สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊วหลังกระบวนการล้างน้ำ

WATER REMOVING FROM SALTED WHITE RADISH AFTER WASHING PROCESS BY SQUEEZING MACHINE

โดย

นายชวาล จันทรเทพธิมากุล

นายปรัชญา มุกด์ธนะอนันต์

นางสาวอัญชลี ชื่อลือชา

วิท
ส293ค
2550
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83035
วัน,เดือน,ปี 31 ก.ค. 2551
b 11961090
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊วหลังกระบวนการล้างน้ำ

WATER REMOVING FROM SALTED WHITE RADISH AFTER WASHING PROCESS BY SQUEEZING MACHINE

ผู้จัดทำ

นายชวาล จันทรเทพธิมากุล

นายปรัชญา มุกด์ธนะอนันต์

นางสาวอัญชลี ชื่อลือชา

.....

(ดร. นวภัทรา หนูนาค)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊วหลังกระบวนการล้างน้ำ

นายชวาล จันทรเทพธิมากุล
นายปรัชญา มุกด์ธนะอนันต์
นางสาวอัญชลี ชื่อลือชา
ดร. นวภัทรา หนูนาค (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบ วิธีการสร้างและการทดสอบเครื่องบีบน้ำออกจากไชโป๊ว หลังกระบวนการล้าง ออกแบบโดยใช้ชุดควบคุมมอเตอร์ควบคุมคันโยกของแม่แรงไฮดรอลิก ระยะการเคลื่อนที่ของแม่แรงจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลงระยะการกดของฝากด ลักษณะการกดเป็นการกดจากด้านบนลงมาด้านล่าง และสามารถออกแบบให้ใช้งานพร้อมกันได้ 3 ชุด ในเวลาเดียวกันทดสอบการทำงานของเครื่องโดยกดด้วยน้ำหนักคงที่และมีเวลาหยุดค้าง ทำการทดสอบทั้งหมด 3 รูปแบบ คือรูปแบบที่ 1 กดด้วยแรง 80 กิโลกรัม หยุดค้าง 5 นาที รูปแบบที่ 2 กดด้วยแรง 100 กิโลกรัม หยุดค้าง 3 นาที รูปแบบที่ 3 กดด้วยแรง 100 กิโลกรัม หยุดค้าง 1 นาที 30 วินาที เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากไชโป๊ว คือ 20.32 30.35 และ 23.47 ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่าการกดด้วยจำนวนตะกร้าทั้งแบบ 1 ตะกร้าและ 3 ตะกร้า ได้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากไชโป๊วไม่แตกต่างกัน ตรงตามมาตรฐานของทางโรงงาน และใช้เวลาไปเพียง 7 นาที 30 วินาที ซึ่งใช้เวลาสั้นกว่าวิธีเดิมที่ทางโรงงานใช้คือ 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WATER REMOVING FROM SALTED WHITE RADISH AFTER WASHING PROCESS BY SQUEEZING MACHINE

Mr. Chawan Chantarateptimakull
Mr. Prachya Muktana-anant
Miss Unchalee Chuluecha
Dr. Navaphattra Nunak (Adviser)
2007

Abstract

This project presents the design, fabrication and testing the squeezing machine to remove water from salted white radish after washing process. Machine was composed of induction motor gear, hydraulic lift, timer control and safety sensor (limit switch). Wet salted white radish will be compressed by round shape stainless steel plate. Machine can operate with three baskets of samples in one time. Three experiments were operated with this machine for one basket and three baskets. They were pressing with 80 kg of force and holding time 5 mins, pressing with 100 kg of force and holding time 3 mins and pressing with 100 kg of force and holding time 1.5 mins. The percentage of removed water was 20.321%, 30.35%, and 23.47%, respectively. The weight of wet salted white radish was 19 kg/basket. It was found that operating with three baskets gave the percentage of drained water the same as one basket. The third test was the suitable conditions for operating this machine and it also gave a good quality of samples. The operating time was only 7.5 mins whereas that of the present technique of the factory was more than 5 hours

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานโครงงานคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ ดร. นวภัทรา หนูนาค อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินโครงงาน

ขอขอบพระคุณ คุณเสกสรรค์ อุตสาหวรารัตน์ Managing Director บริษัท คิงส์ เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด ที่ให้คำปรึกษา ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำทางด้านเครื่องจักร

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณแม่ทองสุข เจ้าของโรงงานไชโป๊วแม่ทองสุข ที่สนับสนุนอุปกรณ์การทดลอง

ขอขอบคุณ พี่แมนสำหรับความช่วยเหลือ ด้านเทคนิคทางด้านช่าง ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และทุกคนในครอบครัวสำหรับกำลังใจ ความห่วงใยและการสนับสนุนข้าพเจ้าเป็นอย่างดีเสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการตาราง	ซ
รายการสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 สำรวจเอกสาร3	
2.1 ความรู้เกี่ยวกับหัวผักกาด	3
2.2 ความรู้เกี่ยวกับหัวไชโป๊ว	3
2.2.1 กระบวนการผลิตหัวไชโป๊ว	3
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ	4
2.3.1 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้าง	4
2.3.2 การออกแบบคานที่มีหน้าตัดคงที่	5
2.4 ระบบไฮดรอลิก	6
2.5 มอเตอร์ไฟฟ้า	8
2.5.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	9
2.5.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	10
2.5.3 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	10
2.5.4 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	12
2.6 อินเวอร์เตอร์	14
2.7 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและการทดลอง 16

3.1 การออกแบบชุดทดลอง 16

3.2 การออกแบบชุดทดลองโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก 16

3.2.1 การออกแบบเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก 16

3.2.2 การทดลองเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก 19

3.3 การออกแบบชุดทดลองโดยอาศัยหลักการกด 22

3.3.1 การคำนวณการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง 22

3.3.2 การออกแบบเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด 24

3.3.3 การออกแบบแผ่นสแตนเลสที่ใช้ในการกด 37

3.3.4 การทำงานของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด 41

3.3.5 การทดลองโดยใช้เครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด 43

บทที่ 4 ผลการทดลอง 45

4.1 มาตรฐานน้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊ว 45

4.2 ผลการกำจัดน้ำออกจากหัวไชโป๊ว 45

4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊ว ด้วยเครื่องบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊ว 47

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 48

5.1 สรุปผลการทดลอง 48

5.2 ข้อเสนอแนะ 48

เอกสารอ้างอิง 49

ภาคผนวก 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงวิธีการผลิตหัวไชโป๊ว 4
รูปที่ 2.2 หลักการของระบบไฮดรอลิกเบื้องต้น 7
รูปที่ 2.3 ระบบไฮดรอลิกเบื้องต้นที่มีการเพิ่ม Check Valve และ ถังน้ำมัน 8
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์สามเฟส 10
รูปที่ 2.5 รูปโรเตอร์แบบทรงกระรอก 10
รูปที่ 3.1 เครื่องกำจัดน้ำออกจากไชโป๊วโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก 16
รูปที่ 3.2 อินเวอร์เตอร์ รุ่น AF-500 Series 18
รูปที่ 3.3 ตะกร้าสแตนเลส 19
รูปที่ 3.4 ผลการทดลองการกำจัดน้ำออกไชโป๊วโดยใช้เครื่องกำจัดน้ำ โดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก 20
รูปที่ 3.5 วิธีเดิมที่ทางโรงงานใช้ในการกำจัดน้ำ 20
รูปที่ 3.6 รูปกราฟแสดงค่าโมเมนต์สูงสุดและแรงเฉือนสูงสุด 21
รูปที่ 3.7 แสดงหน้าตัดของคานที่นำไปใช้จริง 22
รูปที่ 3.8 แสดงการออกแบบส่วนประกอบต่างๆของเครื่องกำจัดน้ำแบบกด 26
รูปที่ 3.9 เสาฐานรองรับ 27
รูปที่ 3.10 เพลา 28
รูปที่ 3.11 คานบน 29
รูปที่ 3.12 คานสไลด์ 30
รูปที่ 3.13 แท่นกด 31
รูปที่3.14 Construction Diagram (TEST CERTIFICATE) 32
รูปที่ 3.15 MAIN TECHNICAL DATA 33
รูปที่ 3.16 แม่แรงไฮดรอลิกและมอเตอร์เกียร์พร้อมฐานรอง ขนาด 350 x 250 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร 33
รูปที่ 3.17 เสาฐานรองรับคานบน 34
รูปที่ 3.18 ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า 36
รูปที่ 3.19 ภายในตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า 36
รูปที่ 3.20 เครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงวิธีการผลิตหัวไชโป๊ว 4
รูปที่ 2.2 หลักการของระบบไฮดรอลิกเบื้องต้น 7
รูปที่ 2.3 ระบบไฮดรอลิกเบื้องต้นที่มีการเพิ่ม Check Valve และ ถังน้ำมัน 8
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์สามเฟส 10
รูปที่ 2.5 รูปโรเตอร์แบบทรงกระรอก 10
รูปที่ 3.1 เครื่องกำจัดน้ำออกจากไชโป๊วโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก 16
รูปที่ 3.2 อินเวอร์เตอร์ รุ่น AF-500 Series 18
รูปที่ 3.3 ตะกร้าสแตนเลส 19
รูปที่ 3.4 ผลการทดลองการกำจัดน้ำออกไชโป๊วโดยใช้เครื่องกำจัดน้ำ โดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก 20
รูปที่ 3.5 วิธีเดิมที่ทางโรงงานใช้ในการกำจัดน้ำ 20
รูปที่ 3.6 รูปกราฟแสดงค่าโมเมนต์สูงสุดและแรงเฉือนสูงสุด 21
รูปที่ 3.7 แสดงหน้าตัดของคานที่นำไปใช้จริง 22
รูปที่ 3.8 แสดงการออกแบบส่วนประกอบต่างๆของเครื่องกำจัดน้ำแบบกด 26
รูปที่ 3.9 เสาฐานรองรับ 27
รูปที่ 3.10 เพลา 28
รูปที่ 3.11 คานบน 29
รูปที่ 3.12 คานสไลด์ 30
รูปที่ 3.13 แท่นกด 31
รูปที่3.14 Construction Diagram (TEST CERTIFICATE) 32
รูปที่ 3.15 MAIN TECHNICAL DATA 33
รูปที่ 3.16 แม่แรงไฮดรอลิกและมอเตอร์เกียร์พร้อมฐานรอง ขนาด 350 x 250 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร 33
รูปที่ 3.17 เสาฐานรองรับคานบน 34
รูปที่ 3.18 ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า 36
รูปที่ 3.19 ภายในตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า 36
รูปที่ 3.20 เครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.21 ลักษณะแผ่นกดแบบต่างๆ 38
รูปที่ 3.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่หายไปกับเวลา 39
รูปที่ 3.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูญเสียน้ำกับเวลา 40
รูปที่ 3.24 ลักษณะของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อทำการใช้เครื่องตามขั้นตอนที่ 1 41
รูปที่ 3.25 ลักษณะของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อทำการใช้เครื่องตามขั้นตอนที่ 2 42
รูปที่ 3.26 ลักษณะของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อทำการใช้เครื่องตามขั้นตอนที่ 3 42
รูปที่ 3.27 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดลอง 44
รูปที่ 4.1 น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊ว 45
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบการกดที่รูปแบบต่างๆ 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงส่วนประกอบของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก	17
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด	25
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองการบีบน้ำออกจากไชโป๊ว	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

$\|M\|_{max}$	โมเมนต์ดัดสูงสุด, N/m^2
σ	ความเค้น, MPa
$\|V\|_{max}$	แรงเฉือนสูงสุด, N
C	จุดเซนทรอยด์ของหน้าตัด, mm
I	โมเมนต์แอยรอบแกนเซนทรอยด์, m^4
S	โมดูลัสของหน้าตัด
ϕ	เส้นผ่านศูนย์กลาง, mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

หัวผักกาดหรือหัวไชเท้าเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะ สามารถนำมาแปรรูปเป็นผักกาดดองเค็มหรือผักกาดดองหวานสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน และสามารถพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าส่งออกทำเงินตราให้กับประเทศได้ อุตสาหกรรมผลิตหัวไชโป๊วเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมที่กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้เล็งเห็นศักยภาพของอุตสาหกรรมนี้ว่าจะสามารถพัฒนาเป็นสินค้าส่งออกนำเงินตราเข้าประเทศได้และในปัจจุบันความต้องการไชโป๊วของตลาดภายในประเทศและตลาดการส่งออกมีปริมาณเพิ่มขึ้น (มติชน,เส้นทางสู่เศรษฐี) จึงต้องมีการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตได้ประสิทธิภาพสูงสุด

จากการเข้าเยี่ยมชมโรงงานไชโป๊วแม่ทองสุข พบว่า ปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไชโป๊ว คือ กระบวนการกำจัดน้ำออกจากไชโป๊วหลังกระบวนการล้างน้ำก่อนนำเข้าสู่กระบวนการดองหวาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไชโป๊วชนิดฝอยและสับ น้ำที่เกินนั้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการดองหวานลดลง คือ เพิ่มระยะเวลาและสิ้นเปลืองวัตถุดิบ อีกทั้งทำให้รสชาติเปลี่ยน วิธีปัจจุบันที่ทางโรงงานใช้อยู่ คือ การใช้แรงกด โดยผู้ประกอบการพบว่าการวางตะกร้าซ้อนทับกันเป็นขนาดของแรงกดที่พอดี สามารถกำจัดน้ำออกจากไชโป๊วได้ แต่วิธีนี้ใช้เวลานานและไม่สามารถควบคุมคุณภาพของไชโป๊วได้ตามที่ต้องการ อีกทั้งต้องอาศัยประสบการณ์เฉพาะของผู้ประกอบการเฉพาะบุคคลเท่านั้น ดันนั้น ปัญหานี้จึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุง เพื่อศึกษาหากรรมวิธีที่เหมาะสมและคิดค้นชุดอุปกรณ์ช่วยกำจัดน้ำโดยเฉพาะสำหรับไชโป๊ว ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตโดยคงไว้ซึ่งคุณภาพไชโป๊วตามมาตรฐานที่ผู้บริโภคต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อลดระยะเวลาในการกำจัดน้ำออกจากไชโป๊วหลังกระบวนการล้างน้ำ
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดน้ำออกจากไชโป๊วของวิธีปัจจุบันที่ทางโรงงานใช้อยู่กับชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น รวมทั้งการเปรียบเทียบในแง่ทางเศรษฐศาสตร์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ออกแบบและศึกษาหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการกำจัดน้ำออกจากไชโป๊วหลังกระบวนการล้างเพื่อลดระยะเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีปัจจุบันที่ทางโรงงานใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตไชโป๊วและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทำให้ไชโป๊วมีคุณภาพดีขึ้น ลดการสิ้นเปลืองวัตถุดิบ

2. ผลการทดสอบสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไชโป๊วได้ทันที เนื่องจากแนวทางที่ใช้ออกแบบและแก้ปัญหามุ่งเน้นไปที่การพัฒนาโดยอ้างถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ทางโรงงานใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ ปัจจุบันทางโรงงานใช้ตะกร้าพลาสติกในการบรรจุไชโป๊วที่ผ่านกระบวนการล้าง จึงได้ทำการคิดค้นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ร่วมกับตะกร้าพลาสติกที่ทางโรงงานมีอยู่ ทำให้ทางโรงงานไม่ต้องปรับเปลี่ยนวัสดุหรือขั้นตอนกระบวนการหลักใด ๆ ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

สำรวจเอกสาร

2.1 ความรู้เกี่ยวกับหัวผักกาด

ผักกาดหัวชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Raphine's sativus var. longipinnatus L. (http://www.doae.go.th /LIBRARY/html/2549/1809/Chineseradish/index.htm) เป็นพืชในตระกูล Cruciferae เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ อายุ 1 หรือ 2 ฤดู แต่ส่วนมากจะปลูกเป็นพืชฤดูเดียว รากเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารขยายพองโตออก ด้านข้างอาจมีรากฝอยบ้าง เป็นส่วนที่นำมาบริโภคเป็นอาหาร ลำต้นสั้นเชื่อมต่อยู่ระหว่างรากกับใบ หัวไชเท้าสามารถนำมาแปรรูปเพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น การนำหัวไชเท้ามาแปรรูปเป็นหัวไชโป๊ว ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งในปัจจุบันวิธีการแปรรูปหัวไชเท้าเป็นหัวไชโป๊วนั้นกำลังเป็นที่นิยม

2.2 ความรู้เกี่ยวกับหัวไชโป๊ว

หัวไชโป๊ว ผลิตมาจากหัวไชเท้า โดยที่หัวไชเท้าจะถูกนำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตหลายขั้นตอน เริ่มจากการนำหัวไชเท้ามาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปคลุกกับเกลือ ผ่านการคัดขนาด ตัดตกแต่ง ผ่านการล้างอีกครั้งก่อนจะนำไปดองจนกลายมาเป็นหัวไชโป๊ว(http://www.maethongsuk.com) หัวไชโป๊วสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายทั้งของคาวก็ได้ หรือจะเป็นของหวานก็ดี หัวไชโป๊วสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ หัวไชโป๊วเค็มและหัวไชโป๊วหวาน

2.2.1 กระบวนการผลิตหัวไชโป๊ว

กระบวนการผลิตหัวไชโป๊วเริ่มจากการนำหัวไชเท้ามาคลุกเคล้ากับเกลือทะเลให้ทั่วแล้วเก็บทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำมาคลุกกับเกลืออีกครั้งและทิ้งไว้เป็นเวลา 3 คืนก็นำเก็บเข้าโรงเก็บ เก็บไว้ 1-2 เดือน ก็นำออกมาแปรรูป ตัดหัว-ตัดหาง แบ่งเป็นชนิดหัว ฝอย เต๋า สับ ในขั้นตอนนี้จะได้หัวไชโป๊วเค็ม หากต้องการหัวไชโป๊วประเภทหวาน จะนำผลผลิตที่ได้จากขั้นตอนนี้ไปดองกับน้ำตาลทรายในโอ่งมังกรหรือถังพลาสติก พร้อมปรุงกลิ่นใบเตยด้วยน้ำใบเตย ดองเก็บไว้อย่างน้อย 20 วัน ก็นำขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำ ได้ออกมาเป็นหัวไชโป๊วหวานสามารถนำไปบรรจุจำหน่ายได้ กระบวนการผลิตหัวไชโป๊ว แสดงดังรูปที่ 2.1 (ที่มา: โรงงานไชโป๊วแม่ทองสุข จ.ราชบุรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงวิธีการผลิตหัวไชโป๊ว (ที่มา: โรงงานไชโป๊วแม่ทองสุข จ.ราชบุรี)

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ

2.3.1 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้าง (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน, 2536)

แรงที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง คือ

แรงดัด (Bending) เมื่อโครงสร้างรับแรงดัดแล้ว ผิวบนจากแรงสะเทิน (Neutral Axis) ขึ้นไปรับแรงอัดและผิวล่างของแกนสะเทินรับแรงดึงด้วย หรือบางกรณีเกิดกับตรงกันข้าม แรงดัดก่อให้เกิดแรงต้านทานแรงดัดที่มีขนาดเท่ากันขึ้นภายในเนื้อวัสดุ

แรงดัดสามารถแยกเป็นแรงดึงและแรงอัดได้ แรงบิดแยกเป็นแรงเฉือนได้ ดังนั้นถ้าพิจารณาแต่ละชิ้นส่วนเล็กๆ ในเนื้อวัสดุโครงสร้างจะมีแรงพิจารณาอยู่เพียงแรงดึงและแรงเฉือนเท่านั้น ซึ่งเราสามารถรู้ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นและผลเนื่องจากการกระทำของแรง ก็สามารถกะขนาดหน้าตัดของวัสดุโครงสร้างและรูปร่างได้ โดยหาขนาดของแรงและความเข้มของแรงนี้ เรียกว่า ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นน้ำหนักเป็นพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงกด คือ แรงลัพธ์ภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุในเวลาสั้นๆ เช่น การใช้ฆ้อนตีหัวตะปู การตีลูกเทนนิส การใช้หัวรองเท้าเตะลูกฟุตบอล ฯลฯ ซึ่งเป็นแรงกระทบ หน่วยเป็นนิวตัน

2.3.2 การออกแบบคานที่มีหน้าตัดคงที่ (รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว, 2545)

การออกแบบคานนั้นมักจะถูกควบคุมโดยค่าสัมบูรณ์สูงสุด $|M|_{max}$ ของโมเมนต์ดัดในคาน และบนหน้าวิกฤติที่เกิด $|M|_{max}$ มักพบว่าความเค้นสูงสุดในแนวตั้งฉากจะเกิดขึ้นที่ผิวนอกสุดของคานและสามารถหาค่าได้โดยใช้สมการที่ (2.1) คานที่มีหน้าตัดบางลักษณะ จะพบ σ_{max} ที่จุดอื่นในคาน และนอกจากนี้ยังมีบางสถานการณ์ที่การออกแบบของคานถูกควบคุมโดยค่าสัมบูรณ์สูงสุด $|V|_{max}$ ของแรงเฉือนในคาน แทนที่จะเป็น $|M|_{max}$

$$\sigma_m = \frac{|M|_{max} c}{I} \tag{2.1}$$

ในการออกแบบคานที่ดีจะต้องนำประเด็นเหล่านี้มาคิดด้วย และจะต้องประหยัดซึ่งหมายความว่าในบรรดาคานที่ใช้วัสดุเหมือนกันและปัจจัยอื่นๆเหมือนกันหมด เราควรจะเลือกคานที่มีน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยความยาวน้อยที่สุด (พื้นที่หน้าตัดน้อยที่สุด) เพราะว่าจะทำให้ประหยัดที่สุด ในการออกแบบคานนั้น จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จากข้อกำหนดในการออกแบบ จะต้องคำนวณค่าของ σ_{all} และ τ_{all} สำหรับวัสดุที่เลือกใช้ หรือคำนวณค่าเหล่านี้โดยการหารค่าสัดส่วนความปลอดภัย

2. เขียนแผนภาพของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสำหรับสภาวะของน้ำหนักที่กำหนดให้ และหาค่าสัมบูรณ์สูงสุด $|V|_{max}$ และ $|M|_{max}$

3. การออกแบบคานในหน้าตัดที่มีโมเมนต์ดัดสูงสุด จะคำนวณค่าต่ำสุดที่ยอมให้ของโมดูลัสของหน้าตัดดังสมการ

$$S_{min} = \frac{|M|_{max}}{\sigma_{all}} \tag{2.2}$$

4. สำหรับหน้าตัดคานที่มีอยู่ พิจารณาเฉพาะหน้าตัดที่มีค่าโมดูลัสของหน้าตัด $S > S_{min}$ และเลือกหน้าตัดที่มีน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยความยาวน้อยที่สุดซึ่งเป็นหน้าตัดที่ประหยัดที่สุดสำหรับหน้าตัดที่ $\sigma_m \leq \sigma_{all}$ หน้าตัดที่เลือกไม่จำเป็นจะต้องเป็นหน้าตัดที่มีค่า S น้อยที่สุด ในบางกรณี การเลือกหน้าตัดอาจจะถูกจำกัดด้วยเหตุผลอื่นๆ ด้วย เช่น ความลึกที่ยอมให้ของหน้าตัด หรือระยะโก่งที่ยอมให้ของคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ระบบไฮดรอลิก

คำว่า Hydraulic มาจากคำในภาษากรีก 2 คำ คือ Hydro หมายถึงน้ำ และ Aulis ซึ่งหมายถึงท่อ (pipe) เดิมคำว่า Hydraulic จึงหมายถึงเฉพาะการไหลของน้ำในท่อเท่านั้น แต่ปัจจุบันคำนี้หมายถึงการไหลของของเหลวทุกชนิดที่ใช้ในระบบเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงานในการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลเป็นกำลังงานกล คือ ทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกและมอเตอร์ไฮดรอลิกทำงาน ตัวอย่างงาน เช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิก เครื่องอัด เกียร์อัตโนมัติ เครนและเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ (ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์และปานเพชร ชินินทร, 2530)

2.4.1 ส่วนประกอบของไฮดรอลิก (ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์และปานเพชร ชินินทร, 2530)

ระบบพื้นฐานของไฮดรอลิกมีอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ปั๊ม

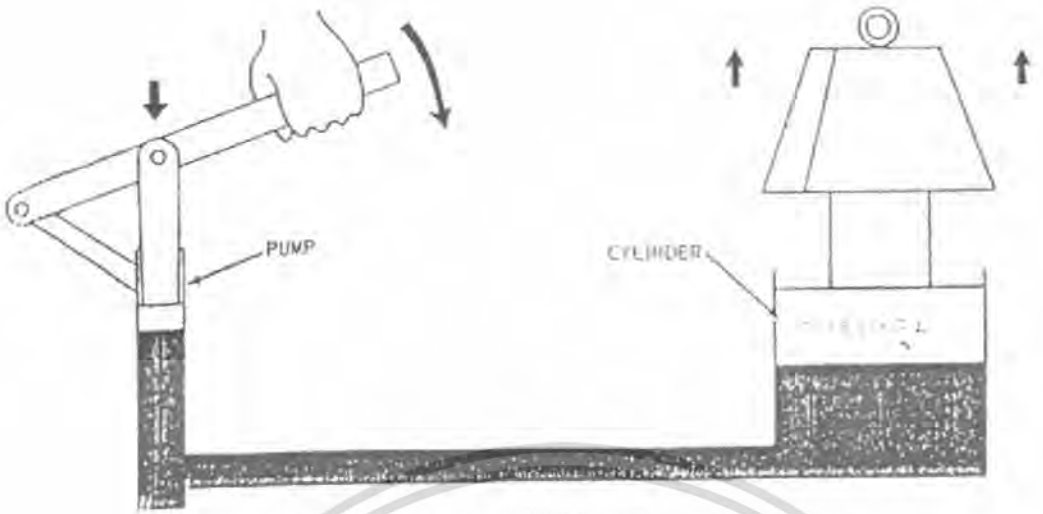
ปั๊มไฮดรอลิก ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานของไหลภายใต้ความดัน กล่าวคือ เมื่อป้อนกำลังกลเข้าไปที่เพลาขับ (Rotating shaft) ของปั๊มให้ทำงาน ปั๊มก็จะเปลี่ยนพลังงานกลนั้นให้เป็นพลังงานจลน์ในของไหล น้ำมันไฮดรอลิกก็จะถูกดูดจากถังพักแล้วส่งออกไปตามท่อในระบบเพื่อใช้งาน การไหลของน้ำมันจะต้องมีพลังงานศักย์มากเพียงพอที่จะผ่านแรงต้านทานของระบบ แรงต้านทานการไหลในระบบนี้เองที่ทำให้เกิดความดันในระบบไฮดรอลิกขึ้น ซึ่งจะถูกนำไปใช้งาน ณ จุดต่างๆของระบบ ในโรงงานอุตสาหกรรมกำลังงานกลที่ใช้ขับปั๊มส่วนมากได้มาจากมอเตอร์ไฟฟ้า แต่ถ้าใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าก็จะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ

2. กระบอกสูบ

กระบอกสูบไฮดรอลิก มีหน้าที่รับน้ำมันไฮดรอลิกที่ส่งมาจากปั๊มและวาล์วควบคุมต่างๆ เพื่อเปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกให้เป็นกำลังงานกล โดยการเปลี่ยนความดันและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกในท่อให้เป็นระยะเคลื่อนที่ของลูกสูบ เมื่อน้ำมันป้อนเข้าสู่กระบอกสูบทำให้เกิดงานขึ้นโดยอัตราการไหลของน้ำมันจะเป็นตัวกำหนดความเร็วของลูกสูบ กำลังงานกล (แรงม้า) ที่เกิดขึ้น กระบอกสูบโดยทั่วๆ ไปมี 2 ลักษณะ แบบทำงานสองทาง (double acting cylinder) และแบบทำงานทางเดียว (single acting cylinder)

เมื่อโยกคันโยก (ปั๊ม) ทำให้น้ำมันภายในปั๊มมีแรงไปดันกระบอกสูบ และกระบอกสูบจะไปยกน้ำหนักอีกชั้นหนึ่ง หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ปั๊มมีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานน้ำมัน ส่วนกระบอกสูบทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานน้ำมันเป็นพลังงานกล ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 หลักการของระบบไฮดรอลิกเบื้องต้น

ระบบไฮดรอลิกบางระบบจะมีอุปกรณ์บางส่วนเพิ่มขึ้นมาดังรูปที่ 2.3 คือ

3. Check Valve

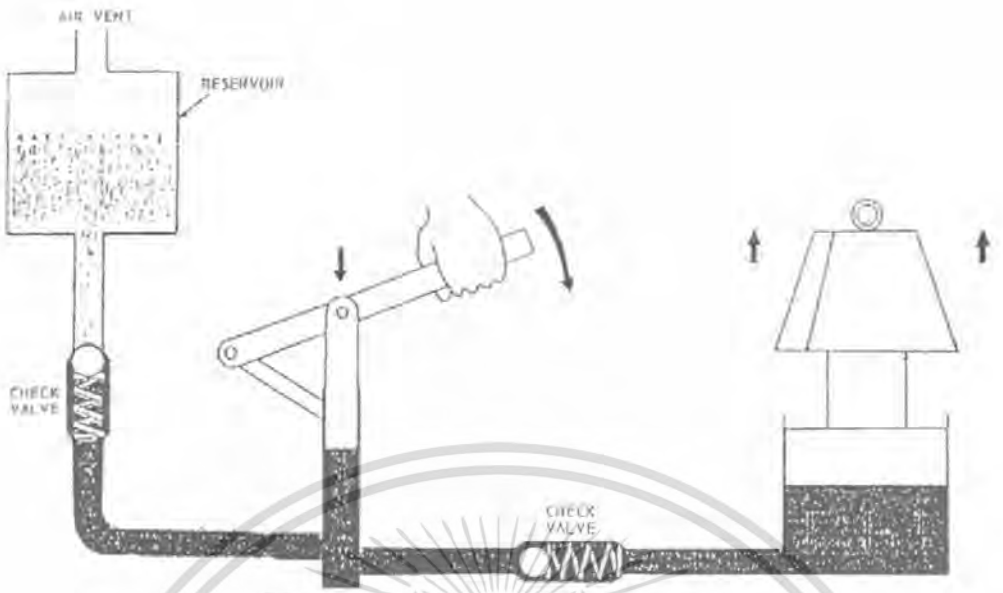
Check Valve ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำมันไหลกลับ

4. ถังน้ำมัน

ถังน้ำมันทำหน้าที่ เก็บน้ำมันที่ใช้ในระบบ น้ำมันไหลไปยังปั๊มได้โดยความดันบรรยากาศและแรงโน้มถ่วงโลก จำนวนน้ำมันที่ออกจากปั๊มจะน้อย เพราะปั๊มมีลูกสูบเล็กกว่ากระบอกสูบที่ใช้ยกน้ำหนัก ดังนั้น ถ้าต้องการให้น้ำหนักเคลื่อนที่เร็ว จำเป็นต้องให้น้ำมันออกจากปั๊มมากขึ้น โดยการเพิ่มความถี่ของการโยกปั๊ม

น้ำมันไฮดรอลิกเป็นส่วนประกอบสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในระบบไฮดรอลิก เพราะถ้าปราศจากน้ำมันไฮดรอลิก ระบบก็ไม่สามารถทำงานได้ หรือถ้าเลือกใช้น้ำมันไฮดรอลิกผิดประเภท ไม่เหมาะสมกับเครื่องจักรตามที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดไว้ เครื่องจักรก็จะทำงานได้ไม่เต็มที่ หรืออาจจะขัดข้องไปทั้งระบบ เนื่องจากเครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้ระบบไฮดรอลิกมีลักษณะของการใช้แรงไม่เหมือนกันและระยะเบียดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเครื่องจักรไม่เท่ากันรวมทั้งอุณหภูมิในการทำงานของเครื่องจักรแต่ละชนิดด้วย ดังนั้น การเลือกใช้น้ำมันไฮดรอลิกแต่ละชนิดจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงานตามที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดไว้ ถึงแม้ว่าจะเลือกใช้ชนิดของน้ำมันไฮดรอลิกได้อย่างถูกต้องแล้วก็ตาม ในขณะใช้งานก็ยังต้องดูแลบำรุงรักษาน้ำมันไฮดรอลิกให้อยู่ในสภาพดี คือ สะอาด มีอุณหภูมิพอเหมาะ และเปลี่ยนใหม่เมื่อถึงอายุการใช้งาน รวมทั้งควรตรวจสอบให้มีน้ำมันไฮดรอกลิกอยู่ในระดับที่พอเพียงสำหรับการใช้งานในระบบอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ระบบไฮดรอลิกเบื้องต้นที่มีการเพิ่ม Check Valve และ ถังน้ำมัน

2.5 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้ในการแปลงพลังงานไฟฟ้า ไปเป็นพลังงานกล โดยนำพลังงานที่ได้นี้ไปทำ การขับเคลื่อนเครื่องจักร อื่นๆต่อไป ความเร็วของมอเตอร์ สามารถกำหนดได้โดย

1. แรงบิดของโหลด
2. จำนวนขั้วของมอเตอร์
3. ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่ใช้กับมอเตอร์
4. แรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์

ความเร็วของมอเตอร์สามารถหาได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$\text{ความเร็วรอบ } N = \{[120 * \text{ความถี่ f (Hz)}] / \text{จำนวนขั้ว P}\} * (1-S) \qquad (2.6)$$

เทอม 1-S กำหนดโดยโหลด (http:// www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/apps/)

โดยปกติแล้วไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (http://www.st.kmutt.ac.th/~s5400211/module7/source.html) ในที่นี้จึงขอกล่าวแต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.5.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดในสเตเตอร์และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุนหรือโรเตอร์ ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบๆ สเตเตอร์ เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรปิดหรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดพลังงานกลสามารถนำไปขับภาระที่ต้องการหมุนได้(http://www.sukhot haitc.ac.th/faifa /article/motor.htm)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีทั้งแบบ 1 เฟสและ 3 เฟส แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส เนื่องจากมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟสนิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรม (http://www.geocities.com/motorkmutt/) ดังนั้นการศึกษาถึงการทำงานและการใช้งานมอเตอร์3 เฟสจึงมีความสำคัญต่อการนำไปใช้งานต่อไป

รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์สามเฟส ประกอบด้วยขดลวด 3 ขด แต่ละขดมีต้น (U1) ปลาย (U2) ต้น (V1) ปลาย (V2) และต้น (W1) ปลาย (W2)
(ที่มา : http://www.geocities.com/motorkmutt/)

2.5.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 3 เฟสมีขดลวดสามชุด แต่ละชุดต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันระบบ3 เฟส ให้กำลัง (horse power) สูงเมื่อเทียบกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวขนาดเดียวกัน (http://www.geocities.com/motorkmutt/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara08. html) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1). มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบอินดักชั่น

อินดักชั่นมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ที่มีคุณสมบัติที่ดี คือมีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มีราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์ (Invertor) สามารถควบคุมความเร็ว (Speed) ได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้ขับเคลื่อนลิฟต์ ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า เช่น เครื่องไส เครื่องกลึง เป็นต้น มอเตอร์อินดักชั่นมี 2 แบบ แบ่งตามลักษณะตัวหมุน คือ

1. อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Induction Motor)

อินดักชั่นมอเตอร์แบบนี้ ตัวโรเตอร์จะมีโครงสร้างแบบกรงกระรอกเหมือนกับโรเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์

รูปที่ 2.5 รูปโรเตอร์แบบทรงกระรอก

(ที่มา: http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara08. html)

2. อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด (Wound Rotor Induction Motors)

อินดักชั่นมอเตอร์ชนิดนี้ตัวโรเตอร์จะทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวทุ่นคล้ายๆ อาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีร่องสำหรับวางขดลวดของตัวโรเตอร์เป็นขดลวด 3 ชุด สำหรับสร้างขั้วแม่เหล็ก 3 เฟสเช่นกันปลายของขดลวดทั้ง 3 ชุดต่อกับสปริง(Slip Ring) จำนวน 3 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเป็นทางให้กระแสไฟฟ้าครบวงจรทั้ง 3 เฟสการทำงานของอินดักชั่นมอเตอร์ เมื่อจ่ายไฟฟ้าสลับ 3 เฟสให้ที่ขดลวดทั้ง 3 ของตัวสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนรอบๆ ตัวสเตเตอร์ ทำให้ตัวหมุน(โรเตอร์) ได้รับการเหนี่ยวนำทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์และขั้วแม่เหล็กนี้ จะพยายามดึงดูดกับสนามแม่เหล็กที่หมุนอยู่รอบ ๆ ทำให้มอเตอร์ของอินดักชั่นมอเตอร์หมุนไปได้ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนที่ตัวสเตเตอร์นี้จะคงที่ตามความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นโรเตอร์ของอินดักชั่น ของมอเตอร์ จึงหมุนตามสนามหมุนดังกล่าวไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน

2). มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบซิงโครนัส

ซิงโครนัสมอเตอร์เป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่สุด มีขนาดพิกัดของกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 150 kW (200 hp) จนถึง 15 MW (20,000 hp) มีความเร็วตั้งแต่ 150 ถึง 1,800 RPM

2.5.4 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (http://edu.e-tech.ac.th/mdec/ learning /e-web/sara08. html)

1). สเตเตอร์หรือตัวอยู่กับที่ (Stator)

สเตเตอร์ เป็นส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งจะประกอบด้วยโครงของมอเตอร์ แกนเหล็กสเตเตอร์ และขดลวด

1.1 โครงมอเตอร์ (Frame or Yoke)

ทำด้วยเหล็กหล่อทรงกระบอกกลวง ฐานส่วนล่างจะเป็นขาตั้ง มีกล่องสำหรับต่อสายไฟอยู่ด้านบนหรือด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 2 โครงจะทำหน้าที่ยึดแกนเหล็กสเตเตอร์ให้แน่นอยู่กับที่ผิวด้านนอกของโครงมอเตอร์ จะออกแบบให้มีลักษณะเป็นครีบ เพื่อช่วยในการระบายความร้อน

ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก ๆ โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อเหนียว ซึ่งจะทำให้มอเตอร์มีขนาดเล็กกะทัดรัดมากขึ้น แต่ถ้าใช้เหล็กหล่อก็จะให้มีขาดใหญ่ นำหนักมาก

นอกจากนี้แล้วโครงของมอเตอร์ยังอาจทำด้วยเหล็กหล่อเหนียวม้วนเป็นแผ่นม้วนรูปทรงกระบอก แล้วเชื่อมติดกันให้มีความแข็งแรง เช่น มอเตอร์สปลิตเฟส เป็นต้น

1.2 แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator Core)

ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ มีลักษณะกลม เจาะตรงกลางและเซาะร่องภายในโดยรอบ แผ่นเหล็กชนิดนี้เรียกว่า ลามิเนท ซึ่งจะถูกเคลือบด้วยซิลิกอน เหล็กแต่ละแผ่นจะมีความหนาประมาณ 0.025 นิ้ว หลังจากนั้นจึงนำไปอัดเข้าด้วยกันจนมีความหนาที่เหมาะสม เรียกว่าแกนเหล็กสเตเตอร์

1.3 ขดลวด (Stator Winding)

มีลักษณะเป็นเส้นลวดทองแดงเคลือบฉนวนที่เรียกว่า อีนาเมล (Enamel) พันอยู่ในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์ตามรูปแบบต่าง ๆ ของการพันมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). โรเตอร์หรือตัวหมุน (Rotor)

มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำจะมีโรเตอร์ 2 ชนิด คือ โรเตอร์แบบกรงกระรอกและโรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์ ซึ่งจะมีส่วนประกอบดังนี้คือ แกนเหล็ก โรเตอร์ ขดลวด ใบพัด และเพลา ดังจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

2.1 โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage rotor)

ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ ที่เรียกว่าแผ่นเหล็กลามิเนท ซึ่งจะเป็นแผ่นเหล็กชนิดเดียวกันกับสเตเตอร์ มีลักษณะเป็นแผ่นกลม ๆ เซาะร่องผิวภายนอกเป็นร่องโดยรอบ ตรงกลางจะเจาะรูสำหรับสวมเพลา และจะเจาะรูรอบ ๆ รูตรงกลางที่สวมเพลาทั้งนี้เพื่อช่วยให้ในการระบายความร้อนและยังทำให้โรเตอร์มีน้ำหนักเบาลง เมื่อนำแผ่นเหล็กไปสวมเข้ากับแกนเพลาแล้วจะได้เป็นแกนเหล็กโรเตอร์ หลังจากนั้นก็จะใช้แท่งตัวทองแดงหรือแท่งอะลูมิเนียมหล่ออัดเข้าไปในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปวางทั้งสองด้านด้วย วงแหวนตัวนำทั้งนี้เพื่อให้ขดลวดครบวงจรไฟฟ้าหรืออาจนำแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปในแบบพิมพ์แล้วฉีดอะลูมิเนียมเหลวเข้าไปในร่อง ก็จะได้อะลูมิเนียมอัดแน่นอยู่ในร่องจนเต็มและจะได้ขดลวดตัวนำแบบกรงกระรอกฝังอยู่ในแกนเหล็ก

ขดลวดในโรเตอร์นั้นจะเป็นลักษณะของตัวนำที่เป็นแท่งซึ่งอาจใช้ทองแดง หรืออะลูมิเนียมประกอบเข้าด้วยกันเป็นลักษณะคล้ายกรงนกหรือกรงกระรอก

2.2 โรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์ (Wound Rotor)

โรเตอร์ชนิดนี้จะมีส่วนประกอบคล้าย ๆ กับโรเตอร์แบบกรงกระรอก คือ มีแกนเหล็กที่เป็นแผ่นลามิเนทอัดเข้าด้วยกันแล้วสวมเข้าที่เพลา แต่จะแตกต่างกันตรงที่ขดลวด จะเป็นเส้นลวดชนิดที่หุ้มด้วยน้ำยาฉนวนอีนาเมลพันลงไปในร่องสล็อตของโรเตอร์จำนวน 3 ชุด ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับที่พันบนสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟสแล้วต่อวงจรขดลวดเป็นแบบสตาร์ โดยนำปลายทั้ง 3 ที่เหลือต่อเข้ากับวงแหวนตัวนำ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถต่อวงจรของขดลวดของโรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ที่อยู่ภายนอกตัวมอเตอร์ เพื่อการปรับค่าความต้านทานของโรเตอร์ ซึ่งจะสามารถควบคุมความเร็วของโรเตอร์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 6

3). ฝาครอบ (End Plate)

ส่วนมากจะทำด้วยเหล็กหล่อ เจาะรูตรงกลางและคว้านเป็นรูกลมใหญ่เพื่ออัดแบริ่งหรือตลับลูกปืนรองรับแกนเพลาของโรเตอร์

4). ฝาครอบใบพัด (Fan End Plate)

มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กเหนียวขึ้นรูปให้มีขนาดสวมฝาครอบได้พอดี มีรูเจาะเพื่อระบายอากาศ และยึดติดกับฝาครอบด้านที่มีใบพัด ส่วนใหญ่จะมีในมอเตอร์ 3 เฟสและมอเตอร์ 1 เฟสขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5). ใบพัด (Fan)

ทำด้วยเหล็กหล่อ มีลักษณะเท่ากันทุกครีบเท่ากันทุกครีบ จะสวมยึดอยู่บนเพลาด้านตรงข้ามกันกับเพลางาน ใบพัดนี้จะช่วยในการระบายอากาศและความร้อนได้มากทีเดียวใบพัดนี้ส่วนใหญ่จะมีในมอเตอร์ 3 เฟสและมอเตอร์ 1 เฟสขนาดย่อยถึงขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับฝาครอบใบพัด

6). สลักเกลียว (Bolt)

ทำด้วยเหล็กเหนียวจะมีลักษณะเป็นเกลียวตลอด ถ้าเป็นมอเตอร์ 3 เฟส จะประกอบด้วยสลักเกลียว 8 ตัว ทำหน้าที่ยึดฝาครอบให้ติดกับโครง ถ้าเป็นมอเตอร์ 1 เฟสขนาดเล็ก เช่น มอเตอร์สปลิตเฟสจะเป็นสลักเกลียวยาวตลอดความยาวของตัวมอเตอร์ ทำเกลียวเฉพาะด้านปลายและมีน็อตขันยึดไว้ ดังนั้นจึงมีเพียง 4 ตัว

2.6 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของอินดัคชั่นมอเตอร์ โดยใช้หลักการเปลี่ยนความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ อันที่จริงการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ส ามารถทำได้หลายแบบ เช่น การใช้ Gear box, การปรับความเร็ว slip การปรับเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็ก ฯลฯ แต่การใช้อินเวอร์เตอร์กลับได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วแพร่หลาย เนื่องจากข้อดีที่เหนือกว่าแบบอื่นคือ (http://www.teenet.chula.ac.th/bestpractice/detail1.asp?ID=94)

1) กินไฟต่ำกว่า 4-5 เท่าในขณะเริ่มเดินมอเตอร์แต่ยังให้แรงบิดได้สูงถึง 150%

2) ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบได้กว้าง ละเอียด และสะดวก

3) สามารถนำมาใช้ร่วมในระบบควบคุมอัตโนมัติได้ง่าย

4) บำรุงรักษาง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำ เนื่องจากไม่มีส่วนสึกหรอ

5) ทำให้มอเตอร์เริ่มเดิน-หยุดหรือเปลี่ยนความเร็วรอบได้อย่างนิ่มนวล

6) ประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะในงานปั๊มและพัดลม

ในการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ จะต้องคำนึงถึงข้อต่างๆ ต่อไปนี้

1. ความสามารถใน การขับมอเตอร์ขณะเร่งความเร็ว และความเร็วรอบคงที่ ต้องพิจารณาว่าอินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายกระแส ที่มอเตอร์ต้องการได้หรือไม่

2. ความสามารถในการขับมอเตอร์ขณะลดความเร็ว ในขณะที่ลดความเร็วมอเตอร์จะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและคืนพลังงาน กลับไปให้อินเวอร์เตอร์ ดังนั้น อินเวอร์เตอร์ต้องมีความสามารถในการรับคืนและใช้พลังงานนี้ให้หมดไป

3. การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ โดยดูจากขนาดและจำนวนมอเตอร์นั้น ให้เลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแส พิกัดมากกว่าผลรวมของกระแสมอเตอร์ทุกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของอินเวอร์เตอร์อีกอย่างหนึ่งคือสามารถขับมอเตอร์หลาย ๆ ตัวด้วยอินเวอร์เตอร์เพียงตัวเดียว แต่วิธีการ เดินเครื่องบางแบบอาจต้องเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ที่มีขนาดใหญ่มาก จึ งไม่เป็นการประหยัดและเกิดการผิดพลาด ในการเลือกขนาดได้ง่ายด้วย อินเวอร์เตอร์ที่ทำงานในโหมดการควบคุมฟลักซ์เวกเตอร์ ไม่สามารถขับมอเตอร์ ได้หลายตัวพร้อมกันจะต้องเปลี่ยนโหมดการควบคุมไปเป็นแบบแรงดันต่อความถี่เท่านั้นจึงจะขับมอเตอร์ได้หลายตัว (http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/apps/)

2.7 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)

Limit Switch เป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทาง การทำงานอาศัยแรงกดภายนอกมากระทำเช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกดและสามารถมีคอนแทคได้หลายอันมีคอนแทคปกติปิดและปกติเปิด มีโครงสร้างคล้ายสวิตช์ปุ่มกด (http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html)

Limit Switch นี้จะทำหน้าที่หลักในการหยุดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในแนวแกนต่างๆ ของเครื่องจักรกรณี ที่เป็นเครื่องแบบ Auto Feed เมื่อปุ่มที่ติดอยู่ที่ราง หรือ แท่นเครื่อง เคลื่อนที่ไปแตะสวิทซ์ จะทำให้แมกเนติก คอนแทรกเตอร์ จากออกจากกัน วงจรจะไม่จ่ายกระแสไปที่มอเตอร์ขับเคลื่อน กรณี เครื่อง CNC เมื่อมีการแตะ Limit จะทำให้รีเลย์ที่ต่อวงจร ตัดการจ่ายกระแส ทำให้ไม่มีกระแสไปจ่ายที่มอเตอร์ หรือ บางกรณี เป็นการสลับ รีเลย์ ทำให้มอเตอร์หมุนกลับทาง (http://www.9engineer .com /webboard/question.asp?QID=4240)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการทดลอง

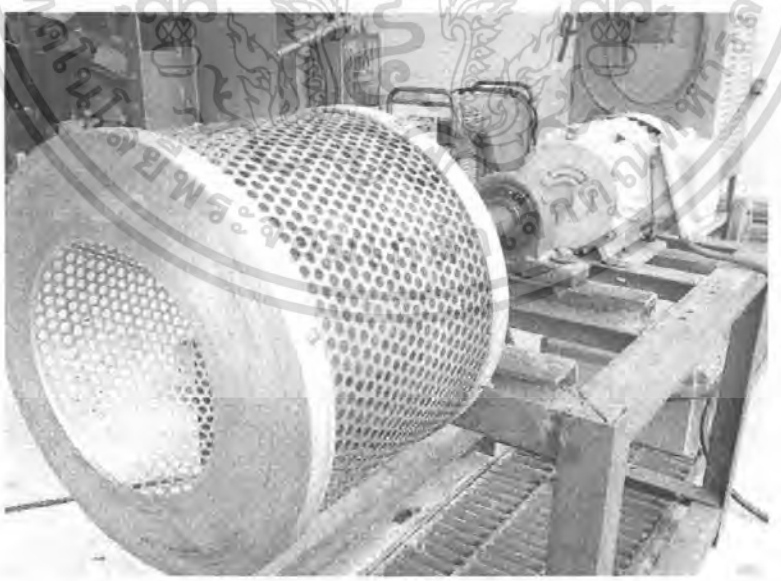
3.1 การออกแบบชุดทดลอง

วิธีกำจัดน้ำออกจากหัวไชโป๊วนั้น สามารถทำได้หลายวิธี จากการศึกษาและออกแบบเบื้องต้น พบว่า วิธีที่สามารถจะนำไปใช้ได้จริงและมีประสิทธิภาพนั้น มีอยู่ 2 วิธี คือ 1.วิธีกำจัดน้ำโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก 2. วิธีกำจัดน้ำออกโดยอาศัยหลักการกด โดยอ้างอิงกับวิธีปฏิบัติของทางโรงงาน ดังนั้น จึงสร้างชุดอุปกรณ์แบบต่างๆขึ้นมาเพื่อทำการศึกษาและทดลองว่า วิธีไหนเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

3.2 การออกแบบชุดทดลองโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก

3.2.1 การออกแบบเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก

เครื่องหมุนเหวี่ยงแยกน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ได้รับการออกแบบโดยใช้หลักการเหวี่ยงแยกแบบหนีศูนย์กลาง โดยทำการต่อตัวตะกร้าที่ใช้ใส่ไชโป๊วกับมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง โดยที่ตัวมอเตอร์ไฟฟ้านั้นต่อร่วมกับเครื่องอินเวอร์เตอร์ด้วย เพื่อใช้ปรับความเร็วรอบ ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก แสดงดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องกำจัดน้ำออกจากไชโป๊วโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงส่วนประกอบของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก

โครงสร้าง	ขนาด	จำนวนชิ้นงาน
มอเตอร์ไฟฟ้า	1 แรงม้า 20 แอมป์ 380 โวลต์	1
เครื่องอินเวอร์เตอร์		1
เพลาและแบริ่ง	- เพลาขนาดϕ 30 mm ยาว 395 mm	1
	- แบริ่งแบบ Ball bearing	1
ตะกร้าเหวี่ยง	- ตัวตะกร้าทำจากแผ่นสแตนเลส ขนาดรูϕ 6.6 mm กว้าง 205 mm ยาว 800 mm	1
	- ฝาที่ใช้ปิดตะกร้าทำจากแผ่นสแตนเลส ขนาด ϕ 255 mm รูขนาดϕ 1450 mm	2
ขาตั้ง	ทำจากเหล็กฉาก หนา 3 mm ยาว 450 mm	4
เหล็กยึดขาตั้ง	- ด้านยาว ทำจากเหล็กฉาก หนา 3 mm ยาว 615 mm	4
	- ด้านกว้าง ทำจากเหล็กฉาก หนา 3 mm ยาว 415 mm	4
เหล็กฐานรองมอเตอร์และแบริ่ง	ทำจากเหล็กฉาก หนา 3 mm ยาว 320 mm	4

และมีรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆ เพิ่มเติม ดังนี้

1. มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าที่เลือกใช้ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาด 1 แรงม้า 20 แอมป์ 380 โวลต์ 50 Hz

2. เครื่องอินเวอร์เตอร์

ในการออกแบบเครื่องหมุนเหวี่ยงแยกนี้ ต้องการให้ตะกร้าหมุนด้วยความเร็วประมาณ 600 รอบ/นาที ซึ่งเป็นความเร็วที่พอดี แต่เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีขนาด 1 แรงม้า 20 แอมป์ 380 โวลต์ 50 Hz มีความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 1390 รอบต่อนาที จะเห็นว่ามอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีความเร็วรอบที่สูงเกินไป ทำให้ตัวโครงสร้างของชุดทดลองสั่นอย่างรุนแรงและขยับเขยื้อนไม่อยู่กับที่ ดังนั้นจึงต้องใช้มอเตอร์ต่อร่วมกับเครื่องอินเวอร์เตอร์ เพื่อปรับความเร็วรอบให้ได้ตามต้องการ ในการออกแบบนี้ได้ใช้เครื่องอินเวอร์เตอร์รุ่น AF-500 Series ของบริษัท Sumitomo Heavy Industries, Ltd. ดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รูปที่ 3.2 อินเวอร์เตอร์ รุ่น AF-500 Series

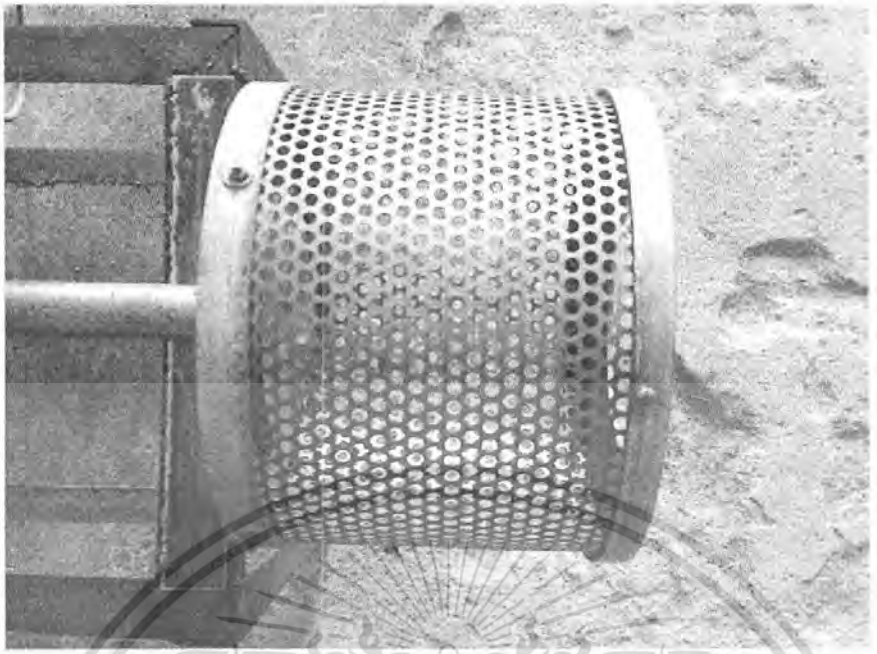
3. เพลาและแบริ่ง

เพลาเป็นตัวส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังตะกร้าเหวี่ยง วัสดุที่นำมาใช้ทำเพลาคือ เหล็กกลมตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 39.5 เซนติเมตร และใช้แบริ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แบริ่งมีหน้าที่คอยประคองเพลาให้หมุนได้อย่างมั่นคงในแนวระดับ ดังแสดงในรูป 3.4

4. ตะกร้าเหวี่ยง

ใช้แผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรูมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.66 เซนติเมตร กว้าง 20.5 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตรมาม้วนให้เป็นวงกลม โดยฝาที่ใช้ปิด ทำมาจากแผ่นสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.5 เซนติเมตร เจาะรูขนาด 14.50 เซนติเมตร เพื่อเป็นฝาตะกร้า ดังแสดงในรูปที่ 3.3

83035
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ตะกร้าสแตนเลส

5. ขาตั้ง

วัสดุที่ใช้ คือ เหล็กฉาก หนา 30 มิลลิเมตร ยาว 450 เซนติเมตร

6. เหล็กยึดขาทั้ง 4 ขา

ด้านยาว วัสดุที่ใช้คือ เหล็กฉาก หนา 30 มิลลิเมตร ยาว 61.5 เซนติเมตร

ด้านกว้าง วัสดุที่ใช้คือ เหล็กฉาก หนา 30 มิลลิเมตร ยาว 41.5 เซนติเมตร

7. เหล็กฐานสำหรับรองมอเตอร์และรองแบริ่ง

วัสดุที่ใช้คือ เหล็กฉาก หนา 30 มิลลิเมตร ยาว 32 เซนติเมตร

3.2.2 การทดลองโดยใช้เครื่องเหวี่ยงแยกน้ำ

1). การเตรียมชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อัตราการหมุนของตะกร้าและมอเตอร์ สามารถควบคุมได้โดยการปรับรอบของอินเวอร์เตอร์ รูปแบบในการทดลอง ได้ทดลองใช้อัตราความเร็วรอบ 2 ค่า คือ 200 รอบ/วินาที และ 400รอบ/วินาที โดยที่น้ำหนักของตะกร้าที่ใช้บรรจุและปริมาณของไชโป๊วเริ่มต้นมีค่าเท่ากัน คือ 2.5 กิโลกรัมและความสูงของไชโป๊วที่บรรจุท่ากับ 8 เซนติเมตร

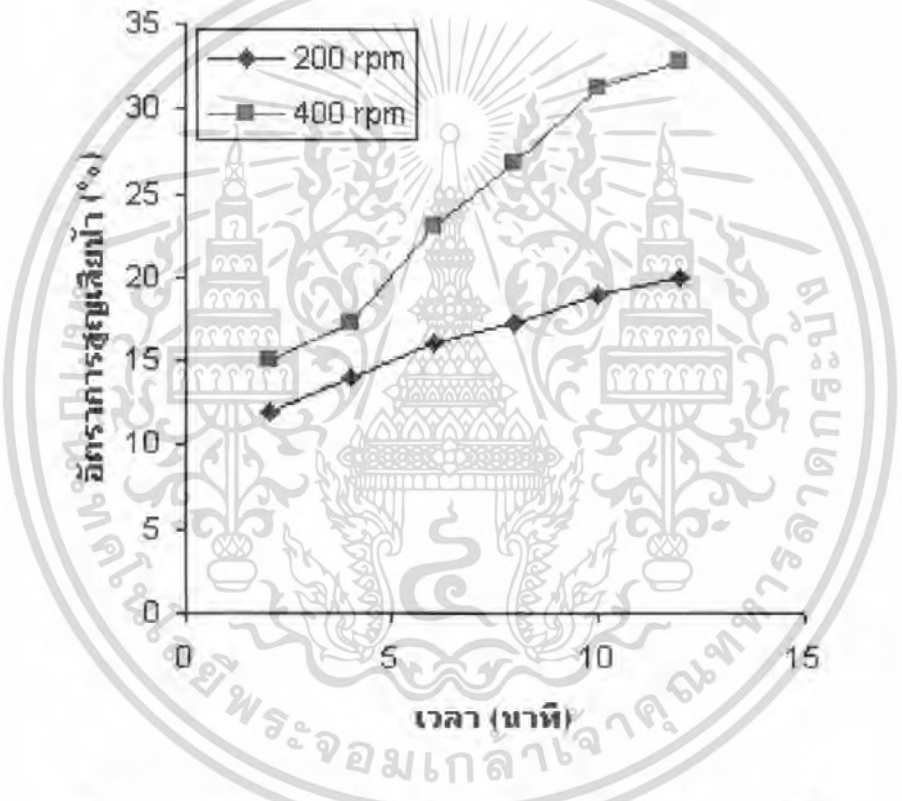
2). การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างหัวไชโป๊วที่ทำการทดลองนำมาจากโรงงานไชโป๊วแม่ทองสุข จ.ราชบุรี เป็นหัวไชโป๊วที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใดๆ จึงต้องนำมาคลุกกับเกลือเก็บไว้ เพื่อไม่ให้หัวไชโป๊วเสีย เมื่อจะทำการทดลอง ต้องนำหัวไชโป๊วที่คลุกกับเกลือเก็บไว้ไปล้างน้ำก่อน เพื่อให้ตรงกับวิธีการผลิตและตรงกับวิธีที่ต้องการแก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3). การทดลอง

ขั้นตอนแรกนำหัวไชโป๊วบรรจุลงในตะกร้า ให้มีความสูงเท่ากับ 8 เซนติเมตรและน้ำหนักเท่ากับ 2.5 กิโลกรัม จากนั้นนำตะกร้าติดเข้ากับชุดอุปกรณ์ชุดทดลอง ปรับค่าอัตราความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลอง คือ ค่าแรก 200 รอบ/นาที (ความถี่6.7 เฮิร์ต) ค่าที่สอง 400 รอบ/นาที (ความถี่13.3 เฮิร์ต) สังเกตว่าเมื่อเริ่มทำการทดลองจนกระทั่งเวลาเพิ่มขึ้น น้ำหนักของไชโป๊วมีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากเดิมหรือไม่ บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้โดยการนำไชโป๊วออกมาชั่งทุกๆ 2 นาที โดยทำการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 12 นาที ผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปกราฟอัตราการสูญเสียน้ำกับเวลาเปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบ 200 รอบ/นาทีและ 400 รอบ/นาที ดังแสดงในรูปที่ 3.4



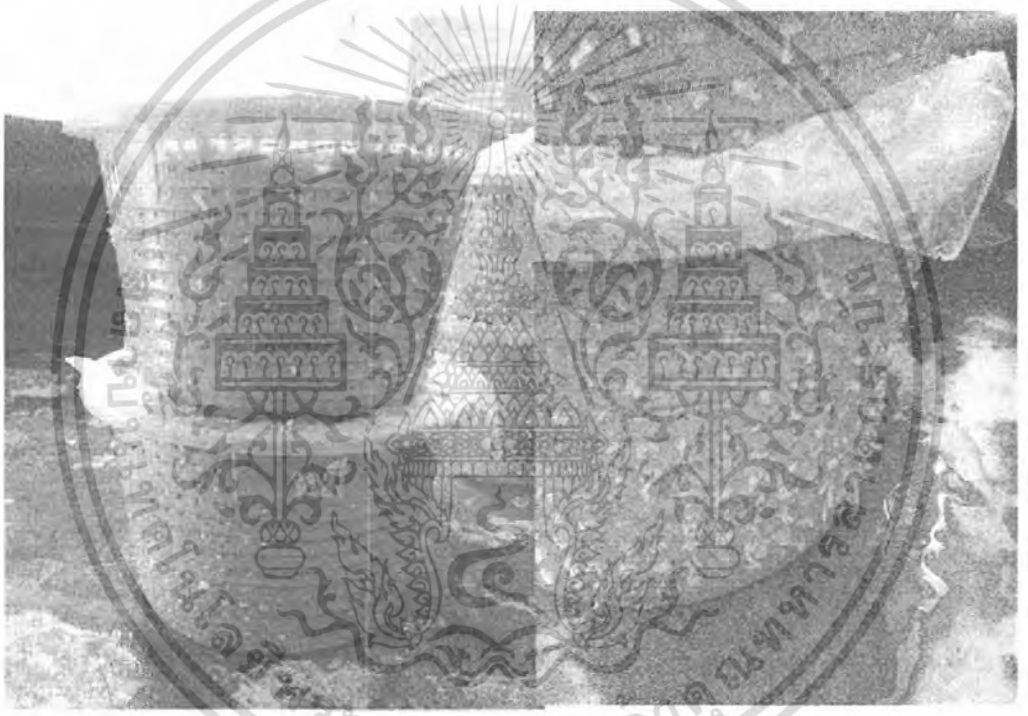
รูปที่ 3.4 ผลการทดลองการกำจัดน้ำออกไชโป๊วโดยใช้เครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยก

4). วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ความเร็วรอบที่ 200 rpm ทำการทดลองทั้งหมด 12 นาที และทำการวัดอัตราการสูญเสียน้ำทุกๆ 2 นาที พบว่าเมื่อทำการทดลองครบ 12 นาทีแล้ว เปอร์เซ็นต์ของน้ำมีถูกกำจัดออกจากไชโป๊วเท่ากับ 20% ถ้าใช้ความเร็วรอบ 200 rpm และเปอร์เซ็นต์ของน้ำมีถูกกำจัดออกจากไชโป๊วเท่ากับ 32 % เมื่อทดลองที่ 400 rpm เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าวิธีนี้สามารถกำจัดน้ำได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบเท่ากับวิธีมาตรฐานที่ทางโรงงานใช้อยู่ เนื่องจากวิธีเดิมที่ทางโรงงานใช้นั้นสามารถกำจัดน้ำออกจากไขโป๊วได้ในปริมาณ 20% – 25% นอกจากนี้วิธีนี้สามารถช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการกำจัดน้ำได้ แต่มีข้อเสีย คือ วิธีนี้เป็นวิธีที่ยุ่งยาก เนื่องจากไปกระทบกระบวนการผลิตของทางโรงงาน เพราะวิธีเดิมที่ทางโรงงานใช้อยู่นั้น หลังกระบวนการล้าง ทางโรงงานได้นำหัวไขโป๊วมาบรรจุใส่ในตะกร้าพลาสติก และจึงทำการนำตะกร้าพลาสติกมาวางซ้อนทับกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.5 แต่ถ้าเปลี่ยนจากวิธีเดิมมาใช้เครื่องกำจัดน้ำแบบใช้แรงเหวี่ยง จำเป็นต้องนำไขโป๊วที่บรรจุลงในตะกร้าพลาสติกเทใส่ลงในตะกร้าของเครื่องกำจัดน้ำอีกที ทำให้เพิ่มระยะเวลาในกระบวนการผลิต



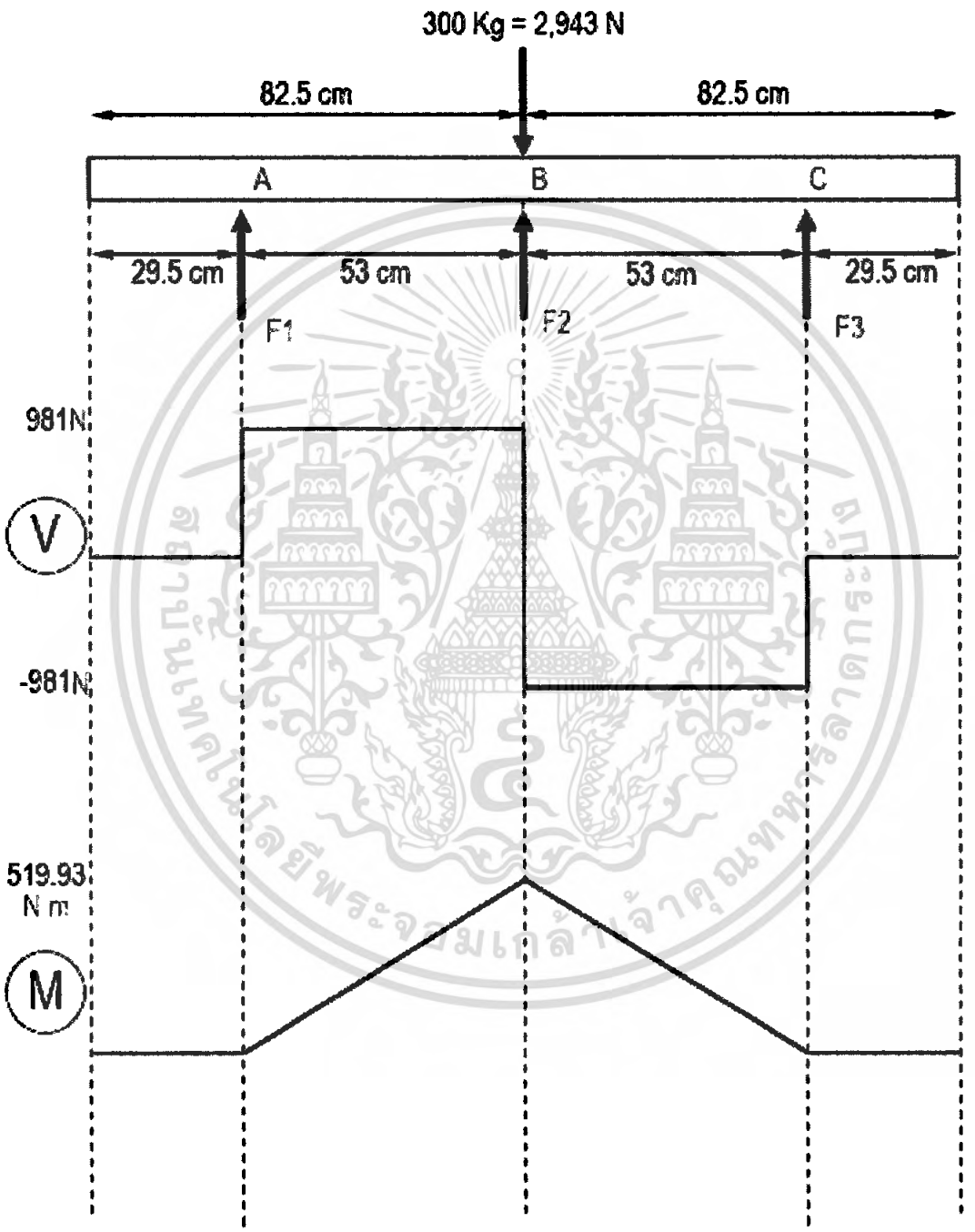
รูปที่ 3.5 วิธีเดิมที่ทางโรงงานใช้ในการกำจัดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบชุดทดลองโดยอาศัยหลักการกด

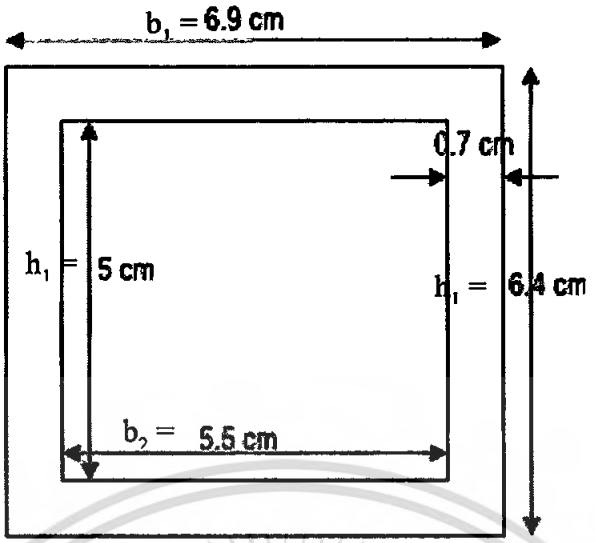
3.3.1 การคำนวณการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง

การคำนวณหาแรงสูงสุดที่คานสามารถรับได้



รูปที่ 3.6 รูปกราฟแสดงค่าโมเมนต์สูงสุดและแรงเฉือนสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงหน้าตัดของคานที่นำไปใช้จริง

จากกราฟจะได้

โมเมนต์ดัดสูงสุด $|M|_{max} = 981 \times 0.53 = 519.93$ N.m

และได้แรงเฉือนสูงสุด $|V|_{max} = 981$ N

หาความเค้นในแนวตั้งฉากของคาน

$$\sigma_{Beam} = \frac{M_{max} C}{I} \tag{7}$$

โดยที่

$$I = \frac{1}{2} b_1 h_1^3 - \frac{1}{2} b_2 h_2^3$$

$$I = \frac{1}{2}(0.069)(0.064)^3 - \frac{1}{2}(0.055)(0.05)^3$$

$$= 9.35 \times 10^{-7} m^4$$

$$C = \frac{h_1}{2} = 0.032\ m$$

แทนค่า

$$\sigma_{Beam} = \frac{519.93\ (0.032)}{9.35 \times 10^{-7}} = 17.7\ MPa$$

วัสดุที่ใช้เป็น Steel (ASTM – A36) ซึ่งมีค่าความเค้นในแนวตั้งฉากที่ยอมให้ ($\sigma_{max} = 145\ MPa$) ซึ่งมากกว่าความเค้นของคานนี้ที่มีค่าเท่ากับ 17.7 MPa จึงสามารถรับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัย

หาแรงสูงสุดที่คนสามารถรับได้

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_{BeamSectin}} \tag{8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$F_{max} = 145 \times 10^{6}(0.00166) = 240,700\ N$

กำหนดให้สัดส่วนความปลอดภัย = 2

$$F_{allow} = \frac{F_{max}}{F.S.} = \frac{240,700}{2} = 120,350\ N$$

แต่คานนี้รับแรงเพียง 2,943 N

ดังนั้นคานนี้สามารถรับแรงกดได้อย่างปลอดภัย

3.3.2 การออกแบบเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด

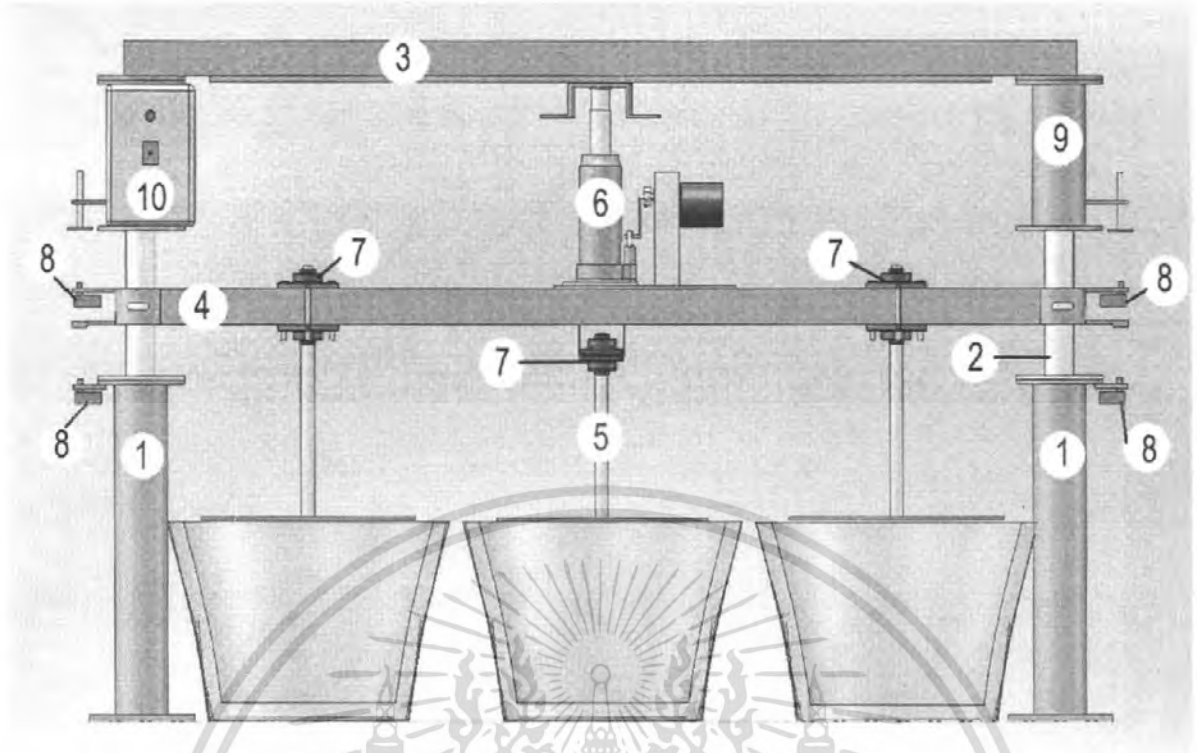
เครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด ได้รับการออกแบบโดยชุดควบคุมมอเตอร์ถูกใช้ควบคุมคันโยกของแม่แรงไฮดรอลิก ระยะการเคลื่อนที่ของแม่แรงจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลงระยะการกดของฝากด โดยคำนึงถึงแรงและความเร็วที่ใช้กดเป็นสำคัญ ลักษณะการกดเป็นการกดจากด้านบนลงมาด้านล่าง ฝาที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนกดจะรีดดันน้ำให้ไหลออกทางด้านข้างของภาชนะ โดยระบบนี้ได้ถูกออกแบบให้ทำงานพร้อมกันได้ถึง 3 ชุดในเวลาเดียวกัน รูปแสดงการออกแบบส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด แสดงดังรูปที่ 3.8 และตารางแสดงส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด แสดงดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด

หมายเลข	โครงสร้าง	ขนาด	จำนวนชิ้นงาน
1	เสาฐานรองรับ	- ส่วนฐาน ขนาด 520 x 220 mm - ส่วนเสา ขนาดϕ 75 mm - ส่วนฐานรองรับคานสไลด์ ขนาด ϕ 115 mm	2
2	เพลา	- ส่วนตัวเพลา ขนาดϕ 52 mm - ส่วนฐานรองเพลา ขนาด ϕ 115 mm	2
3	คานบน	ขนาด 165 x 44.5 cm หนา 6 mm	1
4	คานสไลด์	ขนาด 164 x 15 cm หนา 3 mm	1
5	แท่นกด	- ส่วนเพลากลมตัน ขนาดϕ 185 mm - ส่วนแผ่นสแตนเลสกลมแบน ขนาดϕ 410 mm	3
6	ชุดขับเคลื่อนไฮดรอลิก	-แม่แรงไฮดรอลิก ขนาดแรงเท่ากับ 10 ตัน - มอเตอร์เกียร์ ขนาด 25 วัตต์ 200 โวลต์ - ส่วนแผ่นพลาสติกชุดกลไกไฮดรอลิก ขนาด 350 x 250 mm หนา 5 mm	1
7	แบริ่ง	Ball Bearing ขนาด 85 x 85 mm	6
8	Limit Switch	รุ่น Z-15GQ-B AM1307	4
9	เสาฐานรองรับคานบน	- ส่วนฐานที่ติดตั้งLimit ขนาด 30 x 70 mm - ส่วนฐาน ขนาดϕ 115 mm - ส่วนเสา ขนาดϕ 75 mm	2
10	ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า		1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงการออกแบบส่วนประกอบต่างๆของเครื่องกำจัดน้ำแบบกด

1. สาฐานรองรับ
2. เพลา
3. คานบน
4. คานสไลด์
5. แท่นกด
6. ชุดขับเคลื่อนไอดรอลิก
7. แบริ่ง
8. Limit switch
9. เสาฐานรองรับคานบน
10. ตู้ควบคุมวงจรไฟ

โดยมีรายละเอียดปลีกย่อยของแต่ละส่วนประกอบดังนี้

1). เสาฐานรองรับ

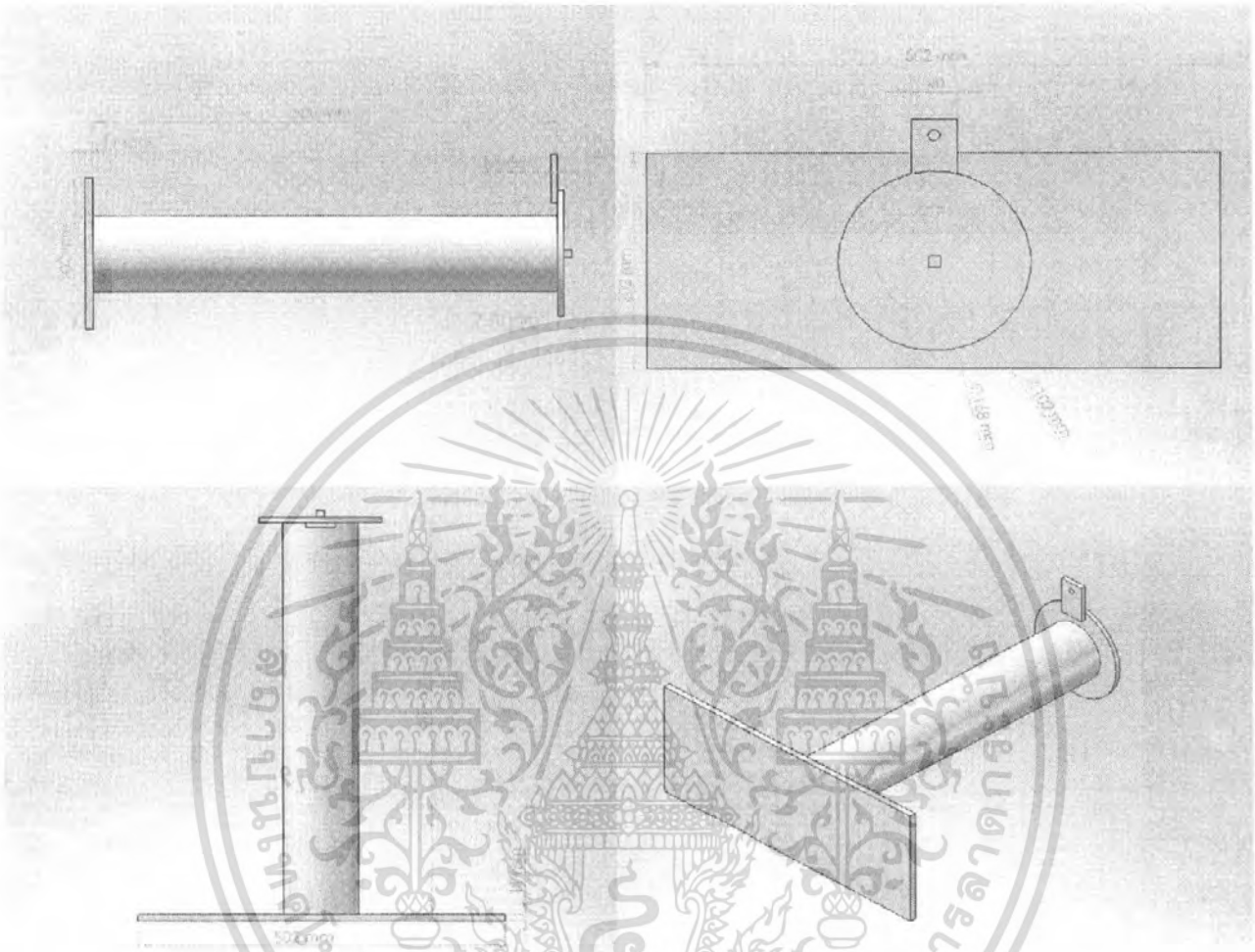
เสาฐานรองรับแบ่งมีทั้งหมด 2 เสา แบ่งส่วนประกอบได้เป็น 3 ส่วน คือส่วนที่เป็นฐาน ส่วนที่เป็นเสาและส่วนที่เป็นบานรองรับคานสไลด์ แสดงดังรูปที่ 3.9

วัสดุที่นำมาใช้ทำส่วนฐาน คือ เหล็กแผ่น ขนาด 520 x 220 มิลลิเมตร หนา 0.3 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น

วัสดุที่นำมาใช้ทำส่วนเสาคือ เหล็กทรงกระบอก ภายในกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร จำนวน 2 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่นำมาใช้ทำส่วนฐานรองรับคานสไลด์ คือ เหล็กกลมแบน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มิลลิเมตร จำนวน 2 อัน



รูปที่ 3.9 เสาฐานรองรับ

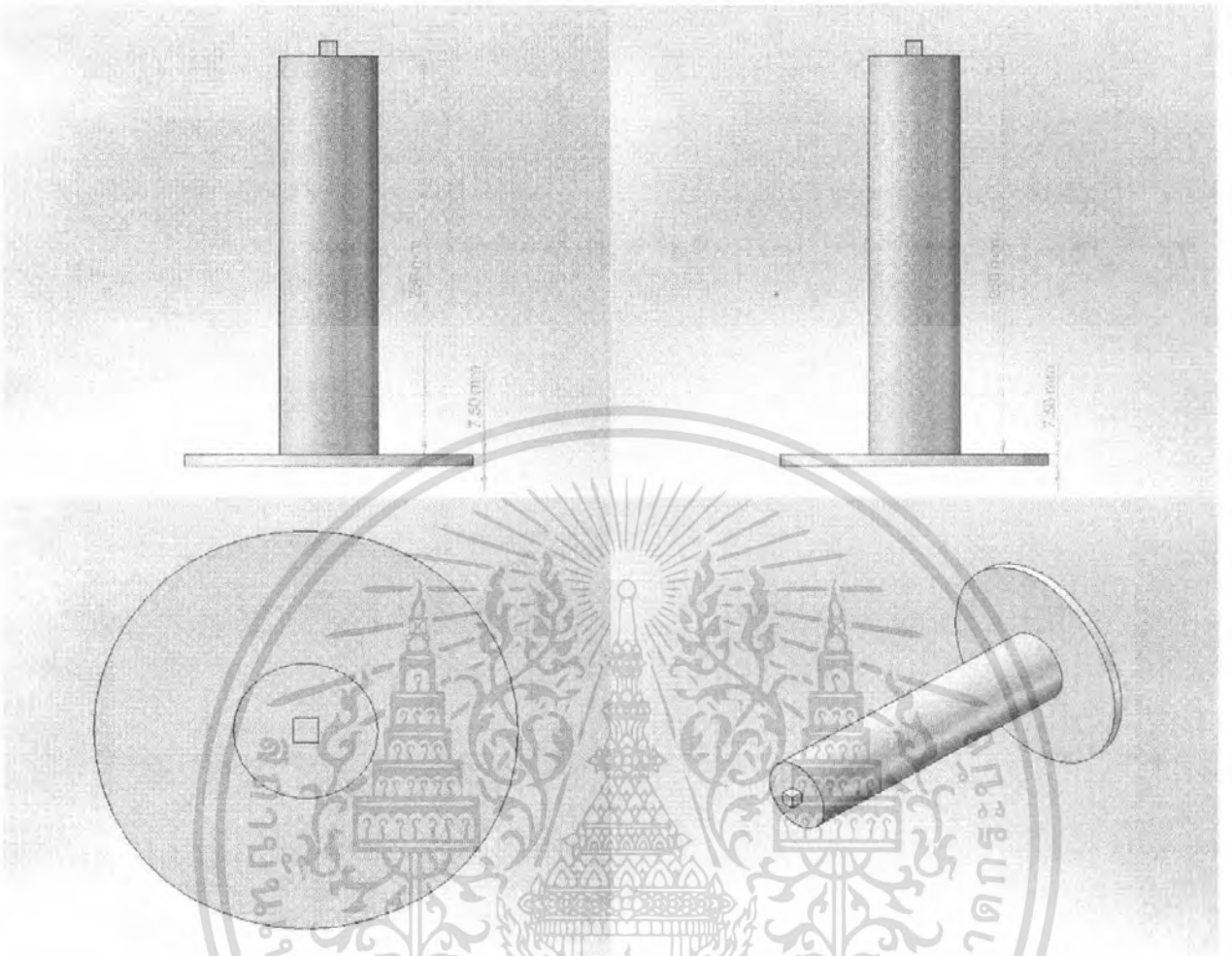
2). เพลา

เพลามีทั้งหมด 2 เพลา แบ่งส่วนประกอบได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นฐานรองเพลาและตัวเพลา แสดงดังรูปที่ 3.10

วัสดุที่นำมาใช้ทำตัวเพลา คือ เหล็กทรงกระบอกตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 52 มิลลิเมตร จำนวน 2 ท่อน

วัสดุที่นำมาใช้ทำฐาน คือ เหล็กแผ่นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

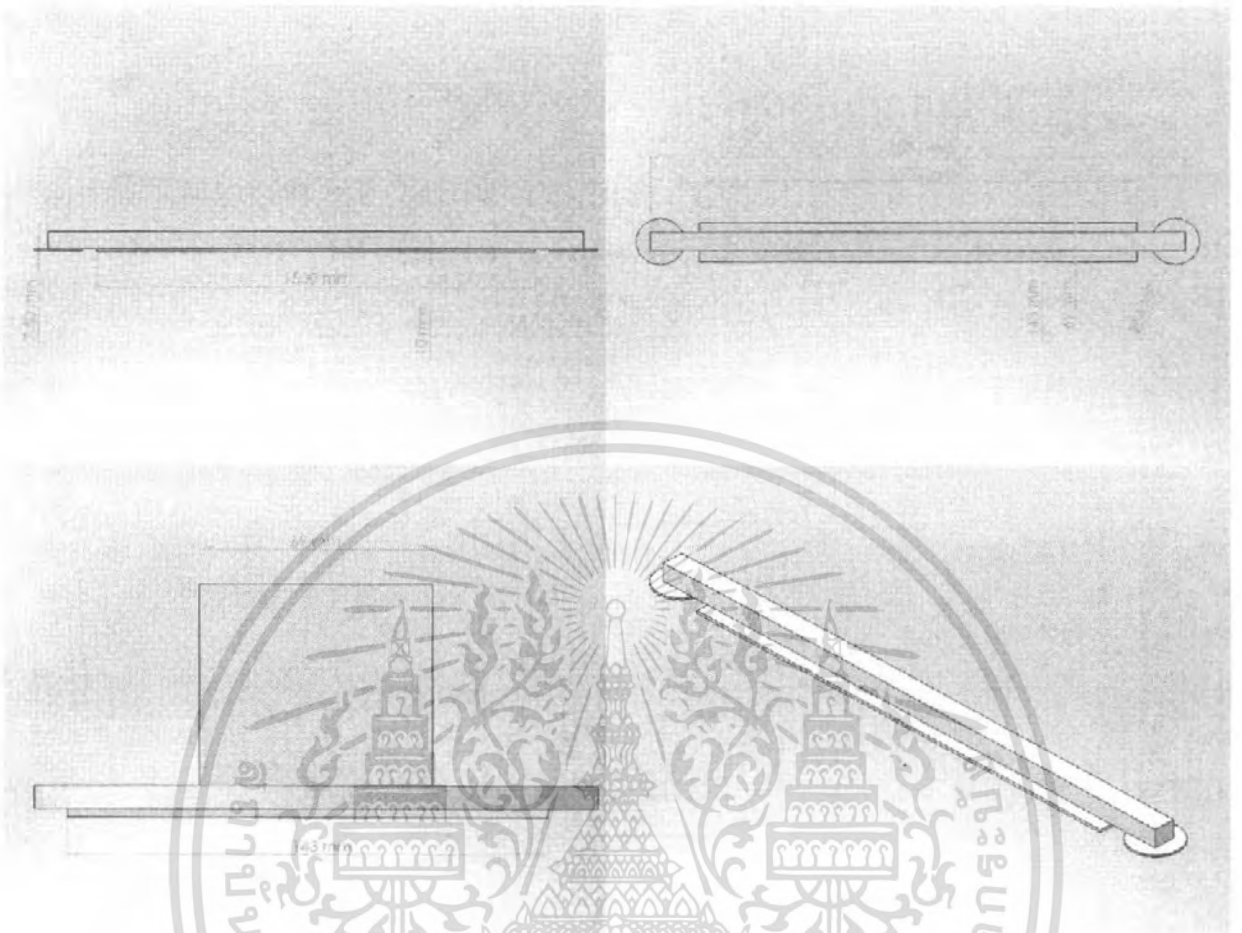


รูปที่ 3.10 เพลา

3). คานบน

คานบน แบ่งส่วนประกอบได้เป็น 2 ส่วนซึ่งนำมาประกอบกัน คือ ส่วนที่เป็นเหล็กแผ่น ขนาด 1650 x 445 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่นและเหล็กท่อนทรงสี่เหลี่ยมภายในกลวง ขนาด 1830 x 70 มิลลิเมตรหนา 65 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

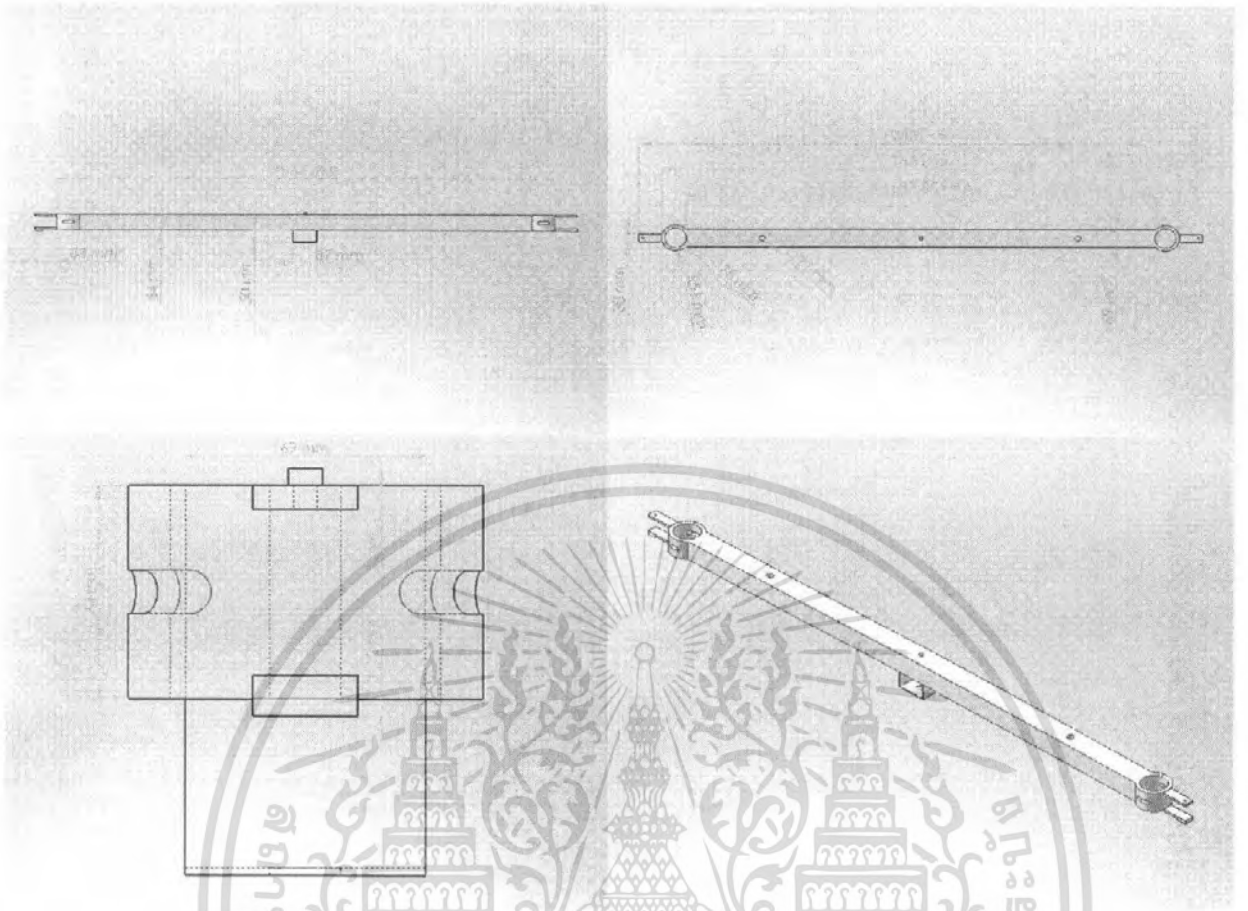


รูปที่ 3.11 คานบน

4). คานสไลด์

วัสดุที่นำมาใช้ทำคานสไลด์ คือ เหล็กแผ่น ขนาด 1640 x 150 มิลลิเมตร หนา 30 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

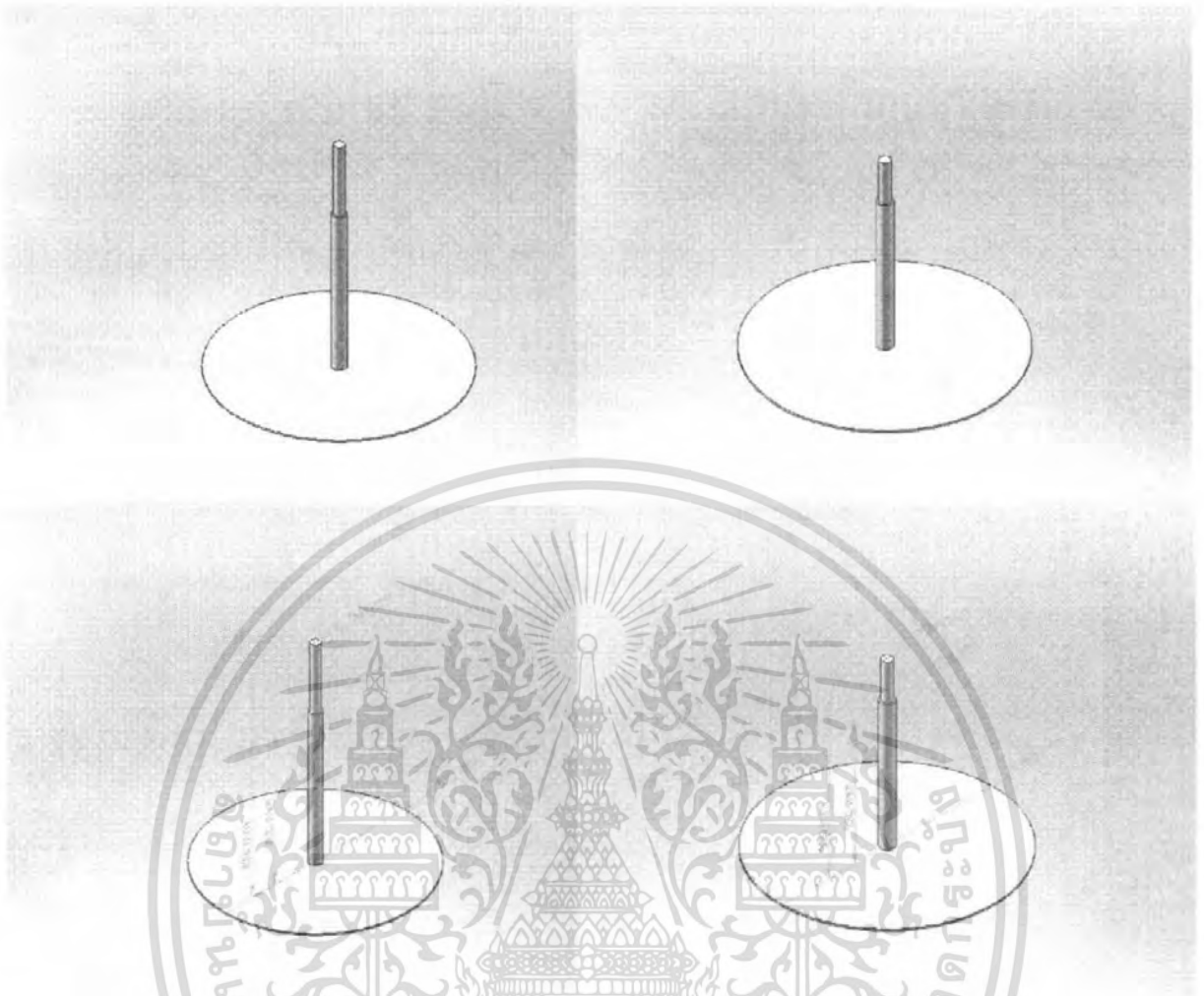


รูปที่ 3.12 คานสไลด์

5). แท่นกด

ตัวสแตนเลสที่ใช้กดมีทั้งหมด 3 อัน ส่วนประกอบนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ แผ่นสแตนเลสกลมแบน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 410 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น และส่วนที่เป็นเพลากลมตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 185 มิลลิเมตร จำนวน 3 อัน แสดงดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แท่นกด

6). ชุดขับเคลื่อนไฮดรอลิก

ชุดขับเคลื่อนไฮดรอลิกประกอบด้วยแม่แรงไฮดรอลิกและมอเตอร์เกียร์

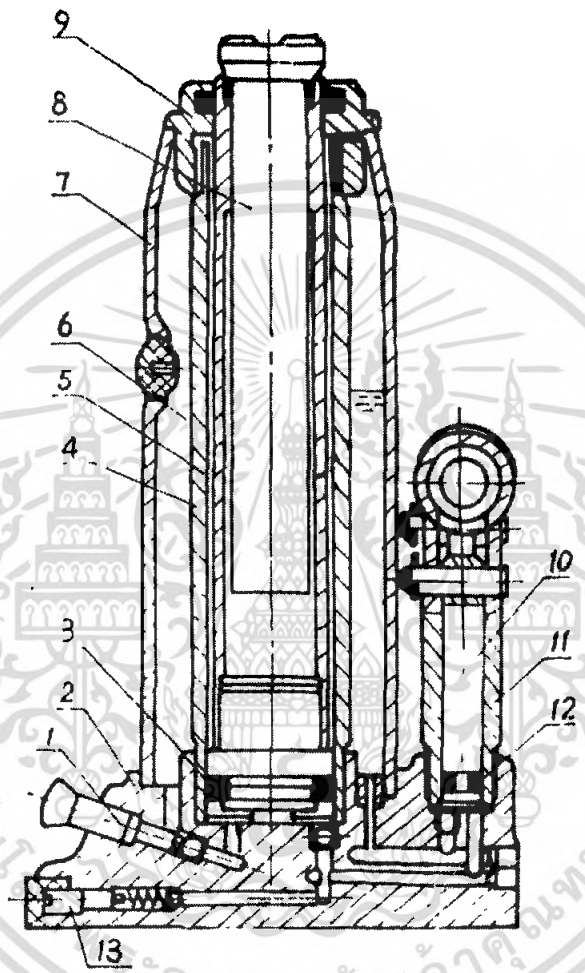
ในการทำโครงงานนี้ใช้แม่แรงไฮดรอลิกขนาดแรงเท่ากับ 10 ตัน ของบริษัท Geprüfte Sicherheit รุ่น MEXCO T 91004 (TEST CERTIFICATE) โดยมีรายละเอียดโครงสร้างของแม่แรงไฮดรอลิก แสดงดังรูปที่ 3.14 และข้อมูลทางเทคนิคแสดงดังรูปที่ 3.15 ติดตั้งในเครื่องรีดน้ำแบบใช้แรงกด เพื่อสร้างแรงกดในการทำการกดรีดน้ำออกจากไซโป๊ว และในชุดกลไกขับไฮดรอลิกนั้นประกอบด้วย แผ่นพลาสติก ขนาด 50 x 30 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร

มอเตอร์เกียร์ใช้มอเตอร์เกียร์ของบริษัท ORIENTAL MOTOR CO, LTD. ขนาด 25 วัตต์ 200 โวลต์ ในการออกแบบชุดอุปกรณ์ทดลองนี้ เราต้องการความเร็วที่มีค่าต่ำมาก ซึ่งมีค่าประมาณ 20 รอบ/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วินาที เพื่อให้ไฮดรอลิกค่อยๆกดไซโป๊วทีละช้าๆ ดันนั้นจึงจำเป็นต้องมีเฟืองเกียร์มาทำการทดรอบ เพื่อให้ได้ความเร็วรอบ 20 รอบ/วินาที โดยอัตราการทดรอบของเฟืองเกียร์เท่ากับ 1:75 รอบ

แม่แรงไฮดรอลิกและมอเตอร์เกียร์พร้อมฐานรองขนาด 350 x 250 มิลลิเมตร หนา 0.5 มิลลิเมตรแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่3.14 Construction Diagram (TEST CERTIFICATE)

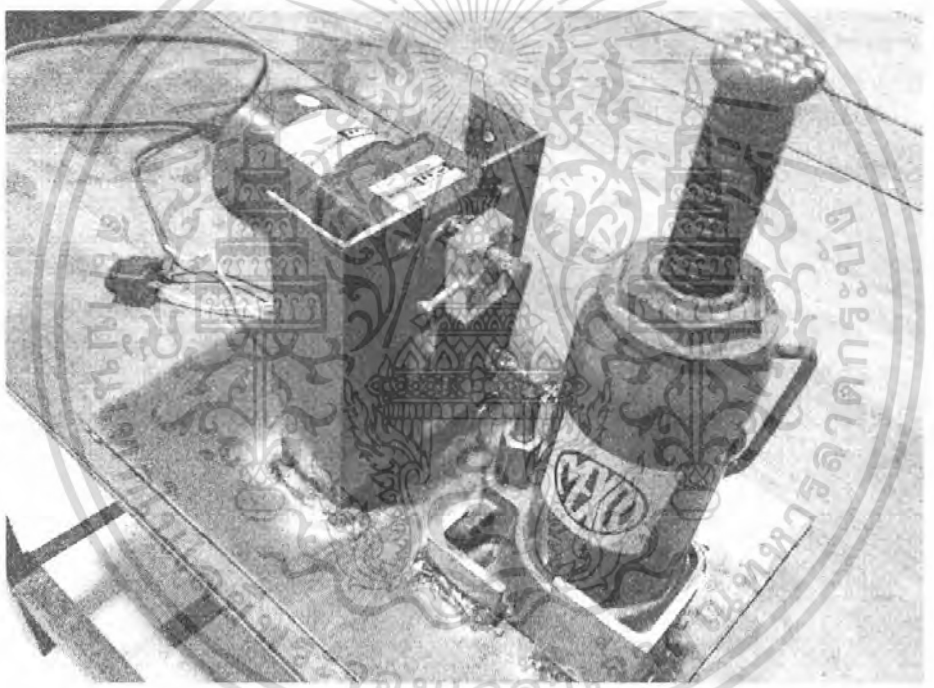
1. Release valve lever
2. Base
3. O-Ring
4. Hydruclic Cylinder
5. Ram
6. Hydruclic oil
7. Oil-tight tan
8. Extension screw
9. Top cap
10. Pump plunger
11. Pump body
12. O-Ring
13. Safety valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลทางเทคนิคต่างๆของแม่แรงไฮดรอลิก แสดงดังรูปที่ 3.15

ITEM	Lifting Capacity (TONNE)	Minimum height (mm)	Lifting height (mm)	Adjusting height (mm)	Net weight (kg)
MEXCO T 91004	**10**	**230**	**150**	**80**	**6.8**

รูปที่ 3.15 MAIN TECHNICAL DATA (TEST CERTIFICATE)



รูปที่ 3.16 แม่แรงไฮดรอลิกและมอเตอร์เกียร์พร้อมฐานรอง
ขนาด 350 x 250 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร

7). แบริ่ง

ใช้แบริ่ง แบบBall bearing ขนาด 8.5 x 8.5 เซนติเมตร จำนวน 6 อัน

8). Limit Switch

Limit Switch รุ่น Z-15GQ-B AM1307 ของบริษัท SHINOHAWA จำนวน 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

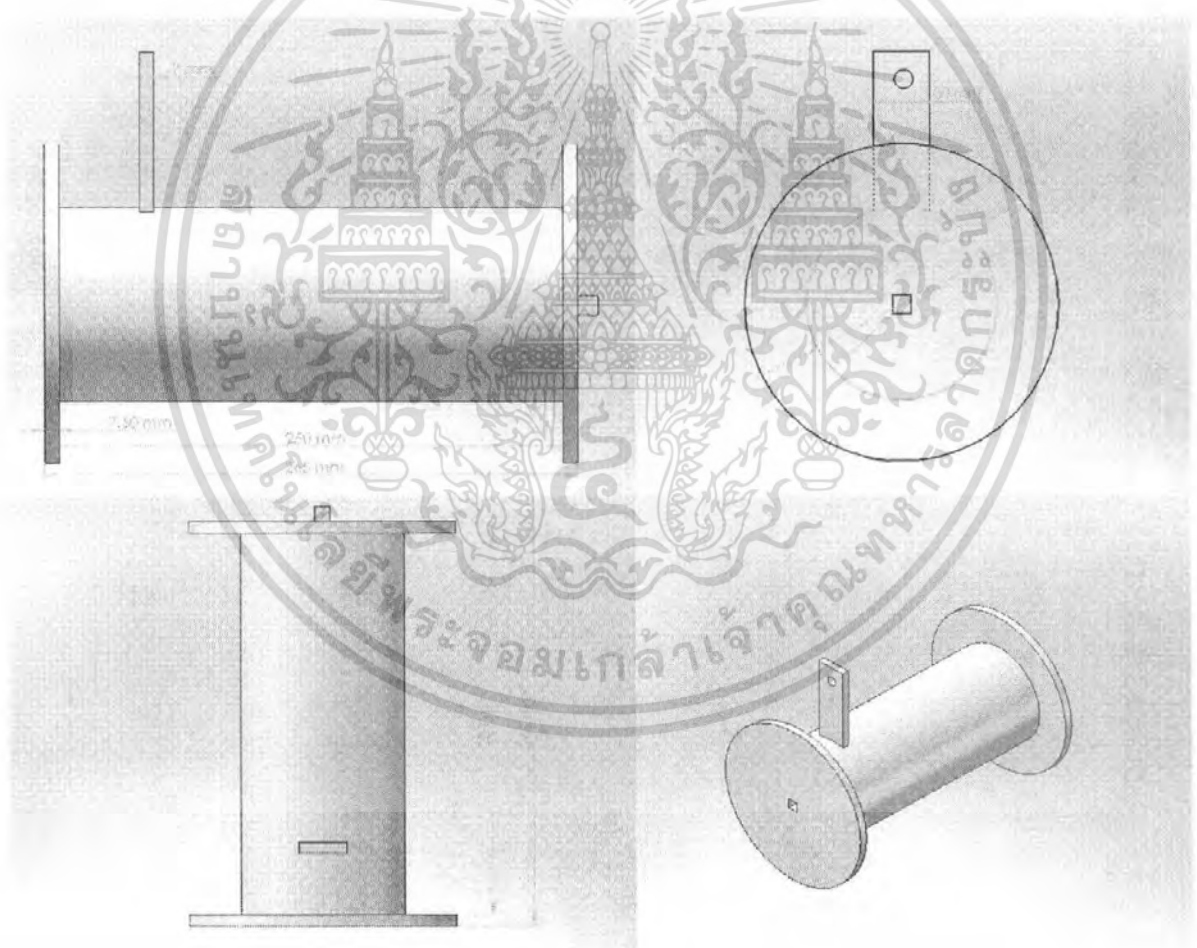
9). เสาฐานรองรับคานบน

เสาฐานรองรับมีทั้งหมด 2 เสา ส่วนประกอบนี้แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือส่วนที่เป็นฐาน ส่วนที่เป็นเสาและส่วนฐานที่ติดตั้ง Limit Switch เมื่อนำส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนมาประกอบกันจะได้ เสาฐานรองรับคานบน แสดงดังรูปที่ 3.17

วัสดุที่นำมาใช้ทำฐาน คือ เหล็กแผ่นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น

วัสดุที่นำมาใช้ทำเสาคือ เหล็กทรงกระบอก ภายในกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร จำนวน 2 อัน

วัสดุที่นำมาใช้ทำส่วนฐานที่ติดตั้ง Limit Switch คือ เหล็กแผ่น ขนาด 30 x 70 มิลลิเมตร จำนวน 2แผ่น



รูปที่ 3.17 เสาฐานรองรับคานบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10). ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า

ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.18 และภายในตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3.19 ประกอบด้วย

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) เป็นอุปกรณ์ปลดวงจรและป้องกันการลัดวงจร (http://www.lpc.rmutl.ac.th/elcen/elearning/motorcontrol/module2/symbole.html) เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้คือรุ่นHB Type ของบริษัท Panasonic. Electric Works (Ayuthaya) Co., LTD. จำนวน 1 ตัว แสดงข้อมูลต่างๆ ดังนี้ 10A, 2P1E, AC 240V, IC 1500 A

2. หลอดไฟสัญญาณ (Pilot lamp)

เป็นหลอดไฟใช้แสดงสถานะการทำงานของวงจร มีหลายสีให้เลือก เช่น แดง เหลือง น้ำเงิน เขียวโดยการเปลี่ยนฝาครอบพลาสติกด้านหน้า ถ้าหลอดไฟสว่างแสดงว่ามีการทำงานขณะนั้น (http://www.lpc.rmutl.ac.th/elcen/elearning/ motor control /module2/symbole.html)หลอดไฟสัญญาณที่ใช้เป็นของ บริษัท Idec primary แสดงสีไฟเป็นสีเขียว จำนวน 1 อัน พร้อมแสดงข้อมูลต่างๆ ดังนี้ 200/220, 50-60Hz

3. Timer รุ่น DCB01CM24 ของบริษัท Asymmrtriccal จำนวน 1 ตัง

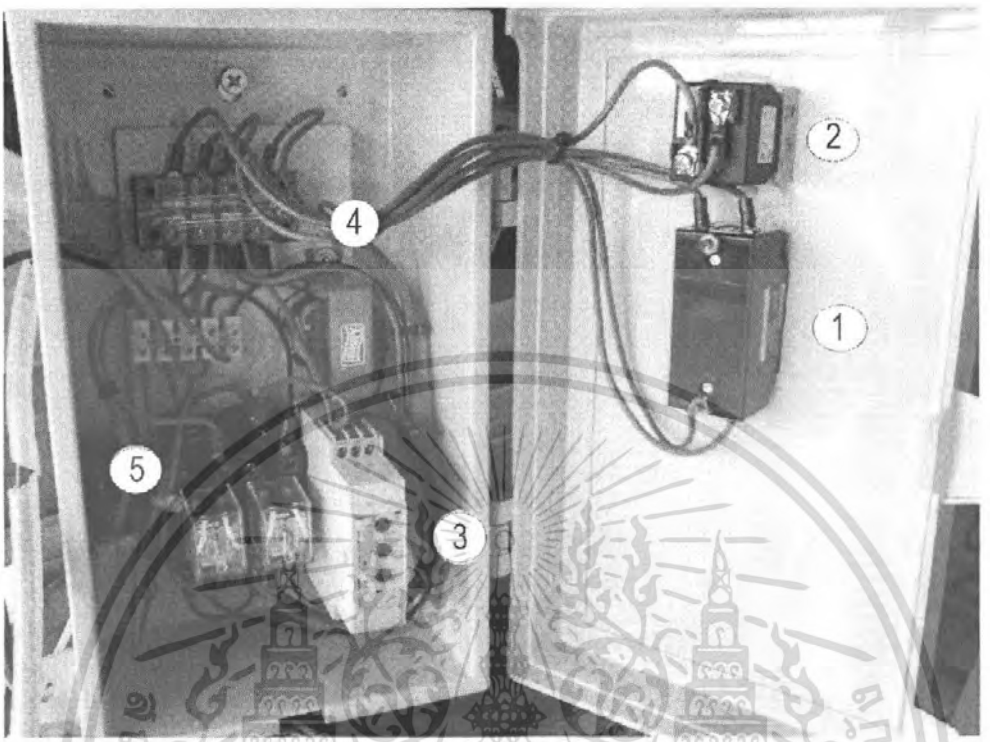
4. Delay จำนวน 2 ตัว

5. ตัวแปลงกระแสไฟฟ้า จำนวน 1 ตัว

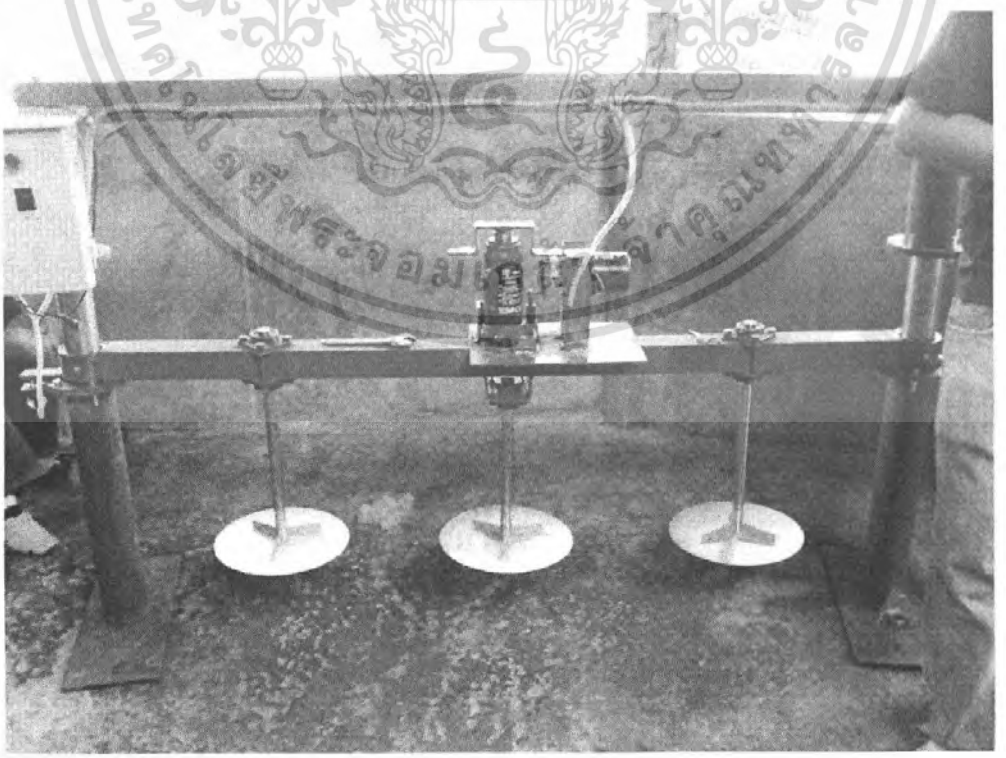
รูปแสดงเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 3.19 ภายในตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า

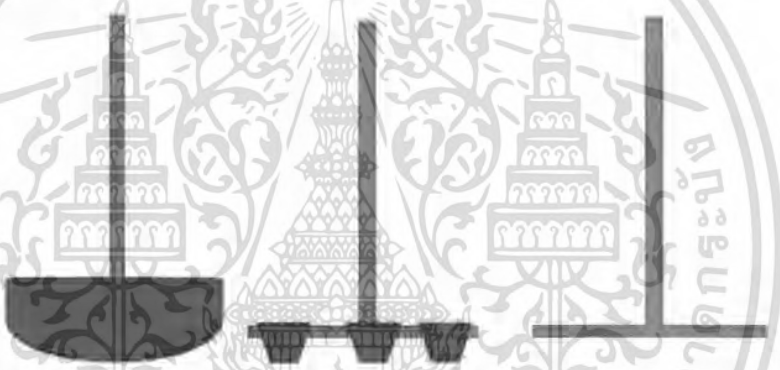


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 เครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์

3.3.3 การออกแบบแผ่นสแตนเลสที่ใช้ในการกด

ในการออกแบบเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด จำเป็นต้องมีการออกแบบลักษณะของแผ่นสแตนเลสที่ใช้ในการกดก่อนว่าควรมีลักษณะรูปทรงอย่างไรจึงจะมีประสิทธิภาพในการรีดน้ำออกได้ในปริมาณมากและต้องไม่ทำให้ไชโป๊วเสียหาย จากการศึกษารูปแบบในการกดสามารถออกแบบรูปทรงของแผ่นสแตนเลสได้ 3 ลักษณะ คือ ลักษณะเป็นแผ่นกลมแบน ลักษณะเป็นแผ่นโค้งครึ่งวงกลม และลักษณะเป็นคลื่นคล้ายแผงไข่ แสดงดังรูปที่ 3.21 จากนั้นได้ทำการทดลองในลักษณะต่างๆ เช่น กดแบบตรงลงมา กดตรงลงมาพร้อมหมุน กดแบบวางแผ่นกดในลักษณะเอียงเพื่อศึกษาว่าลักษณะใดเหมาะสมที่จะนำมาใช้มากที่สุด



รูปที่ 3.21 ลักษณะแผ่นกดแบบต่างๆ
(ก) แบบแผ่นโค้ง (ข) แบบแผงไข่ (ค) แบบแผ่นกลมแบน

1. การทดลอง

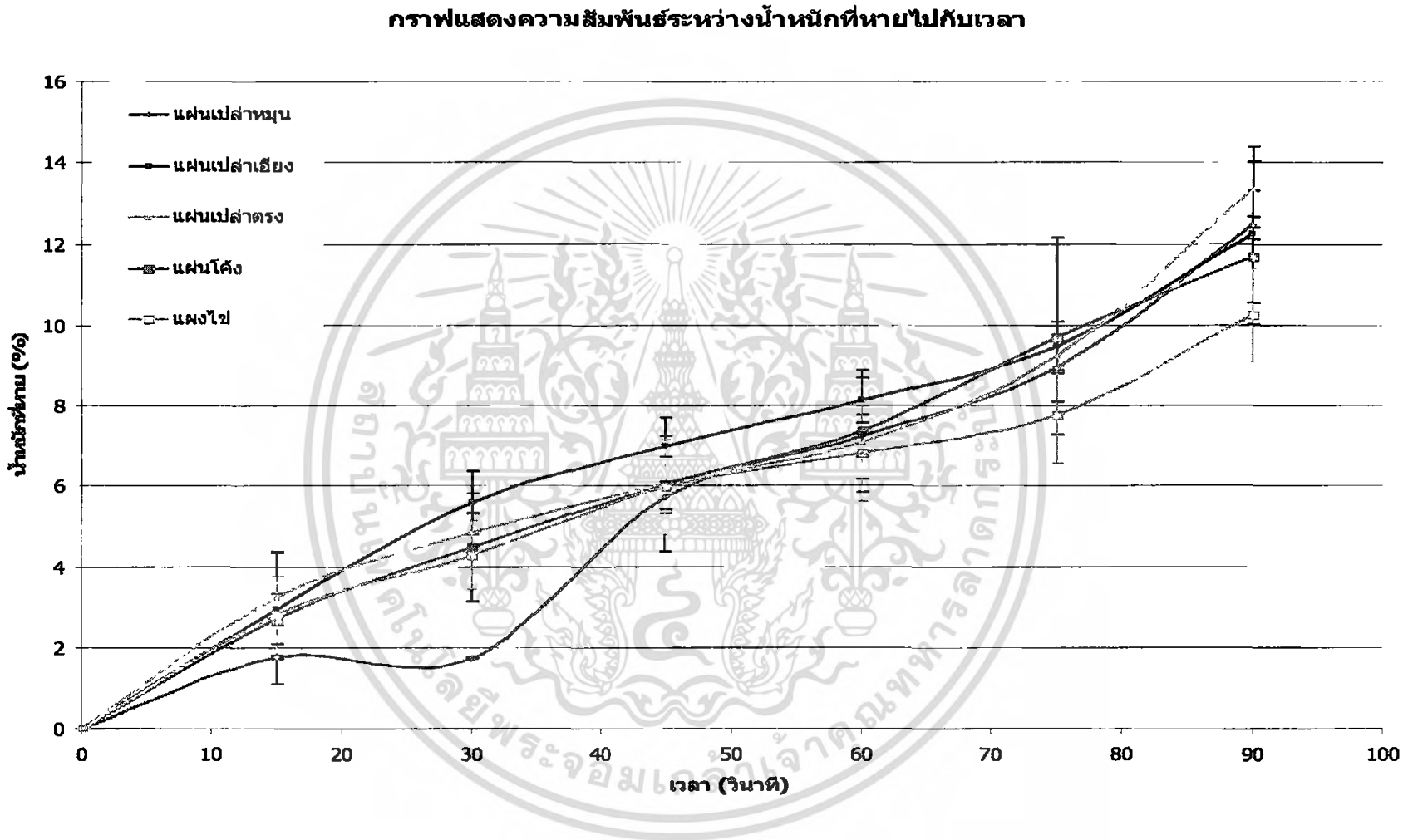
ขั้นตอนแรกนำไชโป๊วบรรจุใส่ตะกร้า กำหนดน้ำหนักเท่ากับ 2 กิโลกรัม วัดปริมาณความสูงของไชโป๊วและบันทึกค่า จากนั้นนำแผ่นกดที่ได้ทำการออกแบบไว้มาวางไว้บนไชโป๊วและกดด้วยเครื่องกดเป็นจำนวนรอบเท่ากับ 2 รอบ (ระยะทางการกดเท่ากับ 1 เซนติเมตร) วัดปริมาณความสูงของไชโป๊วและน้ำหนักของไชโป๊ว ทำการกดต่อไปอีกจนกระทั่งความสูงของไชโป๊วเหลือเท่ากับ 8 เซนติเมตร จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ค่าผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 3.22 และรูปที่ 3.23 และตารางแสดงผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

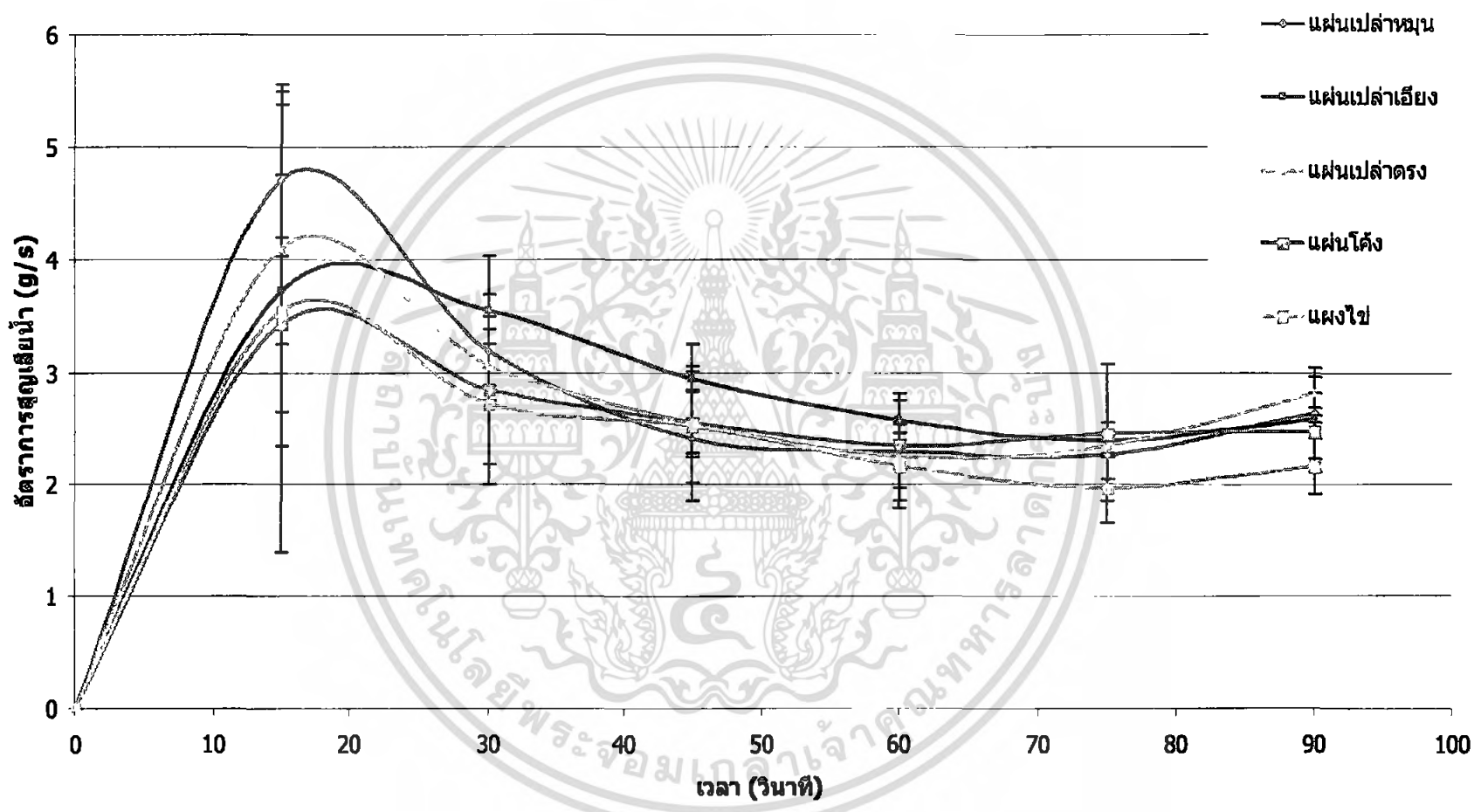
2. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองใช้แผ่นลักษณะต่างๆในการกดไชโป๊วพบว่า แผ่นกลมแบนหมุนสามารถกำจัดน้ำออกได้ดีในช่วงแรกแต่ช่วงท้ายจะมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดน้ำที่น้อยลงเนื่องจากเหลือปริมาณน้ำที่หลงเหลือในไชโป๊วน้อยเพราะได้กำจัดออกในช่วงแรกหมดแล้ว สำหรับแผ่นลักษณะคล้ายแผงไข่พบว่าสามารถกำจัดน้ำได้ในปริมาณน้อยเนื่องจากพื้นที่ที่สัมผัสกับไชโป๊วมีปริมาณน้อย แผ่นกดแบบกลมแบนแต่วางแบบเอียงพบว่าในช่วงแรกสามารถกำจัดน้ำได้น้อยเพราะพื้นที่สัมผัสกับไชโป๊วมีปริมาณน้อยแต่ในช่วงท้ายปริมาณพื้นที่ที่สัมผัสกับไชโป๊วมีปริมาณเพิ่มขึ้นจึงสามารถกำจัดน้ำได้มากขึ้น สำหรับแผ่นกดแบบแผ่นโค้งและแผ่นกดแบบกลมแบน สามารถกำจัดน้ำออกในปริมาณที่ไล่เลี่ยกัน เมื่อเปรียบเทียบลักษณะแผ่นกดทั้งหมดพบว่าแผ่นกดทุกลักษณะสามารถกำจัดน้ำออกได้ในปริมาณที่ไล่เลี่ยกัน ดังนั้นหากเลือกใช้แผ่นกดแบบไหนจึงไม่มีผลมากนัก แต่ถ้าคำนึงถึงความสะดวกและประหยัด การเลือกใช้แผ่นกดแบบกลมแบนกดตรงลงมาเป็นวิธีที่ดีที่สุด จึงเลือกใช้แผ่นกดในลักษณะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่หายไปกับเวลา



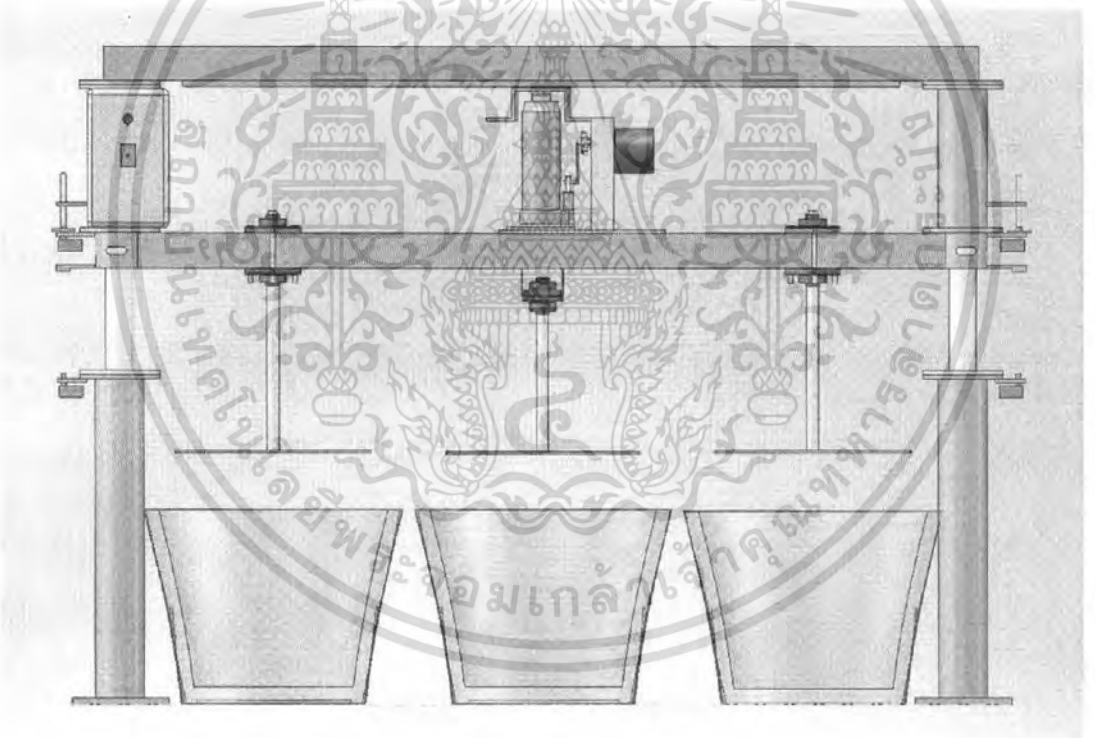
รูปที่ 3.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูญเสียน้ำกับเวลา

3.3.4 การทำงานของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด

ขั้นตอนที่ 1 เมื่อต้องการเริ่มใช้งานเครื่องกำจัดน้ำแบบกด ให้ยกคานสไลด์ข้างหนึ่งขึ้นไปจนสุดระยะการกด ทำการใส่สลักไว้ จากนั้นยกคานสไลด์อีกข้างแล้วทำการใส่สลัก นำตะกร้าหัวไชโป๊วที่ต้องการกำจัดน้ำออกมาวาง ดังแสดงในรูปที่ 3.24

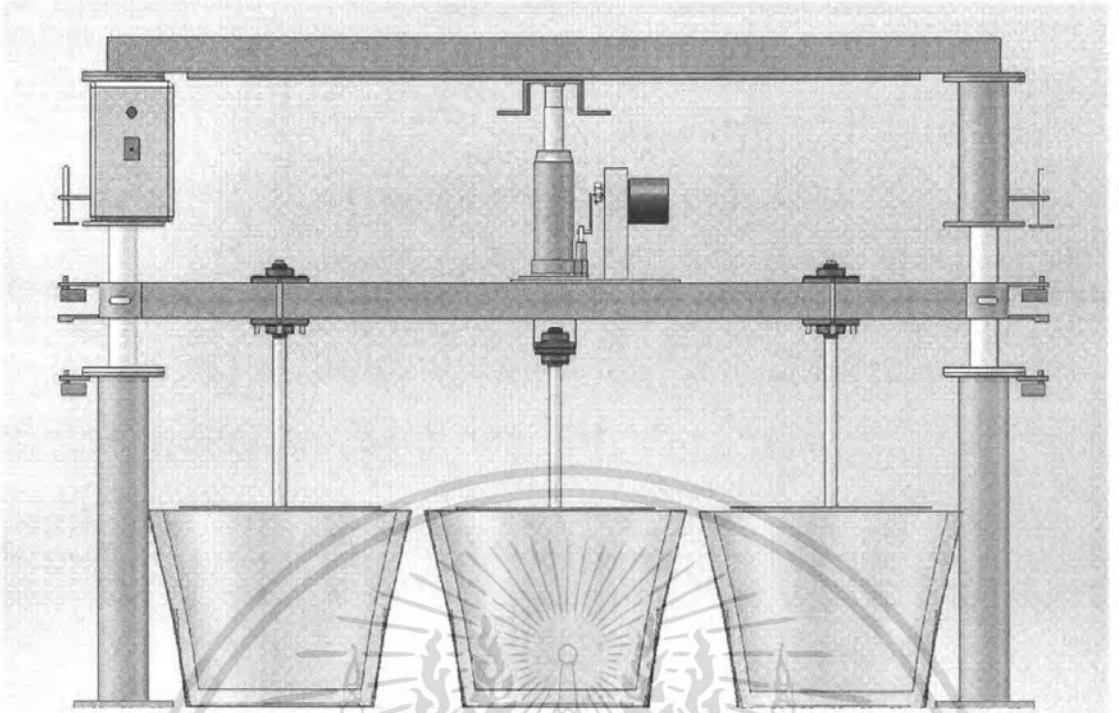
ขั้นตอนที่ 2 ทำการถอดสลักเพื่อให้คานสไลด์เลื่อนลงมาทับหัวไชโป๊ว จากนั้นทำการเปิดเครื่องเพื่อให้เครื่องกำจัดน้ำทำงาน เครื่องจะมีระบบความปลอดภัย คือ ถ้าลืมถอดสลักออกแล้วทำการเปิดเครื่อง เครื่องจะไม่ทำงาน เนื่องจากทางด้านบนของระยะสไลด์ได้ทำการติดตั้ง limit switch ไว้เพื่อควบคุมความปลอดภัย ดังแสดงในรูปที่ 3.25

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อเครื่องทำงานจนกระทั่งสุดระยะของการสไลด์ เครื่องจะหยุดการทำงาน เนื่องจากติดตั้ง limit switch ไว้ เมื่อปลายคานสัมผัส limit switch จะสั่งให้เครื่องหยุดทำงานทันที ดังแสดงในรูปที่ 3.26

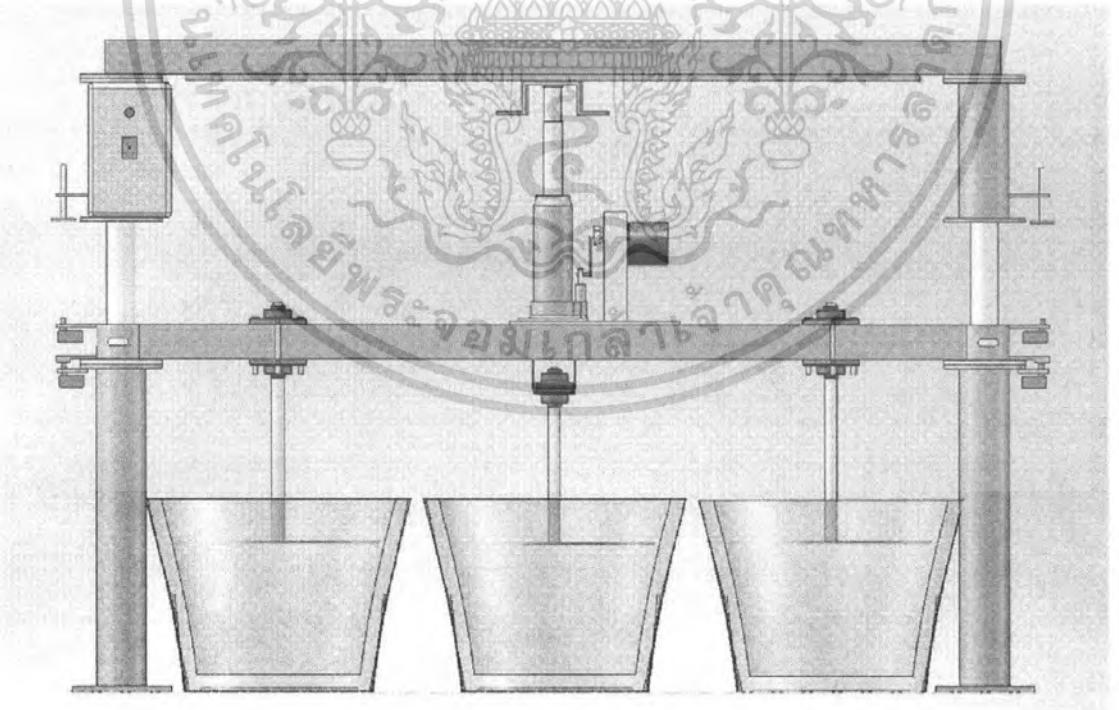


รูปที่ 3.24 ลักษณะของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อทำการใช้เครื่องตามขั้นตอนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 ลักษณะของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อทำการใช้เครื่องตามขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 3.26 ลักษณะของเครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกดเมื่อทำการใช้เครื่องตามขั้นตอนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การทดลองโดยใช้เครื่องกำจัดน้ำโดยอาศัยแรงกด

1). การเตรียมชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ชุดอุปกรณ์การทดลองนี้ ใช้มอเตอร์เพื่อควบคุมคันโยกของแม่แรงไฮดรอลิก ระยะการเคลื่อนที่ของแม่แรงจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลงระยะการกดของฝากด ฝากดสแตนเลสที่ใช้เป็นแบบกลมแบน การทดลองที่เราจะทำการทดลองนั้น ได้วางรูปแบบไว้ดังนี้ คือ เมื่อเริ่มต้นการทดลองจะทำการตั้งค่าเริ่มต้นน้ำหนักค่าแรกที่จะทำการกด คือ 80 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,486 Pa

2). การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างหัวไชโป๊วที่นำมาทดลอง เป็นหัวไชโป๊วที่ผ่านการคลุกเกลือและผ่านกระบวนการล้างมาแล้ว ในการทดลองนี้เราใช้ตัวอย่างหัวไชโป๊ว 2 แบบคือ แบบหัวและแบบฝอย

3). การทดลอง

ในการทดลองนี้ ได้ออกแบบการทดลองไว้ 4 การทดลอง

การทดลองที่1 ใช้ตัวอย่างหัวไชโป๊วแบบหัว และกำหนดให้ชุดอุปกรณ์ออกแรงกดไปที่ 80 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,486 Pa ปริมาณตัวอย่างไชโป๊ว 19 กิโลกรัม ทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งตาชั่งอ่านค่าน้ำหนัก 80 กิโลกรัม บันทึกเวลา จากนั้นหยุดค้างเครื่องไว้จนกระทั่งน้ำหนักไชโป๊วลดลงจนคงที่ พบว่าใช้เวลาไป 5 นาที จึงได้กำหนดเวลาหยุดค้างเครื่องเป็นเวลา 5 นาที ทำการกดใหม่จนเสร็จสิ้นกระบวนการ สังเกตน้ำหนักของไชโป๊วและบันทึกผล

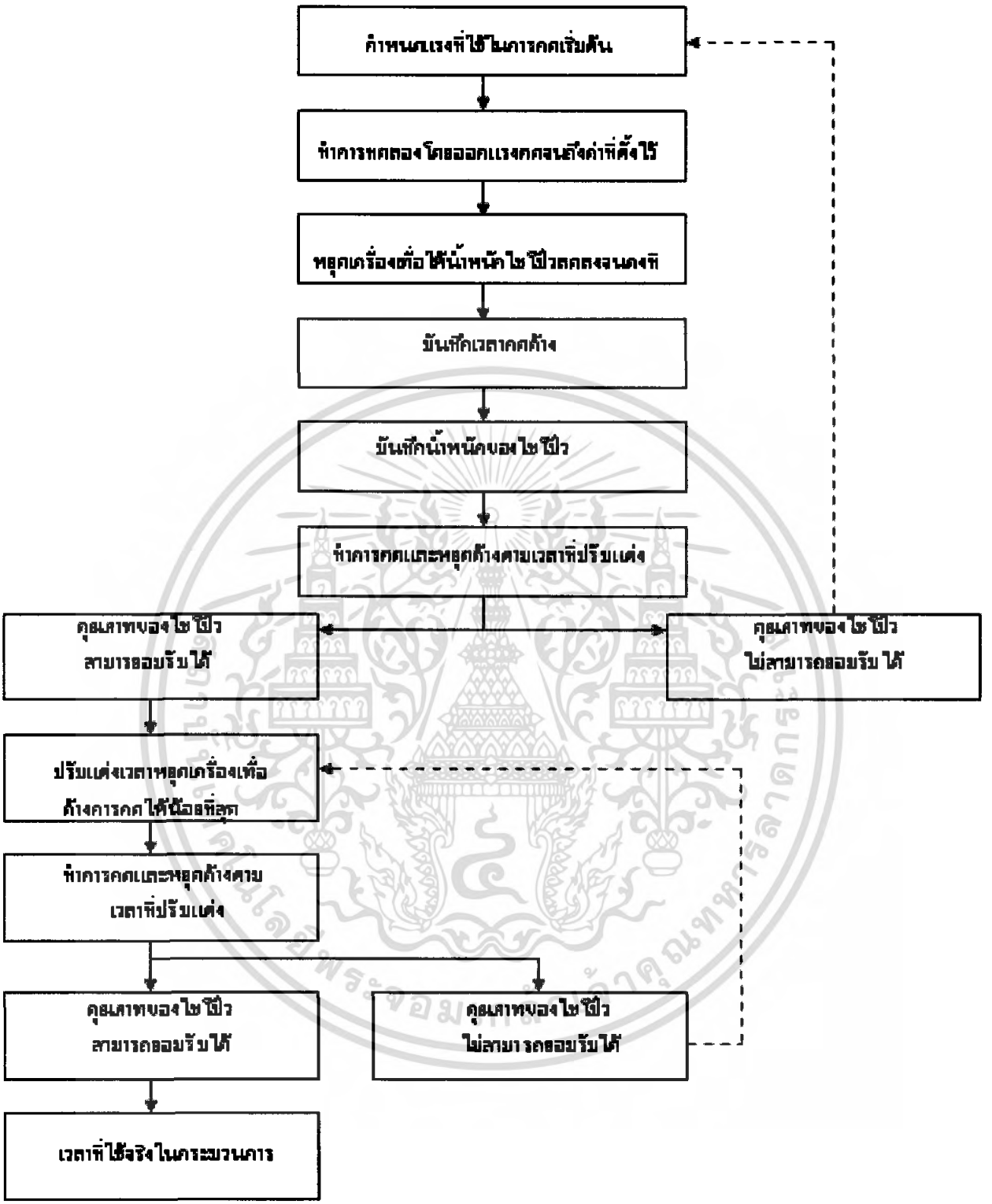
การทดลองที่2 ใช้ตัวอย่างหัวไชโป๊วแบบฝอย และเพิ่มแรงกดโดยกำหนดให้ชุดอุปกรณ์ออกแรงกดไปที่ตัวอย่างไชโป๊วมากกว่าเดิม คือ 100 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,858 Pa ปริมาณตัวอย่างไชโป๊ว 19 กิโลกรัม ทำการหยุดค้างเครื่องโดยลดเวลาหยุดค้างเครื่องจากเดิม 5 นาที เป็น 3 นาที ทำการกดใหม่จนเสร็จสิ้นกระบวนการ สังเกตน้ำหนักของไชโป๊วและบันทึกผล

การทดลองที่3 ใช้ตัวอย่างหัวไชโป๊วแบบฝอย และกำหนดให้ชุดอุปกรณ์ออกแรงกดไปที่ตัวอย่างไชโป๊ว 100 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,858 Pa ปริมาณตัวอย่างไชโป๊ว 19 กิโลกรัม ทำการหยุดค้างเครื่องจากเดิม 3 นาที เป็น 1 นาที 30 วินาที ทำการกดใหม่จนเสร็จสิ้นกระบวนการ สังเกตน้ำหนักของไชโป๊วและบันทึกผล

การทดลองที่4 ใช้ตัวอย่างหัวไชโป๊วแบบฝอย กำหนดให้ชุดอุปกรณ์ออกแรงกดไปที่ตัวอย่างไชโป๊ว 100 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,858 Pa ปริมาณตัวอย่างไชโป๊ว 60 กิโลกรัม ทำการหยุดค้างเครื่องเป็นเวลา 1 นาที 30 วินาที ทำการกดใหม่จนเสร็จสิ้นกระบวนการ สังเกตน้ำหนักของไชโป๊วและบันทึกผล

แผนผังแสดงขั้นตอนการทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 มาตรฐานน้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊ว

จากผลการทดลองวิธีเดิมที่ทางโรงงานใช้ น้ำหนักน้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊ว แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนกดและชั่งน้ำหนักหลังจากกดเสร็จจำนวน 10 ตะกร้า พบว่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊วออกจากหัวไชโป๊ว มีค่าอยู่ระหว่าง 19.89% ถึง 24.86% เราจึงได้กำหนดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊วที่มีค่าอยู่ระหว่าง 20% ถึง 25% เป็นค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้

รูปที่ 4.1 น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊ว

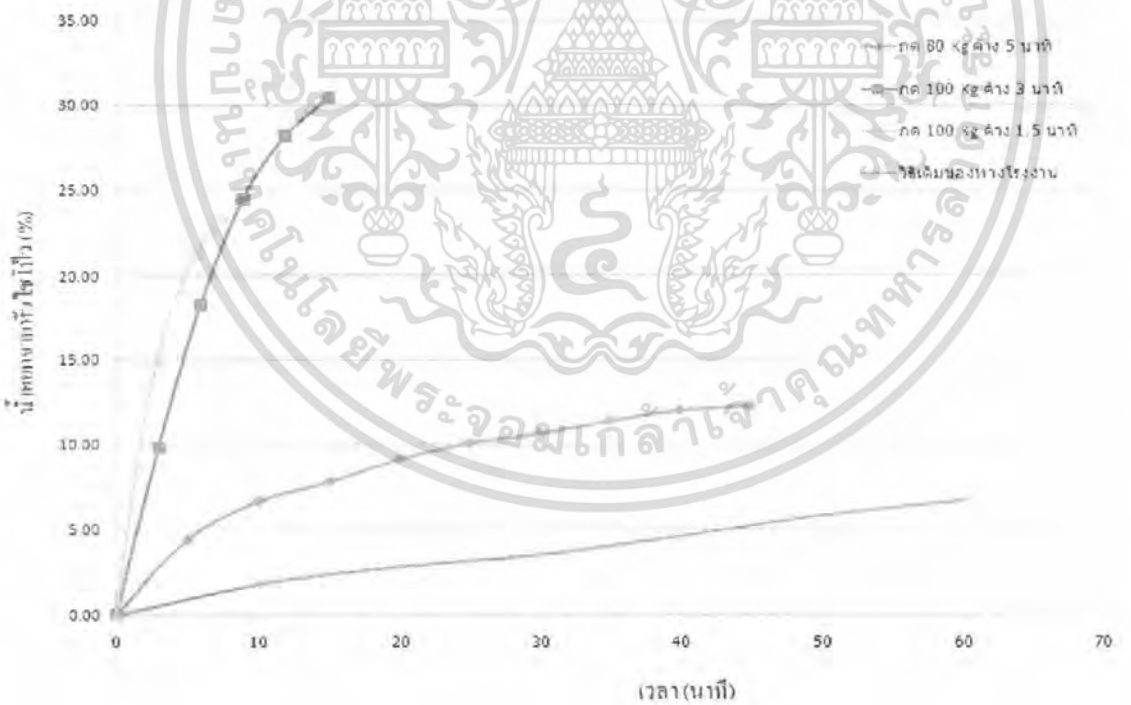
4.2 ผลการกำจัดน้ำออกจากหัวไชโป๊ว

ค่าน้ำหนักน้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊วเฉลี่ยของทางโรงงานมมีค่าอยู่ระหว่าง 20% ถึง 25% และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากหัวไชโป๊วเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.1 และแสดงไว้ในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองการบีบน้ำออกจากไชโป๊ว

การทดลองครั้งที่	แรงกด (Kg)	ความดัน (Pa)	หยุดค้าง (min)	เวลาของกระบวนการ (min)	น้ำหนักของไชโป๊วก่อนทำการกด (Kg)	น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากไชโป๊ว (%)		
						แท่นกดซ้าย	แท่นกดกลาง	แท่นกดขวา
วิธีเดิมที่ใช้	60	1,115	-	300	60	-	21.86	-
1	80	1,486	5	90	19	-	20.32	-
2	100	1,858	3	15	19	-	30.35	-
3	100	1,858	1.5	7.5	19	-	23.47	-
4	100	1,858	1.5	7.5	60	21.87	23.44	22.48



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบการกดที่รูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊วด้วยเครื่องบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊ว

โดยตั้งเงื่อนไขในการคำนวณและทำการหาค่าใช้จ่ายในการกำจัด บาท/กิโล ไว้ดังนี้

<u>เงื่อนไข</u>

ราคาเครื่อง	25, 000	บาท
อายุการใช้งาน	10	ปี
มูลค่าซาก	10	%
กำลังไฟมอเตอร์เกียร์	25	Watt
ค่าไฟฟ้า	3	บาท/หน่วย
ค่าซ่อมบำรุง	500	บาท/ปี
ค่าแรงงานคน	190	บาท/วัน
กำลังผลิตวันละ	2, 000	กิโลกรัม/วัน
เครื่องทำงาน (7 เดือน)	210	วัน/ปี
อัตราดอกเบี้ย	6	%ต่อปี

คิดค่าเสื่อมราคาแบบทุนจม (Sinking fund)

<u>ค่าใช้จ่ายต่อปี</u>

1. ค่าเสื่อมราคา + ดอกเบี้ย

= 25,000 (A/p, 6%, 10) – 2,500 (A/F, 6%, 10)

= 25,000 (0.13587) - 2,500 (0.07587)

= 3,207.075 บาท

2.ค่าไฟฟ้า 0.025 × 8 × 210 × 3 = 126 บาท

3.ค่าแรงงาน 190 × 210 = 39,900 บาท

4.ค่าซ่อมบำรุง = 500 บาท

รวม 1+2+3+4 = 43,733.075 บาท

ต้นทุน 43, 733.075/2000 ×210 = 0.104 บาท/กิโลกรัม

ค่าใช้จ่ายในการบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊วประมาณ 10.4 สตางค์ต่อกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการกำจัดน้ำออกจากหัวไชโป๊วโดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นมา ที่การกดด้วยน้ำหนักคงที่และเวลาหยุดค้างปรับแต่งน้ำหนักกดและเวลาหยุดค้าง 3 รูปแบบ คือ

- รูปแบบที่ 1 กดด้วยแรง 80 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,486 Pa น้ำหนักไชโป๊วเริ่มต้น 19 กิโลกรัม หยุดค้าง 5 นาที
- รูปแบบที่ 2 กดด้วยแรง 100 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,858 Pa หยุดค้าง 3 นาที น้ำหนักไชโป๊วเริ่มต้น 19 กิโลกรัม
- รูปแบบที่ 3 กดด้วยแรง 100 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,858 Pa หยุดค้าง 1.5 นาที น้ำหนักไชโป๊วเริ่มต้น 19 กิโลกรัม
- รูปแบบที่ 4 กดด้วยแรง 100 กิโลกรัม หรือใช้ความดัน 1,858 Pa หยุดค้าง 1.5 นาที น้ำหนักไชโป๊วเริ่มต้น 60 กิโลกรัม

จากรูปแบบการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การกดด้วยรูปแบบที่ 1, 2 ได้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากไชโป๊วที่ต่ำและสูงไปจากเกณฑ์มาตรฐานโรงงาน
2. การกดด้วยรูปแบบที่ 3 ได้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของน้ำที่ถูกบีบออกจากไชโป๊วที่ได้ตรงตามมาตรฐานและใช้เวลาไปเพียง 7นาที 30 วินาที และเหมาะสมที่สุดในการไปใช้งานจริง
3. เครื่องบีบน้ำออกจากไชโป๊วสามารถช่วยลดเวลาจากวิธีเดิมที่ใช้คือ 5 ชั่วโมงเหลือ 7 นาที 30 วินาที
4. ค่าใช้จ่ายในการบีบน้ำออกจากหัวไชโป๊วโดยใช้เครื่องบีบน้ำอยู่ประมาณ 10.4 สตางค์ต่อกิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้ประกอบการหรือผู้ที่สนใจใช้งานเครื่องกำจัดน้ำออกจากหัวไชโป๊ว ควรใช้วัสดุที่เป็นสแตนเลสในทุกๆส่วนของเครื่อง เพื่อให้ความปลอดภัยจากสิ่งปนเปื้อนต่อผู้บริโภคมาก หากไม่สามารถเปลี่ยนทุกๆส่วนของเครื่องเป็นสแตนเลสได้ ก็ควรนำพลาสติกมาคลุมตะกร้าก่อนจะทำการกดเพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อนลงไปในตะกร้าไชโป๊วอย่างที่คณะผู้จัดทำได้ใช้อยู่ใน ณ ตอนนี้ และถ้าผู้ประกอบการต้องการนำไปกำจัดน้ำออกจากหัวไชโป๊วชนิดอื่นๆ นอกจากชนิดแว่น ก็สามารถปรับแต่งเวลาการกดและเวลาหยุดค้างได้ โดยทำการทดลองดังที่คณะผู้จัดทำได้ทดลอง เพื่อเป็นประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ประกอบการและผู้ที่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] การปลูกหัวไชเท้า. 2549. Available online http://www.doae.go.th/LIBRARY /html/ 2549/1809/ Chineseradish/index.htm

[2] ข้อมูลพืชชนิดต่างๆ Available online http://giswebr06.ldd.go.th/lddweb/ knowledge/plant/ huwcab/index.asp

[3] ปรีชา เล่ห์บ้านเกาะ. ช่องทางสร้างอาชีพ: เปิดตำนานไชโป๊วเจ็ดเสมียน. Available online http://ipc8.dip.go.th

[4] การผลิตไชโป๊วหวาน. Available online http://www.maethongsuk.com

[5] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. 2536. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1, 2. ซีเอดยูเคชั่น กรุงเทพฯ

[6] รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว. 2545. กลศาสตร์ของวัสดุ. แมคกรอ-ฮิล กรุงเทพฯ

[7] ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์และปานเพชร ชินินทร. ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม. ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2530.

[8] วิชชุลดา ศรีประเทศและคณะ. 2546. การอออกแบบและพัฒนาการอบแห้งแบบถาดหมุน โครงงานภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[9] ความรู้เบื้องต้นสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. Available online http://www.sukhot haitc.ac.th/faifa/article/motor.htm

[10] มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. Available online http://www.geocities.com/motorkmutt/

[11] มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ3 เฟส. Available online http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara08.html

[12] Application of Inverter, Converter - UPS, Motor control. Available online http://www.cpe.ku. ac.th/~yuen/204471/power/apps/

[13] Power supply. Available online http://www.st.kmutt.ac.th/~s5400211/module7/source.html

[14] เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์. Available online http://www.teenet.chula.ac.th/bestprac tice/detail1.asp?ID=94

[15สวิตซ์ต่างๆที่ใช้ในงานควบคุมไฟฟ้า. Available online http://edu.e-tech.ac.th/mdec/ learning / e-web/sara09.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการทดลองการการออกแบบแผ่นสแตนเลสที่ใช้ในการกด

ตาราง ก.1 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน กดตรง ครั้งที่ 1

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.922	15	13	4.10	5.2
1.909	30	12	4.78	3.03
1.899	45	11	5.31	2.24
1.885	60	10	6.05	1.916
1.826	75	9	9.15	2.32
1731	90	8	14.15	2.98

ตาราง ก.2 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน กดตรง ครั้งที่ 2

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.930	15	13	3.68	4.66
1.917	30	12	4.36	2.76
1.876	45	11	6.52	2.75
1.853	60	10	7.73	2.45
1.830	75	9	8.94	2.26
1.755	90	8	12.89	2.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน กดตรง ครั้งที่ 3

น้ำหนักไชโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไชโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.963	15	13	1.94	2.46
1.898	30	12	5.36	3.40
1.879	45	11	6.36	2.68
1.858	60	10	7.47	2.36
1.817	75	9	9.63	2.44
1.753	90	8	13.05	2.75

ตาราง ก.4 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน หมุน ครั้งที่ 1

น้ำหนักไชโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไชโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.930	15	13	3.68	4.66
1.912	30	12	4.63	2.93
1.898	45	11	5.36	2.26
1.870	60	10	6.84	2.16
1.848	75	9	8.00	2.02
1.805	90	8	10.26	2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน หมุน ครั้งที่ 2

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.919	15	13	4.26	5.40
1.894	30	12	5.57	3.53
1.883	45	11	6.15	2.60
1.851	60	10	7.84	2.48
1.818	75	9	9.57	2.42
1.737	90	8	13.80	2.92

ตาราง ก.6 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน หมุน ครั้งที่ 3

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.939	15	13	3.21	4.06
1.907	30	12	4.89	3.10
1.893	45	11	5.63	2.37
1.866	60	10	7.05	2.23
1.824	75	9	9.26	2.34
1.746	90	8	13.36	2.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.7 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน วางเอียง ครั้งที่ 1

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.938	15	13	3.26	4.13
1.879	30	12	6.36	4.03
1.862	45	11	7.26	3.06
1.833	60	10	8.78	2.78
1.808	75	9	10.10	2.56
1.765	90	8	12.36	2.61

ตาราง ก.8 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน วางเอียง ครั้งที่ 2

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.952	15	13	2.52	3.20
1.909	30	12	4.78	3.03
1.872	45	11	6.73	2.84
1.851	60	10	7.84	2.48
1.832	75	9	8.84	2.24
1.770	90	8	12.10	2.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.9 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นกลมแบน วางเอียง ครั้งที่ 3

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.942	15	13	3.05	3.86
1.893	30	12	5.63	3.56
1.867	45	11	7.00	2.95
1.852	60	10	7.78	2.46
1.821	75	9	9.42	2.38
1.766	90	8	12.31	2.60

ตาราง ก.10 การทดลองการกดแบบลักษณะแผงไข่ ครั้งที่ 1

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.930	15	13	3.68	4.66
1.906	30	12	4.94	3.13
1.870	45	11	6.89	2.88
1.854	60	10	7.68	2.43
1.839	75	9	8.47	2.14
1.798	90	8	10.63	2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.11 การทดลองการกดแบบลักษณะแผงไข่ ครั้งที่ 2

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.966	15	13	1.78	2.26
1.937	30	12	3.31	2.10
1.912	45	11	4.63	1.95
1.897	60	10	5.42	1.716
1.879	75	9	6.36	1.610
1.830	90	8	8.94	1.880

ตาราง ก.12 การทดลองการกดแบบลักษณะแผงไข่ ครั้งที่ 3

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.944	15	13	2.94	3.73
1.913	30	12	4.57	2.90
1.878	45	11	6.42	2.71
1.859	60	10	7.42	2.35
1.839	75	9	8.47	2.14
1.788	90	8	11.15	2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.13 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นโค้ง ครั้งที่ 1

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.981	15	13	1.00	1.26
1.944	30	12	2.94	1.86
1.921	45	11	4.15	1.75
1.893	60	10	5.63	1.78
1.868	75	9	6.94	1.76
1.814	90	8	9.78	2.06

ตาราง ก.14 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นโค้ง ครั้งที่ 2

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.920	15	13	4.21	5.33
1.898	30	12	5.36	3.40
1.863	45	11	7.21	3.04
1.839	60	10	8.47	2.68
1.780	75	9	11.57	2.93
1.757	90	8	12.78	2.70

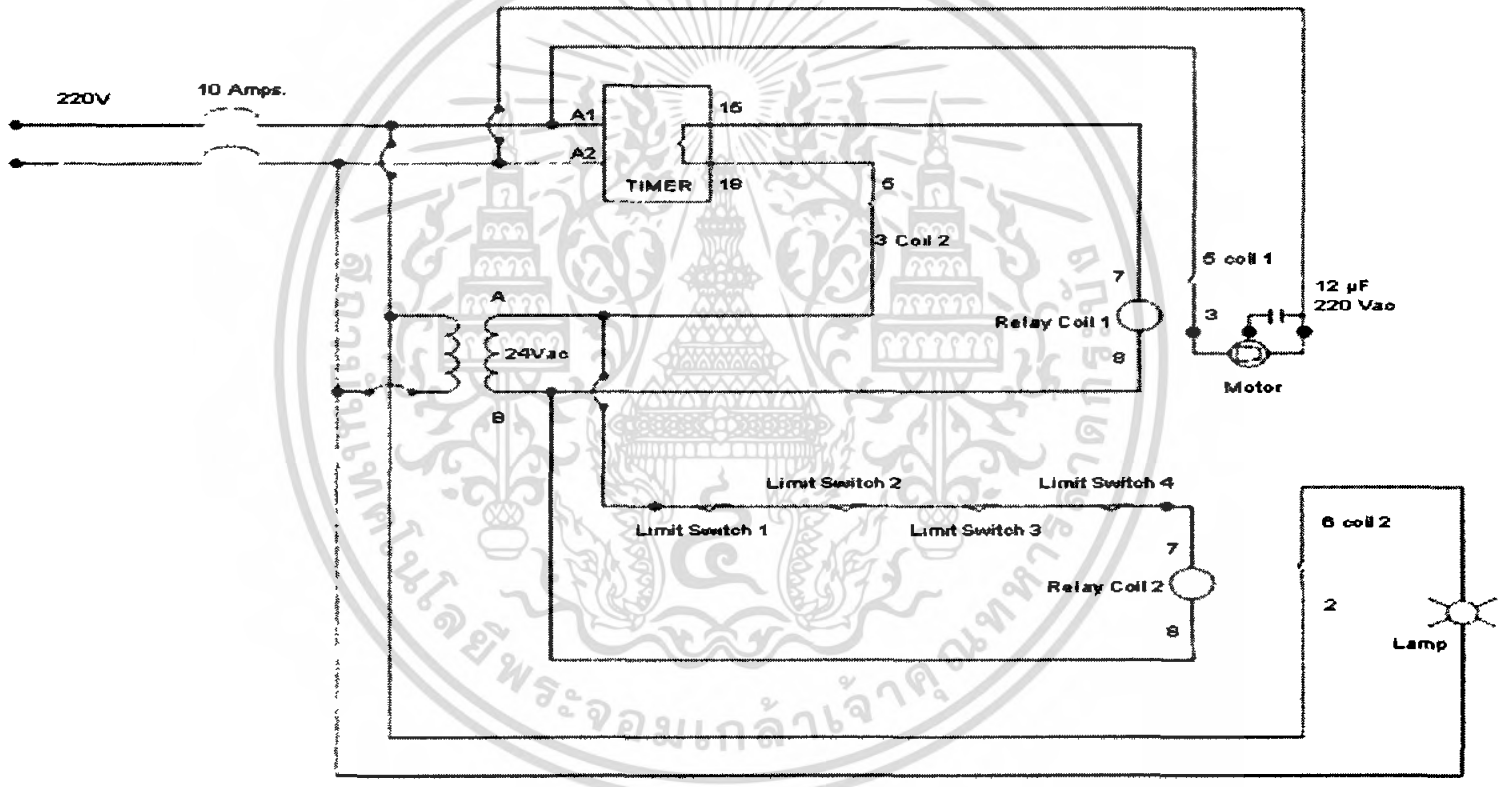
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.15 การทดลองการกดแบบลักษณะแผ่นโค้ง ครั้งที่ 3

น้ำหนักไซโป๊ว (kg)	เวลา (s)	ความสูงของไซโป๊ว (cm)	น้ำที่หายไป (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (g/s)
2	0	14	0	0
1.944	15	13	2.94	3.73
1.902	30	12	5.15	3.26
1.871	45	11	6.78	2.88
1.848	60	10	8.00	2.53
1.798	75	9	10.63	2.69
1.763	90	8	12.47	2.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของเครื่องปั๊มน้ำออกจากไซโป๊ว



รูปที่ ข.1 แผนผังวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของเครื่องปั๊มน้ำออกจากไซโป๊ว