นายกสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย	ที่ปรึกษา
๓. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม	ที่ปรึกษา
๔. หัวหน้าฝ่ายเครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ	ที่ปรึกษา
๕. ศาสตราจารย์สมชาติ โสภณรณฤทธิ์	ที่ปรึกษา
๖. ศาสตราจารย์สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา	ที่ปรึกษา
๗. รองศาสตราจารย์ปานมนัส ศิริสมบูรณ์	ที่ปรึกษา
๘. รองศาสตราจารย์สมชาย ชวนอุดม	ที่ปรึกษา
๙. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน	ประธานกรรมการ
๑๐. รองคณบดีฝ่ายบริหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน	รองประธานกรรมการ
๑๑. รองคณบดีฝ่ายวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน	กรรมการ
๑๒. หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร	กรรมการ
๑๓. หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน	กรรมการ
๑๔. หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	กรรมการ
๑๕. หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	กรรมการ
๑๖. หัวหน้าศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
๑๗. หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเกษตร	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการดำเนินงาน

๑. นายชีรวรรธก์ มั่นกิจ	ที่ปรึกษา
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์	ที่ปรึกษา
๓. หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเกษตร	ประธานกรรมการ
๔. รองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเกษตร	รองประธานกรรมการ
๕. นางสาวสิรินาฏ น้อยพิทักษ์	กรรมการและเลขานุการ
๖. นางสาวอรุณรัตน์ บุญปองหา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๗. นางสาวพีรดา แจ้งศรี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ดังนี้

๑. ขออนุมัติโครงการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ ๑๙ และระดับนานาชาติ ครั้งที่ ๑๑ ประจำปี ๒๕๖๑ ให้สำเร็จเรียบร้อยตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
๒. กำหนดสถานที่และระยะเวลาการประชุม
๓. จัดเตรียมเงินจ่ายค่าใช้จ่ายในการจัดงาน/ค่าสถานที่ ค่าอาหาร ค่าตอบแทน
๔. ติดต่อ ดูแล ประสานงานกับคณะกรรมการฝ่ายต่างๆ เพื่อให้การจัดประชุม ดำเนินการตามวัตถุประสงค์
๕. สรุปเอกสารการเบิกเงิน และจัดทำสรุปโครงการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

๑. รองศาสตราจารย์อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ประเทือง อุษาบริสุทธิ์	รองประธานกรรมการ
๓. Prof. Dr. Satoru Tsuchikawa	กรรมการ
๔. Asst. Prof. Dr. Tetsuya Inagaki	กรรมการ
๕. Assoc. Prof. Dr. Tofael Ahamed	กรรมการ
๖. Assoc. Prof. Dr. Pomin Li	กรรมการ
๗. Prof. Dr. Masami Ueno	กรรมการ
๘. Assoc. Prof. Dr. Taira Eizo	กรรมการ
๙. Prof. Dr. Jong-Whan Rhim	กรรมการ
๑๐. Dr. Maria Bernardita Perez Gago	กรรมการ
๑๑. Prof. Dr. Nobutaka Ito	กรรมการ
๑๒. รองศาสตราจารย์รังสินี โสธรวิทย์	กรรมการ
๑๓. รองศาสตราจารย์เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสันต์ ชุ่มใจหาญ	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์	กรรมการ

๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทวรัตน์ ตรีอำนรรค กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กระวี ตรีอำนรรค กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐพงศ์ รัตนเดช กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อมรฤทธิ์ พุทธิพิพัฒน์ขจร กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันรัฐ อับดุลลากาซิม กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรพล ชยประเสริฐ กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์ กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา ปรากฏมาก กรรมการ
๒๔. นายศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล กรรมการ
๒๕. นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์ กรรมการ
๒๖. นายณัฐวุฒิ เนียมสอน กรรมการ
๒๗. นางสาวนารถระพี นาคะวัจนะ กรรมการ
๒๘. นายอาทิตย์ พวงสมบัติ กรรมการและเลขานุการ
๒๙. นางสาวแก้วกานต์ พวงสมบัติ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ดังนี้
๑. กำหนดหัวข้อและเนื้อหาการประชุม
๒. กำหนดรูปแบบบทคัดย่อ และรูปแบบบทความฉบับสมบูรณ์
๓. กำหนดกำหนดการประชุม ประสานงานวิทยากรพิเศษ และดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ
๔. ประสานงานเชิญผู้ทรงคุณวุฒิและร่วมเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงานวิจัย
๕. จัดทำประวัติผู้ทรงคุณวุฒิ และประสานงานกับฝ่ายพิธีการ
๖. พิจารณากลั่นกรองผลงานวิจัย จำแนกประเภทการนำเสนอ พร้อมจัดลำดับการนำเสนอ
๗. ทำหน้าที่กองบรรณาธิการ เพื่อจัดทำรายงานสืบเนื่องจากการประชุม (Proceedings)
๘. พิจารณาตัดสินผลงานวิจัยดีเด่น การนำเสนอดีเด่น

คณะกรรมการฝ่ายพิธีการ ปฏิคม และประชาสัมพันธ์

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันรัฐ อับดุลลากาซิม ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ประเทือง อุษาบริสุทธิ์ รองประธานกรรมการ
๓. นายศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล กรรมการ
๔. นางสาวแก้วกานต์ พวงสมบัติ กรรมการ
๕. นายอาทิตย์ พวงสมบัติ กรรมการ
๖. นายภวินท์ ธัญภัทรานนท์ กรรมการ
๗. นายวชิรศิริ ทวีเดช กรรมการ
๘. นายสุขชัย ยั่งยืน กรรมการ
๙. นางสาวปฐมาภรณ์ อุ่นเรือน กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายสถานที่ นิทรรศการ และพาหนะ

๑. นางสาวพิมพ์พรรณ ปรืองาม	ประธานกรรมการ
๒. นายภวินท์ ธัญภัทรานนท์	กรรมการ
๓. นางนงลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ	กรรมการ
๔. นางสาวง่ายงาม ประจวบวัน	กรรมการ
๕. นายศุภชัย กุลมุติวัติ	กรรมการ
๖. นางสาวอรุณรัตน์ บุญปองหา	กรรมการและเลขานุการ
๗. นางสาวพีรดา แจ้งศรี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการมีหน้าที่ ดังนี้

๑. กำหนดสถานที่/ดูสถานที่/สืบราคาสถานที่จัดงาน
๒. จัดเตรียมห้องประชุม/สัมมนา พร้อมอุปกรณ์
๓. จัดหาอุปกรณ์การจัดนิทรรศการ และประสานงานการติดโปสเตอร์ผลงานจากฝ่ายวิชาการ
๔. จัดหารถเพื่อพาคณะทำงานไปสถานที่จัดงาน
๕. จัดเตรียมที่พักสำหรับคณะทำงาน/ผู้ทรงคุณวุฒิ
๖. จัดเตรียมอาหาร สำหรับผู้เข้าร่วมงาน/คณะทำงาน
๗. อำนวยความสะดวกในเรื่องการเดินทาง ไปยังสถานที่จัดงาน
๘. ดูแลความเรียบร้อยด้านสถานที่ให้พร้อมในการประชุมวิชาการ
๙. ดูแลเรื่องอาหารผู้เข้าร่วมประชุม/คณะทำงาน
๑๐. สรุปค่าใช้จ่ายจากสถานที่จัดงาน แล้วประสานค่าใช้จ่ายกับฝ่ายการเงิน

ทั้งนี้ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป จนกว่าจะเสร็จสิ้นการดำเนินงาน

ประกาศ ณ วันที่ ๒๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๐

(นายจงรัก วัชรินทร์รัตน์)
รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร่วมกับ

สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

ฐาปกรณ์ อุประ*, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์

ได้นำเสนอบทความทางวิชาการ ภาคบรรยาย

เรื่อง เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเคลื่อนที่ สำหรับกลุ่มสถานประกอบการเกษตรขนาด

ในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 19

วันที่ 26-27 เมษายน 2561 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติจุฬาภรณ์ (วรวนา หัวหิน โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่น) จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

(นางดาเรศร์ กิตติโยภาส)
นายกสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

(รศ.ดร. เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายฐาปกรณ์ อุประ
วัน เดือน ปีเกิด	15 พฤษจิกายน 2528
ที่อยู่	271 หมู่ 1 ตำบลสร้างคอม อำเภอสร้างคอมจังหวัดอุดรธานี 41260
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2547-2551) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมลคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	วิศวกรโรงงาน บริษัท แพคโก แอคซิส จำกัด 2551-2552 วิศกรเครื่องกลงานระบบ Biogas บริษัทพลังธรรมชาติ 2552-2554 กรรมการบริษัทโรโตแมชชีนเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ตั้งแต่ พ.ศ.2555 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	08-8417-5428
อีเมล	Tapragon@gmail.com