



รายงานการวิจัย

เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

จิระศักดิ์ เพียรเจริญ

สุรัตน์ พร้อมพุดชางกูร

เฉลิม ศิริรักษ์

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณรายได้ พ.ศ.2558

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดระยะเวลาในการบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ตอบสนองความต้องการของเกษตรกร ทุนแรงและลดเวลาในการบีบน้ำมันมะพร้าว ส่วนประกอบหลักของเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไฮดรอลิกส์ ประกอบด้วยชุดโครงสร้าง มอเตอร์ต้นกำลัง และชุดอุปกรณ์ระบบไฮดรอลิกส์ ส่งถ่ายกำลังจากมอเตอร์ขนาด 3 Hp 3 phase ด้วยพูลเลย์ อัตราทดของพูลเลย์ 1:1 ซึ่งได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความหนืด ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ สีและกลิ่นของน้ำมันมะพร้าวระหว่างแบบบีบกับแบบหมัก (สกัดเย็น)

จากการทดลองหาความแตกต่างของน้ำมันมะพร้าวระหว่างแบบบีบกับแบบหมัก พบว่า ปริมาณน้ำมันมะพร้าวแบบบีบมีปริมาณน้อยกว่าแบบหมัก ซึ่งปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการบีบ 29% ส่วนการหมัก 34% ค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบมีค่าน้อยกว่าแบบหมัก ค่าความหนืดที่ได้จากการบีบ 52.95 cSt ส่วนการหมัก 71.340 cSt ค่าความหนาแน่น (ρ) ของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบมีค่าน้อยกว่าแบบหมัก ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการบีบ 853.9 kg/m³ ส่วนการหมัก 871.4 kg/m³ ค่าความถ่วงจำเพาะ (S) ของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบมีค่าน้อยกว่าแบบหมัก ค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการบีบ 0.8439 ส่วนการหมัก 0.8714 สีของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบจะขุ่นกว่าแบบหมัก กลิ่นของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบจะหอมกว่าแบบหมัก

ABSTRACT

This project has been prepared with the aim to create a Compress Virgin Coconut Oil Hydrolic System. The goal is to increase the amount of coconut oil to squeeze more volume. Meet the needs of farmers. Handling and reduce the time to squeeze oil. The main components of Compress Virgin Coconut Oil Hydrolic System. The structure consists of a series. Motor Power And Hydraulic Systems. Power transmission size 3 Hp 3 phase from the motor pulley. Pulley ratio of 1:1, which was conducted to compare the quantity, viscosity, density, specific gravity, color and the smell of coconut oil between a squeeze with fermentation (Cold-Pressed Extraction).

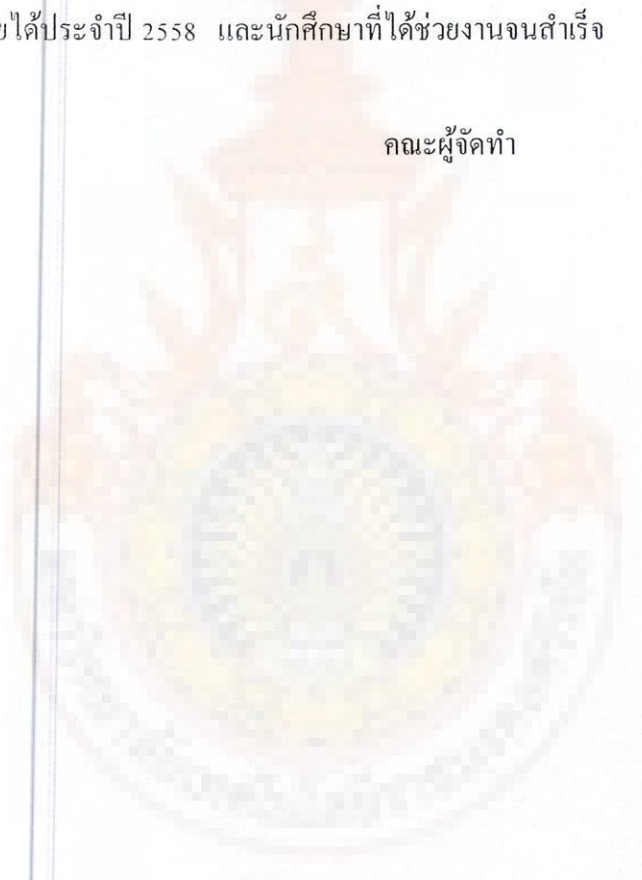
Experimental difference of coconut oil between a squeeze with fermentation was found to be a quantity of coconut oil is less condensed than fermentation. The coconut oil obtained from the squeezed 29% and fermentation 34 %, Viscosity of coconut oil is less condensed than fermentation. Viscosity obtained from the squeezed 52.95 cSt Stand fermentation 71.340 cSt, Density of coconut oil is less condensed than fermentation. The density obtained from the squeeze 853.9 kg/m^3 and fermentation 871.4 kg/m^3 , Specific gravity (S) of coconut oil is less condensed than fermentation. The specific gravity obtained from the squeezed 0.8439 and fermentation 0.8714, condensed color is opaque than Fermentation. The smell of coconut oil is condensed aromatic than fermentation.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการ เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์สำเร็จไปได้ด้วยดี
ขอขอบคุณคณะทำงานทั้งสองท่าน ได้แก่ อาจารย์เฉลิม ศิริรักษ์ และอาจารย์สุรัตน์พร้อมพุทธานกู
ขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์
ในการทดลอง

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่
สนับสนุนทุนวิจัยเงินรายได้ประจำปี 2558 และนักศึกษาที่ได้ช่วยงานจนสำเร็จ

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับมะพร้าว	6
2.3 ระบบไฮดรอลิกส์	10
2.4 วาล์วควบคุมความดันและควบคุมการไหล	29
2.5 มอเตอร์	44
2.6 รีเลย์	56
2.7 คอนแทคเตอร์	59
2.8 โครงสร้างและวัสดุ	66
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	73
3.1 แผนการดำเนินงาน	73
3.2 การออกแบบ	74
3.3 ขั้นตอนการสร้าง	84
3.4 การเตรียมเนื้อมะพร้าว	86
3.5 การบีบน้ำมันมะพร้าว	90
3.6 การทดลอง	94

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 การคำนวณและตัวอย่างการคำนวณ	95
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	100
4.1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	100
4.2 เปอร์เซ็นปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	102
4.3 ค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	102
4.4 ค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่อง บีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	102
4.5 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (S) ที่ได้จากการบีบด้วย เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	102
4.6 ค่าสีและกลิ่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่องบีบ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	102
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	106
5.1 ปัญหาในการดำเนินการ	106
5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินโครงการ	106
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก ก	108
แบบโครงสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	109
ภาคผนวก ข	118
วิธีการบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	119
ภาคผนวก ค	126
การทดลองหาค่าความหนืดและค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	127
ภาคผนวก ง	131
ตารางคุณสมบัติต่างๆของเหล็กฉากและเหล็กกล่อง	132
ประวัติผู้ทำปริญญาโท	136

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	เปรียบเทียบป้อนไฮดรอลิกส์ชนิดต่างๆ	14
2.2	การหาแรงของกระบอกสูบจากตารางในหน่วย กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (คิดที่ประสิทธิภาพ 100%)	18
2.3	การนำเหล็กกล้าคาร์บอนไปใช้งาน	68
2.4	คุณสมบัติของธาตุต่างๆ	69
2.5	คุณสมบัติของธาตุต่างๆที่ผสมในเหล็กหล่อ	71
3.1	แผนการดำเนินงานของ โครงการ	73
3.2	งบประมาณ	83
4.1	แสดงผลการทดลองบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์ ทดลองภายในภาชนะแบบกระบอกบีบขนาด 0.4 kg	101
4.2	แสดงผลการทดลองการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการสกัดเย็นแบบหมักควบคุมอุณหภูมิ 30-38 °C ทดลองภายในภาชนะทรงกระบอกอลูมิเนียมขนาด 16 ลิตร	103
4.3	ค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในแต่ละช่วงอุณหภูมิทดลอง รวมทั้งค่าของน้ำมันบริสุทธิ์ที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดยี่ห้อบริสุทธิ์	104
4.4	ค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิทดลองและค่าของน้ำมันบริสุทธิ์ที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดยี่ห้อบริสุทธิ์	104
4.5	แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าต่างๆของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการทดลองระหว่างการทดลองแบบบีบกับแบบหมัก (สกัดเย็น)	105

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เครื่องคั่นน้ำกะทิพร้อมติดตั้งกล่องชุดอัลฟาซิมเปิลแอปพลิเคชัน คอนโทรลเลอร์	4
2.2	เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (แบบบีบเย็น)	5
2.3	กฎของปาสคาล	11
2.4	ความดันของของไหล	11
2.5	การส่งกำลัง	12
2.6	อัตราการไหลและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกส์	12
2.7	ความเร็วของกระบอกสูบ	13
2.8	ระบบไฮดรอลิกส์ที่แสดงด้วยรูปผ่าและสัญลักษณ์	13
2.9	ปั๊มแบบเฟือง	13
2.10	กระบอกสูบไฮดรอลิกส์และสัญลักษณ์	16
2.11	การหาแรงของกระบอกสูบจากกราฟ	18
2.12	สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ	19
2.13	วาล์วที่เปลี่ยนตำแหน่งโดยการทำงานของโซลินอยด์	20
2.14	วาล์ว 4/3 ชนิดตำแหน่งกลางปิด	21
2.15	วาล์ว 4/3 ตำแหน่งกลางเปิดหมด	22
2.16	วาล์ว 4/3 ตำแหน่งกลางเป็นชนิดช่อง A และ B ปิดส่วน P ต่อกับ T	23
2.17	วาล์ว 4/3 ตำแหน่งกลางมีช่อง P ปิดช่อง A,B และ T ต่อกัน	24
2.18	โครงสร้างของรีลิววาล์ว	25
2.19	โครงสร้างของถังน้ำมัน	25
2.20	กรองน้ำมันจิ้งหะดูหรือสเตรนเนอร์-กรองน้ำมันชนิดความดันสูง	26
2.21	เกจวัดความดัน	27
2.22	วงจรการใช้รีลิววาล์ว	29
2.23	วาล์วควบคุมความดันชนิดปกติปิด	30
2.24	รีลิววาล์ว	31
2.25	วาล์วลดความดันชนิด 2 ทิศทาง	32
2.26	วาล์วลดความดันชนิด 3 ทิศทาง	33

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.27	วาล์วควบคุมอัตราการไหล	34
2.28	วงจรการใช้วาล์วควบคุมการไหล	35
2.29	การควบคุมปริมาณน้ำมันก่อนเข้ากระบอกสูบ	37
2.30	การควบคุมปริมาณน้ำมันที่ออกจากกระบอกสูบ	38
2.31	การควบคุมโดยการระบายน้ำมันออกจากวงจร	39
2.32	แสดงแผนภาพวงจรที่ 8.1	40
2.33	แสดงแผนภาพวงจรที่ 8.2	41
2.34	แสดงแผนภาพวงจรที่ 8.3	42
2.35	แสดงแผนภาพของวงจรที่ 8.4	43
2.36	หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า ให้เกิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนอยู่กับที่เปลี่ยนแปลง	45
2.37	หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า ให้เกิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนอยู่กับที่เปลี่ยนแปลง	45
2.38	โครงสร้างและส่วนประกอบของสพลิทเฟสมอเตอร์	46
2.39	โครงสร้างและส่วนประกอบของสพลิทเฟสมอเตอร์เมื่อแสดงในรูป วงจรไฟฟ้า	46
2.40	แสดงตำแหน่งขดลวดเริ่มหมุนและขดลวดหมุน	47
2.41	รูปส่วนหมุน	47
2.42	รูปสวิตช์แรงเหวี่ยง	47
2.43	การต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อกลับทิศทางหมุนของสพลิทเฟสมอเตอร์	48
2.44	ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสแบบโรเตอร์กรงกระรอก	49
2.45	ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสแบบเวานด์โรเตอร์	50
2.46	ลักษณะการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในส่วนอยู่กับที่ของอินดักชั่นมอเตอร์ สามเฟส	51
2.47	วิธีการเริ่มหมุนของเวานด์โรเตอร์อินดักชั่นมอเตอร์สามเฟส	53
2.48	วิธีการเริ่มหมุนของเวานด์โรเตอร์อินดักชั่นมอเตอร์สามเฟส	53
2.49	การใช้จอ โทรานฟอร์มเมอร์สเตดเตอร์	54

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.50	การใช้ความต้านทานหรือรีแอคเตอร์ปรับที่ส่วนอยู่กับที่ (Stator)	55
2.51	คุณลักษณะสมบัติการเริ่มหมุนของอิดคั่นมอเตอร์	55
2.52	คุณลักษณะสมบัติการเริ่มหมุนของอิดคั่นมอเตอร์	56
2.53	คุณลักษณะสมบัติการเริ่มหมุนของอิดคั่นมอเตอร์	56
2.54	รีเลย์ที่ใช้ในงาน	57
2.55	สัญลักษณ์ของรีเลย์	57
2.56	สัญลักษณ์ของรีเลย์แทน โครงสร้างรีเลย์	57
2.57	สภาวะการทำงานของรีเลย์	58
2.58	ด้านล่างของรีเลย์จะแสดงตำแหน่งขาและด้านบนจะแสดงรายละเอียด การใช้งาน	58
2.59	หน้าสัมผัสของรีเลย์	59
2.60	แมกเนติกคอนแทกเตอร์	60
2.61	แมกเนติกคอนแทกเตอร์แต่ละยี่ห้อ	60
2.62	ลักษณะ โครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทกเตอร์	60
2.63	แกนเหล็กอยู่กับที่	61
2.64	แกนเหล็กเคลื่อนที่	61
2.65	ขดลวด	62
2.66	หน้าสัมผัส	62
2.67	ส่วนประกอบภายนอก	63
2.68	ส่วนประกอบภายใน	63
2.69	การทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์	64
2.70	การแบ่งวัสดุโลหะและอโลหะ	66
2.71	การใช้แผ่นเหล็กสเตนเลสตกแต่งงานสถาปัตยกรรม	70
2.72	พฤติกรรมการเกิดความเค้นของวัสดุ	72
2.73	พฤติกรรมการเกิดความเครียดของวัสดุ	72
3.1	ขั้นตอนการวางแผนดำเนินการสร้าง	74

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.2	แสดงรูปเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าว	75
3.3	ชุดโครงสร้างฐานของเครื่อง	76
3.4	ชุดล้อ	77
3.5	ชุดโครงสร้างกระบอบีบน้ำมันมะพร้าว	78
3.6	ชุดลูกสูบบีบน้ำมันมะพร้าว	78
3.7	กระบอบีบน้ำมันมะพร้าว	79
3.8	ชุดถังน้ำมันไฮดรอลิกส์	79
3.9	ชุดกระบอบไฮดรอลิกส์	80
3.10	Control valve แบบ 4/3	80
3.11	ปั๊มไฮดรอลิกส์แบบเกียร์	81
3.12	มอเตอร์ 3 Hp 3 เฟส	81
3.13	ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า	82
3.14	วาล์วควบคุมอัตราการไหล	82
3.15	เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวไฮดรอลิกส์	83
3.16	การขูดมะพร้าว	84
3.17	ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวขูด	84
3.18	เนื้อมะพร้าวขูดตากแดด	85
3.19	เนื้อมะพร้าวขูดที่ผ่านการตากแดดมาแล้ว	85
3.20	ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวเพื่อนำไปบีบ	86
3.21	ใส่เนื้อมะพร้าวตากแดดน้ำหนัก 0.4 kg	86
3.22	ปิดฝาครอบกระบอบีบ	87
3.23	กด Switch เดินเครื่อง	87
3.24	ดันคันโยก (Control valve) ประมาณ 10-13 ครั้ง	88
3.25	เปิดฝาครอบกระบอบอกออก	88
3.26	ลูกสูบดันกากมะพร้าวออก	89
3.27	นำกากมะพร้าวไปชั่งน้ำหนัก	89

สารบัญรูป(ต่อ)

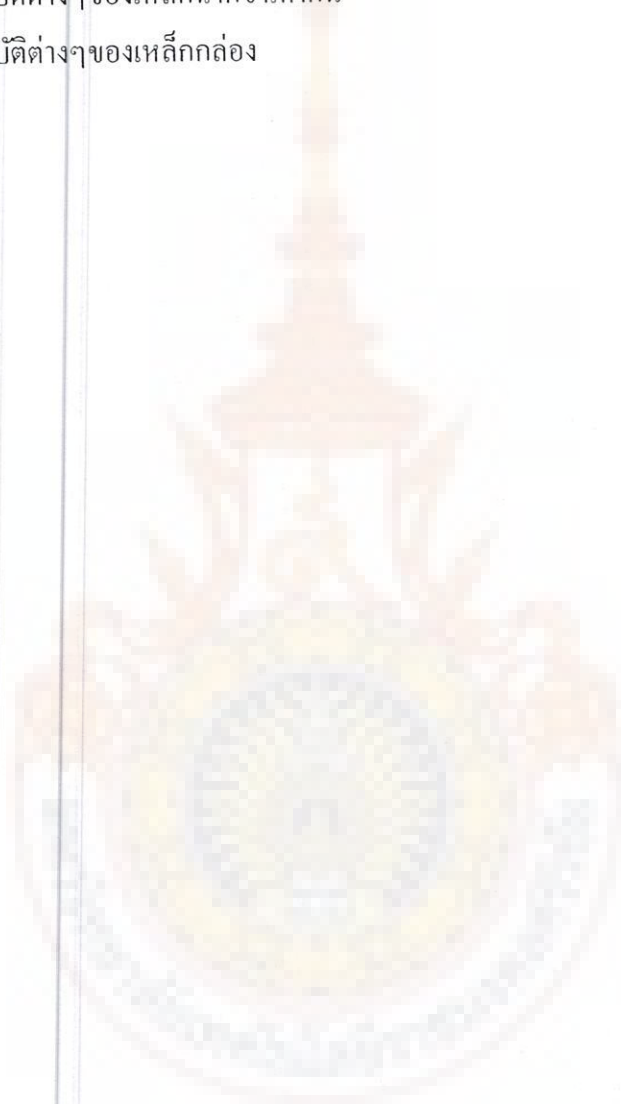
รูปที่		หน้า
3.28	น้ำมันมะพร้าวแบบบีบกับแบบหมัก	90
3.29	เท้าน้ำมันมะพร้าวลงในกระบอกบรรจุน้ำมัน	91
3.30	เทน้ำเปล่าลงในกระบอกบรรจุน้ำ	91
3.31	ปิดฝาครอบ	92
3.32	อุณหภูมิน้ำมันมะพร้าว	92
3.33	ระดับน้ำที่ตัวตราชั่งดิจิตอลไฟฟ้า	93
3.34	ปรับตั้งค่าตราชั่งเป็นศูนย์	93
3.35	แสดงระดับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ภายในกระบอกตวง	94
3.36	นำกระบอกตวงบรรจุน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ชั่งน้ำหนัก	94
ก.1	เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	109
ก.2	เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์(ด้านหน้า)	109
ก.3	เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์(ด้านข้าง – ซ้าย)	110
ก.4	เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์(ด้านข้าง – ขวา)	110
ก.5	เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์(ด้านบน)	111
ก.6	โครงสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	111
ก.7	โครงสร้างชุดบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์	112
ก.8	กระบอกบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	112
ก.9	ลูกสูบบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	113
ก.10	กระบอกสูบไฮดรอลิกส์	113
ก.11	Flow control valve	114
ก.12	Control valve	114
ก.13	Motor 3 Hp 3 Phase	115
ก.14	Hydrolic pump	115
ก.15	Hydrolic tank	116
ก.16	ชุดล้อ	116
ก.17	Control panel	117

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข.1	นำผลมะพร้าวมาชูดด้วยเครื่องชูดมะพร้าวให้ได้เนื้อมะพร้าว 5 kg	119
ข.2	นำเนื้อมะพร้าวชูดมาชั่งน้ำหนักก่อนนำไปตากแดด	119
ข.3	นำเนื้อมะพร้าวชูดไปตากแดดไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง	120
ข.4	ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูดที่ตากแดดมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง	120
ข.5	นำเนื้อมะพร้าวชูดที่ตากแดดมาแล้วมาชั่งน้ำหนักครั้งละ 0.4 kg เพื่อนำไปบีบในแต่ละครั้ง	121
ข.6	นำเนื้อมะพร้าวชูดที่ผ่านการตากแดดมาชั่งน้ำหนัก 0.4 kg ใส่ในกระบอกบีบ	121
ข.7	ปิดฝาครอบกระบอกบีบ หมุนยึดน็อตให้แน่นก่อนทำการบีบ	122
ข.8	กด Switch เดินเครื่อง	122
ข.9	ดันคัน โยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบเลื่อนไปบีบเนื้อมะพร้าวประมาณ 10-13 ครั้งเพื่อให้น้ำมันออกจนหมด	123
ข.10	ดันคัน โยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบเลื่อนลงและเปิดฝาครอบกระบอกออก	123
ข.11	ดันคัน โยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบดันกากมะพร้าวออกมา	124
ข.12	นำกากมะพร้าวที่ผ่านการบีบแล้วไปชั่งน้ำหนัก	124
ข.13	น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบ	125
ค.1	นำน้ำมันมะพร้าวเทใส่ลงในกระบอกบรรจุน้ำมันจนถึงระดับ (การทดลองหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Capillary tube viscometer)	127
ค.2	นำน้ำเปล่าเทใส่ลงในกระบอกบรรจุน้ำมันจนถึงระดับ	127
ค.3	ปิดฝาครอบให้สนิท	128
ค.4	รอจนน้ำมันมีอุณหภูมิถึง 40° c ค้างปิดรูระบายน้ำมันออก จับเวลา	128
ค.5	เตรียมตาชั่งดิจิตอลแบบไฟฟ้า ปรับตั้งค่าให้เป็นศูนย์ (การทดลองหาค่าความหนาแน่น Density)	129
ค.6	ชั่งกระบอกดวง 10 cm ³ แล้วปรับตั้งค่าให้เป็นศูนย์	129
ค.7	เติมน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลงในกระบอกดวงให้มีปริมาตร 10 cm ³	130

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค.8	นำกระบอกตวงที่บรรจุน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไปชั่งน้ำหนัก บนที่กล้า	130
ง.1	คุณสมบัติต่างๆของเหล็กฉากขาเท่ากัน	136
ง.2	คุณสมบัติต่างๆของเหล็กกล่อง	138



บทที่ 1

บทนำ

แนวคิดในการคิดค้นและสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์เพื่อสนองความต้องการของเกษตรกร ทุนแรงและลดเวลาในการบีบน้ำมันมะพร้าว ในบทนี้จะกล่าวถึงความ เป็นมาและความสำคัญของปัญหาวัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงการ การดำเนินโครงการ ระยะเวลาการดำเนินโครงการและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาและ ปรับปรุงเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์เพื่อการแปรรูปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะพร้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยชนิดหนึ่งเนื่องจากมีกำลังการผลิตมาก เป็นอันดับ 6 ของโลกโดยมะพร้าวสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ได้ ซึ่งในปัจจุบันน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์กำลังได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเป็นอย่างมากเนื่องจากอุดม ไปด้วยวิตามินสารต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำนวนมากจึงทำ ให้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีคุณสมบัติในการต้านการติดเชื้อด้านเชื้อจุลินทรีย์และต้านอนุมูลอิสระ ได้ อีกทั้งน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยอาหารประเภทไขมันเส้น ใยอาหารโปรตีนคาร์โบไฮเดรตและแร่ธาตุรองต่างๆจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งเป็นอาหารและยา ทั้งนี้ น้ำมันมะพร้าวสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทคือน้ำมันมะพร้าว RBD (Refined, Bleached, De-odorised coconut oil) และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์หรือที่เรียกอีกอย่างว่า “น้ำมันมะพร้าวบีบเย็น” โดยโครงการนี้จะให้รายละเอียดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในส่วนของ การสกัดและการผลิตน้ำมัน มะพร้าวบริสุทธิ์ได้แก่การผลิตโดยใช้เครื่องเหวี่ยงซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ระยะเวลาอันสั้นในการผลิต และบรรจุ จึงส่งผลให้มีโอกาสปนเปื้อนต่ำ สามารถรักษาคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวได้ดีที่สุด วิธีการนี้สามารถแยกชั้นน้ำและตะกอนออกจากน้ำมันได้อย่างสมบูรณ์ น้ำมันที่ได้มีความเสถียรสูง ปริมาณความชื้นต่ำมาก เพื่อหลีกเลี่ยงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (Hydrolysis Reaction) และปฏิกิริยา ออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) อันส่งผลให้น้ำมันมะพร้าวมีกลิ่นเหม็นหืนและเหม็นเปรี้ยว การ ผลิตโดยใช้เครื่องบีบแบบสกรูจะได้น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตมีคุณภาพสูงและมีกลิ่นหอมคงรส ธรรมชาติของน้ำมันมะพร้าว ปราศจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และยังคงอุดมสารต่างๆ ที่เป็น ประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารต้านอนุมูลอิสระเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับใช้ในการผลิตยาและ เครื่องสำอาง การผลิตโดยใช้เครื่องไฮดรอลิกส์จะทำให้ได้น้ำมันคุณภาพดี แต่ต้องลงทุนเครื่องที่มี

ราคาแพง แต่สามารถบีบมะพร้าวได้หลายครั้งเพื่อนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ออกจากเนื้อมะพร้าวให้ได้มากที่สุดน้ำมันที่ได้จะมีคุณภาพดี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระหว่างแบบบีบกับแบบหมัก

1.2.3 เพื่อทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของค่าความหนืด ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ กลิ่นและสีของน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการบีบ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 เครื่องสามารถบีบเนื้อมะพร้าวชุดที่ผ่านการตากแดดแล้วให้ได้น้ำมันมะพร้าวไม่น้อยกว่า 20% ของเนื้อมะพร้าวชุดที่ผ่านการตากแดดแล้ว 1 kg.

1.3.2 มะพร้าวที่ใช้บีบเป็นเนื้อมะพร้าวชุดที่ผ่านการตากแดด 1 ชุด (ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องบีบน้ำมันเนื้อมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

1.4.2 รู้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบ

1.4.3 รู้คุณสมบัติค่าความหนืดและสีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบ

บทที่ 2

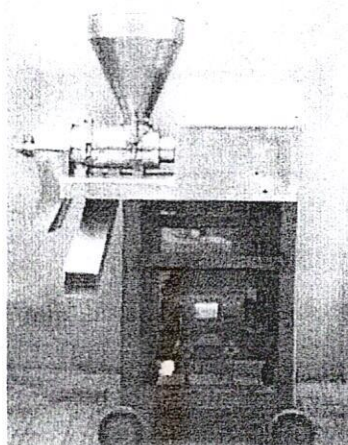
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวกับเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์และการพัฒนาออกแบบเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์รวมถึงชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์เพื่อใช้ในการทำงานให้มีประสิทธิภาพและสามารถเลือกใช้วัสดุในการสร้างเครื่องได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะงาน ดังนั้น เพื่อให้เครื่องที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพจะต้องทราบทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คมสัน [1] ได้สกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบสกัดหมัก โดยการใช้น้ำกะทิ นำมาใส่ภาชนะสำหรับหมักปิดฝาให้สนิท ทิ้งไว้ 2-3 วัน จะเห็นน้ำมันอย่างชัดเจน ซึ่งจะสะดวกเวลาคูดน้ำมันออกจากภาชนะน้ำมันมะพร้าวจะลอยตัวอยู่ด้านบนของภาชนะ

ชานี [2] ทดสอบเครื่องผลิตน้ำกะทิอัตโนมัติโดย (α) อัลฟาซิมเปิลแอปพลิเคชันคอนโทรลเลอร์จัดเป็นเครื่องทดสอบต้นแบบที่ได้แนวความคิดมาจากเครื่องขูดมะพร้าวและเครื่องคั้นน้ำกะทิตามท้องตลาดเพื่อเป็นการลดการใช้แรงงานคนและสามารถผลิตน้ำกะทิออกมาได้ครั้งละจำนวนมากๆซึ่งมีคุณภาพที่ดีเครื่องนี้จะควบคุมการทำงานให้เป็นแบบอัตโนมัติโดยอาศัย (α) อัลฟาซิมเปิลแอปพลิเคชันคอนโทรลเลอร์จะเริ่มตั้งแต่การป้อนชิ้นมะพร้าวเข้าสู่เครื่องขูดมะพร้าว หลังจากนั้นเครื่องจะทำการผสมน้ำกับเนื้อมะพร้าวเข้าด้วยกัน โดยการฉีดพ่นน้ำเข้าไปแล้วดำเนินเข้าสู่เครื่องคั้นน้ำกะทิโดยใช้ระบบเกลิวอดทำการบีบอัดจนได้น้ำกะทิแล้วจึงทำการแยกกากโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 2.1 เครื่องคั้นน้ำกะทิพร้อมติดตั้งกล่องชุดอัลฟาซิมเปิดแอปพลิเคชันคอนโทรลเลอร์ [3]

ณัฐพงศ์และคณะ [3] ศึกษาเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (แบบบีบเย็น) ประกอบด้วยชุดส่งกำลังบีบอัด เพื่อทำหน้าที่เป็นลูกเบี้ยวโยกคันโยกคันแม่แรงไฮดรอลิกส์ แบบคันโยกขนาด 15 ตัน ชุดบีบน้ำมันมะพร้าว ทำจากกระบอกสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว 30 เซนติเมตร ผันังกระบอกเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ทัวทั้งกระบอก ชุดก้านคั้นมะพร้าวออกจากชุดบีบ ซึ่งการทดสอบ ประกอบด้วย 4 การทดสอบย่อย คือ มะพร้าวชุดตากแดด 1 วัน บรรจุในถุงผ้ากรอง มะพร้าวชุดตากแดด 1 วัน ไม่บรรจุในถุงผ้ากรอง มะพร้าวชุดตากแดด 2 วัน บรรจุในถุงผ้ากรอง และมะพร้าวชุดตากแดด 2 วัน ไม่บรรจุในถุงผ้ากรอง ปรากฏว่า เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวแบบบีบเย็นมีความสามารถบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (บีบเย็น) ได้น้ำมันสูงสุด 1106.77 กรัมต่อชั่วโมง และเมื่อนำไปวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Color Systems พบว่า การทดสอบกับมะพร้าวชุดตากแดด 1 วัน ไม่บรรจุในถุงผ้ากรองมีค่าความใส (L) ดีที่สุดคือ 4.11 ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาดคือ 2.16 ซึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดในขั้นตอนการกรองด้วยกระดาษกรอง



รูปที่ 2.2 เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (แบบบีบเย็น) [4]

ยุทธชัย [4] การผลิตน้ำมันมะพร้าว สามารถทำได้ 2 วิธี คือ แบบเคี้ยวการนำมะพร้าวสดมาคั้นกะทิ จากนั้นนำน้ำกะทิที่ได้มาเทลงในกระทะที่ตั้งไฟแล้วทำการเคี้ยวน้ำกะทิจนน้ำมันแยกตัวออกโดยส่วนที่อยู่ก้นกระทะจะเป็นกากและจับตัวเป็นก้อน ๆ ส่วนนี้เราจะไม่ใช่แต่สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงใช้ติดไฟได้น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการเคี้ยวจะมีความสะอาดและมีไขมันน้อย ซึ่งกะทิ 1 ลิตร สามารถเอาน้ำมันมะพร้าวประมาณ 0.25 ลิตร และแบบหีบคือการนำมะพร้าวแห้งหรือสดมาแกะเอาเนื้อมะพร้าวออก แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำเนื้อมะพร้าวแห้งไปเข้าเครื่องอัดหรือรีดก่อนการหีบควรนำเนื้อมะพร้าวเข้าอบให้ความร้อนก่อนเพื่อให้เนื้อมะพร้าวคลายน้ำมันได้มากและง่ายขึ้นน้ำมันที่ได้จากการหีบจะมีเศษปนเปื้อนค่อนข้างมากเช่น กากของมะพร้าวเศษผงต่าง ๆ ที่ติดมากับเนื้อมะพร้าววิธีนี้น้ำมันมะพร้าวที่ได้จะมีไขมันปนอยู่ในอัตราที่สูง การนำไปใช้งานควรมีการกรองให้สะอาดหรือนำมาเคี้ยวอีกครั้งหนึ่ง มะพร้าวแห้ง 3 ลูก จะได้น้ำมันมะพร้าวแห้ง 1 กก. เมื่อนำมาหีบจะได้น้ำมันมะพร้าว 6 ซีด (ประมาณ 0.8 ลิตร)

รศ.เฉลิมยศ อุทัยรัตน์ และ นิภาพร สุวรรณโรจน์ [5] โครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาและสร้างเสริมอาชีพ ได้ระบุข้อมูลภายในคู่มือและหลักสูตรการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบเย็น และผลิตภัณฑ์จากน้ำมันมะพร้าว ว่าได้คั้นกะทิสด ผสมน้ำต้มสุกหรือผสมน้ำมันมะพร้าว หมักจนเกิดการแยกตัวเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุด เรียกว่า ครีม เป็นส่วนของโปรตีน มีสีขาว ชั้นกลางเป็นส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil) ชั้นล่างเป็นส่วนของน้ำที่เกิดจากการหมัก ส่วนของน้ำมันที่ได้ประมาณ 15% จากปริมาณของน้ำกะทิเริ่มต้น

ลลิตา [6] ทำการผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูงเป็นวิธีการบีบน้ำมัน โดยเครื่องบีบแบบสกรู (Screwtype press) จากเนื้อมะพร้าวสดที่ผ่านการชูดและอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูดจะผ่านการอบแห้งทันทีหลังจากกะเทาะเปลือกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแบคทีเรียซึ่งทำให้คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวด้อยลงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบเนื้อมะพร้าวชูดคือ 50-60 องศาเซลเซียส และจะใช้ระยะเวลาในการอบสั้นซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำมันมีสีเหลืองเนื้อมะพร้าวหลังอบแห้งจะมีความชื้น 10-20% จุดสำคัญของขั้นตอนการผลิตน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการนี้คืออุณหภูมิในการอบและปริมาณความชื้นของเนื้อมะพร้าวหลังอบเมื่อนำเนื้อมะพร้าวชูด 1 กิโลกรัมมาผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นด้วยวิธีการข้างต้นจะให้ผลผลิตของน้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 0.17 กิโลกรัม

สุวันชัยและสิทธิโชค [7] ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อเครื่องคั้นกะทิแบบใช้มือโยกเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องคั้นกะทิตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ลักษณะของหน้าตัดที่ใช้คั้นกะทิ แรงโยกและปริมาณมะพร้าวที่ใช้คั้นต่อครั้งพบว่า ลักษณะของหน้าตัดที่ใช้คั้นกะทิควรเป็นหน้าตัดแบบไฮเปอร์โบลิกที่มีกรวยรองการอัดแรงกดที่ใช้ในการอัดเพื่อคั้นกะทิไม่ควรต่ำกว่า 30 กิโลกรัม ที่ตำแหน่ง 80 เซนติเมตร จากจุดหมุนและปริมาณมะพร้าวชูดที่ใช้คั้นต่อครั้งอยู่ในช่วง 500-1,000 กรัมเมื่อใช้เครื่องคั้นแบบมือโยกที่มีหน้าตัดของการอัดแบบไฮเปอร์โบลิกคั้นมะพร้าวชูด 500-1,000 กรัม จะได้เปอร์เซ็นต์น้ำกะทิโดยน้ำหนัก 59.76% และอัตราการคั้น 66.15 กก./ชม. โดยใช้เวลาคั้น 40 วินาทีต่อครั้ง

2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับมะพร้าว

2.2.1 ความสำคัญ

มะพร้าวมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocosnucifera* Linn เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยเนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน จากสำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทยจำนวน 1 คนจะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัมหรือประมาณ 18 ผลต่อคนต่อปี ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีผลเมืองประมาณ 64 ล้านคน ซึ่งจะใช้ผลมะพร้าวประมาณ 990 ล้านผลหรือประมาณ 65% ของผลผลิตทั้งหมดส่วนที่เหลือประมาณ 35% ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 489 ล้านผลใช้ในรูปแบบของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมมะพร้าวใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่มคือ

1) ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค เช่นอุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น อุตสาหกรรมมะพร้าวชูดแห้ง อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว

2) ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมและการอุปโภค เช่น อุตสาหกรรมเส้นใยจากมะพร้าว อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว ผลผลิตมะพร้าวแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 2,700 ล้านบาท ซึ่งเราไม่ควรที่จะละเลยและควรเร่งหาทางในการส่งเสริมและพัฒนาะพร้าวอีกต่อไป มะพร้าวสามารถขึ้นได้ในทุกจังหวัดทั่วประเทศแต่ขึ้นได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อยคือ pH ระหว่าง 6-7 ลักษณะดินร่วน หรือร่วนปนทรายมีการระบายน้ำดี มีฝนตกกระจายสม่ำเสมอแทบทุกเดือน อากาศอบอุ่น หรือค่อนข้างร้อนและมีแสงแดดมาก ภาควิชาที่มีการปลูกมะพร้าวมากและปลูกเป็นอาชีพคือภาคใต้

2.2.2 พันธุ์มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชผสมข้ามพันธุ์แต่ละต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้ อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ที่เป็นไปโดยธรรมชาติ อาจแบ่งมะพร้าวออกเป็น 2 ประเภท คือประเภทต้นเตี้ยและประเภทต้นสูง

1) ประเภทต้นเตี้ย มะพร้าวประเภทนี้มีการผสมตัวเองค่อนข้างสูงจึงมักให้ผลตกและไม่ค่อยขยายพันธุ์ ส่วนใหญ่นิยมปลูกไว้เพื่อรับประทานผลอ่อนเพราะในขณะที่ยังไม่แก่ อายุประมาณ 4 เดือน เนื้อมีลักษณะอ่อนนุ่มและน้ำมีรสหวาน บางพันธุ์น้ำมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีกลิ่นหอม มะพร้าวประเภทต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เปลือกสีเขียว เหลือง นวล (สีงาช้าง) น้ำตาลแดงหรือสีส้ม น้ำมีรสหวาน มีกลิ่นหอม มะพร้าวต้นเตี้ยทุกพันธุ์จะมีผลขนาดเล็กเมื่อผลแก่มีเนื้อบางและน้อยซึ่งได้แก่พันธุ์ นกลุ่ม หมูสีเขียว หมูสีเหลือง หรือนาฬิกา มะพร้าวเตี้ย น้ำหอมและมะพร้าวไฟ แต่ปัจจุบันมะพร้าวน้ำหอมกำลังเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการบริโภคสดและส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศตลอดจนใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

2) ประเภทต้นสูง ตามปกติมะพร้าวต้นสูงจะผสมข้ามพันธุ์ คือ ในแต่ละช่อดอก (จั่น) หนึ่ง ๆ ดอกตัวผู้จะค่อย ๆ ทอยบานและร่วงหล่นไปหมดก่อนที่ดอกตัวเมียในจั่นนั้นจะเริ่มบานจึงไม่มีโอกาสผสมตัวเอง มะพร้าวประเภทนี้เป็นมะพร้าวเศรษฐกิจส่วนใหญ่ปลูกเป็นสวนอาชีพเพื่อใช้เนื้อจากผลแก่ไปประกอบอาหาร หรือเพื่อทำมะพร้าวแห้งใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช ลักษณะทั่วไป

- ลำต้นใหญ่
- โคนต้นมีสะโพกใหญ่
- ต้นสูง โตเต็มที่สูงประมาณ 18 เมตร

- ทางใบใหญ่และยาว
- ถ้ามีการดูแลปานกลางจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 5-6 ปี
- อายุยืนให้ผลผลิตนานประมาณ 80 ปี

มะพร้าวต้นสูง มีผลโต เนื้อหนา ปริมาณเนื้อมาก มีลักษณะภายนอกหลายอย่างที่แตกต่างกันเช่น ผลขนาดกลาง ขนาดใหญ่ รูปผลกลม ผลรี บางพันธุ์เปลือกมีลักษณะพิเศษ คือในขณะที่ผลยังไม่แก่เปลือกตอนส่วนหัวจะมีรสหวานใช้รับประทานได้จึงมีชื่อเรียกต่างๆ กัน ได้แก่ พันธุ์กะโหลก มะพร้าวใหญ่ มะพร้าวกลาง ปากจก ทะลายร้อย เป็นต้น

2.2.3 การคัดเลือกมะพร้าว

เพื่อใช้ทำพันธุ์ เพื่อให้ได้ต้นมะพร้าวที่มีลักษณะดีตามที่ต้องการ จำเป็นจะต้องคัดเลือกที่จะนำไปเพาะ และเมื่อเพาะงอกเป็นหน่อแล้วก็ต้องคัดเลือกหน่อพันธุ์ด้วย โดยมีขั้นตอนการคัดเลือกดังนี้

- 1) สวนพันธุ์
- 2) ต้นพันธุ์
- 3) ผลพันธุ์
- 4) หน่อพันธุ์

2.2.4 การคัดเลือกสวนพันธุ์

- 1) เป็นสวนที่ปลูกมะพร้าวพันธุ์เดียวกัน
- 2) ขนาดสวนไม่น้อยกว่า 10 ไร่
- 3) อยู่ในแหล่งที่มีการปลูกมะพร้าวเป็นอาชีพ
- 4) ต้นมะพร้าวมีขนาดอายุใกล้เคียงกันและควรจะมีอายุไม่ต่ำกว่า 15 ปี
- 5) เป็นสวนที่มีการดูแลปานกลางและมีต้นที่มีผลตกอยู่เป็นจำนวนมาก
- 6) ไม่มีโรคหรือแมลงระบาด

2.2.5 การคัดเลือกต้นพันธุ์

- 1) ควรเป็นต้นที่อยู่ในบริเวณกลางๆ สวนให้ผลตกไม่น้อยกว่า 60 ผล/ต้น/ปี
- 2) ควรมีการจดบันทึกการให้ผลของต้นที่คิดว่าจะใช้เป็นต้นพันธุ์ก่อนประมาณ 3-4 ปี เพื่อให้แน่ใจว่า ให้ผลตกจริง โดยหาสีไว้ที่ต้นเป็นที่สังเกตหรืออาจทำเครื่องหมายอย่างอื่นก็ได้
- 4) เป็นต้นที่ไม่อยู่ใกล้บ้าน คอกสัตว์ หรือในที่ที่คิดว่าเป็นต้นอื่น
- 5) ลำต้นตรง แข็งแรง อวบ ปล้องถี่ พุ่มใบเป็นรูปวงกลม หรือครึ่งวงกลม มีจำนวนทาง(ใบ)มาก โคนทางสั้นและใหญ่ มีจั่นอย่างน้อย 10 จั่น กระจายอยู่รอบต้นและทุกจั่นมีผลขนาดต่าง ๆ กันติดอยู่ ทะลายควรงั่งทางก้านทะลายสั้นและใหญ่

6) เป็นต้นที่มีอายุไม่น้อยกว่า 15 ปี ให้ผลมีลักษณะกลมขนาดใหญ่เส้นรอบวงของกะลาไม่ต่ำกว่า 45 ซม. เนื้อหนา เปลือกไม่หนาหรือบางเกินไป

2.2.6 การคัดเลือกผลพันธุ์

ผลมะพร้าวแม้จะเก็บจากต้นแม่พันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกแล้วก็ตาม อาจมีบางผลที่มีลักษณะไม่เหมาะสมนำไปเพาะพันธุ์ เช่น ผลแตกระหว่างเก็บเกี่ยว มีโรคแมลงทำลาย จึงควรคัดเลือกผลก่อนนำไปเพาะ ซึ่งมีลักษณะการพิจารณาดังนี้

- 1) เป็นผลที่ได้รับความกระทบกระเทือนน้อย จึงควรเก็บโดยใช้เชือกโยงลงมา
- 2) ผลโตได้ขนาด รูปผลค่อนข้างกลมหรือมีลักษณะตรงตามพันธุ์
- 3) ผลแก่จัด เปลือกมีสีก้ำมปูหรือสีน้ำตาล มีลักษณะคลอนน้ำ
- 4) ไม่มีโรคแมลงทำลาย

2.2.7 การเตรียมผลพันธุ์ก่อนเพาะ

- 1) ปาดเปลือกทางด้านหัวออกขนาดประมาณเท่าผลส้มเขียวหวานเพื่อให้ น้ำซึมเข้าได้สะดวกในระหว่างเพาะและช่วยให้หน่องอกแทงออกมาได้ง่าย
- 2) ถ้าเป็นผลที่ยังไม่แก่จัด เปลือกมีสีเขียวปนเหลืองให้นำไปฝังไว้ในที่ร่ม โดยวางเรียงให้รอยปาดอยู่ด้านบน ฝังไว้ประมาณ 15-30 วันจนเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
- 3) เตรียมผลพันธุ์ไว้ประมาณ 2 เท่าของจำนวนหน่องที่ต้องการ เพราะในขณะเพาะจะมีพันธุ์ที่ไม่งอกและเมื่องอกแล้วก็ต้องคัดหน่องที่ไม่แข็งแรงออก

2.2.8 การเตรียมแปลงเพาะ

- 1) แปลงเพาะควรอยู่กลางแจ้ง ใกล้เคียงแหล่งน้ำ และมีการระบายน้ำดี
- 2) ไม่เป็นแหล่งที่เคยมีโรคและแมลงระบาดมาก่อน
- 3) พื้นแปลงควรเป็นทรายหยาบ เพื่อสะดวกในการเพาะและย้ายกล้า
- 4) ปราบวัชพืชออกให้หมด ถ้าพื้นดินเป็นดินแข็งควรไถดินลึก 15-20 ซม.
- 5) ถ้าแปลงกว้างมากควรแบ่งเป็นแปลงย่อย ขนาดกว้างประมาณ 2.50 เมตร ยาวตามความต้องการ เว้นทางเดินระหว่างแปลง 50 ซม.

6) ในแต่ละแปลงย่อยจุดเป็นร่องลึกประมาณ 10 ซม. กว้างเท่าขนาดของผลมะพร้าว ยาวตลอด พื้นที่แต่ละแปลงจะเพาะมะพร้าวได้ 10 แถว

2.2.9 วิธีการเพาะ

- 1) วางผลมะพร้าวตามแนวนอนลงในร่องที่เตรียมไว้ หนวดด้านที่ปาดขึ้นข้างบนเรียงไปตามทิศทางเดียวกัน ให้แต่ละผลติดกันหรือห่างกันไม่เกิน 5 ซม.
- 2) กลบทรายหรือดินให้ส่วนของผลมะพร้าว โผล่พ้นผิวดินประมาณ 1/3 ของผล

3) ถ้าฝนไม่ตก รดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ โดยสังเกตจากความชื้นตรงบริเวณรอยปาด

4) คอยดูแลกำจัดวัชพืช โรค-แมลงต่าง ๆ หลังจากการเพาะแล้วประมาณ 2-3 สัปดาห์ หน่อจะเริ่มงอก ในระยะแรก ๆ จะงอกน้อย เมื่อเลย 4 สัปดาห์ไปแล้วหน่อจะงอกมากขึ้น มะพร้าวที่ไม่งอกภายใน 10 สัปดาห์ หรือ 70 วัน ควรคัดทิ้ง หรือนำไปทำเป็นมะพร้าวแห้ง เพราะถ้าปล่อยทิ้งไว้ให้งอก ก็จะได้หน่อที่ไม่ดี ตามปกติมะพร้าวจะงอกประมาณร้อยละ 60 ภายใน 10 สัปดาห์ เมื่อหน่อยาวประมาณ 1-3 นิ้วควรย้ายลงแปลงชำ ในการชำจะไม่ย้ายลงแปลงชำที่ละเอียด แต่จะร่อยย้ายพร้อมกันในคราวเดียว ในกรณีที่ทำการเพาะมะพร้าวเป็นจำนวนไม่มากนักอาจทำการเพาะโดยไม่ต้องลงแปลงชำก็ได้ แต่ในการเพาะ ต้องขยายระยะให้กว้าง โดยวางผลห่างกันประมาณ 45-50 ซม. เพื่อให้หน่อเจริญได้ดี จะได้หน่อที่อ้วนและแข็งแรงเมื่อหน่อมีใบประมาณ 4-6 ใบ ก็คัดไปปลูกได้

2.2.10 การเก็บผล

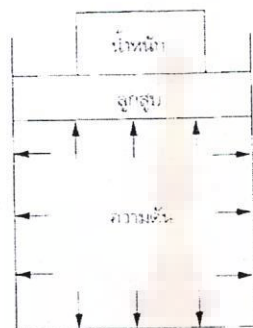
มะพร้าวออกดอกโดยเฉลี่ยปีละ 12 จัน ถ้าได้รับการดูแลดีก็จะติดผลทุกจัน ได้ผลผลิตมาทุกเดือน เดือนละ 1 ทะลาย แต่ตามปกติจะเก็บผลมะพร้าวได้ไม่เท่ากันในแต่ละเดือน เดือนที่ให้ผลผลิตน้อยคือ ระหว่างเดือนธันวาคมถึงมีนาคม ต่อจากนั้นจะเก็บผลมะพร้าว ได้มากขึ้นเรื่อยๆ ช่วงที่เก็บผลได้มากที่สุดคือ เดือนสิงหาคมถึงกันยายน มะพร้าวจะเริ่มแก่เมื่ออายุประมาณ 11 เดือน จนอายุ 12 เดือน ก็จะแก่เต็มที่ ลักษณะผลแก่สังเกตได้จากผิวของเปลือก จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลและปริมาณน้ำในผลจะน้อยลง ดังนั้นเมื่อเขย่าผลก็จะได้ยินเสียงน้ำกลอน มะพร้าวในทะลายเดียวกันจะแก่ไม่พร้อมกัน จึงควรเลือกเก็บผลจากมะพร้าวที่ผลมะพร้าวแก่หมดแล้ว เกษตรกรนิยมสอยมะพร้าวทุกๆ 45-60 วัน แล้วแต่ปริมาณผลมะพร้าวในสวน การสอยส่วนใหญ่นิยมใช้ไม้ไผ่ผ่ายาวๆ ที่มีตะขอผูกติดไว้ที่ปลายลำ ใช้ตะขอเกี่ยวทะลายที่มีผลแก่แล้วดึงกระตุกให้ผลหลุดตกลงมา แต่ถ้าต้นมะพร้าวสูงมากๆ เกษตรกรมักใช้ลิงเก็บผลมะพร้าวแทน ใน 1 วันจะเก็บผลมะพร้าวได้ประมาณ 600 ผล

2.3 ระบบไฮดรอลิกส์

2.3.1 นิยามของระบบไฮดรอลิกส์

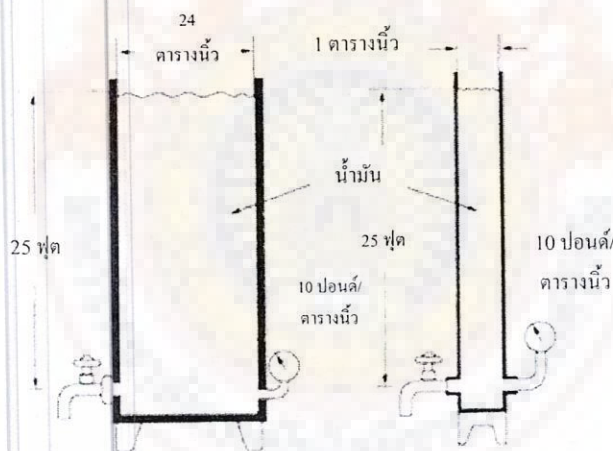
ระบบไฮดรอลิกส์ คือ ระบบที่ทำการส่งและควบคุมแรงและการเคลื่อนที่โดยของไหล โดยของไหลในที่นี้คือน้ำมัน ไฮดรอลิกส์ คำว่า “ไฮดรอลิกส์” (Hydraulic) มาจากคำว่า “Hydor” ซึ่งเป็นภาษากรีก แปลว่า น้ำ (Water) ระบบไฮดรอลิกส์เป็นระบบที่ใช้หลักการของนักวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งชื่อว่า ปาสกาล (Pascal) ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งได้อธิบายหลักการทั้งหมดไว้ว่า ความดันของของไหลจะมีคุณสมบัติดังนี้คือ

- 1) ความดันของของไหลจะกระทำตั้งฉากกับพื้นที่ที่กระทำ
- 2) ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะปิดนั้นมีค่าเท่ากันทุกจุด



รูปที่ 2.3 กฎของปาสคาล

2.3.2 ความดันของของไหล

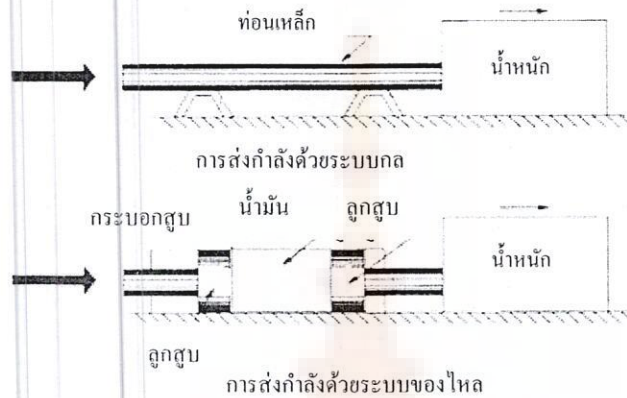


รูปที่ 2.4 ความดันของของไหล

โดยน้ำหนักของน้ำมันที่ความสูง 25 ฟุต จะทำให้เกิดความดันขึ้นเท่ากับ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยไม่คำนึงถึงขนาดของภาชนะว่าเท่ากันหรือไม่ (ความสูง 1 ฟุตทำให้เกิดความดัน 0.4 PSI) ดังรูปที่ 2.4

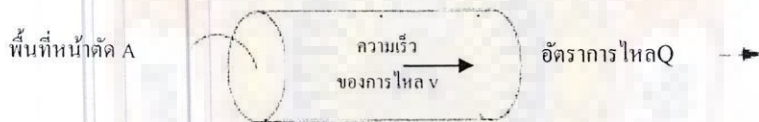
2.3.3 การส่งกำลัง

ตามกฎของบอยล์ (Boyle's Law) กล่าวว่า การส่งแรงและกำลังสามารถส่งผ่านทางแก๊สหรือของไหลเหมือนกับการส่งผ่านทางท่อเหล็กดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การส่งกำลัง

2.3.4 อัตราการไหลและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกส์



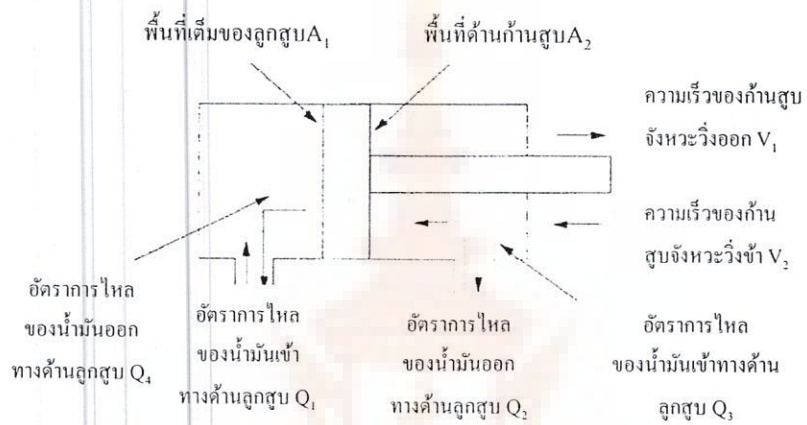
รูปที่ 2.6 อัตราการไหลและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกส์

เมื่อน้ำมันไฮดรอลิกส์ไหลในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัด (A) จะได้ความเร็ว (V) และอัตราการไหล (Q) สัมพันธ์กันดังต่อไปนี้ดังรูปที่ 2.6

$$Q = V A \tag{2.1}$$

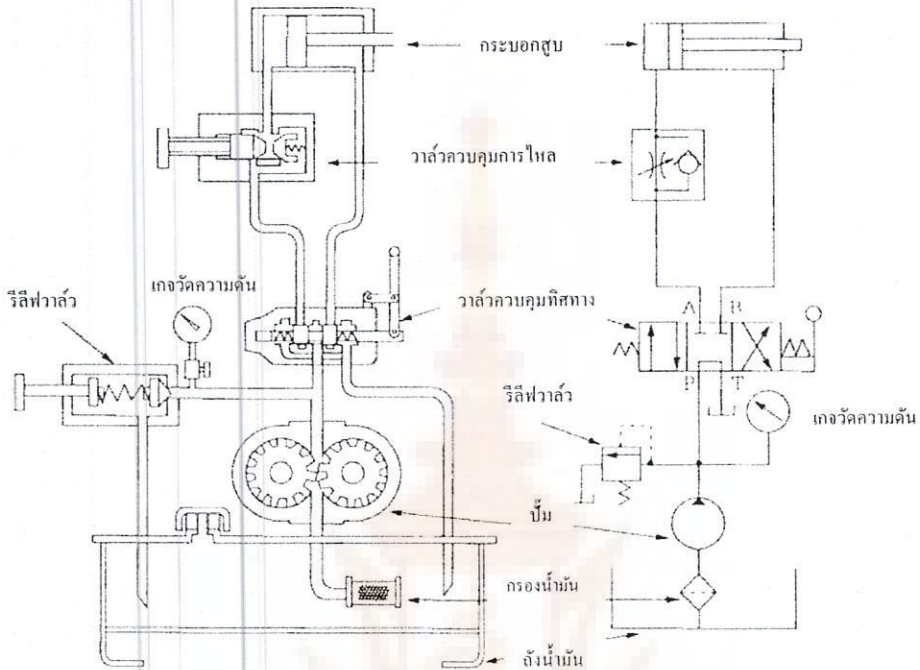
Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เซนติเมตร/วินาที) (cm^3/sec)
 V = ความเร็ว (เซนติเมตร/วินาที) (cm/sec)
 A = พื้นที่หน้าตัด (ตารางเซนติเมตร) (cm^2)

2.3.5 ความเร็วของกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



รูปที่ 2.7 ความเร็วของกระบอกสูบ

2.3.6 โครงสร้างของวงจรไฮดรอลิกส์



รูปที่ 2.8 ระบบไฮดรอลิกส์ที่แสดงด้วยรูปผ่าและสัญลักษณ์

2.3.7 หลักการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์

จากรูปที่ 2.8 เริ่มจากถังน้ำมันไฮดรอลิกส์ จะมีปั๊มไฮดรอลิกส์จุ่มอยู่ในถังน้ำมัน ที่ปลายของท่อจะมียกกรองน้ำมันไฮดรอลิกส์ ทำหน้าที่กรองให้น้ำมันสะอาดก่อนที่จะส่งเข้าไปยังปั๊มไฮดรอลิกส์ เมื่อปั๊มไฮดรอลิกส์หมุน (ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า) ก็จะดูดน้ำมันแล้วส่งน้ำมันไปยังวาล์วควบคุมทิศทาง น้ำมันจะไหลจากช่อง P กลับไปยังถังน้ำมันทางช่อง T จึงทำให้ปั๊มส่งน้ำมันโดยไม่มีไหลตมกระทบกับน้ำมันไฮดรอลิกส์ แต่เมื่อโยกวาล์วควบคุมทิศทาง ทำให้ก้านสูบวิ่งออกนั้นจะดันให้น้ำมันไฮดรอลิกส์ดันก้านสูบไหลออกทางช่อง B ผ่านช่อง T และกลับถังน้ำมันอย่างเดิม

หน้าที่ของวาล์วควบคุมความดัน จะทำหน้าที่เปิดให้ความดันน้ำมันที่ส่งมาจากปั๊มไหลออกกลับไปยังถังน้ำมันอย่างเดิม ถ้าความดันของน้ำมันนั้นสามารถชนะแรงสปริงของวาล์วนี้ได้ เพราะฉะนั้นถ้าขันมือปรับของวาล์วควบคุมความดันนี้ให้สปริงมีความแข็งมากขึ้น ความดันของน้ำมันก็จะมากตามไปด้วย

2.3.8 ปั๊มไฮดรอลิกส์

ปั๊มไฮดรอลิกส์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานของไหล หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ปั๊ม คืออุปกรณ์ที่สร้างการไหลของน้ำมัน เมื่อน้ำมันไหลแล้วมีสิ่งกีดขวาง ทำให้เกิดความดัน สามารถแบ่งออกใหญ่ๆ ได้ 3 ชนิด คือ

- 1) ปั๊มแบบเฟือง (Gear pump)
- 2) ปั๊มแบบเวน (Vane pump)
- 3) ปั๊มแบบลูกสูบ (Piston pump)

แต่ชนิดที่ใช้ทำงานจริง คือ ปั๊มแบบเฟือง เพราะใช้งานง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา

ตาราง 2.1 เปรียบเทียบปั๊มไฮดรอลิกส์ชนิดต่างๆ

ชนิด	ความดัน (kgf/cm ²)	อัตราการจ่าย น้ำมัน (l/min)	ความเร็ว สูงสุด (RPM)	ประสิทธิภาพรวม (%)
ปั๊มแบบเฟือง	20 – 210	7 – 570	1,800 – 7,000	75 – 90
ปั๊มแบบเวน	20 – 210	2 – 950	2,000 – 4,000	75 – 90
ปั๊มแบบลูกสูบ	70 – 350	2 – 1,700	600 – 6,000	85 – 95

ตัวอย่างคำอธิบายตาราง 2.1 ของปั๊มแบบเฟือง

ความดันหน่วยเป็น กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm²) หรือหน่วยอื่น ๆ ก็ได้ หมายถึง ปั๊มตัวนี้จะสามารถใช้ความดันที่เกิดขึ้นในระบบไฮดรอลิกส์ ได้ตั้งแต่ 20 - 210 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร ถ้าค่าความดันสูง - ต่ำ กว่านี้จะทำให้การทำงานของปั๊มมีประสิทธิภาพลดลง หรือทำให้ชำรุดเสียหายได้ถ้าความดันสูงเกินค่ากำหนด

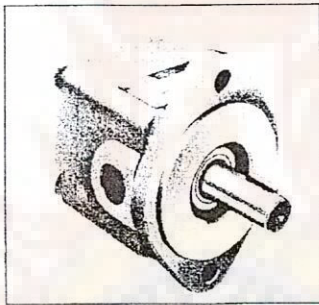
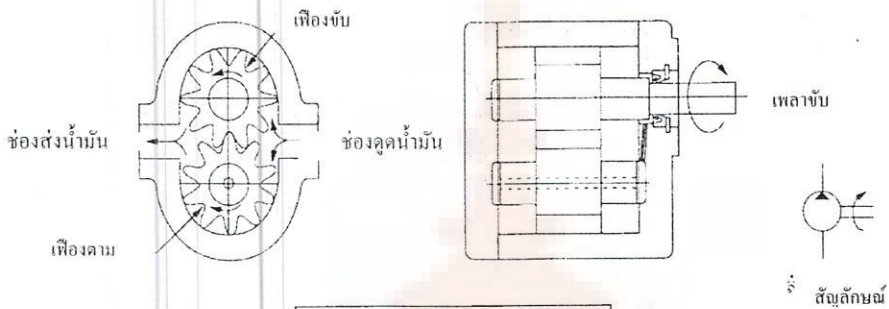
อัตราการไหลมีหน่วยเป็นลิตรต่ออนาที (l/min) หรือหน่วยอื่น ๆ ก็ได้หมายถึงปั๊มตัวนี้สามารถที่จะจ่ายน้ำมันหรือส่งน้ำมันออกไปได้ ตั้งแต่ 7 ลิตรถึง 570 ลิตรต่ออนาที ขึ้นอยู่กับความเร็วที่ใช้ขับปั๊ม ถ้าขับปั๊มด้วยความเร็วสูงขึ้นก็จะส่งน้ำมันได้มากขึ้น

ความเร็วสูงสุดมีหน่วยเป็น รอบต่ออนาที (Revolutions per minute) หรือมีหน่วยอื่นๆ ก็ได้หมายถึง ความเร็วที่ใช้ขับปั๊มเพื่อส่งน้ำมันดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 1800 - 7000 รอบต่ออนาที (ถ้าใช้มอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วไปจะให้ความเร็วรอบประมาณ 1,450 รอบต่ออนาที) เหตุที่มีช่วง

ความเร็ว ก็เพราะว่า การขับปั๊มให้หมุนนั้นบางครั้งใช้มอเตอร์ไฟฟ้า แต่บางครั้งใช้เครื่องยนต์ ดังนั้น ความเร็วที่ได้จึงแตกต่างกันออกไป

ประสิทธิภาพรวมคิดเป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ (%) หมายถึง ประสิทธิภาพการทำงาน ในภาพรวมของปั๊มตัวนี้อยู่ระหว่าง 75 – 90 %

- ปั๊มแบบเฟือง (Gear Pump)



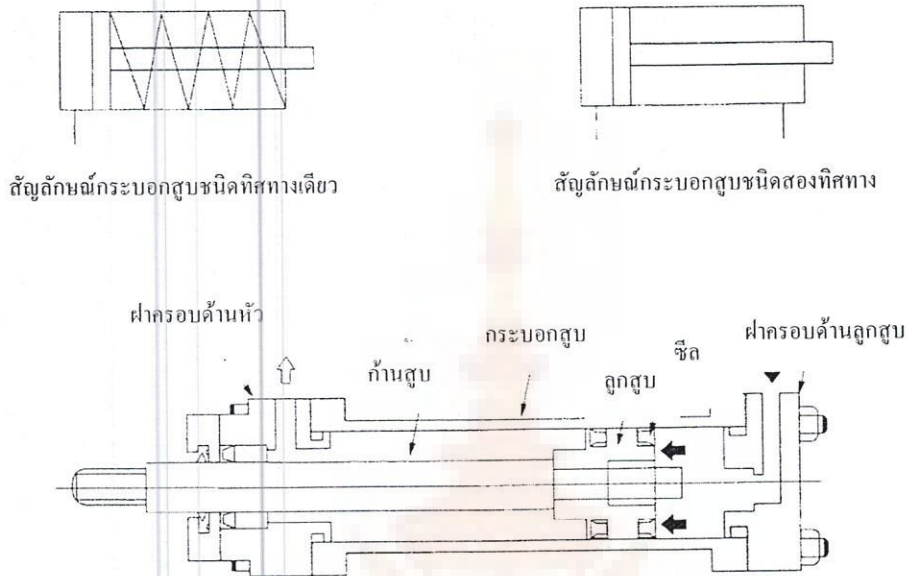
รูปที่ 2.9 ปั๊มแบบเฟือง

หลักการการทำงานของปั๊มแบบเฟือง ตามรูปที่ 2.9 ปั๊มแบบเฟืองประกอบด้วยเฟือง 2 ตัวขบกันอยู่ภายในห้องเฟือง โดยเฟืองตัวหนึ่งต่ออยู่กับเพลาลับที่ยื่นออกมาจากตัวเรือนปั๊มเพลาลับที่ยื่นออกมานี้จะต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้าหรือต่อกับเครื่องยนต์ก็ได้ ใช้สำหรับขับให้เฟืองที่ขบกันนี้หมุนเพื่อดูดและส่งน้ำมัน

เมื่อเฟืองขับหมุนจะทำให้เฟืองอีกตัวหนึ่งเรียกว่า เฟืองตาม หมุนตามไปด้วย ในขณะที่เฟือง 2 ตัวหมุนนั้น จะทำให้เกิดสูญญากาศตรงบริเวณที่ดูด ทำให้น้ำมันถูกดูดเข้ามาในบริเวณที่ดูดได้ หลังจากนั้นจะถูกเฟืองทั้งสองตัวพาออกไปในช่องทางส่งน้ำมันต่อไป

ปั๊มแบบเฟืองจะมีโครงสร้างค่อนข้างง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งจากจุดเด่นนี้และประกอบกับความหนาทนทานสูงต่อฝุ่นผงจึงทำให้ปั๊มชนิดนี้มีใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องจักรก่อสร้างและเครื่องจักรอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป

2.3.9 กระบอกสูบไฮดรอลิกส์



รูปที่ 2.10 กระบอกสูบไฮดรอลิกส์และสลักเกลียว

1) ขนาดของกระบอกสูบ

ขนาดของกระบอกสูบไฮดรอลิกส์จะสัมพันธ์กับขนาดช่วงชักของก้านสูบ ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างขนาดกระบอกสูบและขนาดช่วงชัก (ในทางปฏิบัติงานจริง ๆ แล้ว สามารถที่จะสั่งให้ผู้ผลิตสร้างตามความต้องการได้)

2) แรงของกระบอกสูบ

การหาแรงของกระบอกสูบ สามารถหาได้ 3 วิธี ได้แก่ (1) โดยใช้สูตรคำนวณ (2) ใช้ตารางสำเร็จรูป (3) ใช้กราฟ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- การหาแรงของกระบอกสูบจากสูตรคำนวณ

$$F = PA \quad (2.2)$$

กำหนดให้ F = แรงของกระบอกสูบ (กิโลกรัมแรง)

P = ความดันของน้ำมัน (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (ตารางเซนติเมตร)

สมมติว่าใช้ความดันในระบบไฮดรอลิกส์เท่ากับ 100 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตรกับกระบอกสูบขนาด 50 มม. จงหาแรงของกระบอกสูบตัวนี้ (คิดที่ประสิทธิภาพ 100 %)

$$\text{สูตรการหาค่าพื้นที่} \quad A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.3)$$

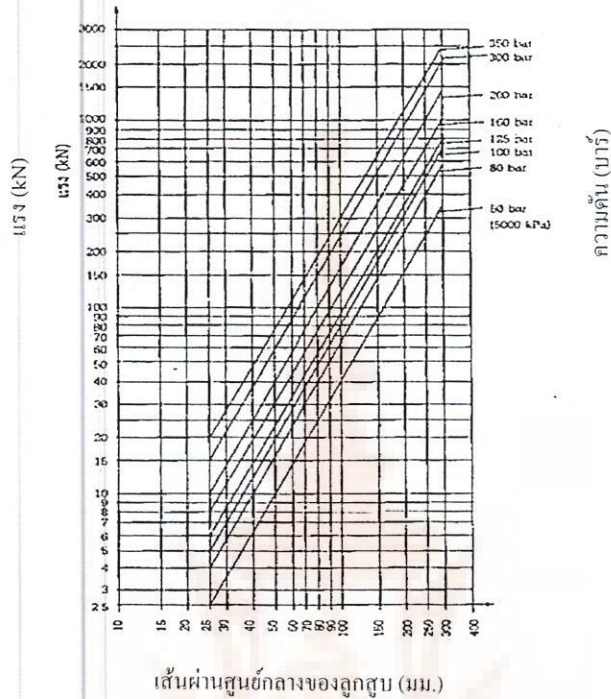
$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสูตร} &= \frac{3.14 \times 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}}{4} \\ A &= 19.62 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสูตร} \quad F &= PA \\ &= 100 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \times 19.62 \text{ cm}^2 \\ &= 100 \times 19.62 \text{ kgf} \\ &= 1,962 \text{ kgf} \\ &= 19,620 \text{ N} \end{aligned}$$

ตาราง 2.2 การหาแรงของกระบอกสูบจากตารางในหน่วย $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ (คิดที่ประสิทธิภาพ 100 %)

ขนาดกระบอกสูบ (มม.)	ความดัน (กิโลกรัมแรง/ตาราง เซนติเมตร)				
	50	100	150	200	210
40	628	1,256	1,884	2,512	2,637
50	981	1,962	2,943	3,925	4,121
63	1,557	3,115	4,673	6,231	6,542
80	2,512	5,024	7,536	10,048	10,550
100	3,925	7,850	11,775	15,700	16,327
125	6,133	12,265	18,398	24,531	25,414
160	10,048	20,096	30,144	40,192	42,604

3) การหาแรงของกระบอกสูบจากกราฟ



รูปที่ 2.11 การหาแรงของกระบอกสูบจากกราฟ

กราฟนี้สามารถใช้หาค่าต่างๆ ได้ 3 ค่าด้วยกัน คือ (1) หาค่าแรงของกระบอกสูบ เมื่อทราบค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบและค่าความดันใช้งาน (2) หาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ เมื่อทราบค่าแรงและค่าความดันใช้งาน (3) หาค่าความดันในระบบ เมื่อทราบค่าแรงและเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ ดังรูปที่ 2.11

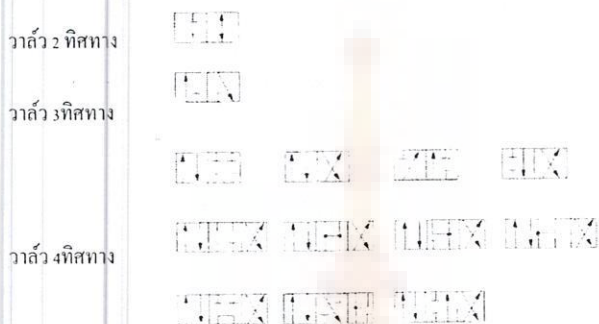
ตัวอย่างเช่น จงหาแรงของกระบอกสูบเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบเท่ากับ 100 มม. และความดันใช้งาน 100 บาร์ คำตอบคือ 78 kN หรือเท่ากับ 78,000 N หรือเท่ากับ 7,800 kgf ซึ่งใกล้เคียงกับค่าในตารางดังกล่าว มาแล้ว

- หน่วย 10 N = 1 kgf
- 1 kN = 1,000 N
- 100 kN = 100,000 N = 10,000 kgf

2.3.10 วาล์วควบคุมทิศทาง

วาล์วควบคุมทิศทางที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกมีหลายชนิด แต่ที่สำคัญมี ดังแสดงใน

รูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ

2.3.11 การเปลี่ยนตำแหน่งวาล์ว

ระบบไฮดรอลิกมักจะเปลี่ยนตำแหน่งของวาล์วโดยการทำงานของโซลินอยด์และการทำงานของมนุษย์ เช่น คันโยก มือกด เป็นต้นดังรูปที่ 2.13

	<p>วาล์ว 3/2 ทำงานด้วยโซลินอยด์ กลับด้วยสปริง</p>
	<p>วาล์ว 4/2 ทำงานด้วยโซลินอยด์ กลับด้วยสปริง</p>
	<p>วาล์ว 4/2 ทำงานด้วยโซลินอยด์ทั้งสองด้าน</p>
	<p>วาล์ว 4/3 ทำงานด้วยโซลินอยด์ทั้งสองด้าน สปริงคืนกลับตำแหน่งกลาง ปกติปิด</p>
	<p>วาล์ว 4/2 ทำงานด้วยโซลินอยด์ทั้งสองด้าน สปริงคืนกลับตำแหน่งกลาง P ต่อกับ T และ A, B ปิด</p>

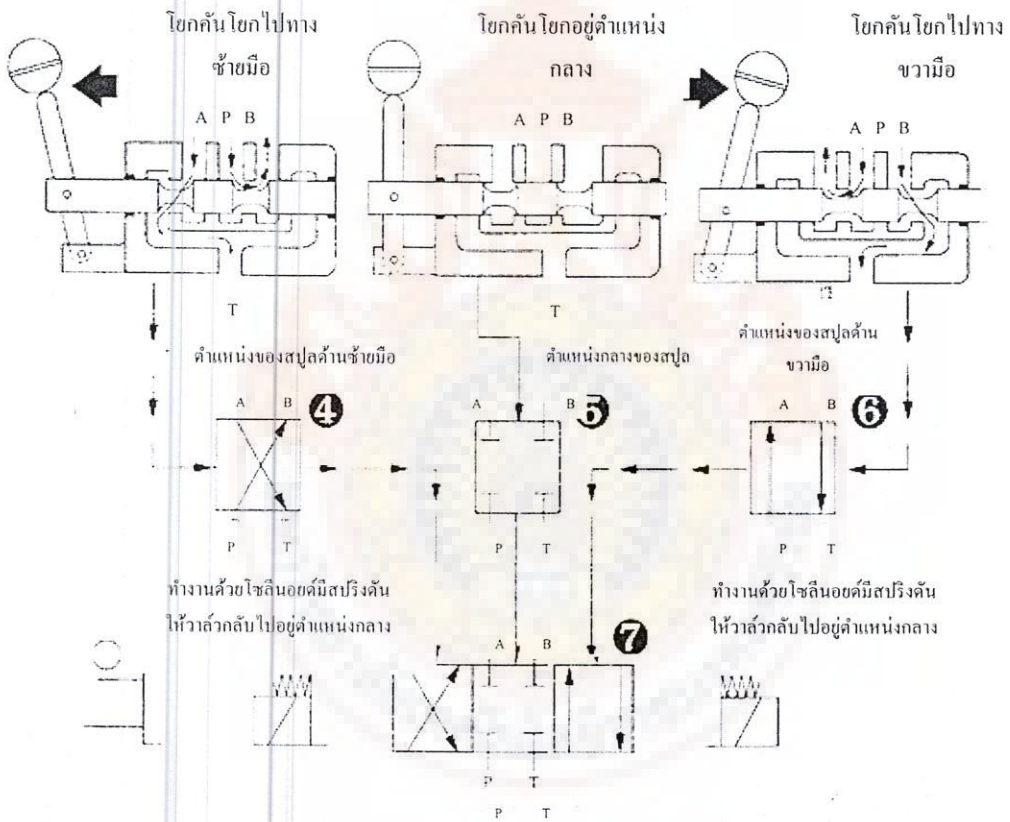
รูปที่ 2.13 วาล์วที่เปลี่ยนตำแหน่งโดยการทำงานของโซลินอยด์

2.3.12 การกำกับวาล์วด้วยพยัญชนะตามมาตรฐาน DIN ISO 1219
 ในระบบไฮดรอลิกส์ใช้ตัวพยัญชนะกำกับวาล์วดังต่อไปนี้

- P หมายถึง ฐานน้ำมันจ่ายเข้าวาล์ว
- A หมายถึง ฐานน้ำมันจ่ายออกจากวาล์วเพื่อใช้งาน
- B หมายถึง ฐานน้ำมันจ่ายออกจากวาล์วเพื่อใช้งาน
- T หมายถึง ฐานน้ำมันที่ต่อลงถึงน้ำมัน
- L หมายถึง ฐานน้ำมันระบายออกเมื่อรั่วไหล

2.3.13 การทำงานของวาล์ว 4/3

1) การทำงานของวาล์ว 4/3 ชนิดตำแหน่งกลางปิด



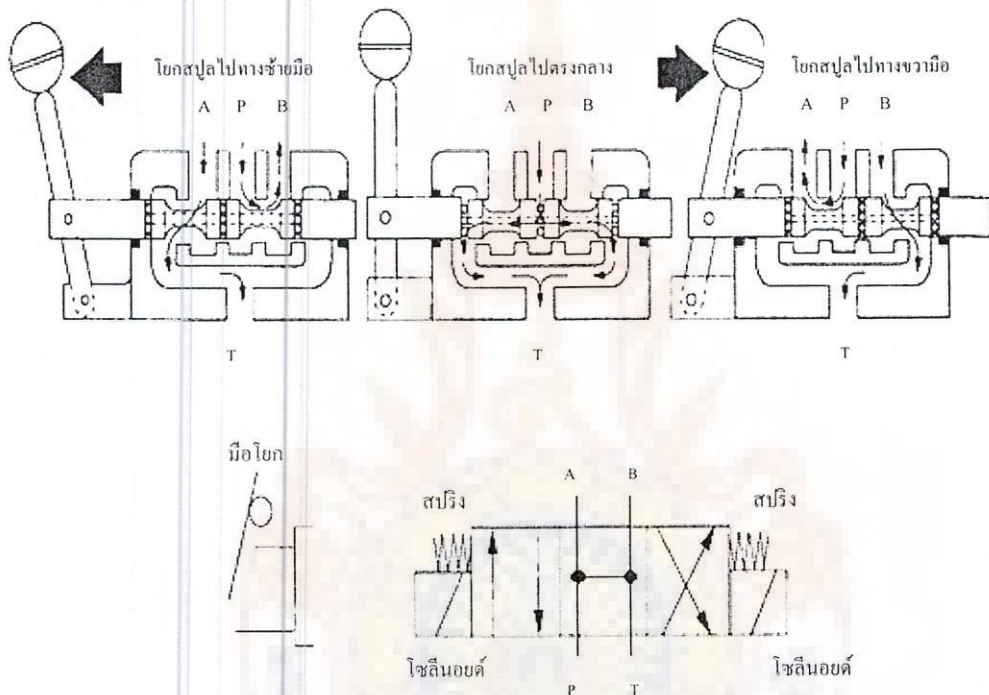
รูปที่ 2.14 วาล์ว 4/3 ชนิดตำแหน่งกลางปิด

การทำงานของวาล์ว 4/3 ชนิดตำแหน่งกลางปิด หมายถึง ช่อง A, B, P และ T ไม่ต่อถึงกัน เมื่อโยกวาล์วตามหมายเลข 1 จะทำให้ช่อง P ต่อกับช่อง B ส่วนช่อง A ต่อกับช่อง T ใน

ทำงานเดียวกันถ้าโยกวาล์ในตำแหน่งหมายเลข 3 จะทำให้ช่อง P ต่อกับช่อง A ส่วนช่อง B ต่อกับช่อง T และเมื่อโยกวาล์มาอยู่ในตำแหน่งปกติตามหมายเลข 2 จะทำให้วาล์วปิดหมดทุกช่อง

ความหมายของคำว่า “สปริงคืนให้วาล์วกลับไปอยู่ในตำแหน่งกลาง” หมายถึง วาล์วมีสปริงทั้งสองด้าน เมื่อไม่มีสัญญาณการเปลี่ยนตำแหน่งของวาล์ว ทำให้สปริงคืนให้วาล์วไปอยู่ในตำแหน่งหมายเลข 2 ดังรูปที่ 2.14

2) การทำงานของวาล์ว 4/3 ชนิดตำแหน่งกลางเปิดหมด

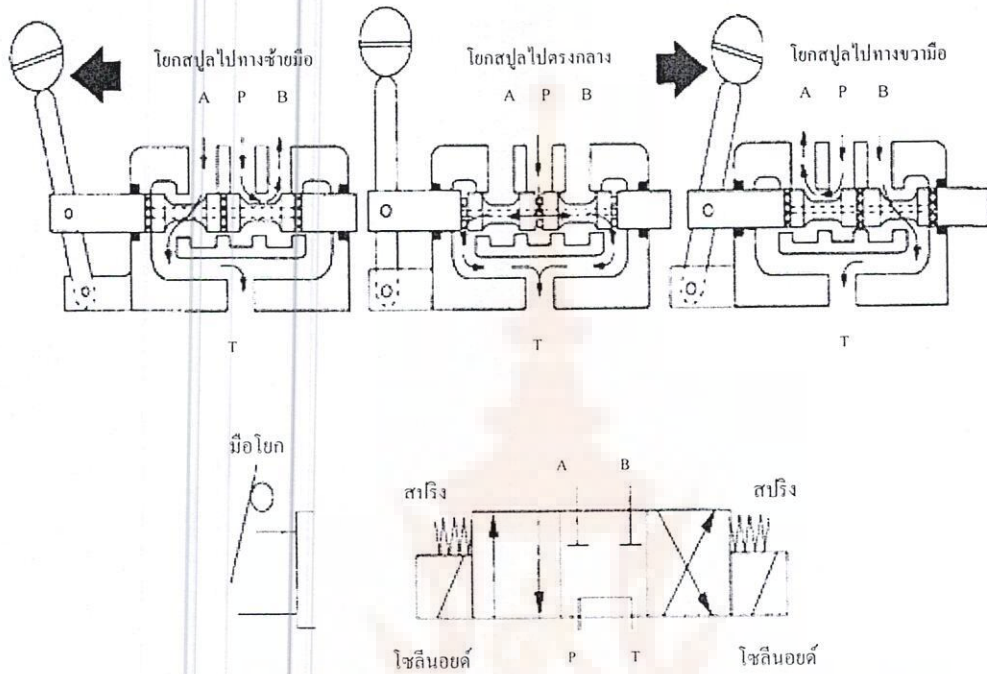


รูปที่ 2.15 วาล์ว 4/3 ตำแหน่งกลางเปิดหมด

หลักการการทำงานของวาล์ว 4/3 ชนิดที่มีตำแหน่งกลางเปิดหมด หมายถึง ช่อง A, B, P และ T ต่อถึงกันหมด ถ้าโยกวาล์หรือโซลินอยด์วาล์วทำงานไปทางด้านซ้ายมือ จะทำให้ช่อง P ต่อกับช่อง B และช่อง A ต่อกับช่อง T และถ้าโยกวาล์ หรือโซลินอยด์วาล์วทำงานไปทางด้านขวามือ จะทำให้ช่อง P ต่อกับ A ส่วนช่อง B ต่อกับช่อง T แต่เมื่อโยกวาล์ให้อยู่ตำแหน่งกลาง ก็ทำให้ทุกช่องเปิดถึงกันดังรูปที่ 2.15

3) การทำงานของวาล์ว 4/3 ชนิดตำแหน่งกลางมีช่อง P ต่อกับ T ส่วนช่อง A และ B

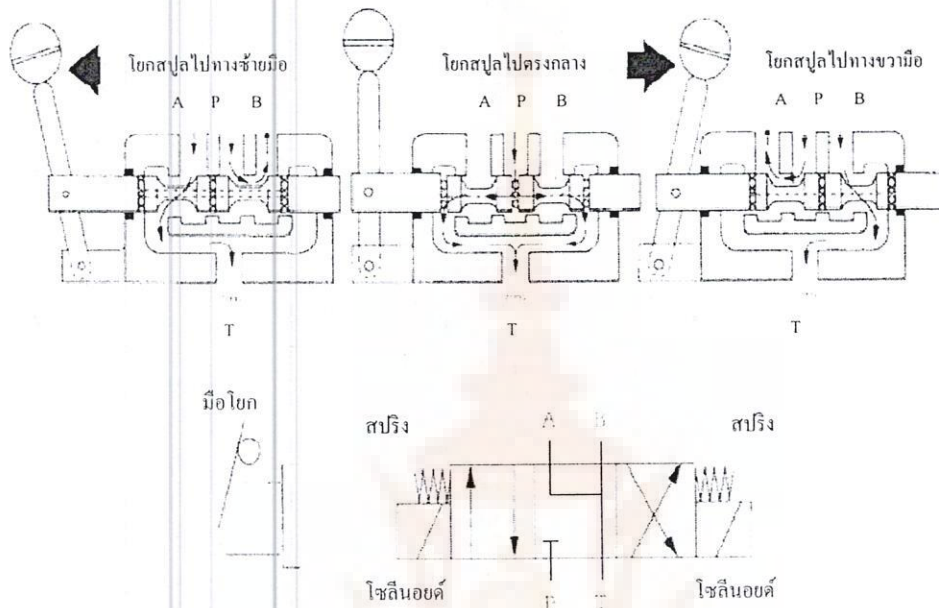
ปิด



รูปที่ 2.16 วาล์ว 4/3 ตำแหน่งกลางเป็นชนิดช่อง A และ B ปิด ส่วน P ต่อกับ T

เมื่อวาล์วอยู่ในตำแหน่งกลาง จะมีช่อง A และ B ปิด และส่วนช่อง P ต่อกับช่อง T เมื่อ โซลินอยด์ด้านซ้ายมือทำงานหรือโยกวาล์วไปทางด้านซ้ายมือ จะทำให้ช่อง P ต่อกับ B ส่วนช่อง A ต่อกับ T และถ้าโซลินอยด์ด้านขวามือทำงานหรือโยกวาล์วไปทางด้านขวามือจะทำให้ช่อง P ต่อกับช่อง A ส่วนช่อง B ต่อกับช่อง T ดังรูปที่ 2.16

ถึงกัน
 4) การทำงานของวาล์ว 4/3 ชนิดตำแหน่งกลางมีช่อง P ปิด ส่วนช่อง A, B และ T ต่อ



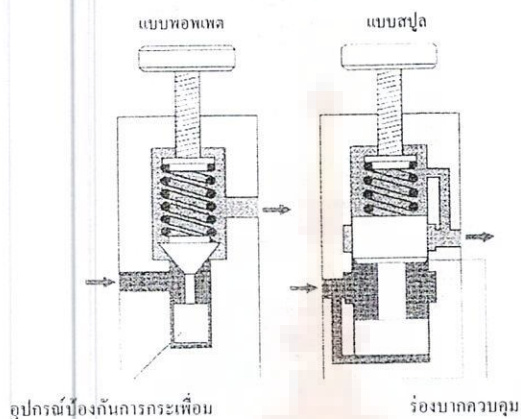
รูปที่ 2.17 วาล์ว 4/3 ตำแหน่งกลางมีช่อง P ปิดช่อง A, B และ T ต่อถึงกัน

ตำแหน่งกลางของสไปลของวาล์ว 4/3 แบบนี้จะปิดช่อง P ช่องเดียว ส่วนช่อง A, B และ T ต่อถึงหมด ถ้าให้โชลีนอยด์ด้านซ้ายมือทำงานหรือโยกวาล์วไปทางซ้ายมือ จะทำให้ช่อง P ต่อกับช่อง B ส่วนช่อง A ต่อกับช่อง T ถ้าโยกวาล์วไปทางด้านขวามือ จะทำให้ช่อง P ต่อกับช่อง A และช่อง A และช่อง B ต่อกับช่อง T ดังรูปที่ 2.17

2.3.14 วาล์วนิรภัยหรือรีลิววาล์ว

หลักการการทำงานของรีลิววาล์วเบื้องต้น มีดังนี้ รีลิววาล์วมีส่วนประกอบใหญ่ อยู่ 5 ส่วน ด้วยกันคือ 1.มือปรับ 2.สปริง 3.พoppet 4. รูน้ำมันเข้า 5. รูน้ำมันออก เริ่มแรกสุดให้ปรับมือปรับเพื่อให้สปริงถูกกดและดันให้พoppetปิดทางเข้าของน้ำมันไฮดรอลิกส์ ถ้าน้ำมันไฮดรอลิกส์สามารถดันให้พoppetเปิดออกได้ ก็แสดงว่าความดันของน้ำมันสูงกว่าค่าของสปริงที่ปรับตั้งเอาไว้ ทำให้น้ำมันไหลออกทางช่องทางออกซึ่งต่อไปยังถึงน้ำมัน เมื่อน้ำมันถูกส่งกลับไปถึงน้ำมัน ทำให้ความดันของระบบต่ำลง เมื่อความดันของระบบต่ำกว่าค่าของสปริง ทำให้สปริงดันพoppetให้เปิดทางเข้าของน้ำมันอีกครั้งหนึ่ง เมื่อความดันของน้ำมันเริ่มสูงขึ้นอีก และถ้าสูง

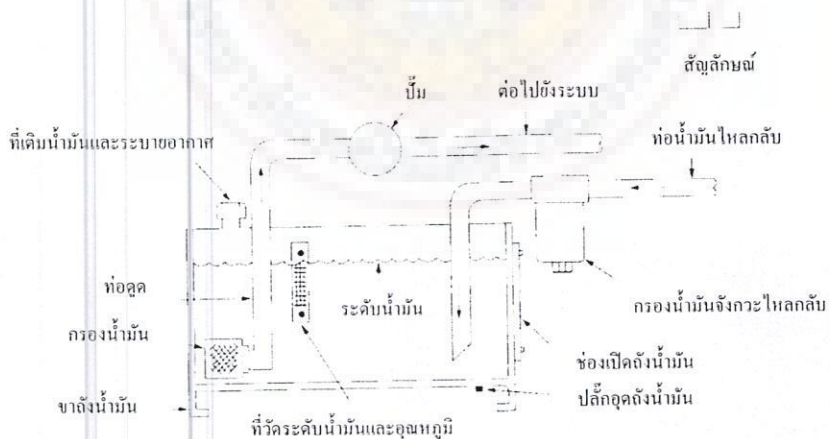
เกินค่าที่กำหนดจะทำให้พอพเพดเปิดน้ำมันลงถึงน้ำมัน การทำงานจะเป็นเช่นนี้ตลอดไป สรุปคือ รีลีฟวาล์วควบคุมความดันของน้ำมันในระบบไม่ให้มีค่าสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โครงสร้างของรีลีฟวาล์ว

2.3.15 ถังน้ำมันไฮดรอลิกส์

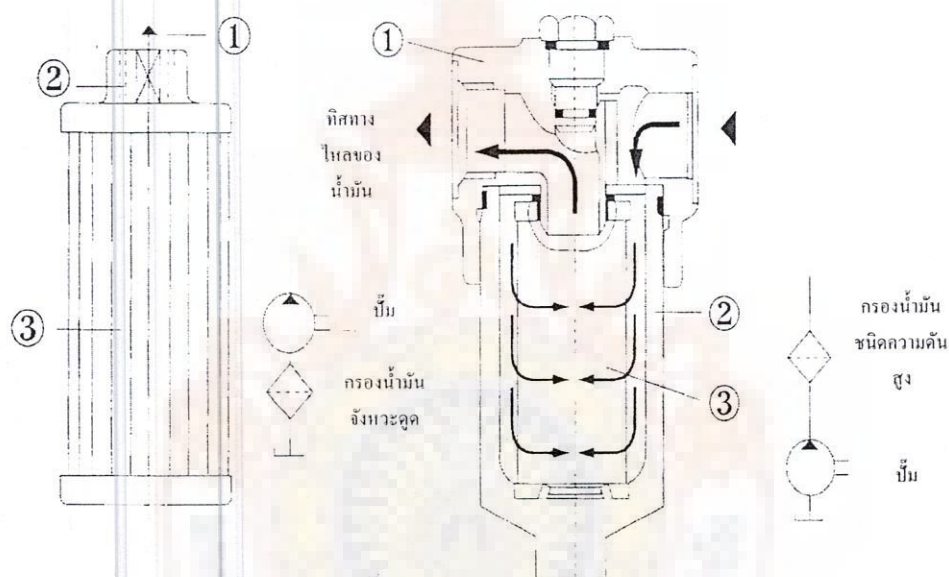
ถังน้ำมันไฮดรอลิกส์ทำหน้าที่เก็บน้ำมันที่ใช้ในวงจรและระบายความร้อนออกจากน้ำมันไฮดรอลิกส์ นอกจากนี้แล้วยังทำหน้าที่เก็บสิ่งสกปรกที่เกิดจากระบบเพื่อจะกำจัดทิ้งต่อไป ส่วนประกอบของถังน้ำมันไฮดรอลิกส์ประกอบด้วย 1 ท่อดูดน้ำมัน 2 ทางน้ำมันไหลกลับ 3 แผ่นเหล็กกั้นระหว่างท่อดูดและท่อน้ำมันไหลกลับ 4 กรองน้ำมัน 5 ช่องเติมน้ำมันและช่องระบายอากาศ 6 ที่วัดระดับน้ำมันและวัดอุณหภูมิ 7 ช่องเปิดถังน้ำมัน



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของถังน้ำมัน

น้ำมันที่ปั๊มดูดเข้าไปนั้นจะผ่านกรอง จากกรองน้ำมันที่ท่อดูด ซึ่งเรียกว่าสเตรนเนอร์ ส่วนน้ำมันที่ใช้งานมาแล้ว ก่อนที่จะไหลกลับถึงน้ำมันจะต้องผ่านกรองน้ำมันเสียก่อน กรองน้ำมันตัวนี้เรียกว่า กรองน้ำมันไหลกลับ น้ำมันที่ไหลกลับถึงน้ำมันนั้นจะถูกแผ่นเหล็กกั้นเอาไว้ เพื่อให้ปั๊มดูดเข้าไปใช้งานทันทีทันใด ส่วนสิ่งสกปรกที่ติดมากับน้ำมันก็จะสะสมอยู่ด้านล่าง เมื่อเปิดช่องถึงน้ำมันเพื่อทำความสะอาดถึงน้ำมันและเอาสิ่งสกปรกที่สะสมอยู่ด้านล่างออกไปด้วยการ ถ่ายน้ำมันทิ้งหรือเปลี่ยนน้ำมันใหม่สามารถถอดปลั๊กดูดซึ่งอยู่บริเวณจุดต่ำสุดของถังน้ำมัน ดังรูปที่ 2.19

2.3.16 กรองน้ำมันไฮดรอลิกส์



รูปที่ 2.20 กรองน้ำมันจังหวะดูดหรือที่เรียกว่าสเตรนเนอร์-กรองน้ำมันชนิดความดันสูง

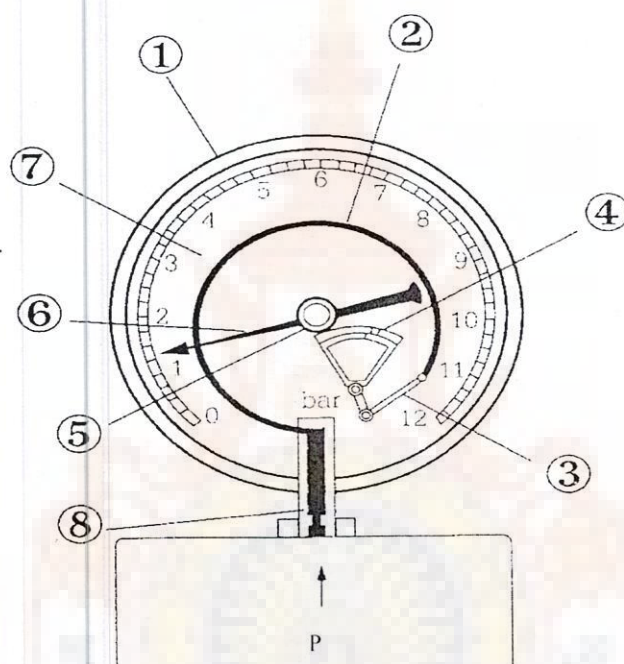
น้ำมันไฮดรอลิกส์ที่ใช้ระบบนั้นจะผ่านการกรองเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อให้ น้ำมันไฮดรอลิกส์มีความสะอาด สามารถแบ่งกรองน้ำมันออกได้ 3 ชนิด คือ

1) กรองน้ำมันจังหวะดูด ตำแหน่งการติดตั้งของกรองน้ำมันตัวนี้จะอยู่ในถังน้ำมัน จากรูปที่ 2.18 หมายเลข 1 คือ ทิศทางไหลของน้ำมันหมายเลข 2 คือ เกลีสวยต่อกับท่อดูดหมายเลข 3 เป็น ใ้กรอง

2) กรองน้ำมันชนิดความดันสูง ตำแหน่งการติดตั้งจะอยู่ในทิศทางส่งน้ำมันออกจากปั๊มไฮดรอลิกส์ ดังรูปที่ 2.20 หมายเลข 1 เป็นตัวเรือนของกรองน้ำมัน หมายเลข 2 เป็นปลอกหุ้มไส้กรอง หมายเลข 3 คือ ใต้กรองคุณสมบัติพิเศษของกรองน้ำมันชนิดนี้ คือ ต้องทนความดันได้สูง

3) กรองน้ำมันจังหวะไหลกลับ ตำแหน่งการติดตั้งจะอยู่ในส่วนของท่อน้ำมันที่ไหลกลับถึงน้ำมัน โดยผ่านการกรองด้วยไส้กรอง 2 ดังรูปที่ 2.20

2.3.17 เกจวัดความดัน



รูปที่ 2.21 เกจวัดความดัน

จากรูป 2.21 ส่วนประกอบของเกจวัดความดันมีดังต่อไปนี้

- 1) ตัวเรือน
- 2) ท่อสปริง
- 3) แชนต่อ
- 4) เฟือง
- 5) เฟืองหมุนเข็ม
- 6) เข็มชี้
- 7) สเกล

8) ช่องต่อน้ำมัน

หลักการทํางานมีดังต่อไปนี้ คือ เมื่อมีความดันของน้ำมันเข้ามาทางท่อ P จะเข้าไปยังที่สปริง 2 ทำให้ท่อสปริงตัวนี้พยายามยืดตัวออกตามหลักการความแตกต่างของพื้นที่ ซึ่งมีความดันเข้ามามากยิ่งขึ้นทำให้สปริงยืดตัวออกมาก ผลของการยืดตัวของท่อสปริงนี้ทำให้เฟือง 4 และเฟืองหมุนเข็ม 5 เคลื่อนที่พาให้เข็มชี้ไปตามสเกล 7 เพื่ออ่านค่าความดันที่เกิดขึ้น ตามความดันที่เข้าทางท่อ P

2.3.18 น้ำมันไฮดรอลิกส์

1) คุณสมบัติของน้ำมันไฮดรอลิกส์

- ความหนืดพอเหมาะ และดัชนีความหนืดสูง
- มีจุดขึ้นแข็งต่ำ (Pour Point)
- คุณภาพของน้ำมันจะต้องไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงถึงแม้อุณหภูมิจะสูง
- มีคุณภาพการหล่อลื่นที่ดี และไม่ทำปฏิกิริยากับยาง ซีลปะเก็น และสี
- ด้านทานการเกิดออกซิเดชันได้ดีเยี่ยม
- ด้านทานการเกิดสนิม
- ด้านทานการเกิดฟอง
- มีความสามารถในการแยกตัวจากน้ำได้ดี
- ไม่จับตัวเป็นก้อนหรือยางเหนียว

2) ชนิดของน้ำมันไฮดรอลิก

- น้ำมันปิโตรเลียม
- น้ำมันไฮดรอลิกทั่วไป (Hydraulic AW)
- น้ำมันเทอร์ไบน์
- น้ำมันไฮดรอลิกส์ชนิดพิเศษ (Hydraulic HVI)

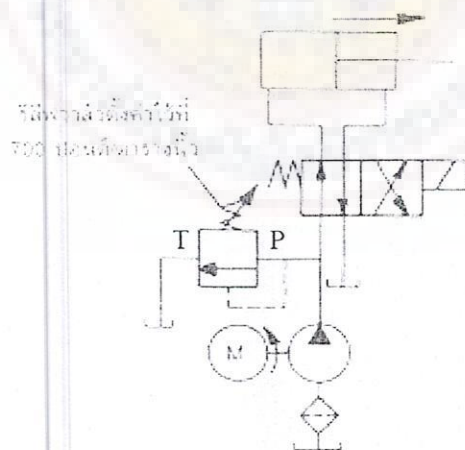
3) น้ำมันไฮดรอลิกส์จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดแรงไปยังส่วนต่างๆ ของระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานถ่ายทอดกำลัง ตลอดจนทำหน้าที่เป็นซีล ป้องกันการรั่วไหลของระบบ ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลหรือความดันของระบบลดลง (Leakage Flow Rate) และช่วยระบายความร้อน โดยทั่วไประบบไฮดรอลิกส์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ เช่น ปัมสำหรับดูดน้ำมันไฮดรอลิกส์ วาล์วหรืออุปกรณ์สำหรับควบคุมความดัน ทิศทางและปริมาณการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ กระจบอสูบ การพัฒนาคุณสมบัติของน้ำมันไฮดรอลิกส์ จำเป็นต้องทำให้น้ำมันไฮดรอลิกส์สามารถทนต่อสภาวะงานที่มีแรงดันสูง และอุณหภูมิสูงได้ มีสารป้องกันการเกิดฟอง (Antifoam) ทนต่อความร้อน ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Thermal – Oxidation Stability)

ป้องกันสนิมและการกัดกร่อน (Wear Protection & Corrosion Inhibitor) ภายใต้สภาวะการทำงานที่รุนแรง จะต้องสามารถป้องกันการสึกหรอของชิ้นส่วนนอกจากนี้ยังต้องแยกตัวออกจากน้ำได้ดี หรือ เมื่อปนด้วยน้ำก็ยังคงสมรรถนะที่ดีไว้ (Hydrolytic Stability) โดยการผลิตน้ำมันไฮดรอลิกส์จะใช้ น้ำมันพื้นฐานประเภทน้ำมันแร่ที่มีค่าดัชนีความหนืดสูง (High Viscosity Index) หรือ High Iso Viscosity Fluid แต่ต้องไม่เกิดปัญหาของการไหลที่อุณหภูมิต่ำ ต้องระวังในเรื่องการรั่วซึม รักษา ระดับความดัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของลูกสูบในระบบไฮดรอลิกส์ด้วย (Piston Pump Efficiency) สำหรับการใส่สารเติมแต่ง เช่น Antiwear เดิมจะใช้ประเภทที่มีองค์ประกอบเป็นโลหะหนัก แต่เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง จะรวมกับกำมะถันในน้ำมันพื้นฐาน อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้น้ำมัน ไฮดรอลิกส์ไม่ทนความร้อน และแตกตัวง่าย เสียสภาพ ปัจจุบันจึงมีการพัฒนา และใช้สารเติมแต่งประเภท ประเภท Ashless ซึ่งประกอบด้วยโลหะน้อยลง เพื่อลดปัญหาดังกล่าว

2.4 วาล์วควบคุมความดันและควบคุมการไหล

2.4.1 หลักการเบื้องต้นของวาล์วควบคุมความดัน

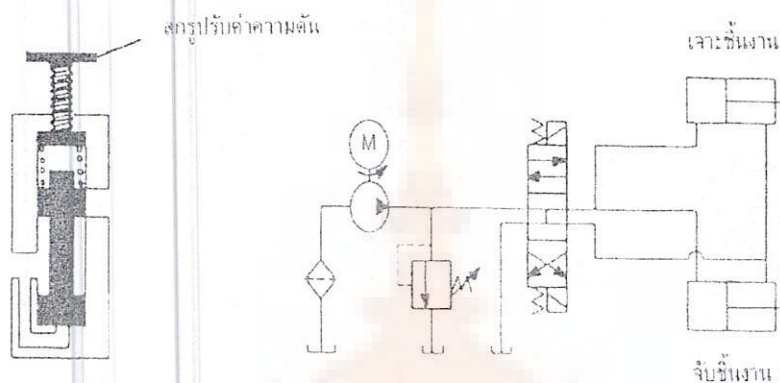
ถ้าจะให้คำจำกัดความของวาล์วควบคุมความดันแล้ว คงจะกล่าวได้ว่าวาล์วควบคุมความดัน คือ วาล์วที่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่กระทำอยู่กับความดันของสปริง ซึ่ง ณรงค์ ดันชีวะวงศ์ กล่าวว่า เราสามารถทำให้ระบบมีความดันสูงสุดได้โดยการใช้วาล์วควบคุมความดันซึ่งปกติมีตำแหน่งปิดโดยใช้รูป P ต่อกับความดันในระบบ ส่วนรูน้ำมันไหลออกจากวาล์วให้ต่อจากรู T ของวาล์วกับถังน้ำมัน และให้สปูลของวาล์วทำงานด้วยความดันภายในระบบเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 วงจรการใช้รีลิววาล์ว

2.4.2 การปรับค่าของความดัน

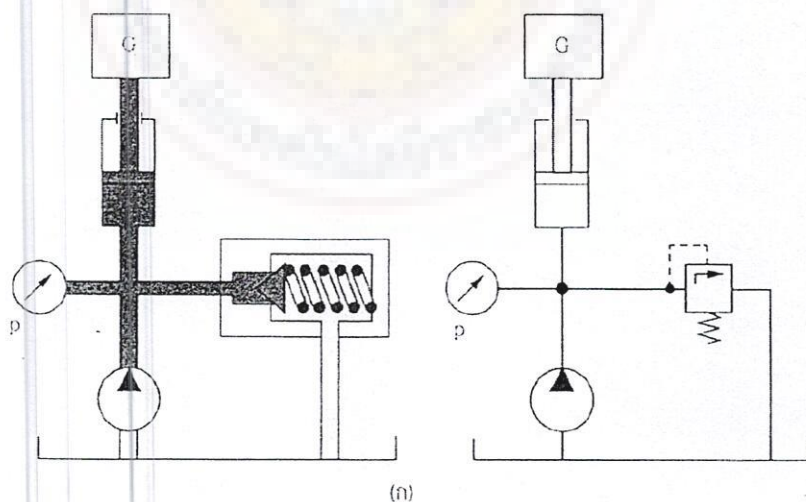
การใช้วาล์วควบคุมความดันชนิดปกติปิด (use of a normally closed pressure valve) เป็นวาล์วที่นิยมใช้กันมากในระบบไฮดรอลิกส์นอกเหนือจากการใช้รีลิววาล์วแล้วยังใช้เป็นวาล์วควบคุมความดันชนิดอื่นๆ ได้อีก เช่น ซีเควนซ์วาล์ว เป็นต้น

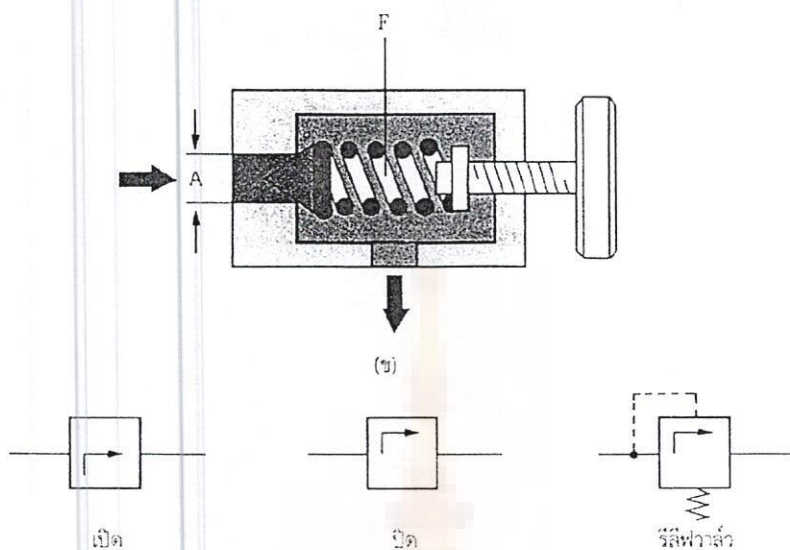


รูปที่ 2.23 วาล์วควบคุมความดันชนิดปกติปิด

2.4.3 รีลิววาล์ว (pressure relief valve)

หน้าที่หลักของวาล์วชนิดนี้ คือ จำกัดความดันในระบบหรือป้องกันอันตรายจากความดันในระบบที่สูงเกินไปให้มีค่าตามกำหนด ตามรูปที่ 2.24 (ก) ถ้าความดัน (P) มีค่าสูงกว่าค่าสปริงของรีลิววาล์วทำให้รีลิววาล์วเปิดให้ความดันที่สูงนั้นลงถึงน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 2.24



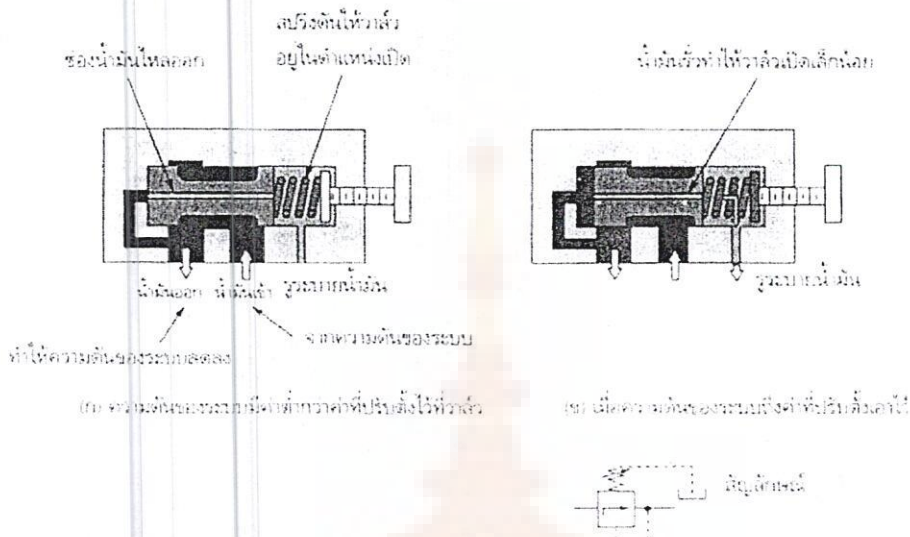


รูปที่ 2.24 รีลิววาล์ว

ตามรูปที่ 2.24 (ข) เป็นรีลิววาล์วชนิดทำงานโดยตรง เมื่อความดัน P เข้ามาในวาล์วจะกระทำกับพื้นที่ A ทำให้เกิดแรง $F (F = PA)$ และแรง F นี้จะเปรียบเทียบกับแรงของสปริง ถ้าแรง F มากกว่าแรงของสปริงที่ตั้งเอาไว้ ทำให้อวาล์วเปิดเป็นผลให้น้ำมันจากทางเข้าต่อกับทางออกไหลลงถึงน้ำมัน เมื่อแรง F นี้มีค่าต่ำกว่าแรงสปริง ทำให้อวาล์วปิดทางน้ำมันที่ไหลลงถึงน้ำมันทันที จึงทำให้ค่าความดัน p มีค่าคงที่อยู่ตลอดเวลา

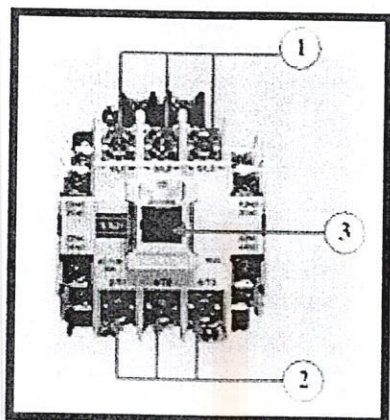
ตามรูปที่ 2.24 (ค) เป็นสัญลักษณ์ของรีลิววาล์ว ซึ่งใช้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ภายในมีเครื่องหมายลูกศรแสดงทิศทางไหลของน้ำมัน ถ้าลูกศรตรงกับเส้นที่แสดงด้านนอกของสี่เหลี่ยมจัตุรัส แสดงว่าวาล์วอยู่ในตำแหน่งปิด ถ้าลูกศรไม่ตรง แสดงว่าวาล์วเปิด และลูกศรจะเคลื่อนที่ด้านอยู่กับสปริงด้วยความดันจากเส้นประ (เส้นไหลอด)

2.4.4 วาล์วลดความดัน (directly-operated pressure reducing valve)



รูปที่ 2.25 วาล์วลดความดันชนิด 2 ทิศทาง

จากรูปที่ 2.25 เป็นตำแหน่งปกติของวาล์วลดความดัน สปริงจะดันให้ลูกสูบ (สปูล) อยู่ในตำแหน่งเปิด ทำให้น้ำมันที่เข้าในวาล์วออกไปทางออกและอีกทางหนึ่งไปดันสปูล ซึ่งมีแรงสปริงดันอยู่ เมื่อความดันของน้ำมันด้านออกจากวาล์วที่ค่าสูงขึ้นถึงค่าที่ปรับตั้งสปริงเอาไว้ทำให้สปูลวาล์วเคลื่อนที่ปิดทางออกของน้ำมันบางส่วน เพื่อให้ น้ำมันไหลออกเพียงพอกับความต้องการ และรักษาค่าความดันที่ปรับตั้งไว้เท่านั้น



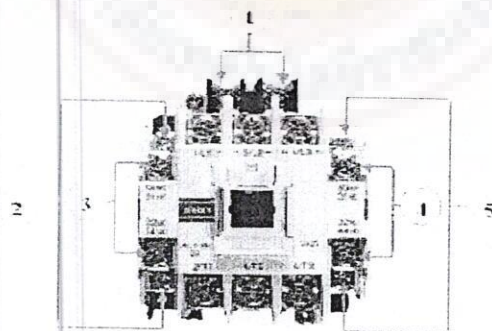
รูปที่ 2.67 ส่วนประกอบภายนอก

- ส่วนประกอบภายนอก

ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสหลัก (MainContac) มีสัญลักษณ์อักษรกำกับบอกดังนี้ หน้าสัมผัสหลักคู่ที่ 1 1/L1 - 2/T1 หน้าสัมผัสหลักคู่ที่ 2 3/L2- 4/T2 หน้าสัมผัสหลักคู่ที่ 3 5/L3- 6/T3 หมายเลข 1 เป็นจุดต่อไฟฟ้าเข้าหน้าสัมผัสหลักมีสัญลักษณ์อักษรกำกับคือ 1/L1 3/L2 และ 5/L3 หมายเลข 2 เป็นจุดต่อไฟฟ้าเข้าหน้าสัมผัสหลักมีสัญลักษณ์อักษรกำกับคือ 2/T1 4/T2 และ 6/T3 หมายเลข 3 ปุ่มทดสอบหน้าสัมผัส

- ส่วนประกอบภายนอก

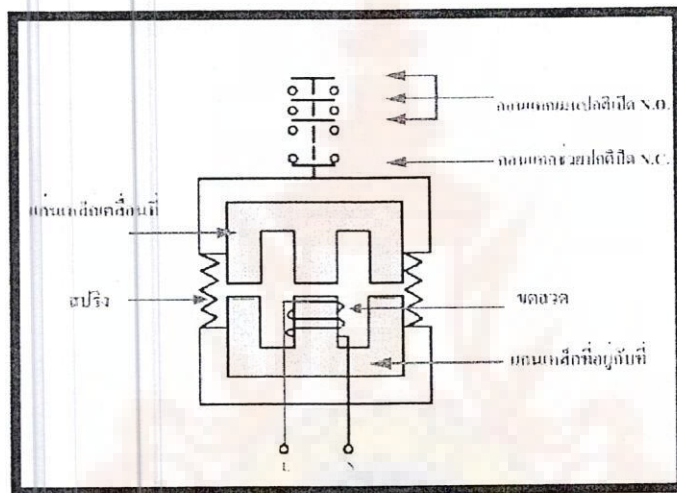
หมายเลข 1 ขั้ว A จุดต่อไฟเข้าขดลวด A2 หมายเลข 2 หน้าสัมผัสปกติเปิด หมายเลข(N.O.)



รูปที่ 2.68 ส่วนประกอบภายนอก

อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 13-14 หมายเลข 3 หน้าสัมผัสปกติปิดหมายเลข (N.C.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 21-22 หมายเลข 4 หน้าสัมผัสปกติปิดหมายเลข (N.C.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 31-32 หมายเลข 5 หน้าสัมผัสปกติเปิดหมายเลข (N.O.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 43-44

2.7.3 หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์



รูปที่ 2.69 การทำงานของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่อยู่กลางของแกนเหล็ก ขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสนามแม่เหล็กขณะแรงสปริงดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่ เคลื่อนที่ลงมาในสภาวะนี้ (ON) คอนแทกทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือคอนแทกปกติ ปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออกและคอนแทกปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัสเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้า ไหลผ่านเข้าไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กคอนแทกทั้งสองชุดจะกลับไปสู่สภาวะเดิม

2.7.4 ชนิดและขนาดของแมคเนติกคอนแทกเตอร์

คอนแทกเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งเป็น 4 ชนิดตามลักษณะของโหลดและ การนำไปใช้งานมีดังนี้ AC 1 : เป็นแมคเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับโหลดที่เป็นความ ต้านทานหรือในวงจรที่มีอินดักทีฟน้อยๆ AC 2 : เป็นแมคเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับ ใช้กับโหลดที่เป็นสปริงมอเตอร์ AC 3 : เป็นแมคเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการสตาร์ท และหยุดโหลดที่เป็นมอเตอร์กรงกระรอก AC 4 : เป็นแมคเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการ สตาร์ท-หยุดมอเตอร์วงจร jogging และการกลับทางหมุนมอเตอร์แบบกรงกระรอก

2.7.5 การพิจารณาเลือกไปใช้งาน

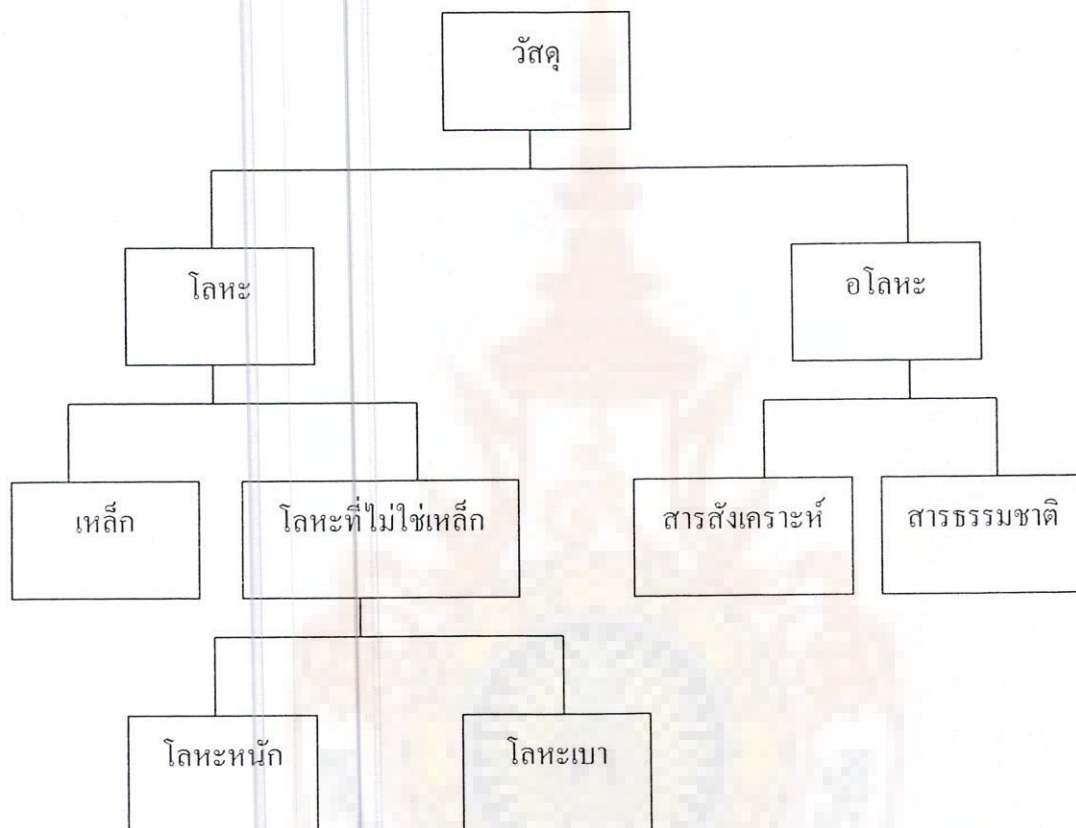
ในการเลือกแมคเนติกคอนแทกเตอร์ในการใช้งานให้เหมาะสมกับมอเตอร์นั้นจะ พิจารณาที่กระแสสูงสุดในการใช้งาน (rated current) และแรงดันของมอเตอร์ต้องเลือกแมคเนติก คอนแทกเตอร์ที่มีกระแสสูงกว่ากระแสที่ใช้งานของมอเตอร์ที่มีแรงดันเท่ากันในการพิจารณาเลือก แมคเนติกคอนแทกเตอร์ใช้งานควรพิจารณาดังนี้

- 1) ลักษณะของโหลดและการใช้งาน
- 2) แรงดันและความถี่ - สถานที่ใช้งาน
- 4) การป้องกันจากการสัมผัสและการป้องกันน้ำ
- 5) ความคงทนทางกลและทางไฟฟ้า

รีเลย์ช่วยหรืออาจเรียกว่ารีเลย์ควบคุม (Control Relay) การทำงานอาศัยอำนาจในการ เปิดปิดหน้าสัมผัสเหมือนกับหลักการทำงานของแมคเนติกคอนแทกเตอร์ต่างกันตรงที่รีเลย์ช่วยจะ ทนกระแสได้ต่ำกว่าหน้าสัมผัสจะเล็กกว่าหน้าสัมผัสของแมคเนติกคอนแทกเตอร์ลักษณะของ หน้าสัมผัสของรีเลย์ช่วยมีสองชนิดหน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open : N.O.) และหน้าสัมผัส ปกติปิด (Normally Close : N.C.) จำนวนหน้าสัมผัสและชนิดของหน้าสัมผัสขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต และการนำไปใช้งาน

2.8 โครงสร้างและวัสดุ

วัสดุวิศวกรรมที่มีใช้และพบเห็นกันในอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้น เช่น แก้ว จาน ตู้เย็น ค้อนตี ตะปู รถยนต์ น้ำมัน เครื่องจักรกล ฯลฯ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ โลหะ (Metallic) และอโลหะ (Non - metallic) ดังรูปที่ 2.70



รูปที่ 2.70 การแบ่งวัสดุโลหะและอโลหะ

2.8.1 โลหะ (Metallic) เป็นอนินทรีย์สารที่ได้จากแร่ธาตุ ประกอบด้วยธาตุโลหะหนึ่งอย่างหรือมากกว่าผสมเข้าด้วยกัน ทำให้โลหะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าได้ และเมื่อขัดผิวให้เป็นมันก็จะสะท้อนแสงได้ เพราะว้ออิเล็กตรอนภายในโครงสร้างของโลหะสามารถเคลื่อนที่ได้ สามารถนำเอาพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้ และเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ก็จะนำเอาประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนการสะท้อนแสงได้ของโลหะเกิดเนื่องจากอิเล็กตรอนเกิดปฏิกิริยาโต้ตอบกับการสั่นสะเทือนของคลื่น โลหะยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวกคือ

1) โลหะที่เป็นเหล็ก (Ferrous Metal) เป็นโลหะที่มีส่วนผสมของธาตุเหล็กเป็นหลักและมีธาตุอื่นผสมบ้างเล็กน้อย เช่น เหล็กกล้า เหล็กหล่อ เหล็กไร้สนิม

2) โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non - Ferrous Metal) เป็นโลหะที่มีธาตุอื่นๆ โดยไม่ใช่เหล็กเป็นธาตุผสมหลักและยังแบ่งออกได้อีกเป็น 2 พวก คือ

- โลหะหนัก (Heavy metal) หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นมากซึ่งมีค่ามากถึง 4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เช่น ตะกั่ว ดีบุก ทองแดง สังกะสี เงิน ทองคำ ทองคำขาว

- โลหะเบา (Light metal) หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม ไทเทเนียม

2.8.2 อโลหะ (Non - Metallic) อโลหะเป็นวัสดุที่นอกเหนือจากกลุ่มของโลหะ สามารถแยกออกได้เป็น 2 พวกคือ

1) สารธรรมชาติได้แก่ วัสดุที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ เช่น ไม้ ยาง น้ำมันดิบ หนังสัตว์ ถ่านหิน หิน ฯลฯ

2) สารสังเคราะห์ ได้แก่ วัสดุที่ผลิตหรือสังเคราะห์ขึ้นมาจากธรรมชาติอีกครั้งหนึ่ง เช่น แก้ว ปูนซีเมนต์ กระจก พลาสติก กระเบื้อง สี ผ้า ฯลฯ

2.8.3 การผลิตเหล็กเพื่องานอุตสาหกรรม

น้ำเหล็กดิบที่ได้มานั้นจะมีส่วนผสมของธาตุต่าง ๆ ผสมอยู่ เช่น คาร์บอน (C) ซิลิคอน (Si) ฟอสฟอรัส (P) กำมะถัน (S) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) ฯลฯ ซึ่งเป็นผลให้เหล็กดิบมีคุณสมบัติแข็งแต่เปราะ เมื่อจะนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมจึงต้องมีการหลอมอีกครั้งเพื่อทำการปรับลดเพิ่ม หรือเติมสารเพิ่มคุณสมบัติเพื่อให้ได้เหล็กที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ เหล็กที่ผลิตเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมจะแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เหล็กกล้าหรือเหล็กเหนียว และเหล็กหล่อ

1) เหล็กกล้า (Steels) เป็นเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตให้มีส่วนผสมของคาร์บอนไม่เกิน 1.5 % ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของเหล็กกล้าออกได้อีก 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- เหล็กกล้า (Carbon Steels) เป็นเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตให้มีส่วนผสมของคาร์บอนประมาณ 0.1 – 1.5 % โดยมีธาตุอื่นที่จัดออกไม่หมดผสมอยู่น้อยมากจนไม่มีผลต่อคุณสมบัติของเหล็กการนำเหล็กคาร์บอนไปใช้ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

- เหล็กกล้าผสมต่ำ (Low – Alloy System) เป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของธาตุอื่นอยู่ในสัดส่วนที่เกิน 10% เช่น แมงกานีส ฟอสฟอรัส กำมะถัน ซิลิคอน นิกเกิล วานาเดียม ทั้งสแตนทองแดง ฯลฯ โดยที่ธาตุต่าง ๆ ที่ผสมลงไปก็เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กกล้าให้ดีขึ้นให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานนั้น ๆ ซึ่งการผสมธาตุใด ๆ นั้นก็ขึ้นอยู่กับความประสงค์ เช่น ต้องการความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน ทนต่อการสึกหรอ ทนความร้อนได้สูง ง่ายต่อการขึ้นรูป ง่ายต่อการบัดกรี ทนต่อแรงกระแทก ให้สามารถชุบแข็งได้ รับแรงดึงได้ดี เป็นต้น

ตาราง 2.3 การนำเหล็กกล้าคาร์บอนไปใช้งาน

ปริมาณคาร์บอน	ลักษณะของงาน
0.05 – 0.08	เป็นเหล็กกล้าที่มีความเค้นต่ำ นำไปใช้งานที่รับกำลังไม่มาก เช่น ลวด ฝากระโปรงรถ แผ่นเหล็กบาง หมุดย้ำ ตะปู ฯลฯ
0.20 – 0.45	เหมาะกับงานที่ต้องตีขึ้นรูปและรับกำลังมาก เช่น เพลาช้อเหวี่ยง นอดยึด สมอเรือ เพลารถไฟ เหล็กเส้นก่อสร้าง ฯลฯ
0.70 – 0.90	เหมาะสำหรับชิ้นงานที่ต้องการความแข็ง เช่น สิว ไบมีด ล้อรถไฟ แหนบ รางรถไฟ ฯลฯ
1.00 – 1.50	ใช้สำหรับชิ้นงานที่แข็งมาก เช่น แหนบรถไฟ ไบมีดคดิ่ง ไบเลื่อย เครื่องทำเกลียว เหล็กตะไบ

ตาราง 2.4 คุณสมบัติของธาตุต่างๆ

ธาตุ	คุณสมบัติ
คาร์บอน	ทำให้เหล็กแข็งและชุบแข็งได้ การขยายตัวลดลง เชื่อมและขึ้นรูปได้ยาก
ซิลิคอน	ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ทนทานต่อการกัดกร่อน เชื่อมและปาดผิวได้ยาก แต่ถ้ามีปริมาณมากจะทำให้ลดคุณสมบัติในการรับแรงกระแทก
กำมะถัน	ถ้ามีปริมาณมาก จะทำให้เหล็กเปราะและหักง่าย ทำให้การหลอมเหลวทำได้ยาก
ฟอสฟอรัส	ถ้ามีปริมาณมาก จะทำให้ถลุงได้ยาก ทำให้เหล็กเปราะ แต่ถ้ามีปริมาณน้อยจะช่วยให้หลอมเหลว และเทลงแบบพิมพ์ได้ง่าย
แมงกานีส	ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ทนต่อการเสียดสีที่ผิวได้ดี ช่วยเพิ่มจุดหลอมเหลว ถ้ามีปริมาณมากจะช่วยต้านทานแรงกระแทก
นิกเกิล	ถ้ามีปริมาณมาก จะช่วยต้านทานแรงกระแทก ทนต่อการกัดกร่อน ช่วยให้เหล็กมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กได้ดีขึ้น ช่วยลดการบิดงอในการชุบแข็ง
โครเมียม	ถ้ามีปริมาณน้อยจะช่วยต้านทานแรงกระแทก ทนต่อการกัดกร่อน ทำให้เหล็กเกิดสนิมได้ยาก ไม่ช่วยในการเพิ่มความแข็งแรง
ทังสเตน	ทนความร้อนได้ดี ช่วยเพิ่มความแข็งแรง
วานาเดียม	ช่วยทำให้เหล็กเหนียวและรับแรงดึงได้ดี ทำให้เหล็กแข็งและคมได้ดี
โคบอลต์	ช่วยให้เหล็กมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กได้ดี ทำให้เหล็กเหนียวขึ้น

● เหล็กกล้าผสมสูง (High – Alloy Steel) เป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของธาตุอื่นผสมอยู่เช่นเดียวกับเหล็กกล้าผสมต่ำ แต่มีในสัดส่วนที่เกิน 10 % เพื่อเพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการให้สูงขึ้น เช่น ให้แข็งมากขึ้น ทนความร้อนได้สูงมากทนต่อการขัดสีที่สูง ปลอดภัย เหล็กกล้าผสมสูงที่เราพบเห็นได้ทั่วไป คือ เหล็กเครื่องมือ (Tool steels) และเหล็กไร้สนิม (Stainless steels)

● เหล็กเครื่องมือ (Tool steels) เป็นเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยเตาไฟฟ้าจึงสามารถควบคุมส่วนผสมได้ถูกต้อง ส่วนผสมต่าง ๆ เช่น แมงกานีส ทังสเตน วานาเดียม โมลิบดีนัม และ โครเมียม สารเหล่านี้จะมีคุณสมบัติพิเศษที่ช่วยให้เหล็กมีความแข็งแรงและคมอยู่ได้ดี เช่น ดอกสว่าน เครื่องกลึงเกลียว แบบพิมพ์ เหล็กสกัด ลิว ค้อนปอนด์ ใบมีดตัดโลหะ เป็นต้น

● เหล็กไร้สนิม (Stainless steels) เป็นเหล็กที่มีโครเมียมผสมอยู่มากกว่า 12% เป็นผลให้เกิดฟิล์มบางๆ ของโครเมียมออกไซด์เคลือบที่ผิวเหล็ก ทำให้สามารถป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยากายในเนื้อเหล็กได้ เหล็กกล้าทั่วไปจะมีส่วนผสมของคาร์บอนอยู่ด้วย

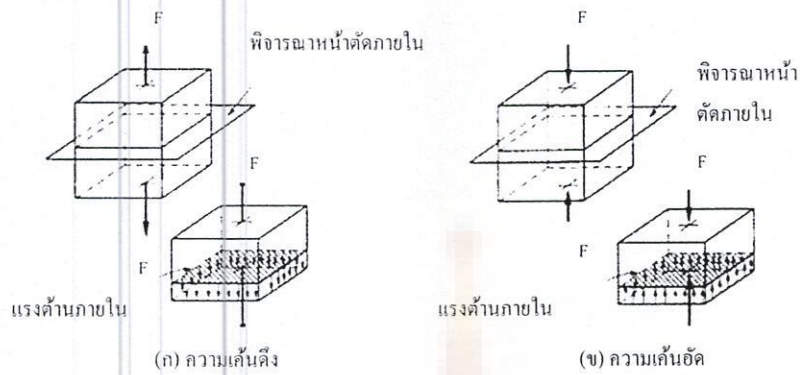
ตาราง 2.5 คุณสมบัติของธาตุต่างๆ ที่ผสมในเหล็กหล่อ

ธาตุ	คุณสมบัติ
ซิลิกอน	เป็นธาตุที่ช่วยให้เกิดแกรไฟต์ในเหล็กหล่อ ช่วยให้น้ำเหล็กไหลตัวได้ดี ถ้าผสมซิลิกอนในสัดส่วนมากจะทำให้เหล็กหล่อทนทานต่อความร้อนได้สูง
กำมะถัน	เป็นธาตุที่ไม่ช่วยให้เกิดแกรไฟต์ ถ้าผสมในปริมาณมากจะทำให้เกิดคาร์ไบด์ และเป็นผลให้เหล็กหล่อเปราะแตกหักได้ง่ายและกลึงไสได้ยาก ควรควบคุมปริมาณกำมะถันไม่ให้เกิน 0.20 %
ฟอสฟอรัส	เป็นธาตุที่ช่วยให้เกิดแกรไฟต์เช่นเดียวกับซิลิกอน ช่วยให้ น้ำเหล็กไหลตัวได้ดี แต่การรวมตัวของฟอสฟอรัสกับเหล็กอาจทำให้เหล็กหล่อเปราะ
แมงกานีส	เป็นธาตุที่ช่วยให้เกิดคาร์ไบด์ และเมื่อรวมตัวกับกำมะถันจะกลายเป็นแมงกานีสซัลไฟด์ (MnS) ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะน้อย ก็จะลอยตัวไปรวมกับตะกอนช่วยลดกำมะถันในเหล็กหล่อ ฯลฯ

2.8.4 คุณสมบัติของโลหะ

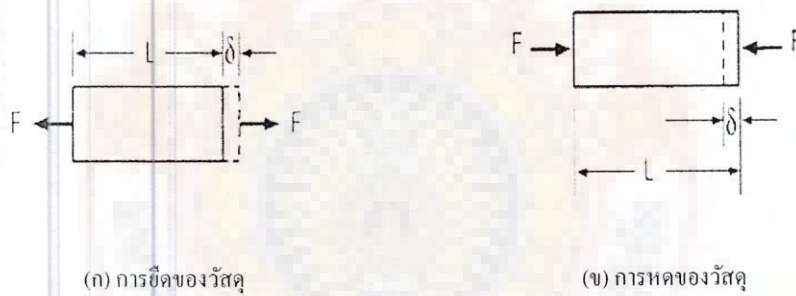
เครื่องจักรกลหรือโครงสร้างต่างๆ เช่น รถยนต์ สะพาน อาคาร บ้านเรือน ล้วนสร้างหรือประกอบจากวัสดุหลายๆ ชนิดเข้าด้วยกัน โครงสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ก็จะทำหน้าที่รับแรงและต้านทานแรงที่มากระทำ เพื่อให้การออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆ แข็งแรง จึงจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ ด้วย ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความเค้น (Stress ; σ) คือแรงที่พยายามต้านทานภายในวัสดุเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำเพื่อต้านทานไม่ให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่าง ถ้าแรงที่กระทำจากภายนอกเป็นแรงดึง ความเค้นก็จะเป็นความเค้นดึง และถ้าแรงที่กระทำเป็นแรงอัด ความเค้นก็จะเป็นความเค้นอัด ดังรูปที่ 2.72



รูปที่ 2.72 พฤติกรรมการเกิดความเค้นของวัสดุ

2) ความเครียด (Strain ; E) เกิดขึ้นเมื่อวัสดุถูกแรงจากภายนอกมากระทำจนเกินที่จะต้านทานสภาพอยู่ได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่าง เช่น ยืดออก (elongation) หรือหดเข้า (contraction) การที่วัสดุเปลี่ยนแปลงยืดออกหรือหดเข้าเรียกว่า ความเครียด ดังรูปที่ 2.73



รูปที่ 2.73 พฤติกรรมการเกิดความเครียดของวัสดุ

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินการสร้างเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในการสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไฮดรอลิกส์เพื่อการแปรรูปการออกแบบ และพัฒนาขนาดของชิ้นส่วนต่างๆต้องมีการคำนวณที่ถูกต้องเพื่อให้ได้ชิ้นงานส่วนต่างๆที่มีความแข็งแรงทนทานสามารถรับแรงที่มากระทำได้ โดยที่ไม่เกิดความเสียหายในขณะปฏิบัติงาน พร้อมสามารถเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ต่างๆได้โดยไม่มียุ่งยาก ทนแรง ประหยัดเวลา และปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานที่จะทำให้งานลุล่วงไปด้วยดีนั้น ต้องมีการวางแผนเพื่อที่จะกำหนดขั้นตอนการทำงานให้สามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องและแน่นอนทำให้ช่วยลดข้อผิดพลาดในการทำงานซึ่งได้กำหนดเป็นขั้นตอนไว้ดังนี้

จากแผนการดำเนินงานเมื่อเปรียบเทียบแผนการดำเนินงานกับแผนการดำเนินงานจริงจะเห็นได้ว่า ทุกกิจกรรมของแผนการดำเนินงานจริงไม่เป็นไปตามแผนแผนการดำเนินงาน เนื่องจากการปฏิบัติงานที่ไม่ต่อเนื่องและเมื่อปฏิบัติงานจริงในบางครั้งก็เจอปัญหาอุปสรรคที่ไม่ได้คาดคิดมาก่อน เกิดจากความผิดพลาดในการปฏิบัติงานทำให้ต้องแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นงานคืบหน้าไปได้ช้า ซึ่งเสียเวลาในส่วนนี้ไปค่อนข้างมาก จึงทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปตามแผนที่ได้วางไว้

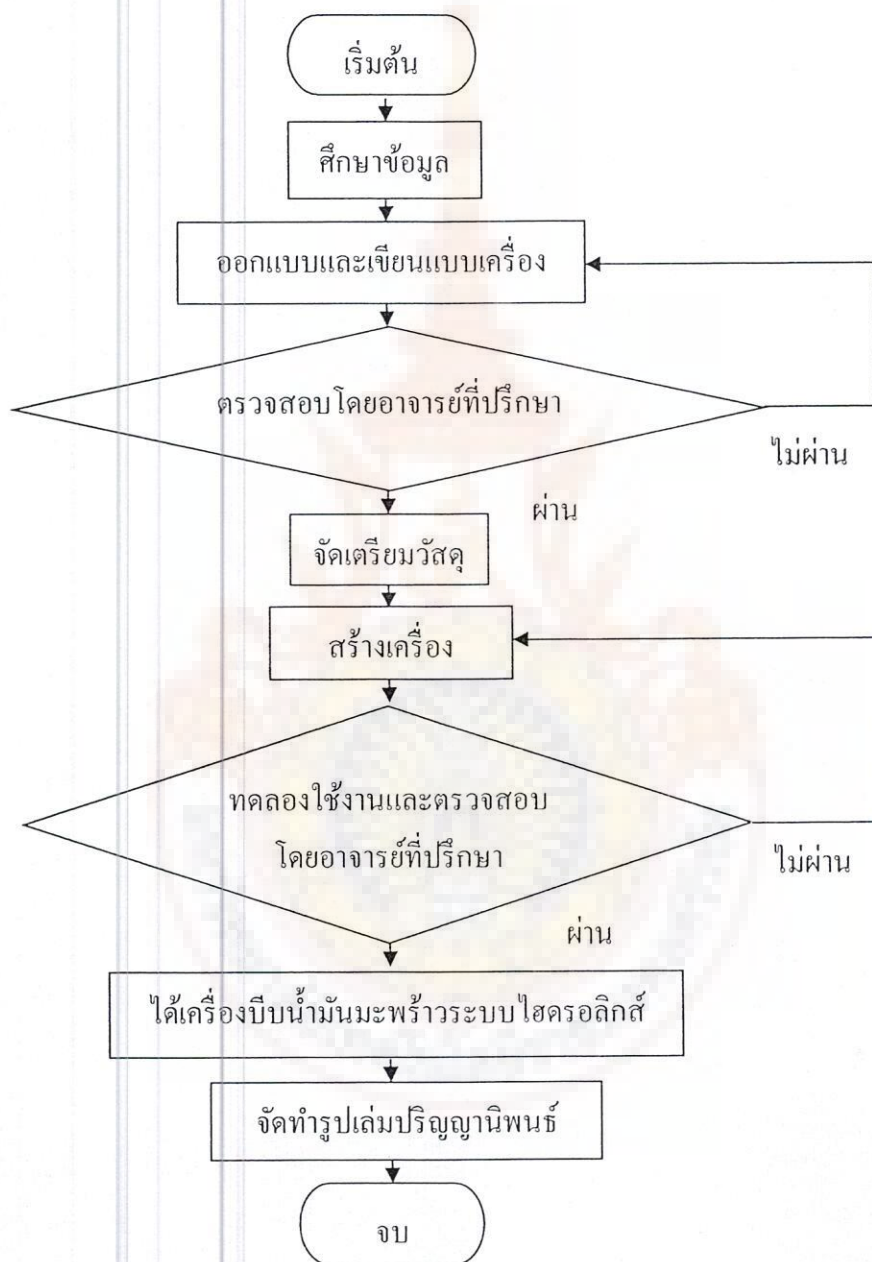
ตาราง 3.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ

รายละเอียดการดำเนินงาน	พ.ศ. 2556															
	พ.ค.				มิ.ย.				ก.ค.				ส.ค.			
	สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
รวบรวมข้อมูลและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง																
ศึกษาข้อมูลและออกแบบเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าว																
สร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าว																
ทำการทดลองใช้เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์																
วิเคราะห์ผล																
สรุปผลการทดลอง																
จัดทำปฏิญานินพนธ์และนำเสนอ																

3.2 การออกแบบ

3.2.1 การวางแผนดำเนินการสร้าง

การออกแบบและสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์ต้องมีการวางแผนเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

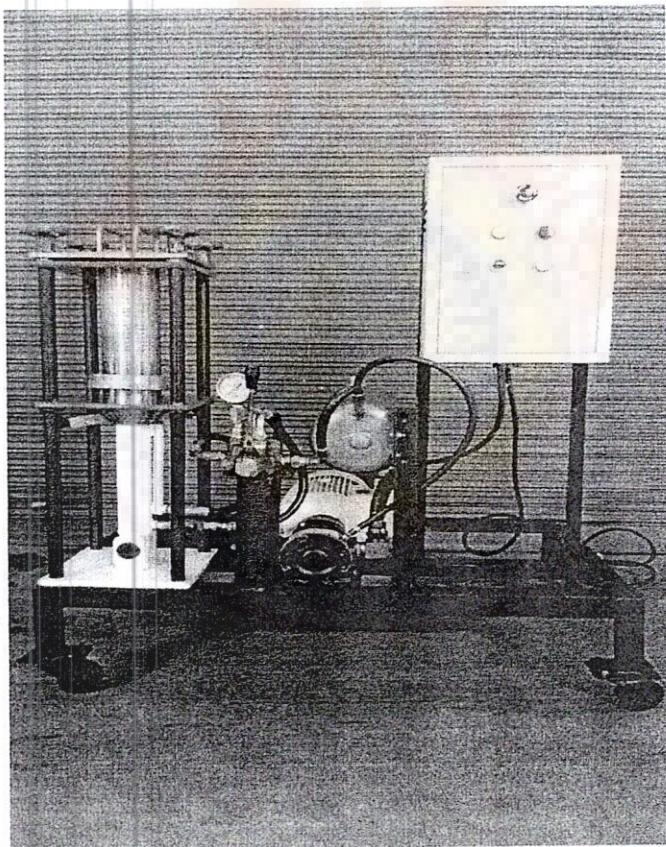


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวางแผนดำเนินการสร้าง

3.2.2 การออกแบบรูปร่างและชิ้นส่วน

การออกแบบรูปร่างและชิ้นส่วนเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากคือจะต้องออกแบบรูปร่างของชิ้นส่วนและคำนวณลักษณะต่างๆของชิ้นส่วนเพื่อสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยสิ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบมีหลักการดังนี้

- 1) โครงสร้างและลักษณะของเครื่อง จะต้องกะทัดรัด
- 2) สามารถถอดประกอบได้ง่าย
- 3) วัสดุที่ใช้จะต้องมีความเหมาะสมกับการใช้งาน
- 4) จะต้องมีการหล่อลิ้นในตำแหน่งที่ชิ้นส่วนมีการเคลื่อนที่และเสียดสีกัน
- 5) จะต้องมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน
- 6) จะต้องสามารถบำรุงรักษาได้ง่ายและสะดวก
- 7) จะต้องมีความปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติงาน
- 8) ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการออกแบบและการสร้างจะต้องไม่สูงจนเกินไป



รูปที่ 3.2 แสดงรูปเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

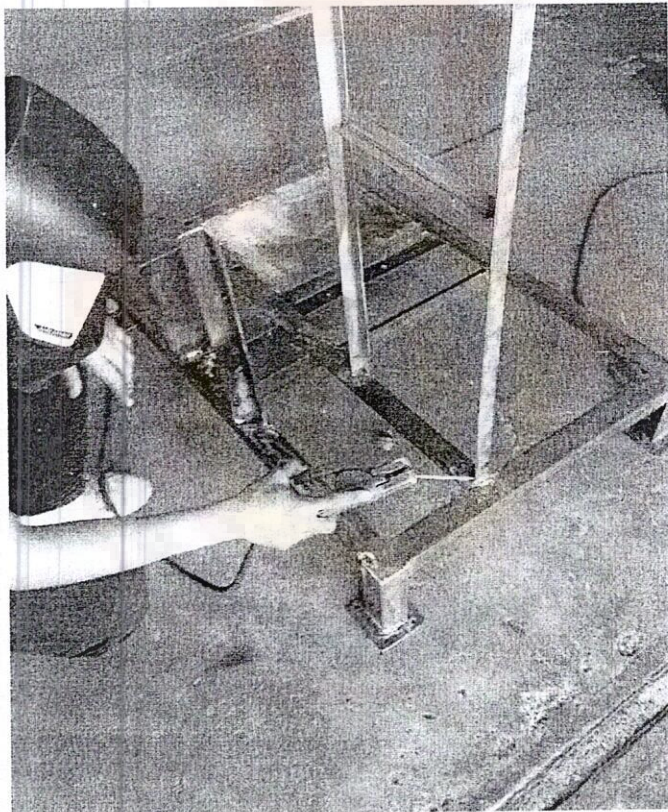
3.3 ขั้นตอนการสร้าง

ในการออกแบบและการสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์จะต้องกำหนดขอบเขตของเครื่องหรือจะต้องกำหนดขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์เสียก่อนเช่นชนิดของมะพร้าว จำนวนการปอกเปลือกมะพร้าว ต่อหนึ่งนาทีที่มีความกะทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

การสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์จะต้องวางแผนขั้นตอนในการสร้างให้เหมาะสมเพื่อให้ประหยัดเวลาโดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

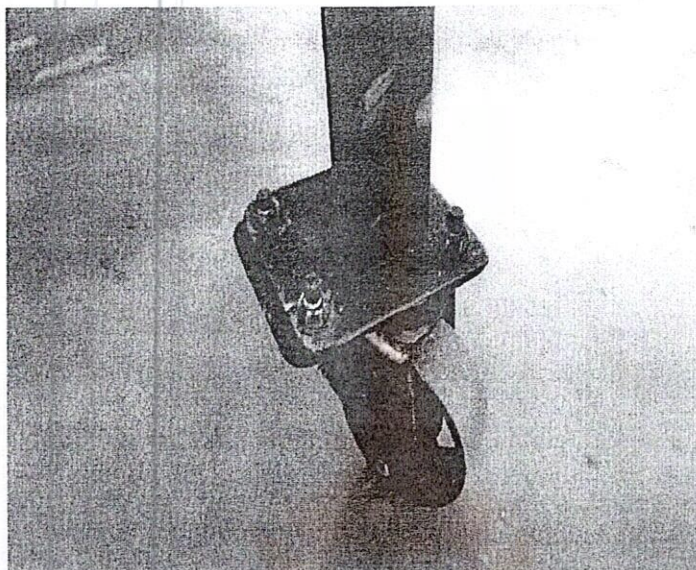
3.3.1 การสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์มีลักษณะที่สำคัญของเครื่องและมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1) ชุดโครงสร้างทำจากเหล็กฉากขนาดความกว้าง 5 cm ความยาว 80cm และ 90cm จำนวนอย่างละ 2 เส้น เพื่อทำฐานล่างโดยทำการเชื่อมตามที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.3



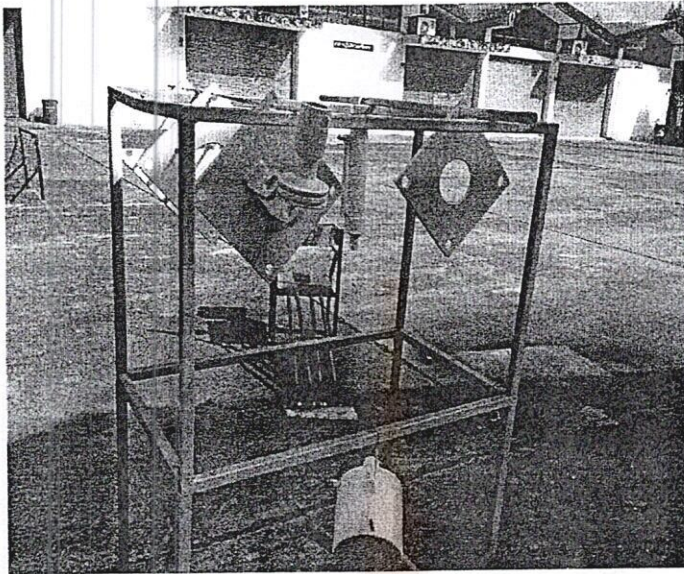
รูปที่ 3.3 ชุดโครงสร้างฐานของเครื่อง

2) ชุดล้อย่ทำจากเหล็กแผ่นขนาด 8×10 cm จำนวน 4 แผ่น เชื่อมยึดติดกับฐานล่างของชุดโครงสร้างและล้อขนาด 7 cm โดยติดตั้งตามที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.4



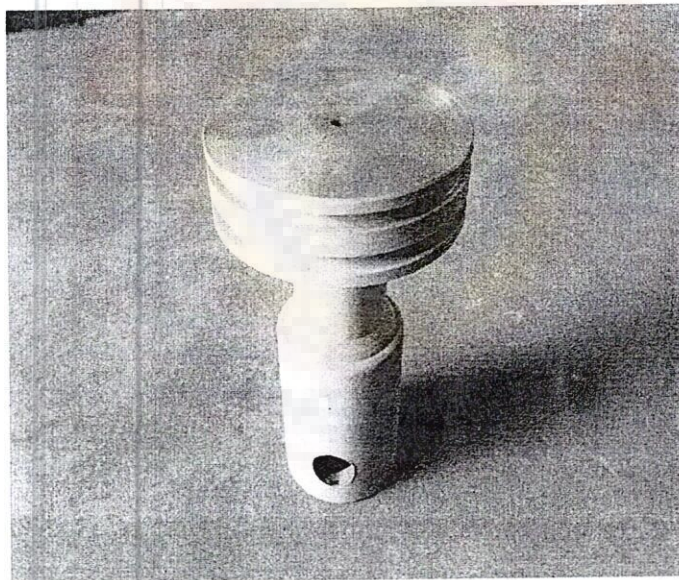
รูปที่ 3.4 ชุดล้อ

3) ชุดโครงสร้างกระบอบีบน้ำมันมะพร้าว ทำมาจากเหล็กเพลตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ยาว 82cm จำนวน 4 เส้น โดยทำเกลียวหัว-ท้าย และแผ่นเหล็กขนาด 25×25 cmหนา 1 cm จำนวน 4 แผ่น ดังรูปที่ 3.5



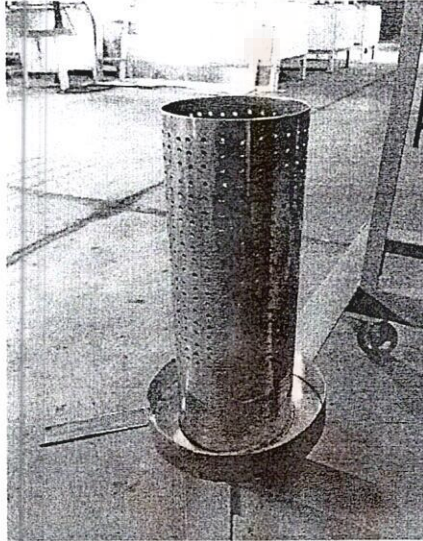
รูปที่ 3.5 ชุดโครงสร้างกระบอบกบิบน้ำมันมะพร้าว

4) ชุดลูกสูบบีบน้ำมันมะพร้าว ทำจากเหล็กเพลตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.2 cmหนา 3 cmกลึงร่องเพื่อทำการใส่ O-Ring จำนวน 2 ร่อง ดังรูปที่ 3.6



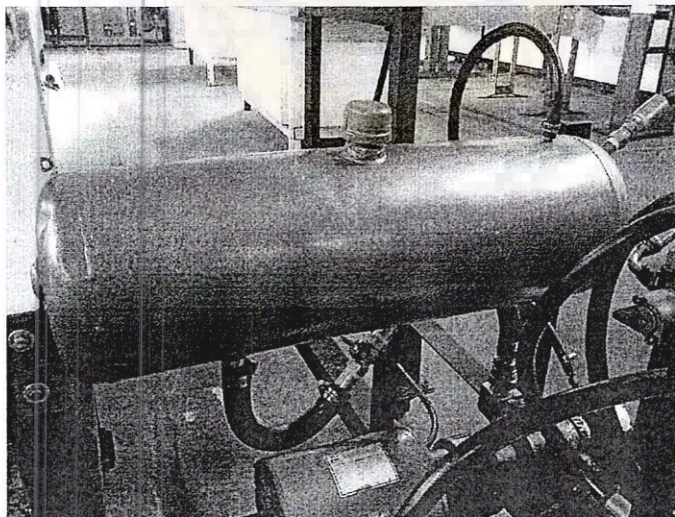
รูปที่ 3.6 ชุดลูกสูบบีบน้ำมันมะพร้าว

5) ครอบกบิบน้ำมันมะพร้าว ทำจากเหล็กท่อสแตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ยาว 32 cm เจาะรูหัวทั้งครอบอก แต่ละรูมีขนาด 0.003 cm ด้านล่างของครอบกบเชื่อมติดตั้งบารองรับ น้ำมันทำจากเหล็กแผ่นสแตนเลส ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ครอบกบิบน้ำมันมะพร้าว

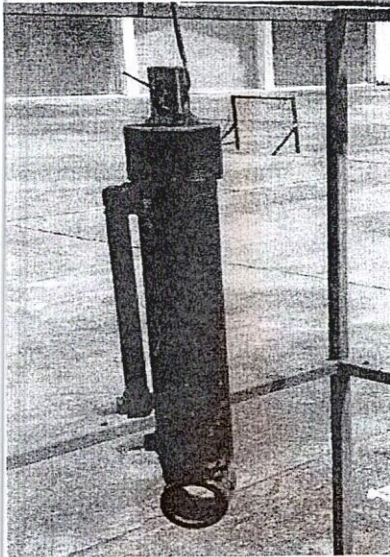
6) ชุดถังน้ำมันไฮดรอลิกส์ ทำมาจากเหล็กท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17cm ความยาว 18 cm โดยทำการเชื่อมตามที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ชุดถังน้ำมันไฮดรอลิกส์

7) ชุดกระบอกลไฮดรอลิกส์ชนิด 2 ทิศทาง ยาว 33 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 cm ดังรูป

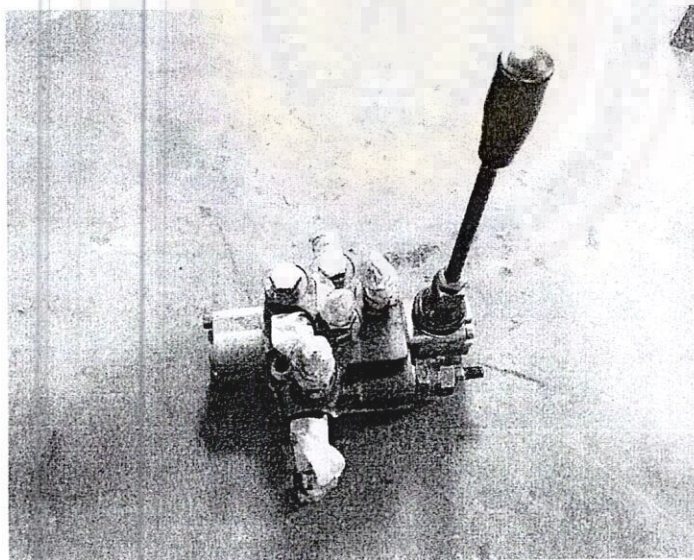
ที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ชุดกระบอกลไฮดรอลิกส์

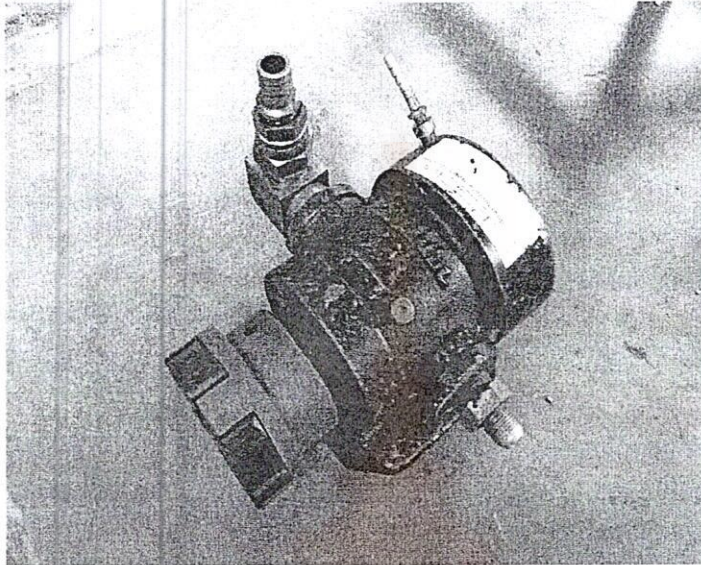
8) ชุดควบคุมปั๊มและเครื่องต้นกำลัง ประกอบด้วย

1. Control valve แบบ 4/3 ดังรูปที่ 3.10



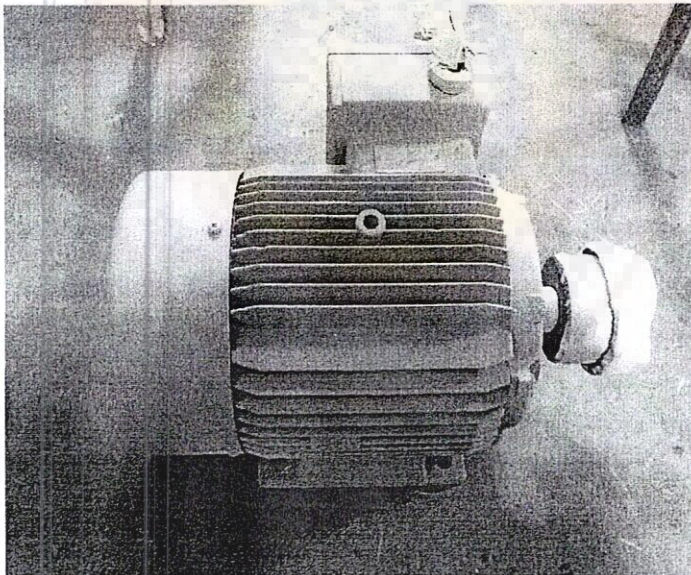
รูปที่ 3.10 Control valve แบบ 4/3

2. ปั๊มไฮดรอลิกส์แบบเกียร์ ดังรูปที่ 3.11



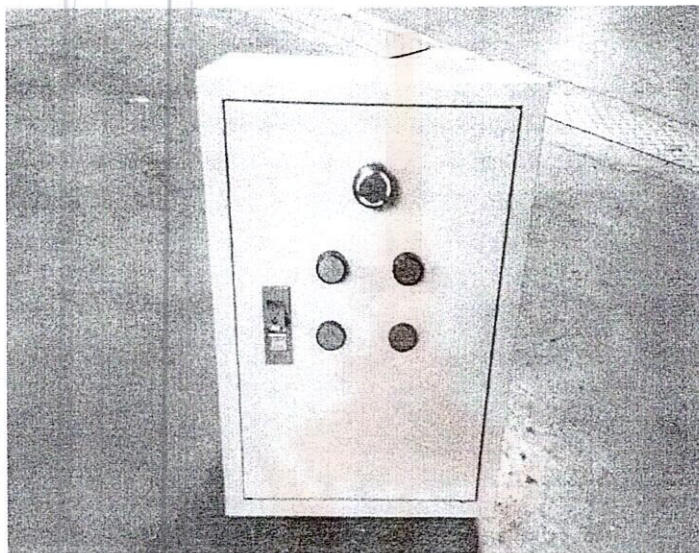
รูปที่ 3.11 ปั๊มไฮดรอลิกส์แบบเกียร์

3. มอเตอร์ 3 Hp 3 เฟส โดยทำการติดตั้งตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 3.12



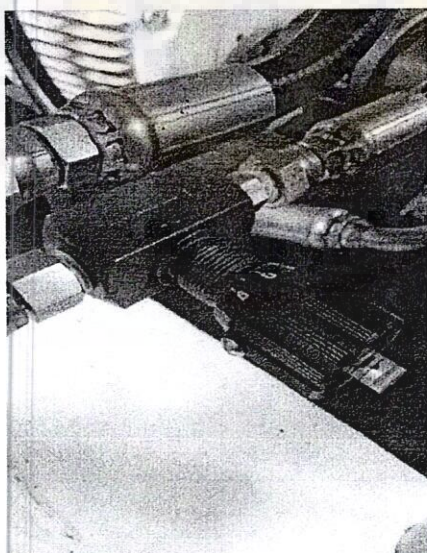
รูปที่ 3.12 มอเตอร์ 3 Hp 3 เฟส

9) ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ประกอบด้วย Breaker , Over load , Magnetic contactor , Emergency switch , Green lamp , LED lamp , Push Button switch โดยทำการติดตั้งตามที่ได้ ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.13



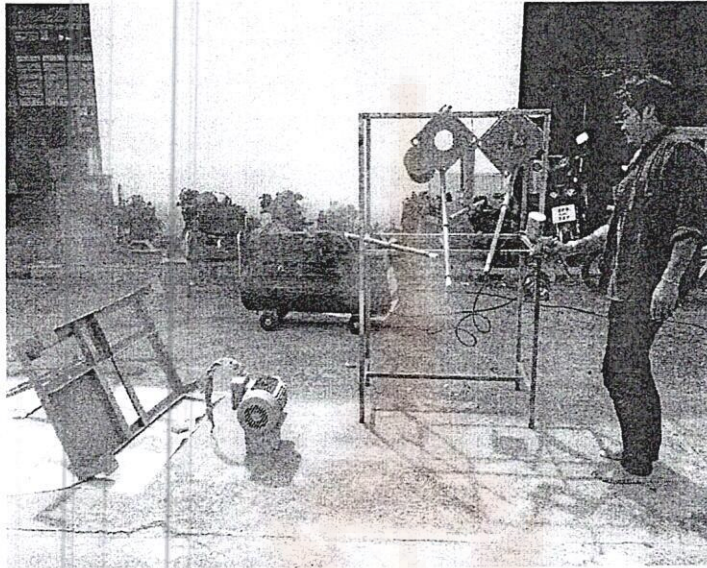
รูปที่ 3.13 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

10) วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow control valve) ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วาล์วควบคุมอัตราการไหล

11) การทำสีและตกแต่งรายละเอียด ทำความสะอาดพื้นผิวโลหะให้สะอาด พ่นสีรองพื้นแล้วรอให้แห้งและพ่นสีจริง 1-2 ครั้ง สีที่ใช้เป็นสีสเปรย์ลายคลื่น ดังรูปที่ 3.15



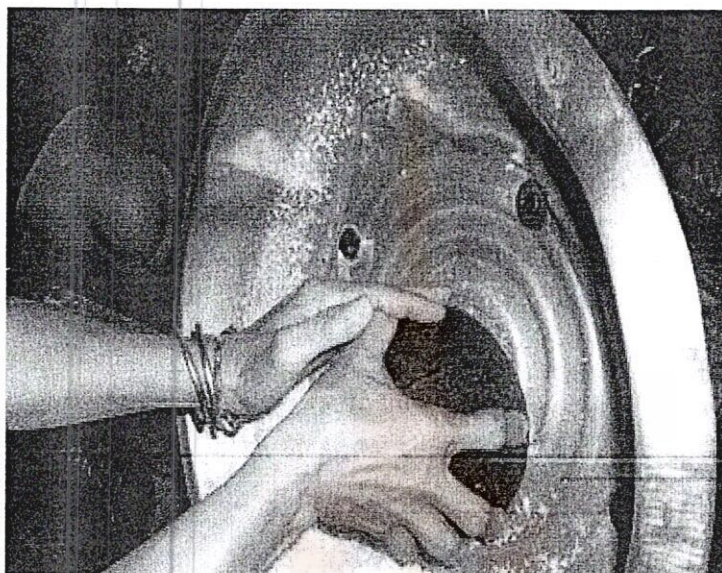
รูปที่ 3.15 เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวระบบไฮดรอลิกส์

ตาราง 3.2 งบประมาณ

รายการ	ราคา(บาท)
1. ชุดบีบระบบไฮดรอลิกส์	25,000
2. อุปกรณ์ไฟฟ้า	1,500
3. พูลเลย์	500
4. ค่าวัสดุอื่นๆ	10,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	37,000

3.4 การเตรียมเนื้อมะพร้าว

- 1) นำผลมะพร้าวมาชูดด้วยเครื่องชูดมะพร้าวให้ได้เนื้อมะพร้าว 5 kg



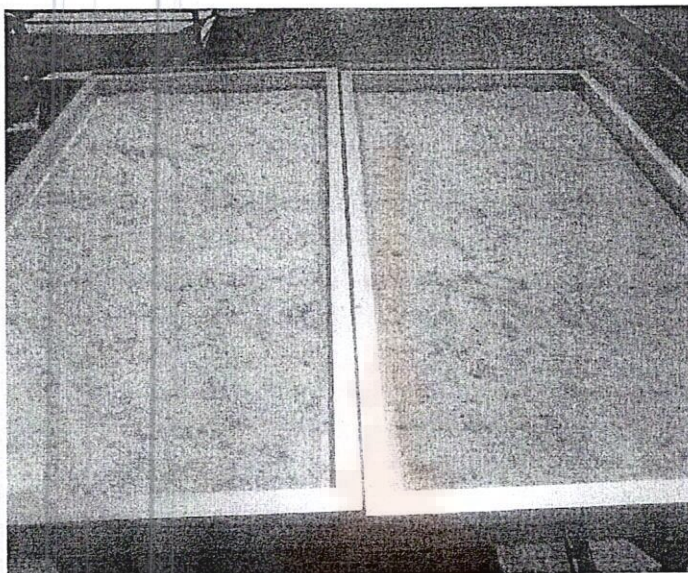
รูปที่ 3.16 การชูดมะพร้าว

- 2) นำเนื้อมะพร้าวชูดมาชั่งน้ำหนักก่อนนำไปตากแดด



รูปที่ 3.17 ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูด

3) นำเนื้อมะพร้าวชูดไปตากแดดไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง



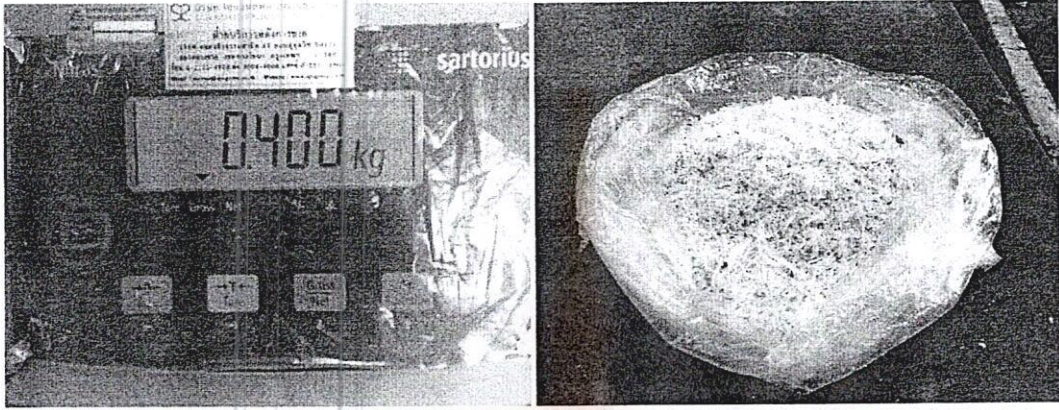
รูปที่ 3.18 เนื้อมะพร้าวชูดตากแดด

4) ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูดที่ตากแดดมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.19 เนื้อมะพร้าวชูดที่ผ่านการตากแดดมาแล้ว

5) นำเนื้อมะพร้าวขูดที่ตากแดดมาแล้วมาชั่งน้ำหนักครั้งละ 0.4 kg เพื่อนำไปบีบในแต่ละครั้ง



รูปที่ 3.20 ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวเพื่อนำไปบีบ

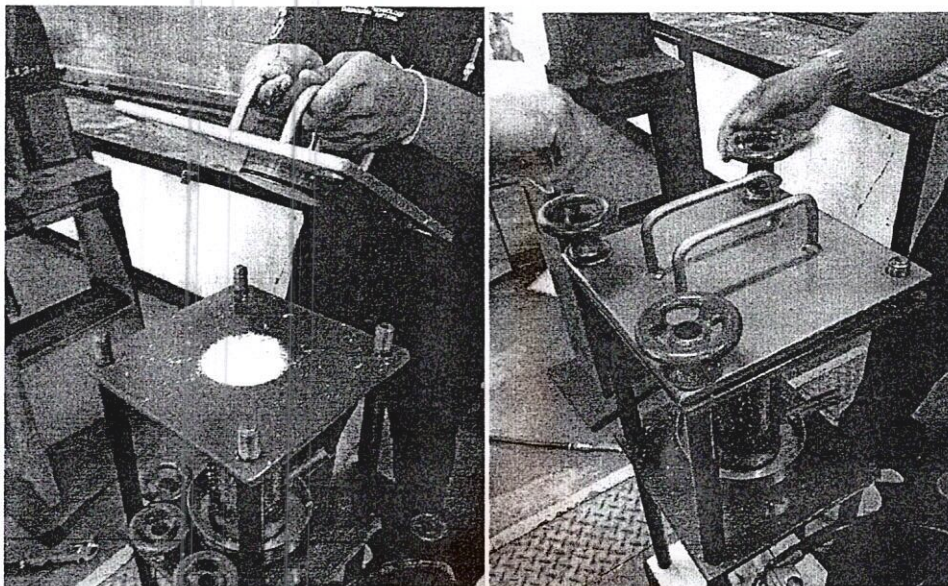
3.5 การบีบน้ำมันมะพร้าว

1) นำเนื้อมะพร้าวขูดที่ผ่านการตากแดดมาแล้วชั่งน้ำหนัก 0.4 kg ใส่ในกระบอบบีบ



รูปที่ 3.21 ใส่เนื้อมะพร้าวตากแดดน้ำหนัก 0.4 kg

2) ปิดฝาครอบกระบอบีบหมุนยึดน็อตให้แน่นก่อนทำการบีบ



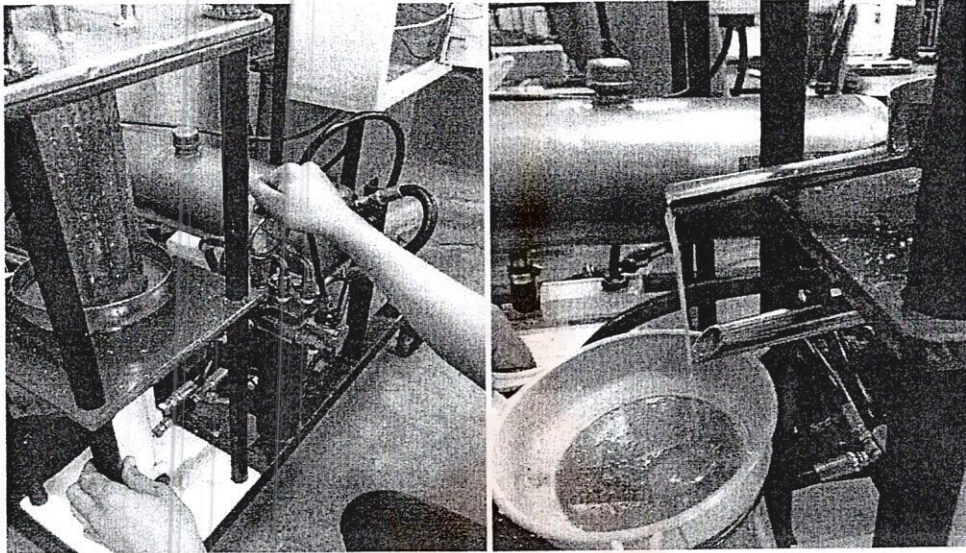
รูปที่ 3.22 ปิดฝาครอบกระบอบีบ

3) กด Switch เดินเครื่อง (Switch On)



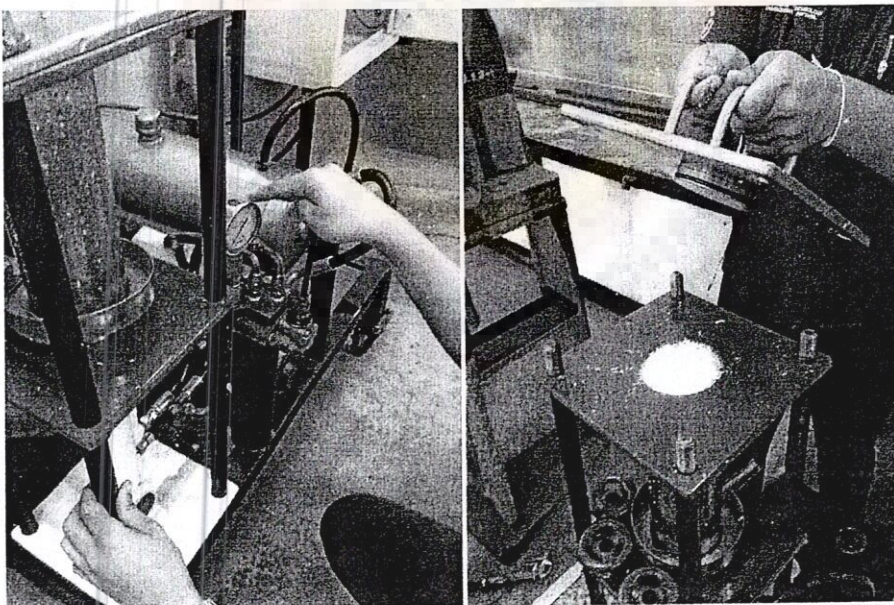
รูปที่ 3.23 กด Switch เดินเครื่อง

4) ดันคันโยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบเลื่อนไปบีบเนื้อมะพร้าวประมาณ 10-13 ครั้ง เพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวออกจนหมด



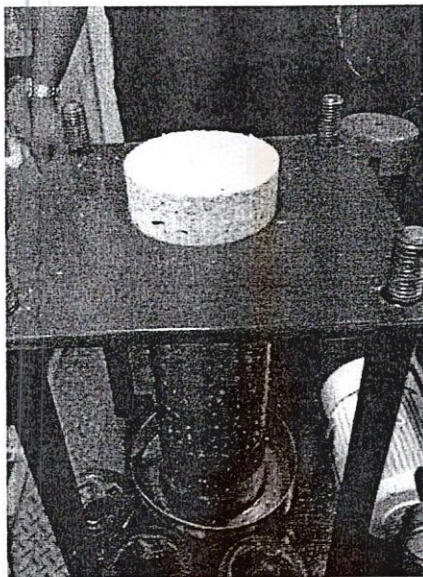
รูปที่ 3.24 ดันคันโยก (Control valve) ประมาณ 10-13 ครั้ง

5) ดันคันโยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบเลื่อนลงและเปิดฝาครอบกระบอบอกออก



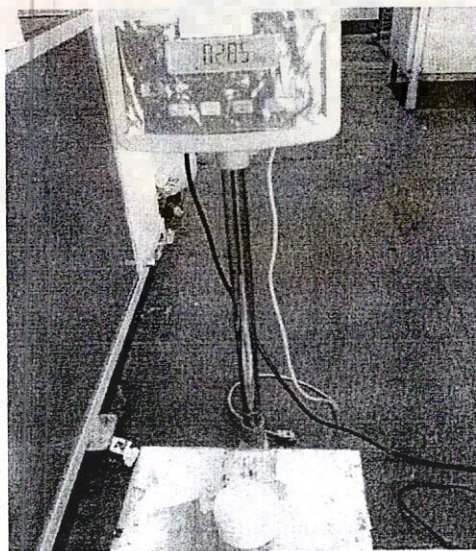
รูปที่ 3.25 เปิดฝาครอบกระบอบอกออก

6) ดันคันโยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบดันกากมะพร้าวออกมา



รูปที่ 3.26 ลูกสูบดันกากมะพร้าวออก

7) นำกากมะพร้าวที่ผ่านการบีบแล้วไปชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.27 นำกากมะพร้าวไปชั่งน้ำหนัก

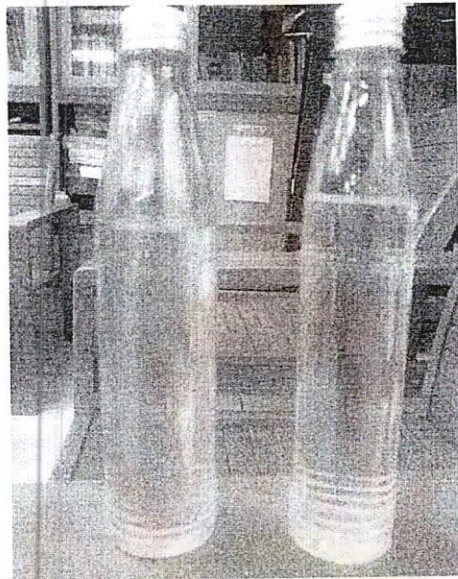
8) จดบันทึกค่าการทดลองแต่ละครั้ง (ปริมาณน้ำมันมะพร้าว)

3.6 การทดลอง

1) การสังเกตสีและกลิ่น โดยใช้ประสาทสัมผัส

สี เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากแบบบีบกับแบบหมัก (สกัดเย็น)

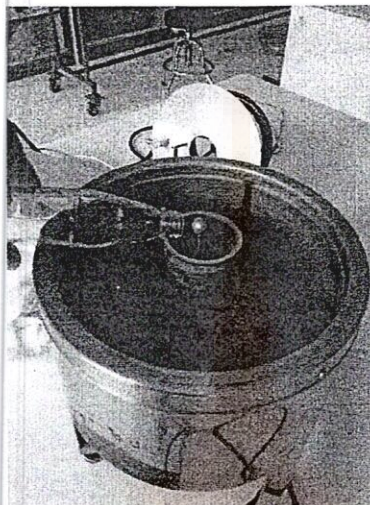
กลิ่น เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากแบบบีบกับแบบหมัก (สกัดเย็น)



รูปที่ 3.28 น้ำมันมะพร้าวแบบบีบกับแบบหมัก

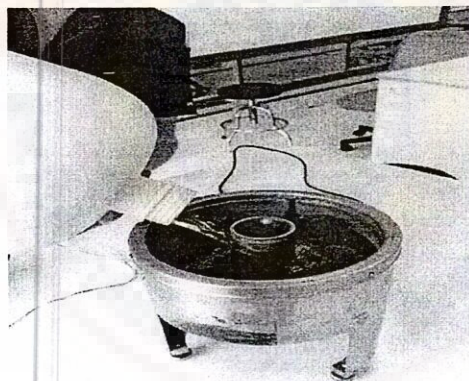
2) ขั้นตอนการหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Capillary tube viscometer

- นำน้ำมันมะพร้าวเทใส่ลงในกระบอกบรรจุน้ำมันจนถึงระดับ



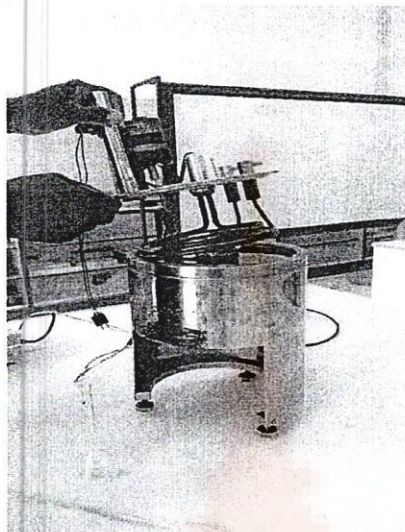
รูปที่ 3.29 เทน้ำมันมะพร้าวลงในกระบอกบรรจุน้ำมัน

- นำน้ำเปล่าเทใส่ลงในกระบอกบรรจุจนถึงระดับที่กำหนด



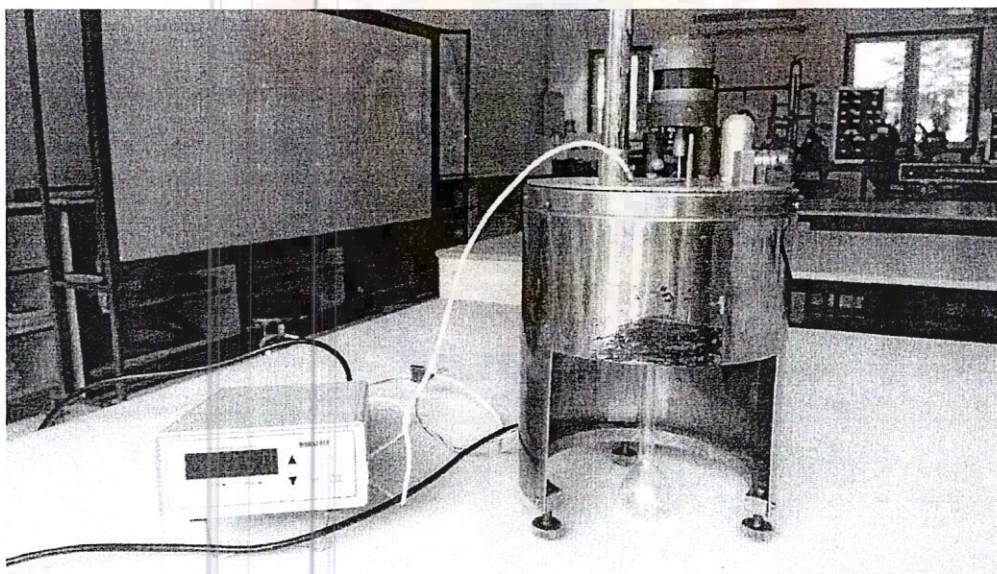
รูปที่ 3.30 เทน้ำเปล่าลงในกระบอกบรรจุน้ำ

- ปิดฝาครอบให้สนิท



รูปที่ 3.31 ปิดฝาครอบ

- รอน้ำมันมะพร้าวอุณหภูมิถึง 40°C ค้างปิดระบบน้ำมันออกจบบเวลา

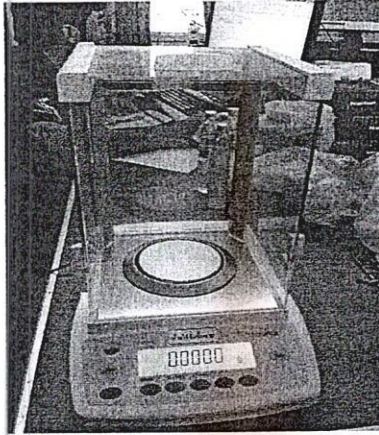


รูปที่ 3.32 อุณหภูมิน้ำมันมะพร้าว

- บันทึกผลการทดลอง

3) ขั้นตอนการหาค่าความหนาแน่น (Density)

- เตรียมตาชั่งดิจิตอลแบบไฟฟ้า ปรับตั้งให้เป็นศูนย์



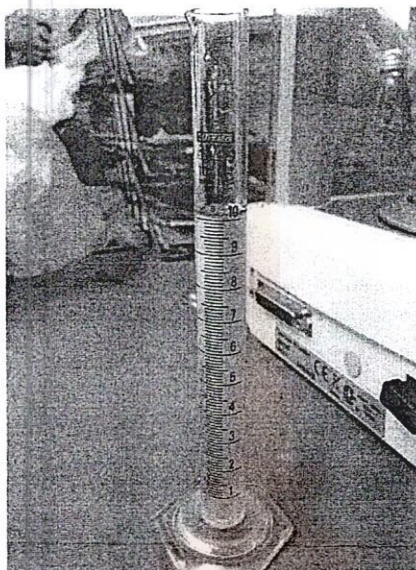
รูปที่ 3.33 เตรียมตาชั่งดิจิตอลแบบไฟฟ้า

- ทำการชั่งกระบอกตวง 10 cm³ แล้วปรับตั้งค่าตาชั่งให้เป็นศูนย์



รูปที่ 3.34 ปรับตั้งค่าตาชั่งเป็นศูนย์

- เติมน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลงในกระบอกตวงให้มีปริมาตร 10 cm^3



รูปที่ 3.35 แสดงระดับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ภายในกระบอกตวง

- นำกระบอกตวงที่บรรจุน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แล้วไปชั่งน้ำหนักบนที่ค้ำ



รูปที่ 3.36 นำกระบอกตวงบรรจุน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ชั่งน้ำหนัก

3.7 การคำนวณและตัวอย่างการคำนวณ

1) การหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ตัวอย่างการคำนวณ

เปรียบเทียบกับเนื้อมะพร้าวชูดตากแดด โดยเปรียบเทียบกับสมการดังนี้
เนื้อมะพร้าวชูดตากแดด - กากที่เหลือจากการบีบ = น้ำมันมะพร้าวที่ได้

$$2.4 \text{ kg} - 1.7 \text{ kg} = 0.7 \text{ kg}$$

และจากสมการ

$$\frac{\text{น้ำมันมะพร้าวที่ได้}}{\text{เนื้อมะพร้าวชูดตากแดด}} \times 100 \%$$

จะได้

$$\frac{0.7}{2.4} \times 100\% = 29\%$$

ดังนั้นปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้เท่ากับ 29%

2) หาค่าความหนืด

จากการทดลองอุปกรณ์การทดลองที่ใช้มีหน่วยวัดเป็น เรควูด กำหนดว่าน้ำมันที่ทดลองไหลเต็มกระบอกตวงขนาด 50 ซีซี จำนวนเวลาเป็นวินาทีทั้งหมด คือ ค่าความหนืดเป็นเรควูด

ในการแปลงค่าความหนืดจาก เรควูด เป็นค่าความหนืดจลน์ซึ่งมีหน่วยเป็น เซ็นติสโตก (Centistokes) หาได้จากสูตร Empirical

$$V = 0.260t - \frac{179}{t} \text{ เมื่อ } t \text{ อยู่ระหว่าง } 100 \text{ วินาที}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

โดยค่าจากการทดลองในครั้งนี้มีค่า t มากกว่า 100 วินาที

t ที่ได้จากการทดลองเท่ากับ 3.27 นาที เท่ากับ 207 วินาที

แทนค่าในสมการหาค่า V จะได้ $0.260(207) - \frac{179}{207} = 52.95$ เซ็นติสโตก (cSt)

3) หาค่าความหนาแน่น (Density)

สมการหาค่าความหนาแน่น

$$\rho = \frac{m}{V}$$

 ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^3)

m คือ มวลรวมของวัตถุ (g)

V คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (m^3)ตัวอย่างการคำนวณ

ค่า m จากการทดลองเท่ากับ 8.439 g

ค่า V จากการทดลองเท่ากับ 10 cc

แทนค่าในสมการหาค่าความหนาแน่น ρ จะได้

$$\rho = \frac{8.439}{10} = 843.9 \text{ kg/cm}^3$$

4) การหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

ตัวอย่างการคำนวณ

จากสมการ

$$S = \frac{\rho_{\text{sample}}}{\rho_{\text{water}}}$$

เมื่อ S คือ ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

 ρ_{sample} คือ ความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าว (kg/m^3) ρ_{water} คือ ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

จะได้

$$S = \frac{843.9}{1000} = 0.8439$$

ดังนั้น ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้เท่ากับ 0.8439

5) หาน้ำหนักของเนื้อมะพร้าวชุดหลังตากแดด

เนื้อมะพร้าวชุดก่อนตากแดด 5 kg

เนื้อมะพร้าวชุดหลังตากแดด 2.4 kg

เหลือ 2.6 kg

น้ำหนักที่หายไป $\frac{2.6}{5} \times 100 = 52\%$

น้ำหนักที่เหลืออยู่ 48%

6) รอบมอเตอร์ต้นกำลัง 1420 rpm อัตราทด 1:1 (เครื่องยนต์หมุน 1 รอบ ปีมหมุน 1 รอบ) ปีมหมุน 1 รอบ ได้ปริมาตรไหล 30 cc หรือ 0.03L

ปีมทำงานด้วยความเร็วรอบ $\frac{1420}{1} = 1420 \text{ rpm}$

อัตราการไหล $1420 \text{ rpm} \times 0.03 \text{ L} = 42.6 \text{ L/min}$
 $= 0.0426 \text{ m}^3/\text{min}$

7) ปริมาตรกระบอกสูบขณะก้านสูบออก กระบอกสูบเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 mm ความยาว 330 mm

สูตรการคำนวณ

$$\begin{aligned} V &= AL \\ &= \frac{\pi}{4} d^2 \times L \\ &= \frac{\pi}{4} (0.06^2)(0.33) \text{ m}^3 \\ &= 0.000933 \text{ m}^3 \\ &= 9.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

ปริมาตรกระบอกสูบขณะก้านสูบเข้า เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกภายใน 60 mm เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ 40 mm ความยาว 330 mm

สูตรการคำนวณ

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times L \\ &= \frac{\pi}{4} (0.06^2 - 0.04^2)(0.33) \text{ m}^3 \\ &= 5.18 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

8) อัตราการไหลของลำของไหล (ขาออก)

สูตรการคำนวณ	$Q = AV$
หาความเร็ว	$V = \frac{Q}{A}$
พื้นที่หน้าตัด	$A = \frac{\pi}{4} D^2$ $= \frac{\pi}{4} 0.06^2$ $= 2.83 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
อัตราการไหล	$Q = \frac{0.0426 \text{ m}^3/\text{min}}{60\text{s}}$ $= 0.0007 \text{ m}^3/\text{s}$ $= 7.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
ความเร็ว	$V = \frac{0.0007 \text{ m}^3/\text{s}}{(2.83 \times 10^{-3}) \text{ m}^2}$ $V = 0.247 \text{ m/s}$ $V = 0.25 \text{ m/s}$
(ขาเข้า)	
พื้นที่หน้าตัด	$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$ $= \frac{\pi}{4} (0.06^2 - 0.04^2)$ $= 1.57 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
อัตราการไหล	$Q = \frac{0.0426 \text{ m}^3/\text{min}}{60\text{s}}$ $= 0.0007 \text{ m}^3/\text{s}$ $= 7.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
ความเร็ว	$V = \frac{0.0007 \text{ m}^3/\text{s}}{(1.57 \times 10^{-3}) \text{ m}^2}$ $V = 0.446 \text{ m/s}$

9) หาแรงที่ใช้ในการบีบ

$$F = P \times A$$

กำหนดให้

F คือ แรงที่กระทำ = ? N

P คือ ความดันของของไหล = 100 bar = 10^7 N/m^2

A คือ พื้นที่หน้าตัดของภาชนะที่ถูกกระทำ = ? m^2

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกบีบ = 10.16 cm^2

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(10.16)^2}{4}$$

$$= 81.1 \text{ cm}^2 = 0.00811 \text{ m}^2$$

จากสูตร

$$F = P \times A$$

$$F = 10^7 \times 0.00811$$

$$= 81,100 \text{ N} = 81.1 \text{ kN.}$$

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การทดลองสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์ เนื่องจากจะต้องนำเนื้อมะพร้าวชูดไปตากแดดก่อน 1 แดด หรือน้อยกว่า 5 ชั่วโมง ระยะเวลานี้เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับนำเนื้อมะพร้าวชูดมาบีบ เนื่องจากจะให้ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีคุณสมบัติค่าต่างๆ ได้ดีและได้ปริมาณที่มากพอสมควร ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งจะต้องใส่เนื้อมะพร้าวชูดตากแดดในกระบอกบีบครั้งละ 0.4 kg เนื่องจากกระบอกบีบมีความจุที่สามารถรองรับ 0.4 kg และโยกคั้น โยก (Control valve) ประมาณ 10-13 ครั้ง เพื่อให้ น้ำมันในเนื้อมะพร้าวชูดตากแดดออกหมด ดังนั้นจึงได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ออกมาเพื่อที่จะนำไปหาคุณสมบัติค่าต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

จากการดำเนินการทดลองและบันทึกข้อมูล โดยสังเกตปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์ในแต่ละครั้ง พบว่าปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่บีบได้ในครั้งที่ 1 มีปริมาณน้อยที่สุดจากการทดลองบีบ 6 ครั้ง เนื่องจากการบีบครั้งแรกในกระบอกบีบ ไม่มีน้ำมันเหลืออยู่จึงทำให้มีน้ำมันมะพร้าวที่น้อยที่สุด และการบีบครั้งที่ 2-6 มีปริมาณน้ำมันมะพร้าวเท่ากัน

ตาราง 4.1 แสดงผลการทดลองบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์ ทดลองภายในภาชนะแบบกระบอกบีบขนาด 0.4 kg

มะพร้าว 12 ลูก

ได้เนื้อมะพร้าวหูด 5 kg

เนื้อมะพร้าวหูดตากแดด 4.30 ชั่วโมง

ได้เนื้อมะพร้าวหูด (หลังตากแดด) 2.445 kg

ครั้งที่	เนื้อมะพร้าวหูดตากแดด (kg)	น้ำมันที่ได้ (ml)	กากที่เหลือ (kg)
1	0.4	100	0.290
2	0.4	110	0.285
3	0.4	110	0.280
4	0.4	110	0.285
5	0.4	110	0.280
6	0.4	110	0.285
Total	2.4	650	1.705

หมายเหตุ

1. โยกคัน โยกประมาณ 10-13 ครั้ง ในแต่ละครั้งที่บีบจะได้น้ำมันตามที่ได้ทดลอง
2. ความจุของเครื่องในการบีบได้ครั้งละ 0.4 kg

4.2 เปรอ์เซ็นปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ = 29%

4.3 ค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

ค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ = 52.95 cSt

4.4 ค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

ค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (ρ) = 843.9 kg/m³

4.5 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (S) ที่ได้จากกรบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (S) = 0.8439

4.6 ค่าสีและกลิ่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

ค่าสี = สีของแบบหมัก (สกัดเย็น) มีความใสกว่าแบบบีบ

กลิ่น = กลิ่นของแบบบีบมีกลิ่นที่หอมกว่าแบบหมัก (สกัดเย็น)

ตาราง 4.2 แสดงผลการทดลองการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการสกัดเย็นแบบหมักควบคุม อุณหภูมิ 30-38 °C ทดลองภายในภาชนะทรงกระบอกกลมมีเนื้อขนาด 16 ลิตร

ครั้งที่	อุณหภูมิที่ควบคุม (°C)	อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (°C)	ปริมาณน้ำมันมะพร้าวตั้งต้น (L)	ปริมาณน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นเทียบกับน้ำกะทิตั้งต้น (%)	น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นที่ได้ (L)
1	-	32	5	34	1.7
2	32	30.2	5	33	1.65
3	34	27.6	5	32	1.6
4	36	34.5	5	34.4	1.72
5	38	35	5	สรุปไม่ได้	สรุปไม่ได้
6	38	32	5	36.8	1.84
7	36	33	5	สรุปไม่ได้	สรุปไม่ได้
8	36	32	5	34	1.7
9	38	32.5	5	35	1.75

ตาราง 4.3 ค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในแต่ละช่วงอุณหภูมิทดลอง รวมทั้งค่าของน้ำมันบริสุทธิ์ที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดยี่ห้อปารีสสุทธิ

ช่วงอุณหภูมิที่ทดลอง	ค่าความหนืด (cSt)
ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ (30 ⁰ C)	71.340
32 ⁰ C	72.490
34 ⁰ C	71.195
36 ⁰ C	72.825
36 ⁰ C	72.839
38 ⁰ C	74.924
38 ⁰ C	75.001
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีขายตามท้องตลาดยี่ห้อปารีสสุทธิ	74.934

ตาราง 4.4 ค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิทดลองและค่าของน้ำมันบริสุทธิ์ที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดยี่ห้อปารีสสุทธิ

ช่วงอุณหภูมิที่ทดลอง	ค่าความหนาแน่น (g/cm ³)
ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ (30 ⁰ C)	88.622
32 ⁰ C	87.836
34 ⁰ C	87.780
36 ⁰ C	88.94
36 ⁰ C	88.63
38 ⁰ C	87.14
38 ⁰ C	87.10
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีขายตามท้องตลาดยี่ห้อปารีสสุทธิ	87.12

ตาราง 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าต่างๆของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการทดลองระหว่างการทดลองแบบบีบกับแบบหมัก (สกัดเย็น)

คุณสมบัติ	แบบบีบ	แบบหมัก
ปริมาณ	29%	34%
ความหนืด	52.95 cSt	71.340 cSt
ความหนาแน่น (ρ)	843.9 kg/m ³	871.4 kg/m ³
ความถ่วงจำเพาะ (S)	0.8439	0.8714
สี	ขุ่น	ใส
กลิ่น	หอมกว่า	หอมน้อยกว่า

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการ

จากการทดลองสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์ ได้ข้อสรุปว่า ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่บีบได้มีปริมาณน้อยกว่าแบบหมัก (สกัดเย็น) ซึ่งปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการบีบ 29% ส่วนแบบหมัก 34% และลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นได้แก่ 1) ค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบมีค่าน้อยกว่าแบบหมัก ค่าความหนืดที่ได้จากการบีบ 52.95 cSt ส่วนแบบหมัก 71.340 cSt 2) ค่าความหนาแน่น (ρ) ของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบมีค่าน้อยกว่าแบบหมัก ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการบีบ 853.9 kg/m³ ส่วนแบบหมัก 871.4 kg/m³ 3) ค่าความถ่วงจำเพาะ (S) ของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบมีค่าน้อยกว่าแบบหมัก ค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการบีบ 0.8439 ส่วนแบบหมัก 0.8714 4) สีของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบจะขุ่นกว่าแบบหมัก 5) กลิ่นของน้ำมันมะพร้าวแบบบีบจะหอมกว่าแบบหมัก

จากค่าคุณสมบัติต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ทุกค่าคุณสมบัติที่กล่าวมาการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์มีค่าคุณสมบัติความหนืด ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ น้อยกว่าแบบหมัก (สกัดเย็น)

5.1 ปัญหาในการดำเนินการ

5.1.1 ปัญหาในการตากแดดเนื้อมะพร้าวชูด เนื่องจากเนื้อมะพร้าวชูดจะต้องตากแดดให้ได้ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง ถ้าน้อยกว่านี้อาจจะทำให้เนื้อมะพร้าวมีกลิ่นหรือบูดได้

5.1.2 ปัญหาในการใช้เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์ เนื่องจากต้นกำลังที่ใช้เป็นมอเตอร์ 3 เฟส จึงทำให้การใช้เครื่องในบ้านเรือนหรือในชุมชนทำไม่ได้เพราะเป็นไฟฟ้าเฟสเดียว

5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินโครงการ

5.2.1 ขยายขนาดกระบอบกบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิม เนื่องจากกระบอบกบีบที่มีอยู่แล้วมีขนาดเล็กจึงทำให้การบีบในแต่ละครั้งได้ปริมาณน้ำมันที่น้อย

5.2.2 ควรใช้มอเตอร์ต้นกำลังเฟสเดียว เนื่องจากมอเตอร์ต้นกำลังที่ใช้เป็นแบบ 3 เฟสจึงทำให้กินกระแสไฟฟ้ามากและไม่สามารถนำเครื่องไปใช้ตามครัวเรือนหรือชุมชนได้

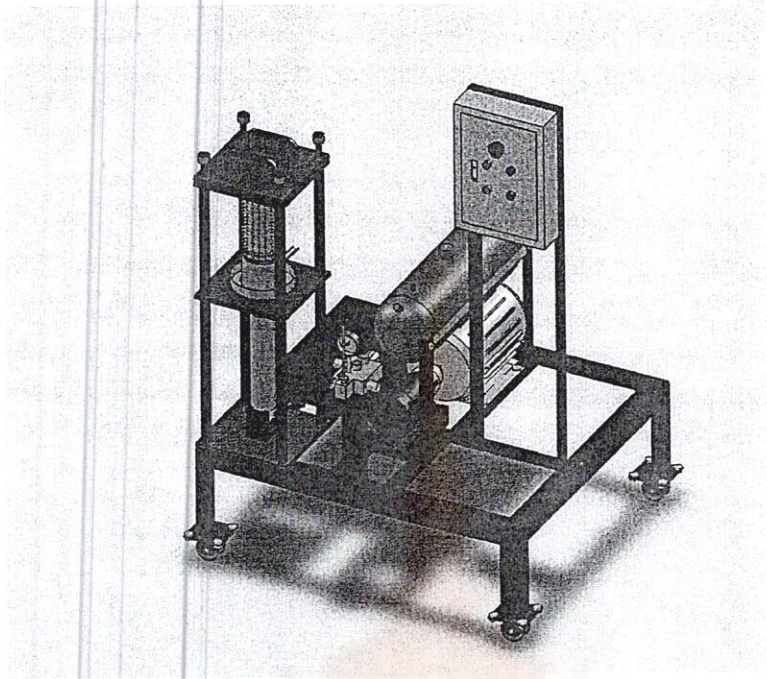
บรรณานุกรม

- [1] คมสัน อุตรแพทย์. (2554). *เกษตรกรรมชาติ*. (เล่มที่ 2, หน้า 11-17)
- [2] ชานี ใจประดิษฐ์ธรรม. (2546). *ทดสอบเครื่องผลิตน้ำกะทิอัตโนมัติโดยอัลฟาแอปพลิเคชัน*
คอนโทรลเลอร์. วารสารวิทยาศาสตร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://anchan.lib.ku.ac.th/kukr/bitstream/003/17384/1/KC4111055.pdf>. (วันที่ค้นหาข้อมูล : 16 ธันวาคม 2555)
- [3] ณัฐพงษ์ รัตนเดช, ชिर โชติ ชินวงศ์, และยุรนนท์ ดอนสิทธิ์. (2554). *เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าว*
บริสุทธิ์(แบบบีบเย็น). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=mi128. (วันที่ค้นหาข้อมูล : 18 ธันวาคม 2555)
- [4] ยุทธชัย วิวิญญ์กุลธร. (2544). *วิกฤติการณ์น้ำมันกับการพัฒนาน้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกสมาคม*
เทคโนโลยีที่เหมาะสม. เอกสารประกอบการเสวนา วันที่ 2 พ.ค. 44. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้
จาก : <http://www.thaikasetsart.com>. (วันที่ค้นหาข้อมูล : 8 มกราคม 2556)
- [5] รศ.เฉลิมยศ อุทยรัตน์ และนิภาพร สุวรรณโรจน์. (2554). *คู่มือและหลักสูตรการผลิตน้ำมัน*
มะพร้าวบริสุทธิ์แบบบีบเย็นและผลิตภัณฑ์จากน้ำมันมะพร้าว. คลินิกเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. โครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาและสร้างเสริมอาชีพ. (หน้าที่ 1-3)
- [6] ลลิตา อตันโก. (2545). *การผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นบริสุทธิ์*. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.tistr.or.th/tistr/source/techno/pdf/cold_pressed_cocunut_oil_production.pdf. (วันที่ค้นหาข้อมูล : 18 ธันวาคม 2555)
- [7] สุวันชัย นาดี และสิทธิโชค เอี่ยมอ่ำ. (2539). *ตัวแปรที่มีผลต่อเครื่องคั้นกะทิแบบใช้มือโยก*.
วารสารวิทยาศาสตร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ah084. (วันที่ค้นหาข้อมูล : 18 ธันวาคม 2555)
- [8] ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์. (2554). *ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สสท (ไทย-
ญี่ปุ่น).
- [9] ดร.วรรณิต ช่อวิเชียร. (2548). *กำลังวัสดุ*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : วิชาวิศวกรรม.
- [10] วิเชียร รัตนพุกฤษ. (2525). *การปลูกมะพร้าว*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร
- [11] อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. (2549). *กลศาสตร์วิศวกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 4. ปทุมธานี : สกายนุกส์

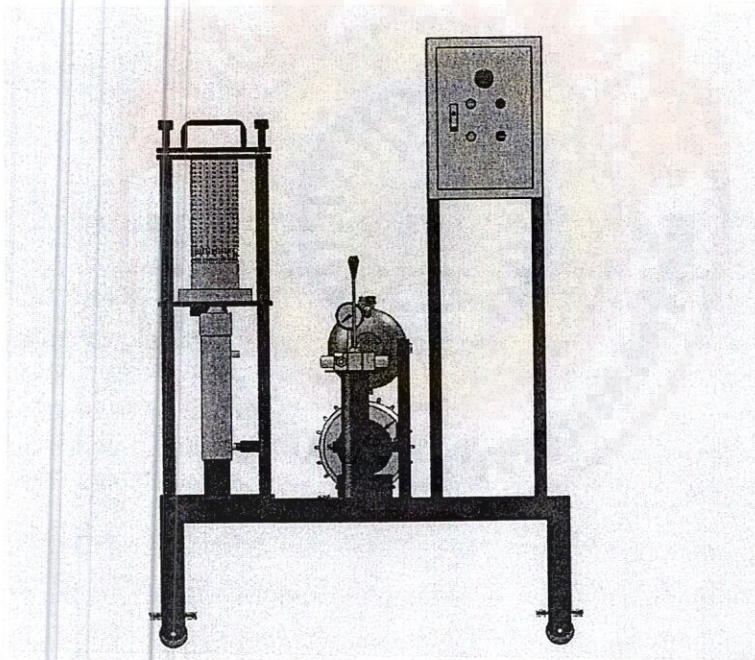
ภาคผนวก ก

แบบโครงสร้างเครื่องปัมน้ำมันมะพร้าววิธีระบบไฮดรอลิกส์

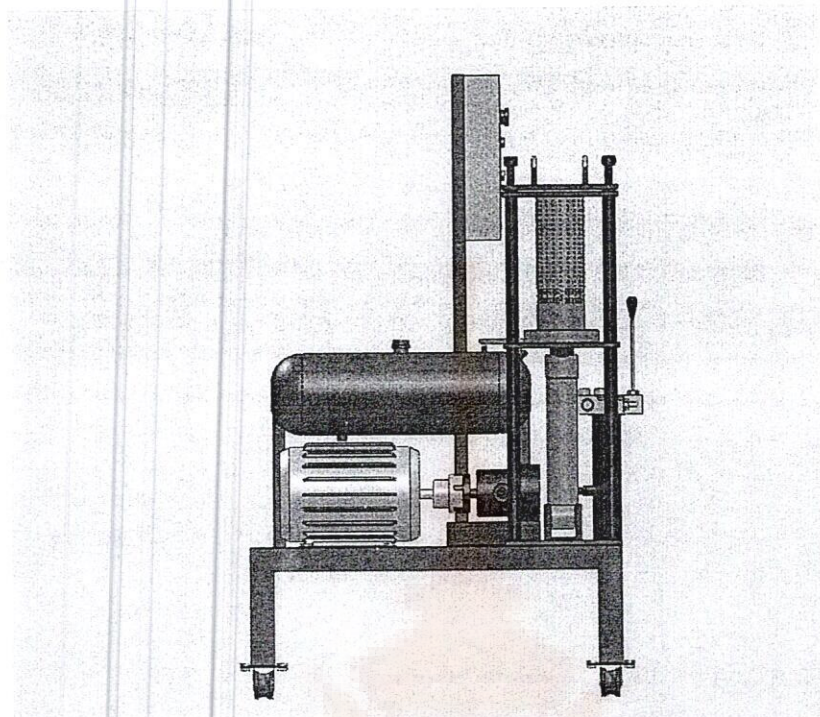




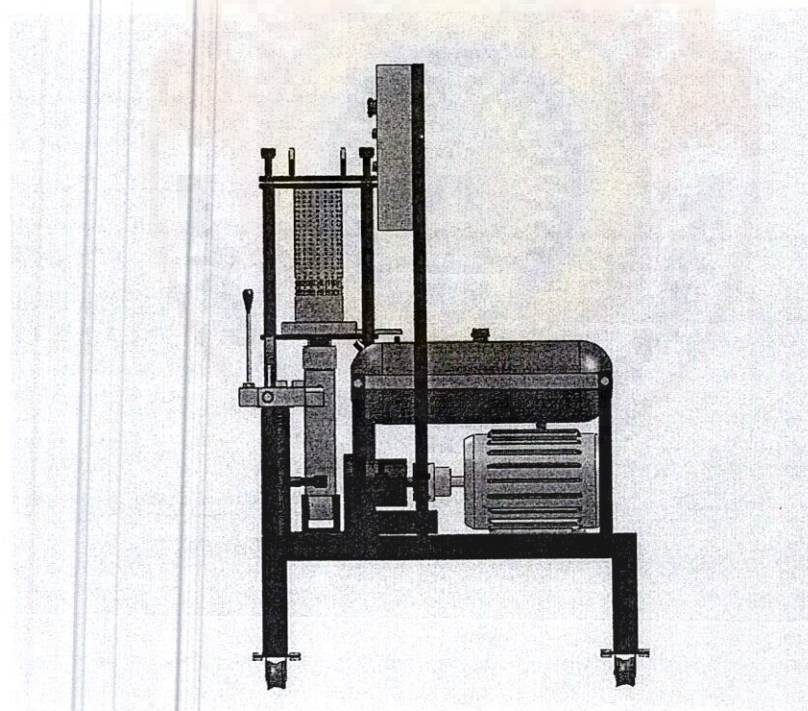
รูปที่ ก.1 เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์



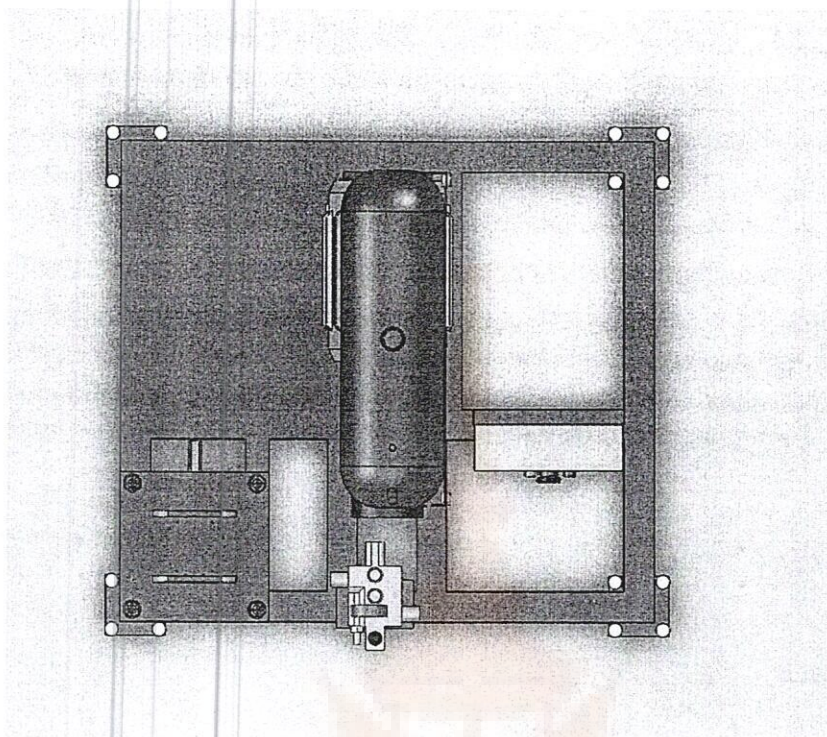
รูปที่ ก.2 เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์(ด้านหน้า)



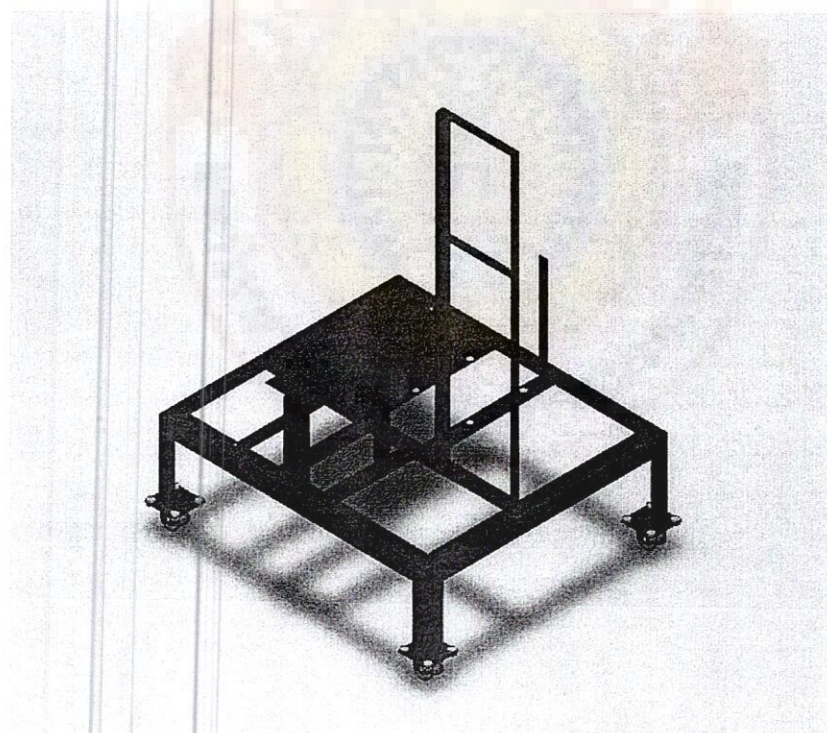
รูปที่ ก.3 เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์(ด้านข้าง - ซ้าย)



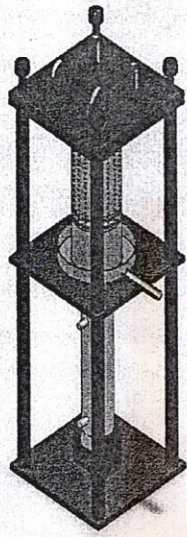
รูปที่ ก.4 เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์(ด้านข้าง - ขวา)



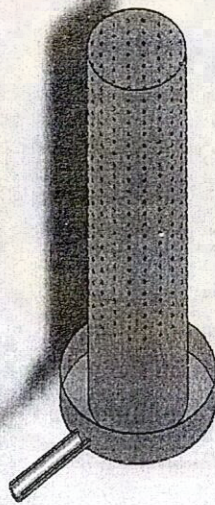
รูปที่ ก.5 เครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์(ด้านบน)



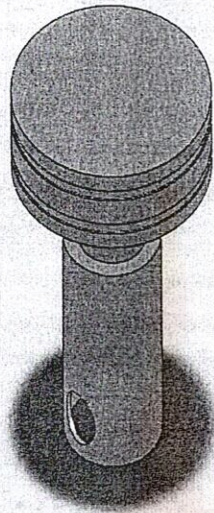
รูปที่ ก.6 โครงสร้างเครื่องบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์



รูปที่ ก.7 โครงสร้างชุดบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์



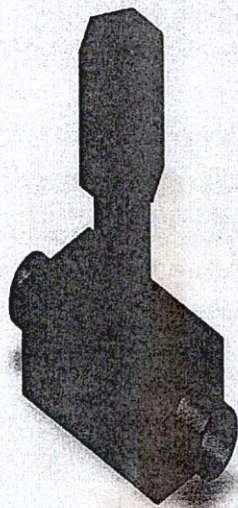
รูปที่ ก.8 กระบอกบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์



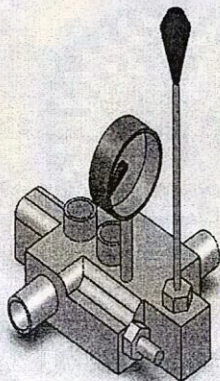
รูปที่ ก.9 ลูกสูบบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์



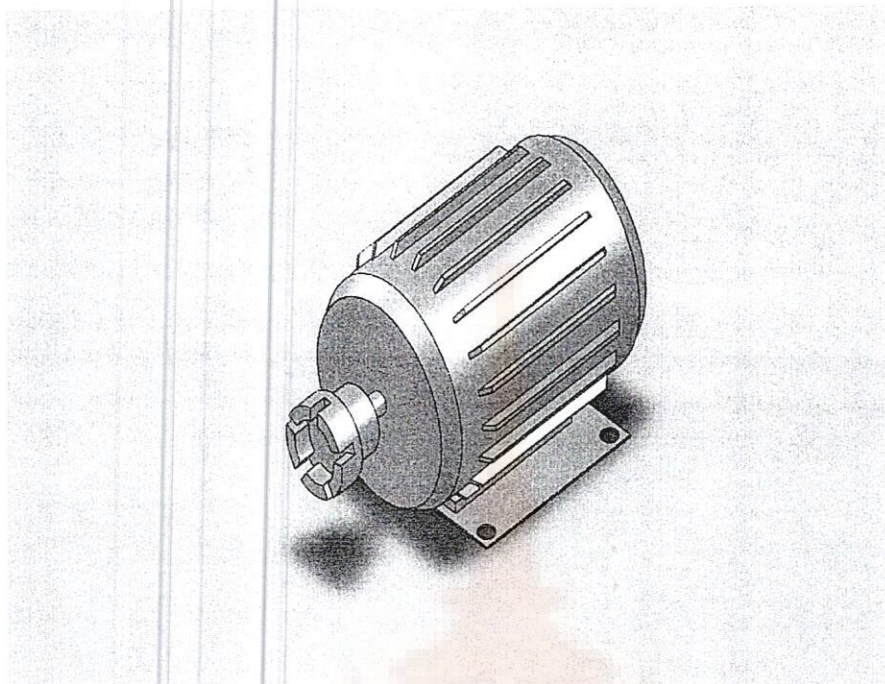
รูปที่ ก.10 กระบอกสูบไฮดรอลิกส์



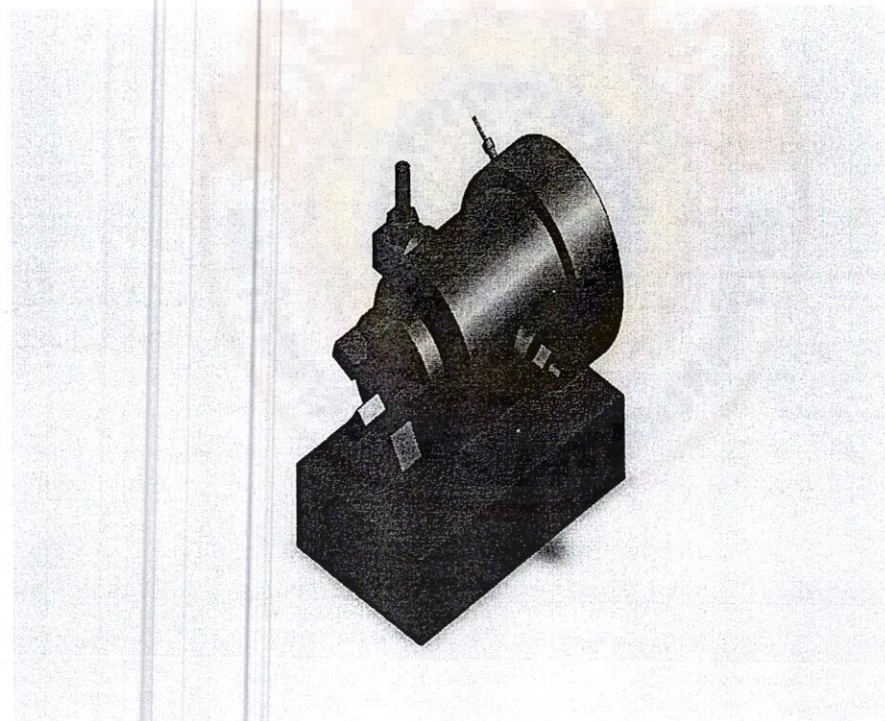
รูปที่ ก.11 Flow control valve



รูปที่ ก.12 Control valve



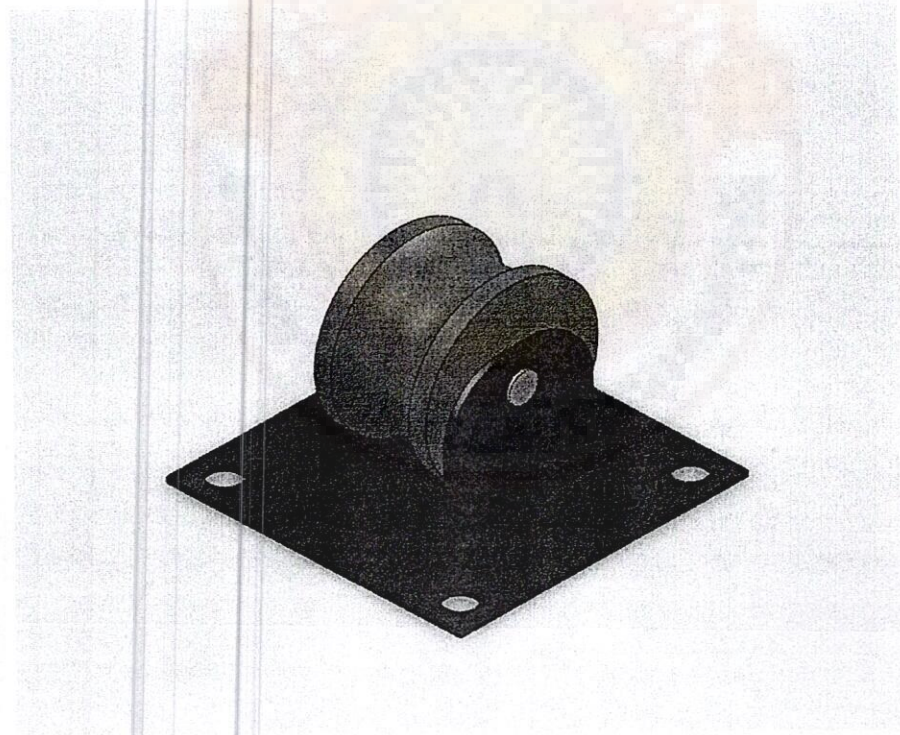
รูปที่ ก.13 Motor 3 Hp 3 Phase



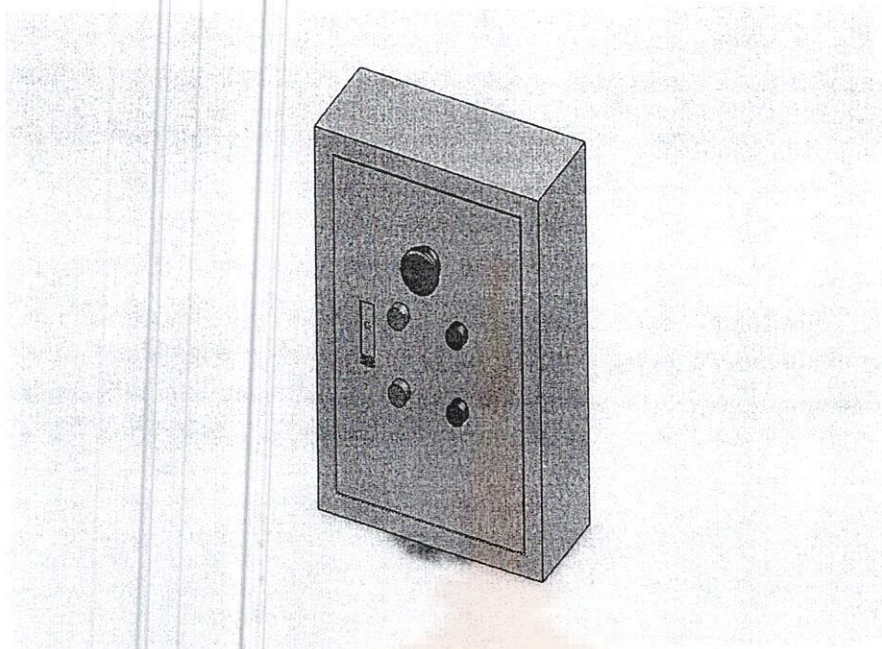
รูปที่ ก.14 Hydraulic pump



រូបទី ៣.15 Hydraulic tank



រូបទី ៣.16 ធុត្ត



รูปที่ ก.17 Control panel

ภาคผนวก ข

วิธีการบีบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ระบบไฮดรอลิกส์

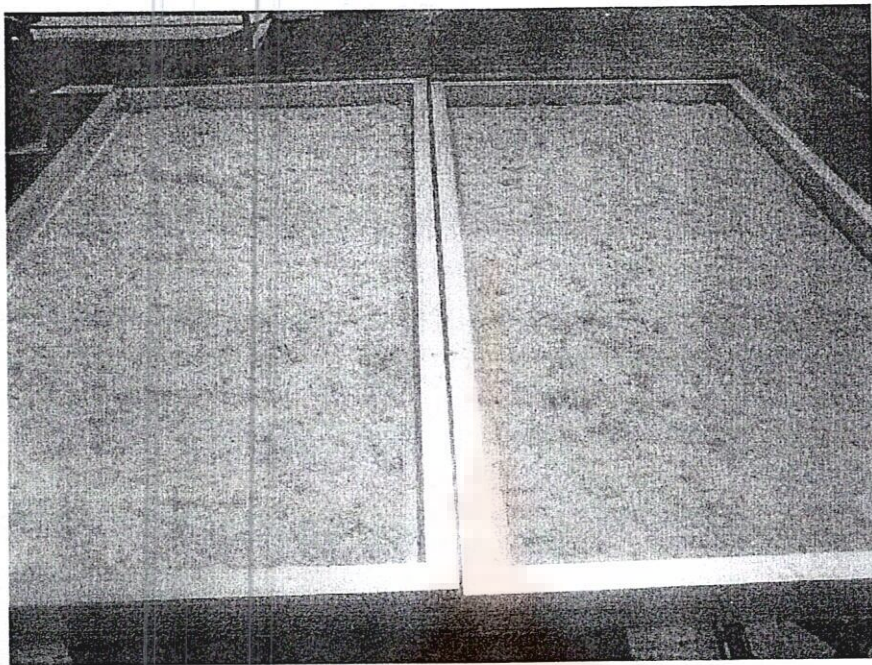




รูปที่ ข.1 นำผลมะพร้าวมาขูดด้วยเครื่องขูดมะพร้าวให้ได้เนื้อมะพร้าว 5 kg



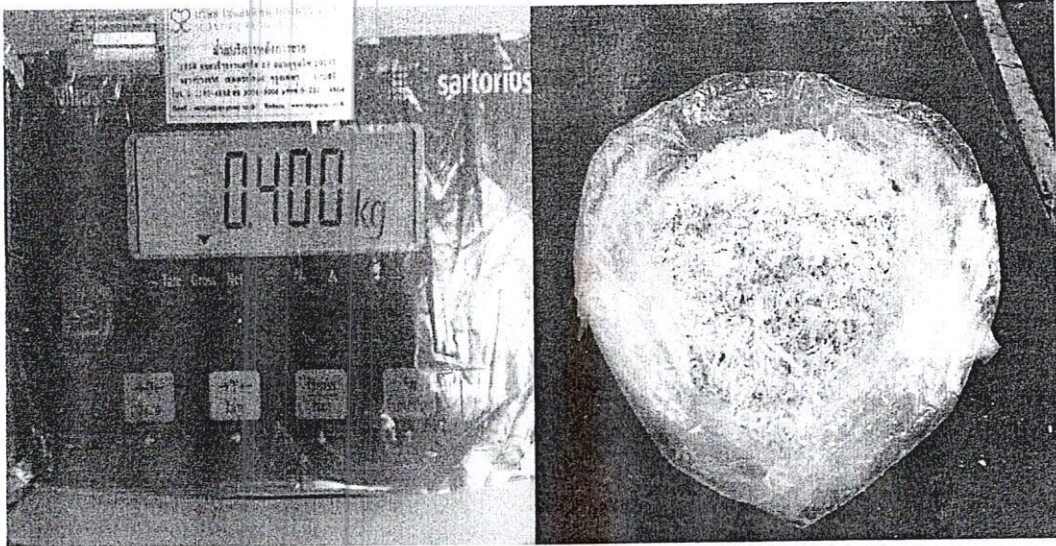
รูปที่ ข.2 นำเนื้อมะพร้าวขูดมาชั่งน้ำหนักก่อนนำไปตากแดด



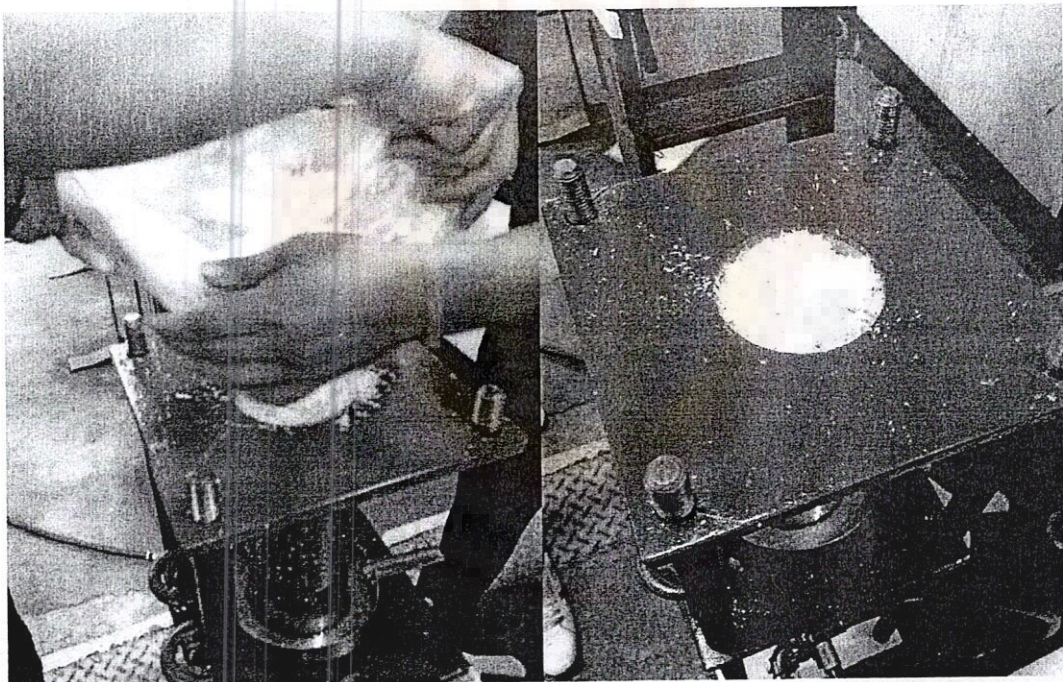
รูปที่ ข.3 นำเนื้อมะพร้าวชูดไปตากแดดไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง



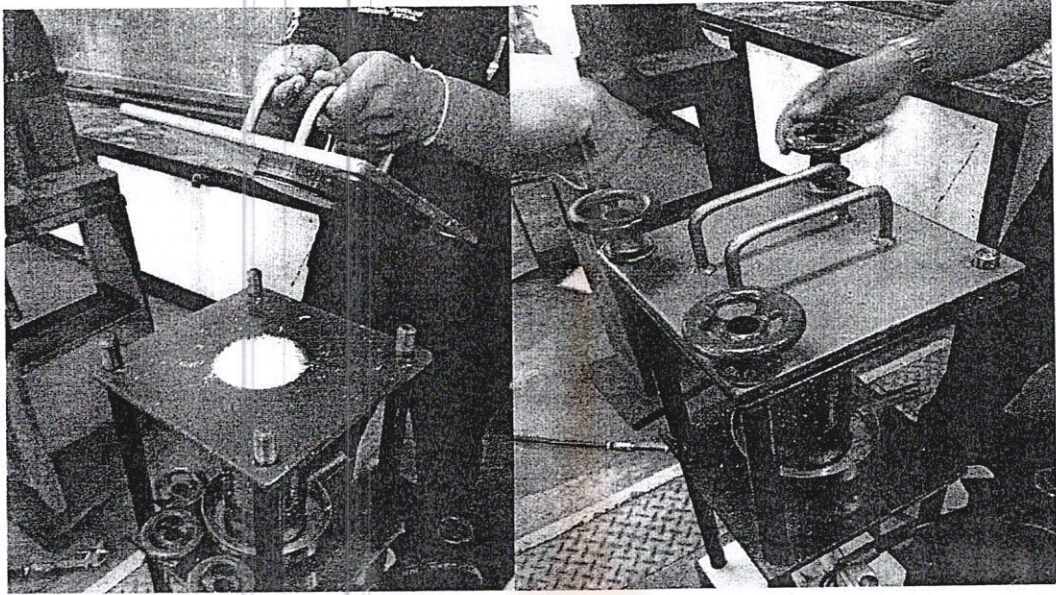
รูปที่ ข.4 ชั่งน้ำหนักเนื้อมะพร้าวชูดที่ตากแดดมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง



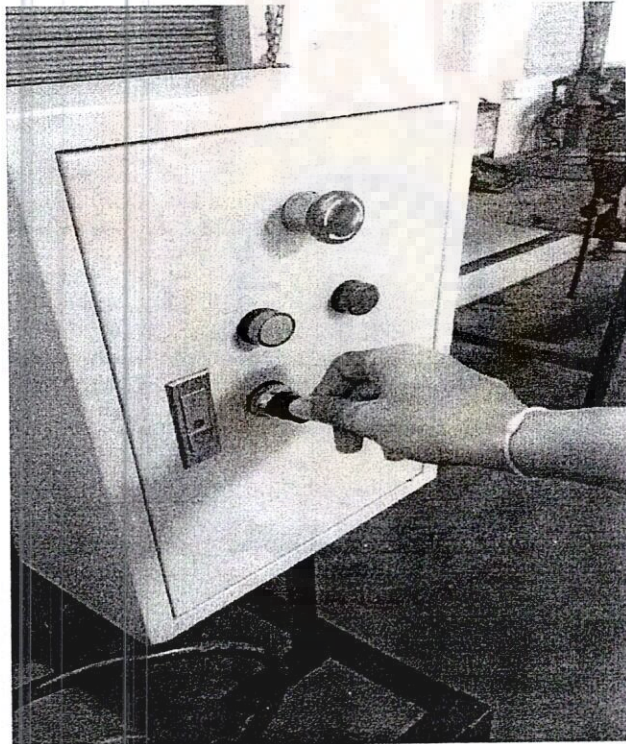
รูปที่ ข.5 นำเนื้อมะพร้าวชูดที่ตากแดดมาแล้วมาชั่งน้ำหนักครึ่งละ 0.4 kg เพื่อนำไปบิบในแต่ละ
ครั้ง



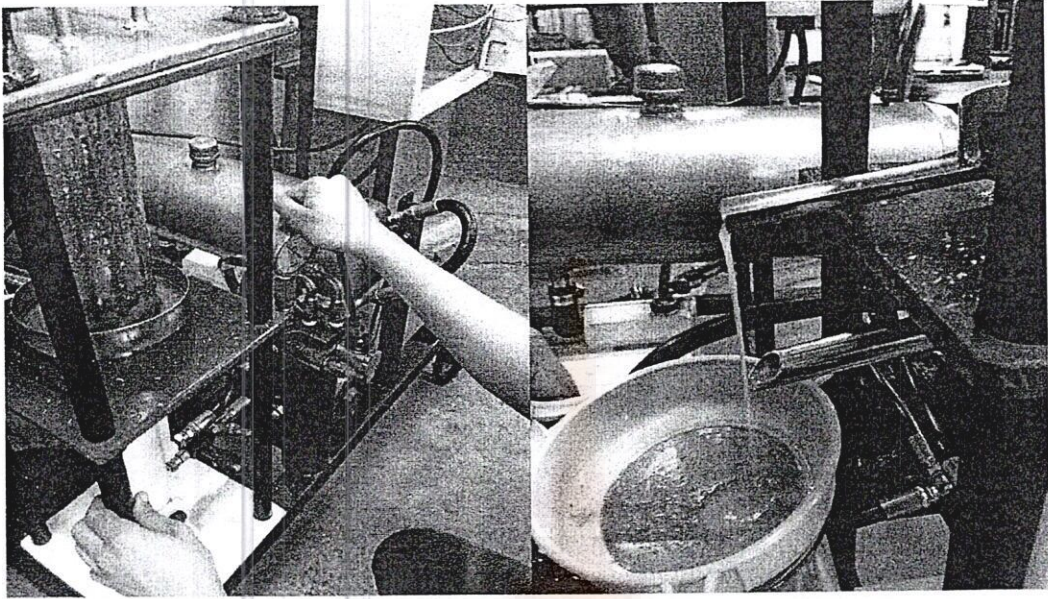
รูปที่ ข.6 นำเนื้อมะพร้าวชูดที่ผ่านการตากแดดมาชั่งน้ำหนัก 0.4 kg ใส่ในกระบอบกบิบ



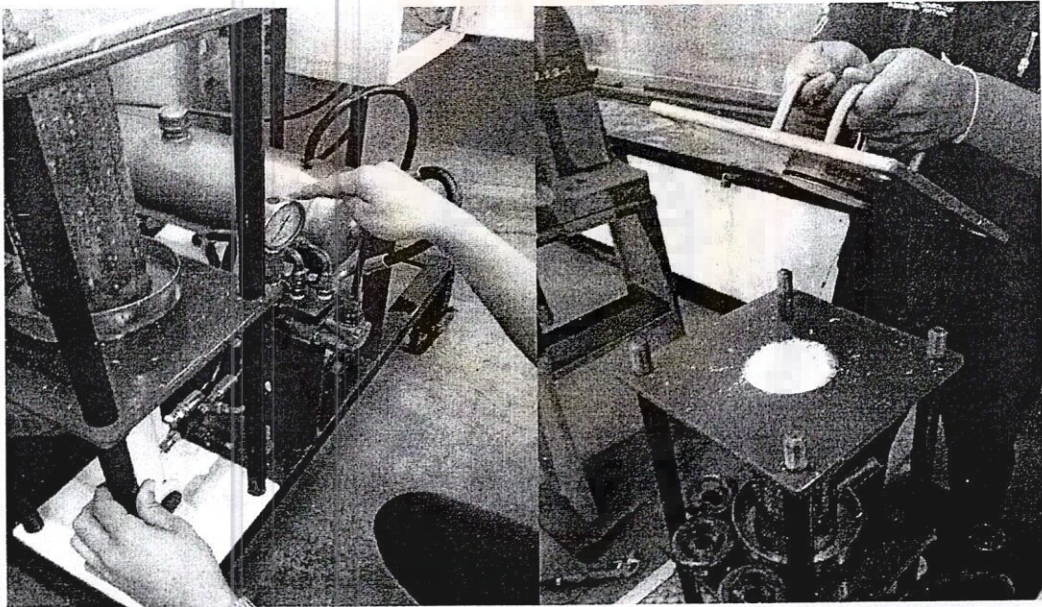
รูปที่ ข.7 ปิดฝาครอบกระบอบีบ หมุนยึดน็อตให้แน่นก่อนทำการบีบ



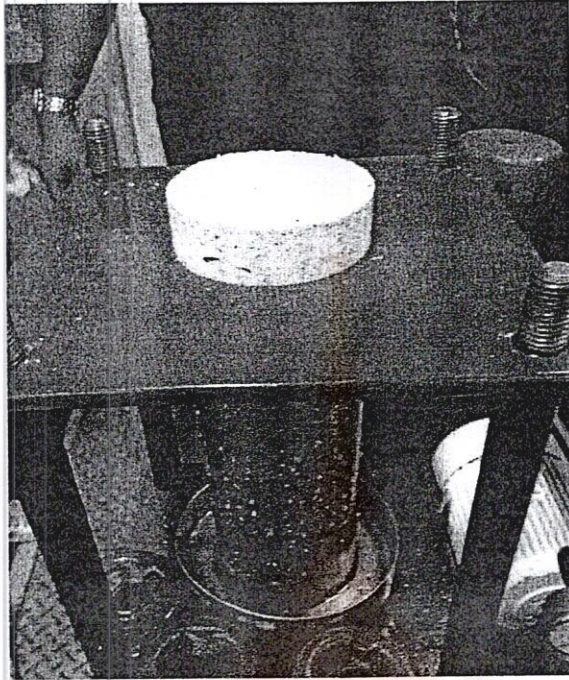
รูปที่ ข.8 กด Switch เดินเครื่อง



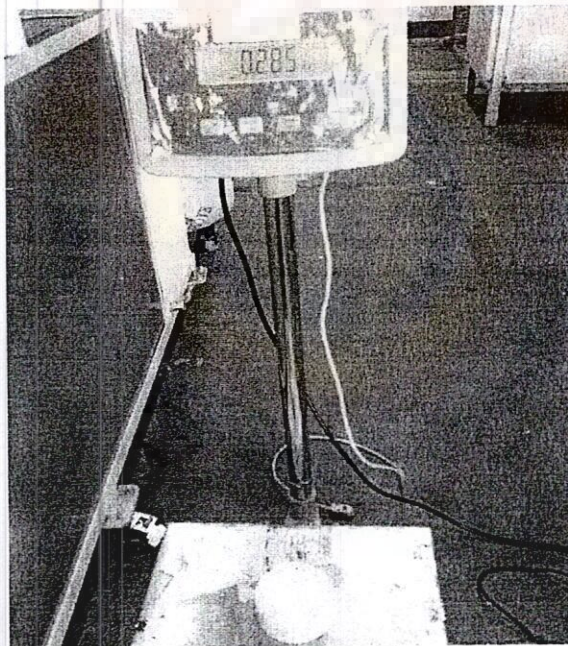
รูปที่ ข.9 ดันคันโยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบเลื่อน ไปบีบเนื้อมะพร้าวประมาณ 10-13 ครั้ง
เพื่อให้น้ำมันออกจนหมด



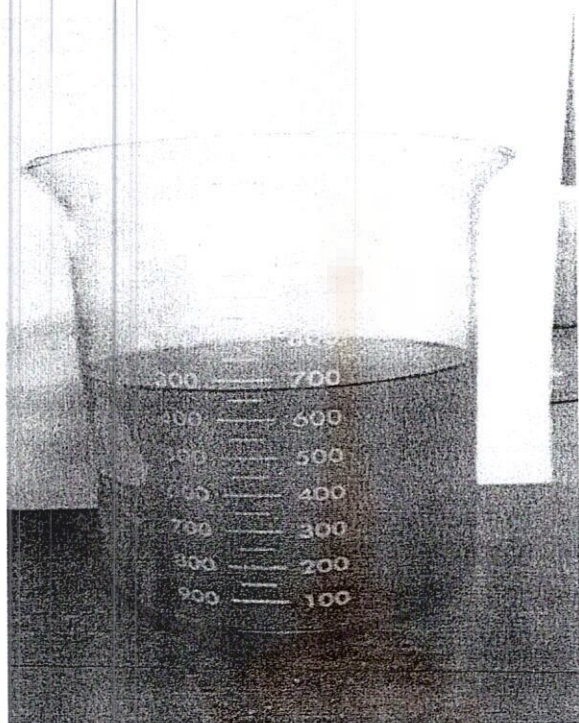
รูปที่ ข.10 ดันคันโยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบเลื่อนลงและเปิดฝาครอบกระบอกรอก



รูปที่ ข.11 คั่นคั้นโยก (Control valve) เพื่อให้ลูกสูบคั่นกากมะพร้าวออกมา



รูปที่ ข.12 นำกากมะพร้าวที่ผ่านการบีบแล้วไปชั่งน้ำหนัก



รูปที่ ข.13 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้จากการบีบ



ภาคผนวก ก

การทดลองหาค่าความหนืดและค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

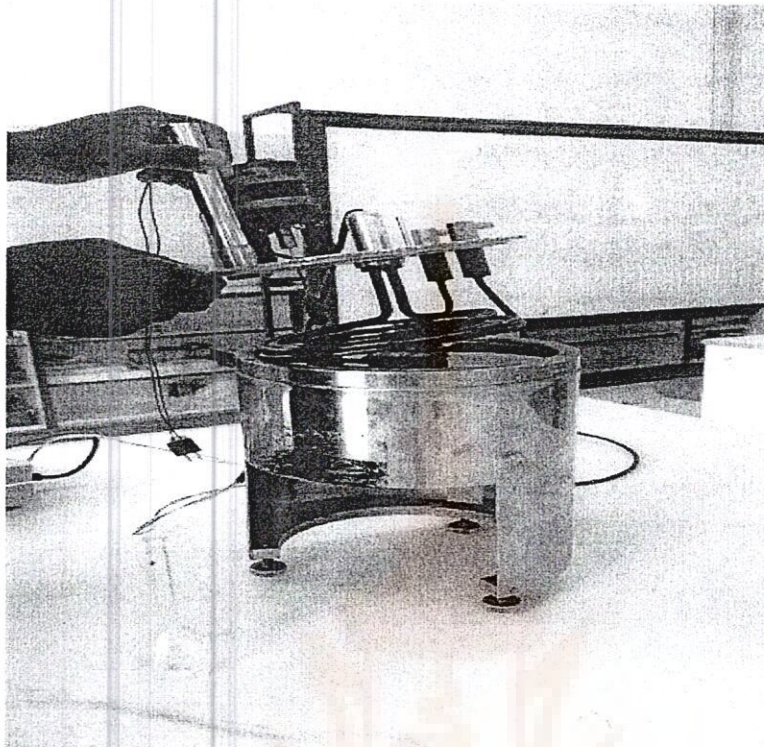




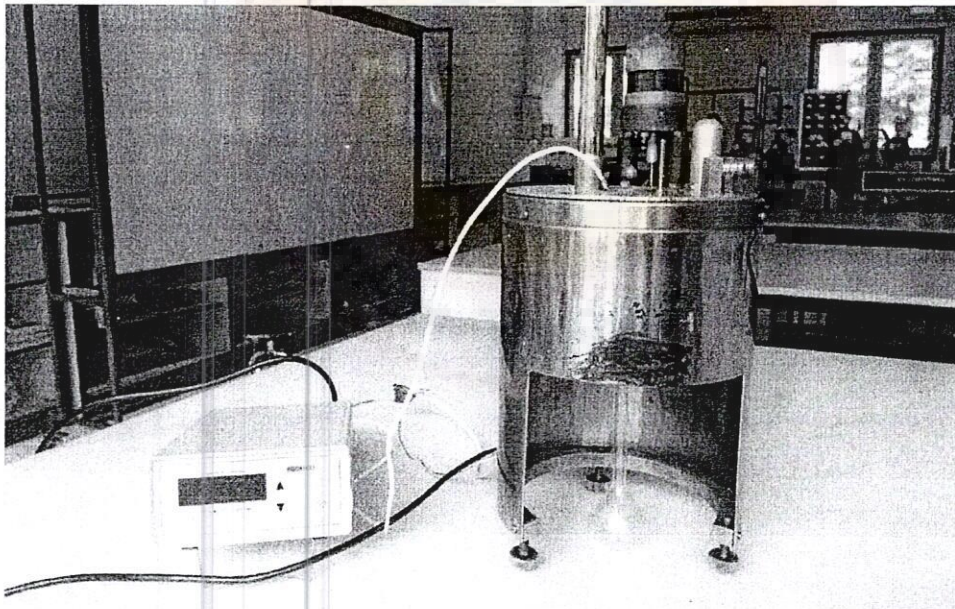
รูปที่ ค.1 นำน้ำมันมะพร้าวเทใส่ลงในกระบอกบรรจุน้ำมันจนถึงระดับ
(การทดลองหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Capillary tube viscometer)



รูปที่ ค.2 นำน้ำเปล่าเทใส่ลงในกระบอกบรรจุน้ำจนถึงระดับ



รูปที่ ก.3 ปิดฝาครอบให้สนิท



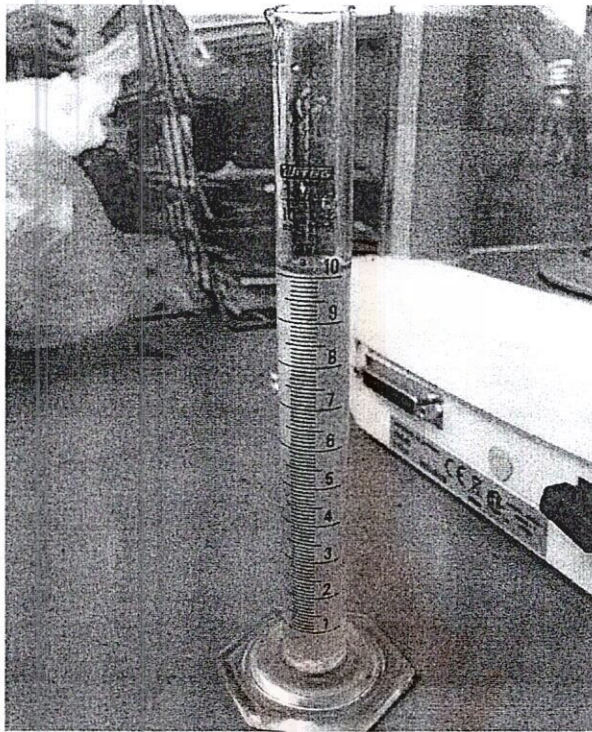
รูปที่ ก.4 รอกนน้ำมันมีอุณหภูมิถึง 40° c ดึงก้านปิดระบายน้ำมันออก จับเวลา



รูปที่ ค.5 เตรียมตาชั่งดิจิตอลแบบไฟฟ้า ปรับตั้งค่าให้เป็นศูนย์
(การทดลองหาค่าความหนาแน่น Density)



รูปที่ ค.6 ชั่งกระบอกตวง 10 cm³ แล้วปรับตั้งค่าให้เป็นศูนย์



รูปที่ ค.7 เติมน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลงในกระบอกวงให้มีปริมาตร 10 cm³



รูปที่ ค.8 นำกระบอกวงที่บรรจุน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า

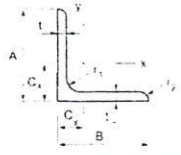
ภาคผนวก ง

ตารางคุณสมบัติต่างๆของเหล็กฉากและเหล็กกล่อง



ตาราง ง.1 คุณสมบัติต่างๆ ของเหล็กฉากขาเท่ากัน

Angles Equal Legs									
Dimension (mm)				Section Area (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	CG. (cm)	Monent of Inertia (cm ⁴)	Radius of Gyration (cm)	Modulus of Section (cm ³)
A x B	t	r ₁	r ₂			C _x = C _y	I _x = I _y	r _x = r _y	S _x = S _y
25x25	3	4	2	1.42	1.12	0.719	0.797	0.747	0.448
25x25	5	3.5	2.4	2.26	1.77	0.80	1.20	0.73	0.45
30x30	3	4	2	1.72	1.36	0.844	1.42	0.908	0.661
30x30	5	5	2.4	2.78	2.18	0.92	2.16	0.88	1.04
40x40	3	4.5	2	2.33	1.83	1.09	3.53	1.23	1.21
40x40	4	6	2.4	3.08	2.42	1.12	4.47	1.21	1.55
40x40	5	4.5	3	3.75	2.95	1.17	5.42	1.20	1.91
40x40	6	6	2.4	4.48	3.52	1.250	6.31	1.19	2.26
45x45	4	6.5	3	3.49	2.74	1.24	6.52	1.36	2.00
45x45	5	6.5	3	4.30	3.38	1.28	7.91	1.36	2.46
50x50	3	7	2.4	2.96	1.30	1.33	6.86	1.52	1.86
50x50	4	6.5	3	3.89	3.06	1.37	9.06	1.53	2.49
50x50	5	6.5	3	4.80	3.77	1.41	11.1	1.52	3.08
50x50	6	6.5	4.5	5.64	4.43	1.44	12.6	1.50	3.55
65x65	5	8.5	3	6.36	5.00	1.77	25.3	1.99	5.35
65x65	6	8.5	4	7.52	5.91	1.81	29.4	1.98	6.26
65x65	8	8.5	6	9.76	7.66	1.88	36.8	1.94	7.96
75x75	6	8.5	4	8.72	6.85	2.06	46.1	2.30	8.47
75x75	9	8.5	6	12.69	2.17	64.4	2.25	12.1	12.1
75x75	12	8.5	6	16.56	13.0	2.29	81.9	2.22	15.7

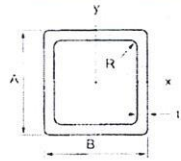


100x100	7	10	5	13.62	10.7	2.71	129	3.08	17.7
100x100	10	10	7	19.00	14.9	2.82	175	3.04	24.4
100x100	13	10	7	24.31	19.1	2.90	220	302	29.1
150x150	12	14	7	34.77	27.3	4.14	740	4.61	68.1
150x150	15	14	10	42.74	33.6	4.24	888	4.56	82.6
175x175	12	15	11	40.52	31.8	4.73	1,170	5.38	91.8
200x200	15	17	12	57.75	45.3	5.46	2,180	6.14	150
250x250	25	24	12	119.4	93.7	7.10	6,950	7.63	388



ตาราง ง.2 คุณสมบัติต่างๆ ของเหล็กกล่อง

Dimension			Section Area (cm ²)	Unit Weigh (kg/m)	Moment of Inertia (cm ⁴)		Radius of Gyration (cm)		Modulus of Section (cm ³)	
A X B	t	R			I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	r _x (cm)	r _y (cm)	S _x (cm ³)	S _y (cm ³)
150x150	6	12	33.63	26.4	1,150	1,150	5.84	153	5.84	153
150x150	4.5	9	25.67	20.2	896	896	5.91	5.91	120	120
125x125	6	12	27.63	21.7	641	641	4.82	4.82	103	103
125x125	4.5	9	21.17	16.6	506	506	4.89	4.89	80.9	80.9
125x125	3.2	6.4	15.33	12.0	379	379	4.97	4.97	60.6	60.6
100x100	6	12	21.63	17.0	312	312	3.8	3.80	62.4	62.4
100x100	4.5	9	16.67	13.1	249	249	3.87	3.87	49.9	49.9
100x100	3.2	6.4	12.13	9.52	187	187	3.93	3.93	37.5	37.5
100x100	2.3	4.64 6	8.85	6.95	140	140	3.97	3.97	28.0	28.0
75x75	4.5	9	12.17	9.55	99	99	2.85	2.85	26.3	26.3
75x75	3.2	6.4	8.92	7.01	75.6	75.6	2.91	2.91	20.2	20.2



75x75	2.3	4.6	6.55	5.14	57.1	57.1	2.95	2.95	15.2	15.2
60x60	2.3	4.6	5.17	4.06	28.3	28.3	2.34	2.34	9.44	9.44
60x60	1.6	3.2	3.67	2.88	20.7	20.7	2.37	2.37	6.89	6.89
50x50	3.2	6.4	5.72	4.50	20.4	20.4	1.89	1.89	8.16	8.16
50x50	2.3	4.6	4.25	3.34	15.9	15.9	1.93	1.93	6.36	6.36
50x50	1.6	3.2	3.03	2.38	11.7	11.7	1.97	1.97	4.68	4.68
200x100	6	12	33.63	26.4	1700	577	7.12	4.14	170	115
200x100	4.5	9	25.67	20.2	1330	455	7.20	4.21	133	90.9
150x100	6	12	27.63	21.7	835	444	5.50	4.01	111	88.8
150x100	4.5	9	21.17	16.6	658	352	5.58	4.08	87.7	70.4
150x100	3.2	6.4	15.33	12.0	488	262	5.64	4.14	65.1	52.5
150x75	4.5	9	18.92	14.9	537	182	5.33	3.10	71.6	48.5
150x75	3.2	6.4	13.73	10.8	401	124	5.41	3.01	55.1	33.2
125x75	3.2	6.4	12.13	9.52	256	117	4.60	3.10	41.0	31.1
125x75	2.3	4.6	8.85	6.95	192	87.5	4.65	3.14	30.6	23.3
100x50	3.2	6.4	8.95	7.01	112	38	3.55	2.06	22.5	15.2
100x50	2.3	4.6	6.55	5.14	84.9	29	3.60	2.10	17.0	11.6
75x45	3.2	6.4	7.01	5.50	50.8	22.8	2.69	1.81	13.6	10.2
75x45	2.3	4.6	5.17	4.06	38.9	17.6	2.74	1.85	10.4	7.84