



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มสำหรับกลุ่มเกษตรกร

DEVELOPMENT CRACKER MACHINE OF NUT PALM FOR FARMER USAGE

ผศ.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์
นายวชร กาลาสี
ผศ.ดร.ศิระ สายศร
นายไชยรัตน์ เพชรคีรี

RCH
๒๕๒๔๓
๒๕๕๖

๖.12681319
.b.....
.i.....

เลขหมู่
เลขทะเบียน 138147
วันเดือนปี 18 ก.ย. 2558

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2556

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ภาวศึกษาเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มสำหรับกลุ่มเกษตรกร

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ.....2556..... จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน..... 497,000..... บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย..... 1..... ปี ตั้งแต่..... ต.ค.55..... ถึง..... ก.ย.56.....

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

หัวหน้าโครงการ ผศ.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ฯ

ผู้ร่วมโครงการวิจัย นายวชร กาลาสี วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ฯ

ผศ.ดร.ศิริระ สายศร วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ฯ

นายไชยรัตน์ เพชรศิริ วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ฯ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดในปาล์มที่ผ่านเตาอบไมโครเวฟ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดในปาล์มเมื่อผ่านการกะเทาะแล้ว เพื่อที่จะรู้ถึงข้อดีข้อเสีย ของการใช้ความร้อนที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมในการให้ความร้อนแก่เมล็ดในปาล์ม และศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตัวเครื่องภายในมีลักษณะเป็นโรเตอร์ ภายนอกทั้งสองด้านจะมีลักษณะเป็นฝาประกบโรเตอร์ซึ่งตัวโรเตอร์จะทำด้วยเหล็กเพลลาและเหล็กแผ่นนำมาประกอบกันเป็นโรเตอร์ ฝาททั้งสองข้างทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 20 มิลลิเมตร ส่วนในชุดโรเตอร์จะมีเพลลาต้นขนาด 24 มิลลิเมตรเป็นชุดกะเทาะ และมีช่องเปิดปิดไว้ใส่เมล็ดปาล์มทางด้านบนตัวเครื่อง ฐานของตัวเครื่องมีขนาดความกว้าง 545 มิลลิเมตร ความยาว 854 มิลลิเมตร และความสูงของเครื่องมีขนาด 800 มิลลิเมตรใช้มอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ทดสอบที่ความเร็วรอบ 700, 800, 900 และ 1,000 รอบต่อนาที ทดสอบที่ 30 กิโลกรัม ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที เวลา 35 วินาที

คำสำคัญ : เครื่องกะเทาะ, เมล็ดปาล์ม, เมล็ดในปาล์ม, กะลาปาล์ม, โรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: DEVELOPMENT CRACKER MACHINE OF NUT PALM FOR FARMER USAGE

Researcher: Asst.Prof.Panya Daungviluilux, Mr. Wachara Kalasee, Asst.Prof.Dr.Sira, Saisorn and Mr.Chairat Petkeree

Faculty: Prince of Chumphon Campus.....**Department:**.....Engineering.....

ABSTRACT

Experiments with to design and crackers, palm kernel, the microwave oven. To add value to palm kernel and then on through the crack. In order to know the pros and cons. Of proper and improper use of heat in the heat of the palm kernel. And study the possibility of improvement. Palm kernel crackers and more complete. The machine is equipped with a rotor. Both sides will have the opposite wall of the rotor, the rotor shaft is made of steel and steel plate to form a rotor. Cover both sides with 20 mm thick steel plate in the rotor shaft is 24 mm and have a high turn-off of the palm kernel on the unit. The base of the cabinet width 545 mm, length 854 mm and height of a 800 mm motor, 10 hp, etc. are tested at speeds around 700, 800, 900 and 1000 revolutions per minute test of 30 kg of performance. The maximum speed of 1000 rpm for 35 seconds

Keywords : Cracker machine, Nut palm, Kernel palm, shell palm, Rotor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้คงไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดีหากไม่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณ และความร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน หน่วยงานแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยเรื่องนี้แล้วเสร็จลง ได้ดี การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคือสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(NRPM) และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556 และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่างๆ เช่นฝ่ายงานวิจัย ฝ่ายงานพัสดุ ฝ่ายงานแผนที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัย ทั้งเรื่องขออนุมัติ เรื่องตั้งเบิกซื้อของ และอื่นๆ

ขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้าได้มีวันนี้ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักอย่างยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ผศ.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์
นายวชร กาลาสี
ผศ.ดร.ศิระ สายศร
นายไชยรัตน์ เพชรศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	3
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.....	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
บทที่ 3 ทฤษฎีและการออกแบบ.....	7
3.1 การทดสอบแรงกระแทก(Impact Testing).....	7
3.2 เพลลา.....	15
3.3 โรลลิงแบร์ริง.....	24
3.4 การคำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์.....	28
3.5 การออกแบบสายพานส่งกำลัง.....	29
3.6 การทดสอบImpact test.....	31
3.7 การหาขนาดมอเตอร์.....	32
3.8 การหาขนาดเพลลา.....	33
3.9 การหาขนาดสายพาน.....	34
บทที่ 4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง.....	37
4.1 การทดลอง.....	37
4.2 ผลการทดลอง.....	48
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	50
5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	50
5.2 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องแยกเนื้อและเมล็ดปาล์ม.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	51
ภาคผนวก.....	53
ภาคผนวก ก ตารางที่ใช้ในการคำนวณ.....	54
ภาคผนวก ข. ภาพทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม.....	61
ภาคผนวก ค. ตารางผลการทดลอง.....	64
ภาคผนวก ง. แบบเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม.....	66
ภาคผนวก จ. บทความที่ได้ตอบรับการตีพิมพ์.....	81
ภาคผนวก ฉ. รายงานการใช้จ่ายเงิน.....	87
ประวัตินักวิจัย.....	88



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบลักษณะของพันธุ์ปาล์ม	3
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและจำนวนทะลาย	4
3.1 ภาวะที่กระทำกับเพลลา	19
3.2 ความเค้นออกแบบเพลลา	19
3.3 ตัวประกอบผิว R	22
3.4 ตัวประกอบวัสดุ η_k	22
3.5 ขนาดระบุเพลลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969	23
3.6 คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN)	23
3.7 คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN) (ต่อ)	23
4.1 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ผ่านการอบ	48
4.2 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ	49
ก.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ของล้อสายพานลิม (มิลลิเมตร)	55
ก.2 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิม	55
ก.3 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_p สำหรับสายพานลิม	57
ก.4 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิมหน้าตัด “B” ต่อเส้น P_R (กิโลวัตต์)	57
ก.5 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_l	59
ก.6 ค่า K_1	59
ก.7 ค่า K_2	59
ก.8 ขนาดระบุของเพลลาตามมาตรฐาน ISO / R775 – 1969	59
ก.9 ความยาวพิตซ์ที่ใช้ $L_p = L_l + 43$ (มิลลิเมตร)	60
ค.1 ผลการทดลองเมล็ดปาล์มที่ผ่านการอบ	65
ค.2 ผลการทดลองเมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ	65

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะผลปาล์มพันธุ์ดูรา เทเนอรา พิสิเฟอร์า	3
2.2 ทะลายปาล์มน้ำมัน	4
2.3 ส่วนประกอบในผลปาล์ม	5
3.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องทดสอบการกระแทก	8
3.2 เครื่องทดสอบการกระแทกแบบไอซอดและชาร์ปี	9
3.3 ชั้นทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีและไอซอด	9
3.4 ชิ้นงานมาตรฐานการทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี	10
3.5 ลักษณะการทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี	11
3.6 เครื่องทดสอบการกระแทกแบบไอซอด	12
3.7 ลักษณะรอยแตกหักของชั้นทดสอบการกระแทก	13
3.8 ลักษณะรอยแตกที่รอยละการแตกหักต่างๆ	13
3.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานดูดซับกับอุณหภูมิการทดสอบ	14
3.10 การขยายตัวแนวขวางของชั้นทดสอบการกระแทก	15
3.11 รูปร่างลักษณะของเพลลา	15
3.12 เพลลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ	17
3.13 ตัวประกอบรูปร่างเนื่องจากการสวมอัด ร่องลิ้ม แหวนล้อยอด α_k	21
3.14 ค่าบริเวณตกบ่าของ Fillet	21
3.15 ค่าบริเวณตกบ่าเซาะร่อง	21
3.16 บริเวณรูเจาะ	22
3.17 ตัวประกอบขนาด b_0	22
3.18 ส่วนประกอบของลูกปืน	24
3.19 บอลแบร์ริงชนิดต่างๆ	26
3.20 หน้าตัดสายพานร่องวีและล้อสายพาน	30
3.16 การขับด้วยสายพาน(Open drive)	31
4.1 เครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม	37
4.2 ตาซัง	38
4.3 เครื่องวัดความเร็วรอบ	38
4.4 เมล็ดปาล์มที่แยกเนื้อออกแล้ว	39
4.5 เครื่องปรับความเร็วรอบ	39
4.6 Rotor	40
4.7 เสื่อกะเทาะ	40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 RIPPLE PLATES BRACKET	41
4.9 SWING BEANING HOUSING	41
4.10 COVER ROTOR	42
4.11 MAIN FRAME SUPPORT	42
4.12 มอเตอร์ 10แรงม้า	43
4.13 พลุเลย์ตัวขับ	43
4.14 พลุเลย์ ตัวตาม	44
4.15 สายพานร่องBยาว65นิ้ว	44
4.16 เบรกเกอร์3เฟส	45
4.17 อบเมล็ดปาล์มที่ 600 w 2.30 นาที	46
4.18 ชั่งน้ำหนักปาล์ม30 kg. ก่อนทดลอง (น้ำหนักหลังอบ)	46
4.19 ใส่เมล็ดปาล์มในช่องลำเลียง	47
4.20 เดินเครื่องปรับความเร็วรอบที่ 1000 รอบ/นาที	47
4.21 เปิดช่องลำเลียง	48
4.22 กะลา เมล็ดใน และเมล็ดที่ไม่แตก	48
4.23 ผลการกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ผ่านการอบ	49
4.24 ผลการกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ	49
ข.1 การป้อนเมล็ดปาล์มเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม	62
ข.2 ลักษณะการตีของโรเตอร์	62
ข.3 ลักษณะของเมล็ดปาล์มที่กะเทาะแล้ว	63
ง.1 Centre Rotor Disc Spacer Ring	67
ง.2 Bearing Housing	68
ง.3 Centre Ripple Plate	69
ง.4 Side Ripple Plate	70
ง.5 Main Frame Support-Right	71
ง.6 Main Frame Support-Left	72
ง.7 Rotor Disc	73
ง.8 Rotor Rod	74
ง.9 Rotor Shaft	75
ง.10 Side Cover	76
ง.11 Main Frame Support Cover	77
ง.12 Frame Support	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.13 Side Rotor Disc Spacer	79
จ.14 Swing Bracket	80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปาล์มน้ำมัน (oil palm) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Elaeisguineensis Jacq* อยู่ในวงศ์ Areacaceae หรือ Palmae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดหนึ่ง ปาล์มน้ำมันกำเนิดในทวีปแอฟริกา ชาวโปรตุเกสได้นำปาล์มน้ำมันเข้ามาปลูกในทวีปเอเชีย โดยเริ่มปลูกที่ประเทศอินโดนีเซียเป็นแห่งแรกและแพร่กระจายไปยังประเทศมาเลเซีย ต่อมาปี พ.ศ. 2472 จึงนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเป็นครั้งแรก โดยปลูกเป็นปาล์มประดับที่สถานีทดลองยางคองส จ.สงขลา และสถานีกสิกรรมพลู จ.จันทบุรี จากตัวเลขของ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (ส.ศ.ก.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่า ในปี 2555 ประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกปาล์มรวม 3,982,623 ไร่ ใน 50 จังหวัด ผลผลิตรวมคาดว่าจะได้ 11,619,350 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 2,918 กิโลกรัมต่อไร่ ปัจจุบันจังหวัดที่มีการปลูกปาล์มมากที่สุดจะอยู่ในเขตภาคใต้เป็นหลัก โดยเฉพาะที่จังหวัด สุราษฎร์ธานี กระบี่ ชุมพร นอกจากนี้ยังขยายพื้นที่ไปยังจังหวัดในภาคตะวันออก ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด และในภาคกลาง ภาคอีสาน จากข้อมูลข่าวการเกษตร ไทยรัฐ 2555

น้ำมันปาล์มมีความสำคัญทางอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากความต้องการของตลาดมีแนวโน้มสูงทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ประกอบกับราคาน้ำมันปาล์มเป็นสิ่งดึงดูดให้ชาวสวนสนใจที่จะปลูกปาล์ม น้ำมัน โดยเฉพาะชาวสวนในภาคใต้นิยมทำสวนปาล์มน้ำมันกันมาก

จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) [1] ระบุว่าในปี 2550 มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 3.20 ล้านไร่ และมีเนื้อที่ให้ผลผลิต 2.66 ล้านไร่ ได้ผลผลิตปาล์มทะเลสาบ 6.39 ล้านตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 2.40 ตัน/ไร่ พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันของโลกมี 86.4 ล้านไร่ และให้ผลผลิต 190.5 ล้านตันโดยมีประเทศมาเลเซีย และอินโดนีเซียเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก มีผลผลิตมากกว่าร้อยละ 80

ต้นปาล์มให้น้ำมันให้ผลผลิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากมายในชีวิตประจำวันของเรา ทั้งด้านอุปโภคและบริโภค ที่เห็นกันอย่างแพร่หลาย คือการนำมาทำน้ำมันพืช การใช้ทำสบู่ ใช้เป็นน้ำมันทอดในอุตสาหกรรมเบหมิสำเร็จรูป ใช้ทำครีมเทียม นมข้น เนย ฯลฯ

ปัจจุบันเนื้อที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันได้ขยายอย่างกว้างขวางจนกลายเป็นพืชที่เป็นอนาคตของคนไทย และเป็นอนาคตของประเทศยิ่งการนำประโยชน์จากผลผลิตน้ำมันปาล์มมาใช้มากมายหลายอย่างแล้ว ก็ยังมีความต้องการของตลาดมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในปัจจุบันปาล์มน้ำมันดูเหมือนจะเป็นพืชที่ได้รับความสนใจมากขึ้นหลายเท่าตัว ด้วยสาเหตุที่ว่า น้ำมันปาล์มสามารถนำไปใช้ทำน้ำมันชีวภาพที่เรียกว่า ไบโอดีเซล เพื่อทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งขาดแคลนและมีราคาสูง จากความต้องการใช้น้ำมันปาล์มเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ ชาวสวนปาล์มจึงได้เก็บเกี่ยวปาล์มและนำไปขายให้กับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ต่อไป

การสกัดน้ำมันปาล์มให้ได้คุณภาพจำเป็นต้องอาศัยเครื่องอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จากปัญหาดังกล่าวควรจะมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วย กลุ่มเกษตรกรรายย่อยให้สามารถสกัดน้ำมันปาล์มเมล็ดในได้ ซึ่งน้ำมันปาล์มจากเมล็ดในมีคุณภาพดีกว่า โดยวิธีการแยกกะลาและเมล็ดในก่อนนำเนื้อในที่ได้ไปสกัดน้ำมัน

ด้วยเหตุดังกล่าวจึงได้สร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม เพื่อให้ได้เมล็ดในปาล์มที่แยกจากกะลาและเนื้อในที่ได้สามารถนำไปสกัดเป็นน้ำมันเกรด A ได้ เป็นการเพิ่มรายได้โดยตรง จึงเป็นเหตุให้ควรทำโครงการพิเศษ เรื่องการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม ขึ้นมาเพื่อใช้ประโยชน์ดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทำการศึกษาและออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของการกะเทาะแบบโรเตอร์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มสำหรับกลุ่มเกษตรกรอุตสาหกรรมครัวเรือน
2. ใช้เมล็ดในปาล์มจากการผลิตของกระบวนการจาก KMITL น้ำมันปาล์มที่มีกระบวนการหีบแยก
3. ความเร็วรอบที่ใช้ไม่เกิน 1,000 รอบต่อนาที
4. หลักการกะเทาะแบบโรเตอร์

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. เริ่มการดำเนินการ
2. ศึกษาทฤษฎี
3. อบรมปาล์มเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม
4. สร้างเครื่องกระแทก เพื่อหาแรงในการกระแทกที่ทำให้เมล็ดปาล์มแตก
5. ทำการกระแทกเมล็ดปาล์มเพื่อหาแรงที่ทำให้เมล็ดปาล์มแตก
6. คำนวณ และออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกะเทาะ
7. สร้างเครื่องและชุดกะเทาะ
8. ทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม
9. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถกะเทาะเนื้อในกับกะลาปาล์มได้
2. สามารถเพิ่มมูลค่าของเมล็ดปาล์มน้ำมัน
3. สามารถนำเนื้อในหรือกะลาปาล์มมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้
4. สามารถสร้างเครื่องจักรขึ้นมาเพื่อทำงานตามวัตถุประสงค์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

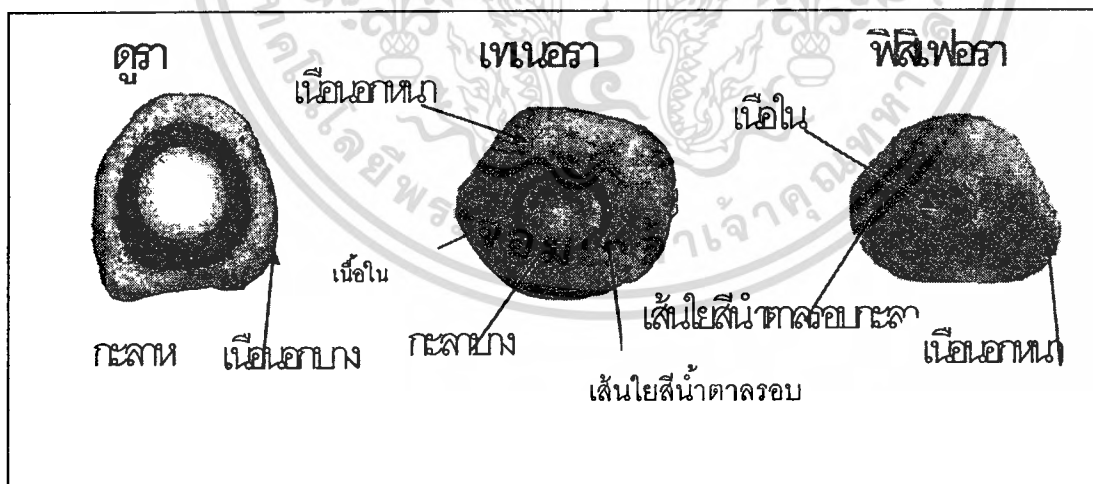
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทรรศน์

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.1.1 พันธุ์ปาล์มน้ำมัน [2]

จากลักษณะของผลปาล์มจะสามารถแยกชนิดของปาล์มได้ 3 ชนิด ได้แก่ 1) ดูรา (Dura) ซึ่งเป็นปาล์มที่มีกะลาหนา 2) ฟิสีเฟอรา (Pisiferra) เป็นปาล์มที่มีกะลาบางมาก เนื้อชั้นเปลือกของผลหนาเรียบเมล็ดจะมีเส้นใย 3) เทเนอรา (Tanerra) พันธุ์ปาล์มนี้เป็นพันธุ์ทางที่เกิดจากการผสมของแม่ที่เป็นพันธุ์ดูรากับพ่อที่เป็นพันธุ์ฟิสีเฟอรา ในปัจจุบันเทเนอราจะเป็นพันธุ์ที่ปลูกในทางการค้า ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะของพันธุ์ปาล์ม [2]

ลักษณะ	แบบของพันธุ์ปาล์ม		
	ดูรา	เทเนอรา	ฟิสีเฟอรา
ความหนาของผลปาล์ม (มม.)	2-8	0.5 - 4	บางมากหรือไม่มี
เส้นใยสีน้ำตาลรอบกะลา	ไม่มี	มี	มี
ผล/ทะลาย (%)	60	60	มักเป็นหมัน
เปลือกนอก/ผล (%)	60-65	60-90	92-97
เนื้อในปาล์ม/ผล (%)	4-20	3-28	3-8
กะลา/ผล (%)	25-30	8-15	บางมาก
น้ำมัน/ทะลาย	18-19.5	22.5-25.5	25-30
น้ำมัน/เปลือกนอก (%)	50	50	30



รูปที่ 2.1 ลักษณะผลปาล์มพันธุ์ดูรา เทเนอรา ฟิสีเฟอรา

จากการที่ใช้พันธุ์เทเนอราเป็นพันธุ์ที่ปลูกในทางการค้า จำทำให้มีการคัดเลือกต้นแม่พันธุ์ดูรา และพ่อพันธุ์ฟิสีเฟอรา ที่มีคุณสมบัติเด่นๆ เพื่อผลิตเมล็ดเทเนอราที่มีคุณภาพสูงและเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ปลูกต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

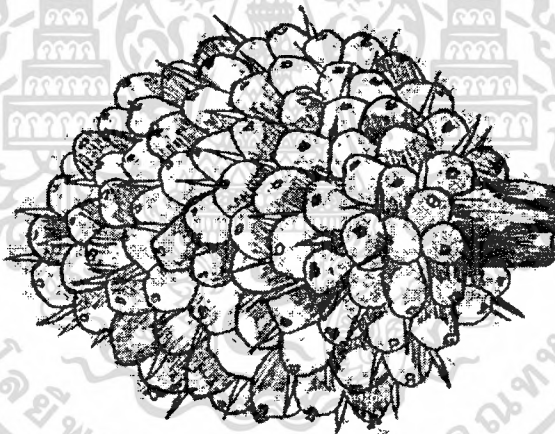
2.1.2 ทะลายปาล์มน้ำมัน[4]

ทะลายปาล์มน้ำมันเมื่อสุกแก่เต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 1 - 60 กิโลกรัม แปรไปตามอายุของต้น ในที่ปลูกเป็นการค้าต้องการทะลายที่มีน้ำหนัก 10 - 25 กิโลกรัม จำนวนทะลายต่อต้นก็มีความแตกต่างกัน โดยมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักของทะลาย สำหรับปาล์มพันธุ์เทนอราที่ปลูกเป็นการค้ามีความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและจำนวนทะลายดังนี้

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและจำนวนทะลาย [3]

อายุ (ปี)	จำนวนทะลาย/ต้น/ปี	น้ำหนักทะลายเฉลี่ย(ก.ก.)
5	15	8
8	7	20

ทะลายปาล์มน้ำมันประกอบไปด้วยก้านทะลาย ช่อทะลายย่อยและผล ในแต่ละทะลายมีปริมาณผล 45 - 60 เพอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 2.2 ทะลายปาล์มน้ำมัน [3]

2.1.3 ผลปาล์มน้ำมัน

ผลปาล์มน้ำมันมีลักษณะเป็นผลเมล็ดแข็งไม่มีก้านผล (Sessile Drupe) รูปร่างหลายแบบ ตั้งแต่รูปรียาวแหลมจนถึงรูปไข่ หรือรูปยาวรี ความยาวผลอยู่ระหว่าง 2-5 เซนติเมตร น้ำหนักผลมีตั้งแต่ 3 กรัม จนถึงมากกว่า 30 กรัม

ผลปาล์มน้ำมันประกอบด้วยเปลือกนอก ซึ่งมีผิวเปลือก (Exocarp) สีเขียวอมดำเมื่อยังอ่อน และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมแดงเมื่อสุกแล้ว ชั้นเปลือก (Mesocarp) เป็นเนื้อเยื่อเป็นเส้นใยสีส้มแดงเมื่อสุก และมีน้ำมันอยู่ในชั้นนี้ ส่วนที่ 2 คือเมล็ดประกอบด้วยชั้นกะลา (Shell หรือ Endocarp) และเนื้อในสีขาว จำนวน 1-3 อัน ซึ่งมีน้ำมันอยู่มีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันมะพร้าว



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบในผลปาล์ม [2]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พีรพงศ์ กิตติมานะพันธ์, ศาธิมิน หัวเมืองวิเชียร, อนุศักดิ์ ขวัญทองยิ้ม [5] เครื่องกะเทาะเปลือก ถั่วลิสงแบบล้อย่างนี้ กะเทาะโดยมีชุดควนถั่วลิสงอยู่ภายในถึง ป้อนถั่วลิสงเพื่อให้เกิด การหมุนเวียนของถั่ว ลิสงและการไหลอย่างต่อเนื่อง หลังจากนั้น ถั่วลิสงจะเข้าสู่ชุดกะเทาะเปลือกถั่วลิสงซึ่งใช้ล้อย่างรถยนต์ พร้อมกระโถล้อขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 560 มิลลิเมตรกว้าง 195 มิลลิเมตร เป็นตัวหมุนบดถั่วลิสงกับ ตะแกรงลวดสาน ซึ่งมีขนาดของรูตะแกรงกว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร เพื่อแยกเปลือกถั่วลิสง ออกจากเมล็ด โดยการเสียดสีของล้อย่างรถยนต์กับตะแกรงกะเทาะในทิศทางที่สวนกัน จากนั้นเมล็ดและ เปลือก ถั่วลิสงก็จะตกลงมาโดยผ่านรูของตะแกรงกะเทาะและหล่นลงมายังรางลำเลียง เข้าสู่ชุดรางลำเลียง เข้าสู่ชุดแยกเปลือกถั่วลิสงโดยใช้พัดลมใบพัดรัศมีตรงซึ่งมีจำนวน 9 ซี่ เป็นตัวแยกเปลือก ออกจากเมล็ด เศษเปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบาจะถูกแยกออกทางปล่องลมส่วนที่เหลือ จะเป็นเมล็ดและ เปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดใหญ่จะตกลงสู่ชุดตะแกรงคัดขนาดเพื่อแยกเปลือกถั่วลิสง ที่ไม่ถูกลมแยกออกไป เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วลิสงแบบล้อย่างรถยนต์นี้ มีความสามารถในการกะเทาะได้ประมาณ 300 กิโลกรัม ฝึก ต่อ ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการกะเทาะร้อยละ 90 ต่อน้ำหนักของถั่วลิสงฝึกที่ป้อนเข้าไป การแตกหัก ของถั่วลิสงร้อยละ 10.4 ต่อน้ำหนักของถั่วลิสงที่กะเทาะได้ทั้งหมดและคัดเมล็ดถั่วลิสงได้ 3 ชนิด คือ เมล็ด ถั่วลิสงดี เมล็ดถั่วลิสงลีบ และถั่วลิสงที่แตกหักออกจากกัน

วิรัตน์ เตี้ยกคำ, สุวิศิษฎ์ เกิดอุดม, ดาริช รักขมณี, เฉลา ตันติแก้วประโยชน์ [6] เนื่องจาก ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่หาเลี้ยงชีพด้วยการเกษตร แต่เรากลับพบว่า การเกษตรของประเทศกลับไม่เจริญนัก ซึ่งอาจเกิดจากการขาดเทคโนโลยีที่ดีและเหมาะสม ดังนั้นในการ ทำปริญญานิพนธ์นี้จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตร ที่จะช่วยในการผลิตผลิตผลให้ ได้ผลดียิ่งขึ้นในการทำปริญญานิพนธ์นี้เราได้ให้ความสนใจไปที่เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ เนื่องจาก ได้เล็งเห็นถึงปัญหาของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟแบบเก่า ซึ่งทำงานได้ไม่ดีนักคือ เมื่อเมล็ดกาแฟถูก กะเทาะ เมล็ดกาแฟจะเกิดการเสียหาย มีรอยขีดข่วน เกิดตำหนิขึ้นทำให้การขายได้ราคาไม่เต็มที่เท่าที่ควร ดังนั้นในนี้จึงได้ทำการศึกษา ออกแบบและปรับปรุงเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟให้ทำงานได้ดียิ่งขึ้น สำหรับเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟที่ได้ทำการศึกษาขึ้นมาใหม่นี้จะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องต้นแบบ โดย ใช้ต้นกำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า เพื่อไปขับเคลื่อนสายพานและล้อสายพานทำให้เพลอบดเมล็ดกาแฟ ทำงาน โดยเมล็ดกาแฟจะถูกพาขึ้นไปตามร่องของเพลอบดและไปขัดกับใบมีดตัดเพื่อกะเทาะเปลือกของ เมล็ดกาแฟออกผลที่ได้จากการพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ พบว่าเครื่องดังกล่าวมีกำลังการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิต 80 Kg/hr. สามารถกะเทาะเปลือกให้แตกได้ถึง 80% และลดการแตกหักของเมล็ดกาแฟได้โดยเหลือเพียงแค่ 5% นอกจากนี้ยังสามารถแก้ไขปัญหาในเรื่องของการถลอกของเมล็ดกาแฟได้อย่างดีเยี่ยม นั่นคือหลังจากที่ทำการกะเทาะเปลือกออกแล้ว จะไม่มีเมล็ดกาแฟที่มีรอยถลอกอยู่เลย

วีรศักดิ์ ศักดิ์สว่างวงศ์ และ สรายุทธ์ แสงธรรมรัตน์ [7] โครงการนี้เป็นการออกแบบ และสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด สำหรับนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ (นินนาท-ภควัต, 2533) และทำการทดสอบเครื่อง กะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่สร้างขึ้น เพื่อที่จะหาสมรรถนะการทำงานของเครื่อง และทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดมีประสิทธิภาพ ที่ดี เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับหลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ด ข้าวโพดนั้นจะอาศัยเพลากะเทาะที่รับกำลังมาจากมอเตอร์เป็นตัวกะเทาะ เมล็ดข้าวโพดให้หลุดออกจากฝัก เมล็ดที่ได้ก็จะตกลงบนตะแกรงที่อยู่ข้างล่าง ซึ่งจะทำหน้าที่แยกเมล็ดข้าวโพดกับเศษซึ่งข้าวโพดที่แตกหัก ส่วนซึ่งข้าวโพดที่ใหญ่ก็จะถูกเหวี่ยงให้ออกทางด้านข้าง เมื่อเมล็ดและเศษซึ่งข้าวโพดที่เล็ก ๆ ลดตะแกรงรูแล้วก็จะตกเข้าไปในถังทำความสะอาด ซึ่งเป็นส่วนที่ทำความสะอาดเมล็ดข้าวโพดขั้นสุดท้ายในการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่สร้างขึ้นนี้ จะทำการวัด อัตราการกะเทาะ อัตราการกะเทาะโดยเทียบจากกำลังมอเตอร์ที่ใช้ นอกจากนี้ยังทำการวัดเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย เปอร์เซ็นต์แตกหักของเมล็ดที่กะเทาะ เปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปนในเมล็ดที่กะเทาะได้ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ติดซึ่งข้าวโพด ในการทดสอบนั้น จะทำการทดสอบที่ความเร็วรอบของเพลากะเทาะต่าง ๆ กัน คือ 438 rpm, 600 rpm, และ 736 rpm โดยการเปลี่ยนขนาดของมู่เล่ย์ เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 76.2 มม., 101.6 มม. และ 127 มม. ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วยังทำการปรับขนาดห้องกะเทาะเพื่อทำการเปรียบเทียบ ผลการ ทดสอบพบว่า ที่ขนาดห้องกะเทาะปกติ (clearance) ซึ่งเป็นห้องกะเทาะที่มี เส้นผ่าศูนย์กลาง 260 มม. และที่ความเร็ว 736 รอบ/นาที จะให้ผลดีที่สุด ให้อัตราการกะเทาะประมาณ 2,422 กก./ชม. และเปอร์เซ็นต์เมล็ดติดซึ่ง 5.62% ซึ่งน้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก 2.31%, เปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปน 0.43% และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 8.49%

นายกฤษฏา อุ่นประชาและคณะ [8] โครงการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำการศึกษาและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกกระเทียม เครื่องกะเทาะเปลือกกระเทียมนี้จะสร้างเพื่อกะเทาะเปลือกกระเทียม ปริมาณ 500 กรัมภายใน 5 นาที เครื่องกะเทาะเปลือกกระเทียมจะใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า 220 โวลต์เป็นต้นกำลัง โดยมีสายพานพลูเล่ย์เป็นกลไกในการขับเคลื่อน โครงสร้างของเครื่องกะเทาะเปลือกกระเทียมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่างจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยมีขนาด 50x50 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร และส่วนบนหรือห้องกะเทาะเปลือกกระเทียม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก 20 เซนติเมตร โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในห้องกะเทาะเปลือกกระเทียม 15 เซนติเมตร ประโยชน์และคุณลักษณะ การสร้างและทดสอบเครื่องปลูกเปลือกกระเทียม จะช่วยอำนวยความสะดวกสบาย และลดระยะเวลาในการปลูกเปลือกกระเทียม เป็นการลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตให้กับร้านอาหาร โรงแรม หรือภัตตาคารอาหาร

บทที่ 3

ทฤษฎีและการออกแบบ

ในการออกแบบสร้างเครื่องแยกเนื้อและเมล็ดปาล์มประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายชนิด ในการเลือกใช้ชิ้นส่วนแต่ละชนิดต้องเหมาะสมกับเครื่องจักรที่ได้ทำการออกแบบไว้ ดังนั้นจะต้องมีการคำนวณหาขนาดชิ้นส่วนตามหลักการของวิศวกรรมการออกแบบเครื่องจักรกลที่เหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องแยกเนื้อและเมล็ดปาล์ม

3.1 การทดสอบแรงกระแทก (Impact Testing) [9]

3.1.1 อัตราเร็วการใส่แรงและอัตราการเสียรูป

อัตราเร็วการใส่แรงและอัตราการเสียรูปที่เกิดขึ้นทำให้วัสดุแสดงสมบัติแตกต่างกันคือวัสดุส่วนใหญ่สามารถรับแรงได้สูงขึ้นก่อนแตกหักหากมีระยะเวลาการใส่แรงนานขึ้นคือการทดสอบแบบสถิต (static testing) แต่ถ้าใส่แรงแบบพลวัต (dynamic testing) แม้จะกระทำด้วยแรงที่น้อยกว่าปกติชิ้นงานก็แตกหักได้ทั้งนี้เพราะสมบัติต่างๆของวัสดุหลายชนิดขึ้นอยู่กับอัตราการยืดตัว (strain rate) การทดสอบที่ใช้วัดค่าพลังงานที่จำเป็นในการทำให้วัสดุแตกหักภายใต้การรับแรงแบบฉับพลันนี้เรียกว่าเป็นการทดสอบการกระแทก

3.1.2 ทฤษฎีและเครื่องมือการทดสอบ

การทดสอบการกระแทกเป็นการวัดการส่งถ่ายพลังงานที่จำเป็นในการแตกหักของวัสดุค่าความแข็งแรงการกระแทกจะบ่งบอกถึงความสามารถในการรับแรงแบบฉับพลัน (shock load) แม้พลังงานไม่สามารถสร้างและทำลายแต่พลังงานการกระแทกจะสูญเสียไปในหลายลักษณะเช่นถูกใช้ในการเสียรูปแบบยืดหยุ่นและแบบถาวรของวัสดุและแรงเสียดทานจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่างๆเป็นต้นโดยการออกแบบโครงสร้างและเครื่องจักรประการแรกต้องให้ชิ้นงานสามารถดูดซับพลังงานให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในช่วงของการยืดหยุ่นและประการที่สองคืออาศัยการหน่วงบางรูปแบบเพื่อลดการดูดซับพลังงานของเครื่องในการทดสอบการกระแทกจะใช้พลังงานของลูกตุ้มกระแทกให้ชิ้นทดสอบแตกหักโดยพลังงานจะนิยามเป็นงานซึ่งเป็นแรงที่กระทำเป็นระยะทางหนึ่งดังสมการ

$$W = FD \quad (3.1)$$

เมื่อ W คืองาน (ปอนด์ฟุตหรือนิวตันเมตร)

F คือแรงที่กระทำ (ปอนด์หรือนิวตัน)

D คือระยะทางในช่วงที่แรงกระทำ (นิ้วหรือเมตร)

วัตถุประสงค์การทดสอบการกระแทกคือการวัดงานที่ใช้ในการแตกหักภายใต้การกระแทกอย่างฉับพลันซึ่งสามารถหาได้จากการปล่อยลูกตุ้มที่ทราบค่าน้ำหนักแน่นอนลงบนชิ้นทดสอบด้วยความสูงค่าหนึ่งดังรูปที่ 3.1 แล้วทำการคำนวณค่าการดูดซับพลังงานการกระแทกหรือความต้านทานการกระแทกของวัสดุจากผลต่างของระดับพลังงานศักย์ของลูกตุ้มก่อนและหลังการกระแทกด้วยสมการต่อไปนี้

$$E = w(h-h') \quad (3.2)$$

หรือ $= mg(h-h')$ (ในหน่วยเมตริก)

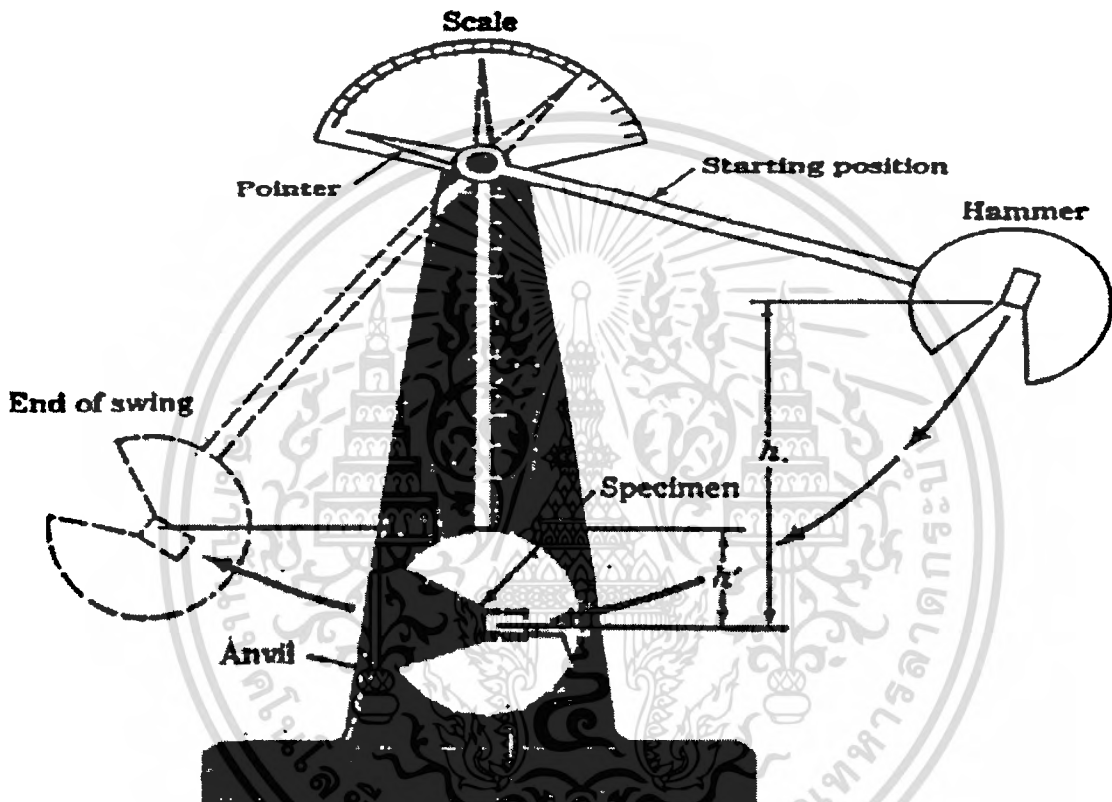
เมื่อ E คือพลังงานที่ได้จากการปล่อยตุ้มน้ำหนัก (ปอนด์ฟุตหรือนิวตันเมตร)

w คือน้ำหนักของลูกตุ้ม (ปอนด์)

m คือมวลของตุ้มน้ำหนัก (กิโลกรัม)

h, h' คือความสูงของลูกตุ้มก่อนและหลังกระแทกตามลำดับ (ฟุตหรือเมตร)

g คืออัตราเร่งจากแรงดึงดูดของโลก (9.81 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง)



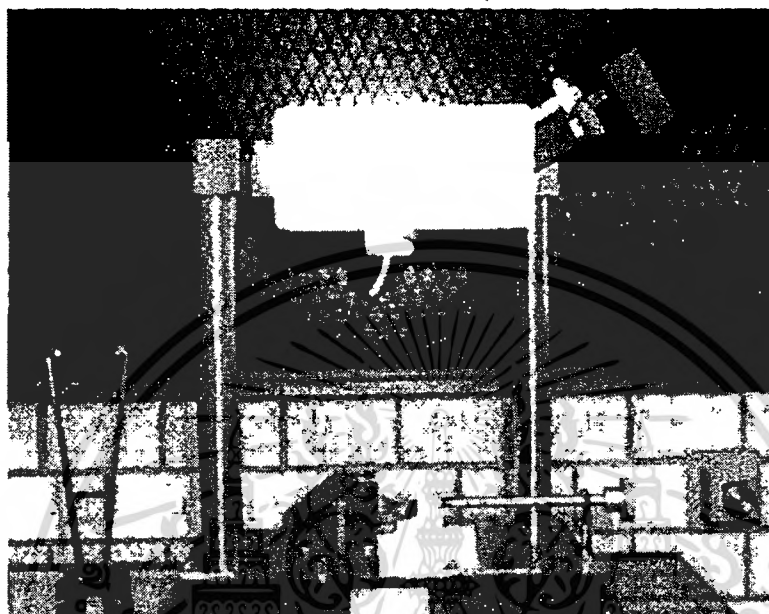
รูปที่ 3.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องทดสอบการกระแทก

อย่างไรก็ตามการทดสอบที่นิยมใช้โดยทั่วไปได้แก่การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีและแบบไอซอด (Charpy and Izod impact tests) โดยการทดสอบทั้งคู่นี้จะทำการใส่แรงกระทำด้วยการเหวี่ยงลูกตุ้มและใช้ชิ้นทดสอบที่มีร่องบากและมีขนาดเล็กและการทดสอบจะเป็นการใส่แรงด้วยการตัดองการทดสอบทั้งสองแบบนี้ต่างกันที่การออกแบบชิ้นทดสอบและความเร็วของลูกตุ้มในการกระแทกชิ้นทดสอบในการทดสอบแบบชาร์ปีชิ้นทดสอบจะถูกยึดในลักษณะเป็นคานเดี่ยว (single beam) แล้วตีกระแทกที่บริเวณด้านหลังของร่องบากส่วนในการทดสอบแบบไอซอดจะยึดชิ้นงานในรูปของคานโยกและตีกระแทกที่ปลายอีกข้างหนึ่งด้านหน้าร่องบากในการทดสอบเหล่านี้การดูดซับพลังงานจะเพิ่มขึ้นใน

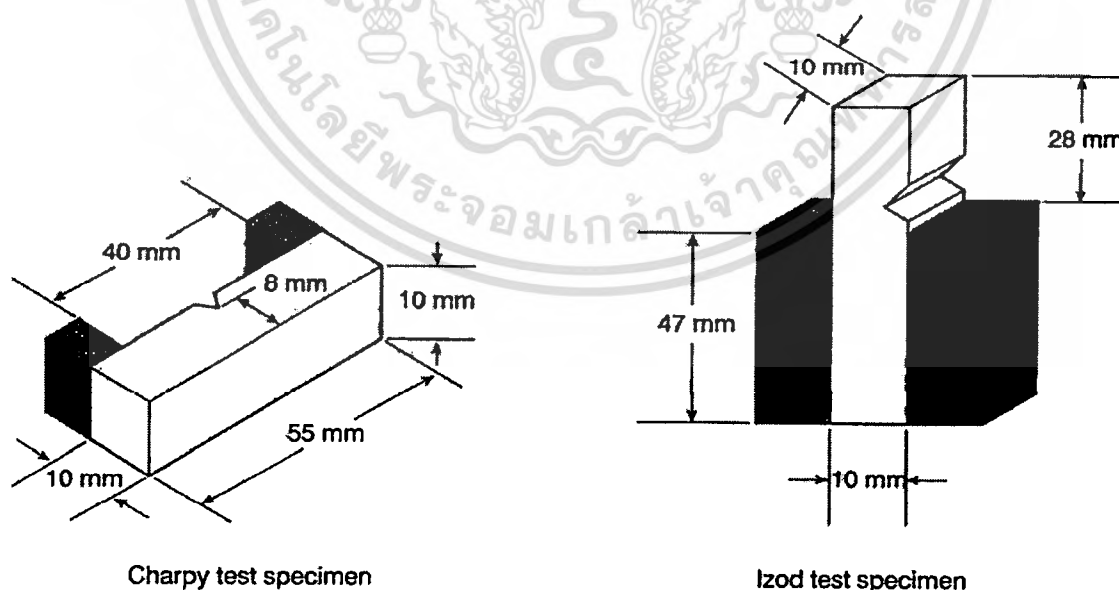
ชิ้นทดสอบในการทดสอบแบบไอซอดดังรูปที่ 3.2 จะถูกยึดปลายข้างหนึ่งในแนวตั้งด้วยหัวจับที่ติดอยู่กับฐานความเร็วมาตรฐานในการเหวี่ยงลูกตุ้มในการทดสอบการกระแทกแบบไอซอดคือ 11.5 ฟุตต่อวินาทีในขณะที่การทดสอบแบบชาร์ปีชิ้นงานจะถูกยึดทั้งสองข้างและอยู่ในแนวนอนดังรูปที่ 3.3(a) โดยใช้ความเร็วลูกตุ้มในการกระแทก 17.5 ฟุตต่อวินาทีการบากชิ้นทดสอบทั้งสองแบบเป็นการเพิ่มแรงเค้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะบริเวณซึ่งจะทำให้เกิดการดูดซับของพลังงานที่จุดเดียวและทราบบริเวณที่ชิ้นงานจะเกิดการแตกหัก ถ้าไม่มีการบากแรงเค้นจะกระจายไปทั่วทั้งชิ้นงานซึ่งจะทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียรูปถาวรจากการดัดงอมากกว่าที่เกิดการแตกหักซึ่งจะทำให้ผลการทดสอบที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์การทดสอบการกระแทกเป็นการวัดปริมาณพลังงานที่ต้องการในการแตกหักของวัสดุ



รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบการกระแทกแบบไอซอดและชาร์ปี



Charpy test specimen

Izod test specimen

รูปที่ 3.3 ชิ้นทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีและไอซอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวัสดุไม้จะใช้การทดสอบแบบฮัทจูลเนอร์โดยการทดสอบแบบนี้จะเป็นการทดสอบการกระแทกที่ใส่แรงกระทำในลักษณะการตดองด้วยการปล่อยก้อนน้ำหนักคงที่ค่าหนึ่งทีละระยะความสูงต่างๆ โดยความสูงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานแตกหักจะถูกนำมาใช้ในการหาค่าความแกร่งของวัสดุและข้อมูลที่จะได้รับจากการทดสอบแบบแฮทจูลเนอร์นี้ได้แก่โมดูลัสความยืดหยุ่นขีดจำกัดสัดส่วนและค่าเรซีเลียนเฉลี่ย

3.1.3 กระบวนการทดสอบ

ส่วนประกอบที่จำเป็นจะต้องได้มาตรฐานในการทดสอบการกระแทกได้แก่กระบวนการทดสอบ แทนวางชิ้นงานชุดรองรับชิ้นงานขึ้นทดสอบน้ำหนักของลูกตุ้มและความเร็วการกระแทกของลูกตุ้มรูปแบบทางทฤษฎีของเครื่องทดสอบการกระแทกแบบแตกหักในคราวเดียว (single blow) ควรเป็นดังนี้

- ตั้มน้ำหนักที่เคลื่อนที่ควรจะให้พลังงานจลน์ที่มากพอที่จะทำให้ชิ้นทดสอบแตกหักในบริเวณที่กำหนด

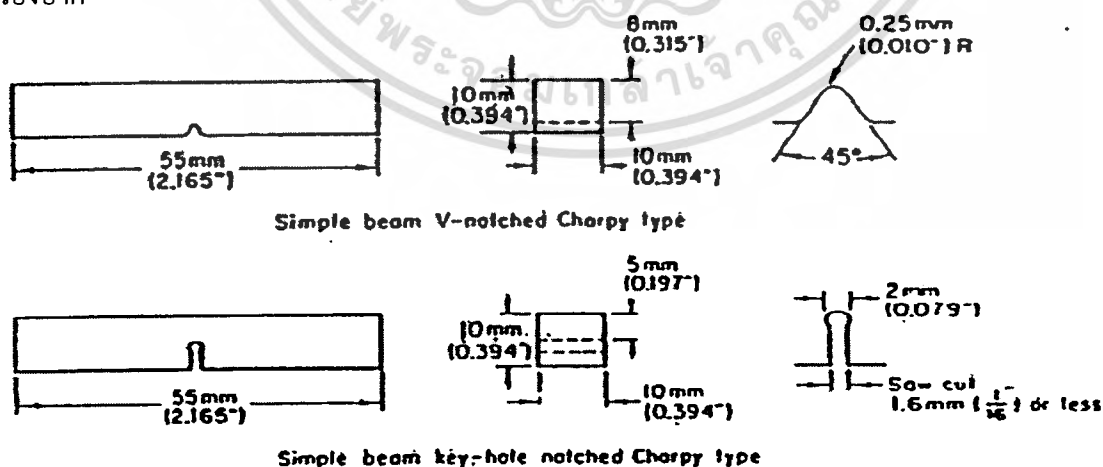
- แทนวางและชุดรองรับชิ้นงานที่สามารถทำให้ชิ้นงานรับแรงที่กระแทกได้เต็มที่
- กรรมวิธีสำหรับการวัดพลังงานหลงเหลือของลูกตุ้มหลังจากที่ชิ้นงานแตกหัก

พลังงานจลน์การกระแทกจะทำการวัดและควบคุมจากน้ำหนักกับระดับความสูงที่วัดจากกึ่งกลางน้ำหนักของลูกตุ้มที่ถูกปล่อยลงมาอย่างอิสระและลูกตุ้มควรจะถูกยึดเป็นอย่างดีเพื่อลดอิทธิพลของการแกว่งด้านข้างหรือแรงหน่วงและความเสียดทานคือต้องอยู่ในสภาพที่ยึดแน่นเมื่อเหยียดกระแทกกับชิ้นงาน ดังนั้นต้องหากกลไกการขจัดสิ่งต่างๆเหล่านี้เพื่อลดผลกระทบจากการยึดเหนี่ยวความเร่งและการสั่น

แทนวางชิ้นงานควรจะมีน้ำหนักมากพอเมื่อเทียบกับพลังงานจากการกระแทกของลูกตุ้มและไม่ทำให้พลังงานการกระแทกเกิดการสูญเสียจากการเสีรูหรือการสั่นของแทนวางและชิ้นงานจะต้องถูกยึดอย่างดีและอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตลอดการทดสอบ

3.1.3.1 การทดสอบแบบชาร์ปี (Charpy test)

เครื่องทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีปกติจะมีขนาด 220 ปอนด์ฟุตสำหรับทดสอบโลหะ และ 4 ปอนด์ฟุตสำหรับชิ้นงานพลาสติก (ASTM E23) ลูกตุ้มประกอบด้วยแขนยึดลูกตุ้มที่ค่อนข้างเบาแต่แข็งแรงและมีก้อนน้ำหนักติดอยู่ที่ปลายลูกตุ้มนี้จะเคลื่อนผ่านระหว่างขาตั้งเครื่องสองขาโดยมีใบมีดติดไว้ที่ขอบด้านที่จะกระแทกกับชิ้นทดสอบซึ่งต้องกระทบกับชิ้นงานบริเวณด้านหลังและเป็นส่วนที่ลึกที่สุดของร่องบาก

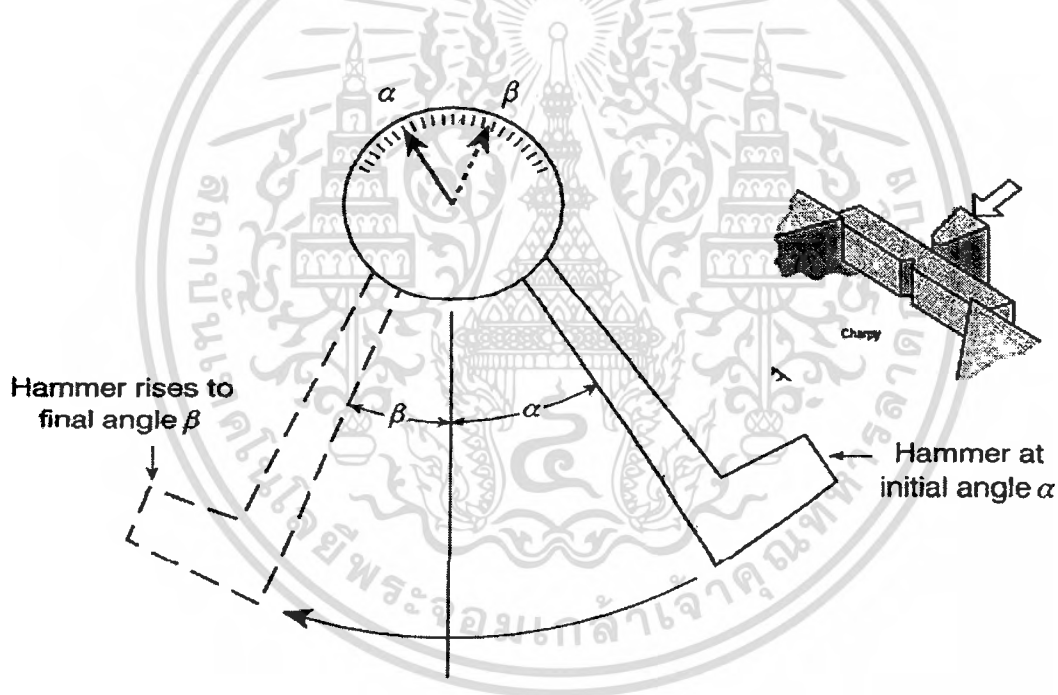


รูปที่ 3.4 ชิ้นงานมาตรฐานการทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนทดสอบมาตรฐานมีขนาด $10 \times 10 \times 55$ มิลลิเมตรและมีการบากตรงกลางชิ้นงานไว้ที่ด้านหนึ่งซึ่งบางการทดสอบต้องการร่องบากที่เป็นแบบรูกุญแจ (keyhole notch) หรือเป็นแบบตัวยู (U-shaped notch) ดังรูปที่ 3.18 โดยขั้นตอนทดสอบจะถูกวางไว้ระหว่างแท่นรองรับชิ้นงานโดยวางให้ฝั่งตรงข้ามร่องบากหันไปในทางที่จะทำการกระแทกคือโบมีดที่ติดอยู่กับลูกตุ้มจะต้องกระแทกเข้ากับด้านหลังร่องบากของชิ้นงานที่บริเวณกึ่งกลางระหว่างแท่นรองรับชิ้นงานดังรูปที่ 3.19 จากนั้นทำการยกลูกตุ้มขึ้นไปยังมุมก่อนกระแทกแล้วปล่อยลูกตุ้มเหวี่ยงลงมากระแทกกับชิ้นทดสอบ

ลูกตุ้มกระแทกต้องยกขึ้นด้วยมุมที่ทราบค่าแน่นอนคือ α ดังรูปที่ 3.19 ในทางทฤษฎีถ้าลูกตุ้มไม่มีความต้านทานใดๆเมื่อทำการปล่อยลูกตุ้มควรจะมีมุมหลังเหวี่ยงที่ด้านตรงข้ามเท่ากับมุม α เท่าเดิมซึ่งในความเป็นจริงจะมีความเสียดทานของเครื่องดังนั้นในการทดสอบควรรวมพลังงานที่สูญเสียไปกับความเสียดทานเหล่านี้ด้วยเมื่อทำการทดสอบให้ยกลูกตุ้มไปที่มุม α จากนั้นวางชิ้นทดสอบเข้ากับแท่นวางปล่อยตุ้มน้ำหนักลงมาโดยให้เหวี่ยงอย่างอิสระเมื่อลูกตุ้มเหวี่ยงกระแทกกับชิ้นทดสอบจะเกิดการถ่ายพลังงานส่วนหนึ่งให้กับชิ้นทดสอบจนเกิดการแตกหักจากนั้นลูกตุ้มจะเหวี่ยงเลยไปยังฝั่งตรงข้ามด้วยมุยกเท่ากับ β



รูปที่ 3.5 ลักษณะการทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี

เมื่อทำการบันทึกค่าน้ำหนักของลูกตุ้มความยาวของแขนลูกตุ้มรวมทั้งมุยกเริ่มต้นกับมุยกหลังกระแทกของลูกตุ้ม (α และ β) จากนั้นทำการคำนวณด้วยสมการต่อไปนี้

$$E = wr (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (3.3)$$

หรือ

$$= mgr (\cos \beta - \cos \alpha)$$

เมื่อ E คือพลังงานที่ใช้ในการแตกหักของชิ้นทดสอบ (ปอนด์ฟุตหรือนิวตันเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W คือ น้ำหนักลูกตุ้ม (ปอนด์)

m คือ มวลของลูกตุ้ม (กิโลกรัม)

g คือ ความเร่งจากแรงดึงดูดโลก (9.81 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง)

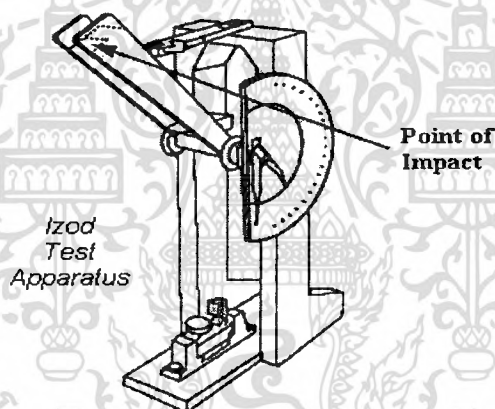
r คือ ความยาวแขนลูกตุ้ม (ฟุตหรือเมตร)

α คือ มุมยกลูกตุ้มเริ่มต้นก่อนกระแทก

β คือ มุมยกลูกตุ้มสุดท้ายหลังกระแทก

3.1.3.2 การทดสอบแบบไอซอด (Izod test)

เครื่องทดสอบการกระแทกแบบไอซอดปกติจะมีขนาด 120 ปอนด์ฟุตส่วนการทดสอบจะเป็นแบบเดียวกันกับแบบชาร์ปีถึงแม้ว่าชิ้นทดสอบและรูปแบบการทดสอบจะต่างกันในการทดสอบการกระแทกแบบไอซอดลูกตุ้มจะกระแทกด้านหน้าของชิ้นทดสอบที่มีร่องบากดังรูปที่ 8.6 ซึ่งจะกลับกันกับการทดสอบแบบชาร์ปีส่วนชิ้นทดสอบแบบไอซอดจะมีขนาด $10 \times 10 \times 75$ มิลลิเมตรโดยมีมุมของร่องบาก 45 องศา 2 มิลลิเมตรดังรูปที่ 3.20 ความแข็งแรงการกระแทกของชิ้นทดสอบจะขึ้นอยู่กับค่ามุมหลังการกระแทกซึ่งปกติค่าพลังงานการกระแทกในหน่วยปอนด์ฟุตสามารถอ่านได้โดยตรงจากหน้าปัดเครื่องทดสอบ



รูปที่ 3.6 เครื่องทดสอบการกระแทกแบบไอซอด

3.1.3.3 การทดสอบแฮทท์จูลเนอร์ (Hatt-Turner test)

การทดสอบการกระแทกแบบแฮทท์จูลเนอร์โดยปกติจะใช้ในการทดสอบกับวัสดุไม้ซึ่งจะวัดด้วยปล้อยลูกตุ้มน้ำหนักลงมากกระแทกกับชิ้นทดสอบในแนวตั้งตามแรงโน้มถ่วง ชิ้นทดสอบจะเป็นชิ้นไม้ซึ่งปกติจะมีขนาด $2 \times 2 \times 30$ นิ้วและชิ้นทดสอบจะถูกวางบนแท่นวางขนาด 28 นิ้วโดยลูกตุ้มจะถูกปล่อยลงมาตรงกึ่งกลางแท่นวางโดยความสูงของลูกตุ้มเริ่มต้นที่ 1 นิ้วจากนั้นจะทำการเพิ่มความสูงขึ้นครั้งละ 1 นิ้วไปเรื่อยๆจนถึงความสูง 10 นิ้วแรกถ้าชิ้นงานยังไม่แตกหักให้เพิ่มความสูงเพิ่มขึ้นเป็นครั้งละ 2 นิ้วจนกว่าชิ้นงานจะแตกหักหรือชิ้นงานเกิดการโค้งงอ 6 นิ้วจากการกระแทก

3.1.4 ผลการทดสอบ

เมื่อได้ข้อมูลหลังจากทำการทดสอบการกระแทกให้นำข้อมูลการทดสอบมาคำนวณหาค่าต่างๆเป็นผลการทดสอบซึ่งจะใช้เป็นสมบัติของวัสดุต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 พลังงานดูดซับ (absorbed energy) เป็นค่าพลังงานที่ใช้ในการทำให้วัสดุแตกหักซึ่งหาค่าโดยการอ่านจากหน้าปิดของเครื่องทดสอบหรือด้วยการคำนวณจากสมการพลังงานดูดซับ

$$E = wr (\cos\beta - \cos\alpha) \tag{3.4}$$

หรือ

$$= mgr (\cos\beta - \cos\alpha)$$

2. ค่าการกระแทก (impact value) หาได้จากการนำค่าพลังงานดูดซับหารด้วยพื้นที่หน้าตัดบริเวณร่องบากดังสมการ

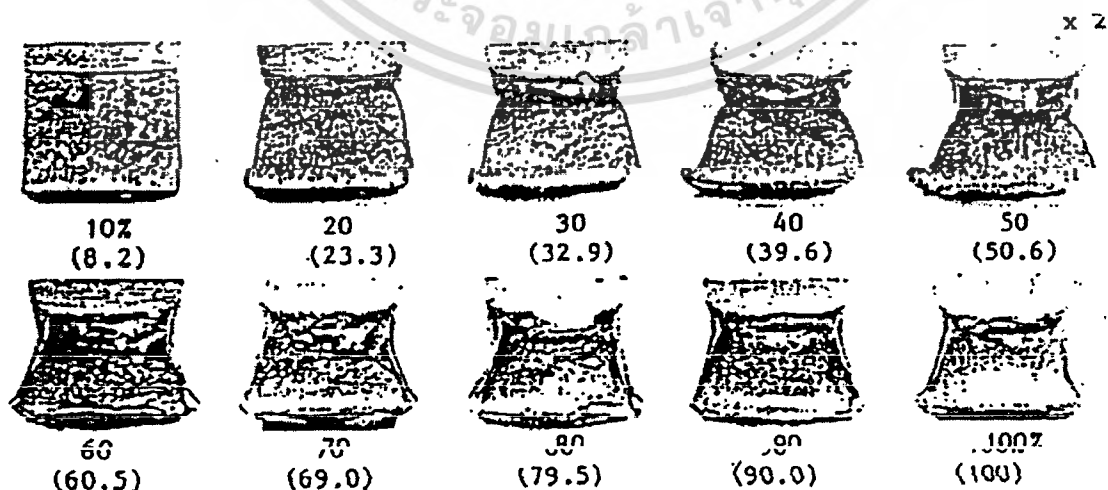
$$\text{ค่าการกระแทก (impact strength)} = \frac{E (\text{พลังงานดูดซับ})}{A (\text{พื้นที่หน้าตัดบริเวณร่องบาก})} \tag{3.5}$$

3. รอยแตกหัก (fracture surface) เมื่อทำการทดสอบการกระแทกกับวัสดุรอยแตกหักที่เกิดขึ้นจะมีสองแบบคือรอยแตกเปราะกับรอยแตกเหนียวซึ่งปกติแล้วพื้นที่การเปราะจะอยู่บริเวณกึ่งกลางรอยแตกส่วนพื้นที่การแตกเหนียวจะอยู่บริเวณขอบชิ้นงานโดยรอบดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.7 ลักษณะรอยแตกหักของชิ้นทดสอบการกระแทก

โดยวัสดุที่เหนียวกว่าจะมีสัดส่วนพื้นที่รอยแตกเหนียวมากกว่าพื้นที่รอยแตกเปราะและจะมีสัดส่วนพื้นที่รอยแตกเหนียวลดลงเมื่อวัสดุเปราะขึ้นซึ่งปกติจะแสดงในรูปของร้อยละการแตกหักดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.8 ลักษณะรอยแตกที่ร้อยละการแตกหักต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ร้อยละการแตกเปราะ (percent brittle fracture, %B) เป็นร้อยละของอัตราส่วนพื้นที่รอยแตกเปราะต่อพื้นที่รอยแตกหักทั้งหมดของชิ้นทดสอบสภาพรอยแตกเปราะจะมีลักษณะเป็นเกรนของผลึกจำนวนมากและแตกแบบผ่าเกรนโดยมีพื้นผิวแตกหักตั้งฉากกับแนวแรงที่กระทำและสะท้อนแสงร้อยละการแตกเปราะหาได้โดยการวัดพื้นที่รอยแตกเปราะกับพื้นที่รอยแตกทั้งหมดแล้วนำไปคำนวณตามสมการ

$$\%S = (C/A) \times 100 \quad (3.6)$$

เมื่อ C คือพื้นที่รอยแตกเปราะและ A คือพื้นที่รอยแตกทั้งหมด

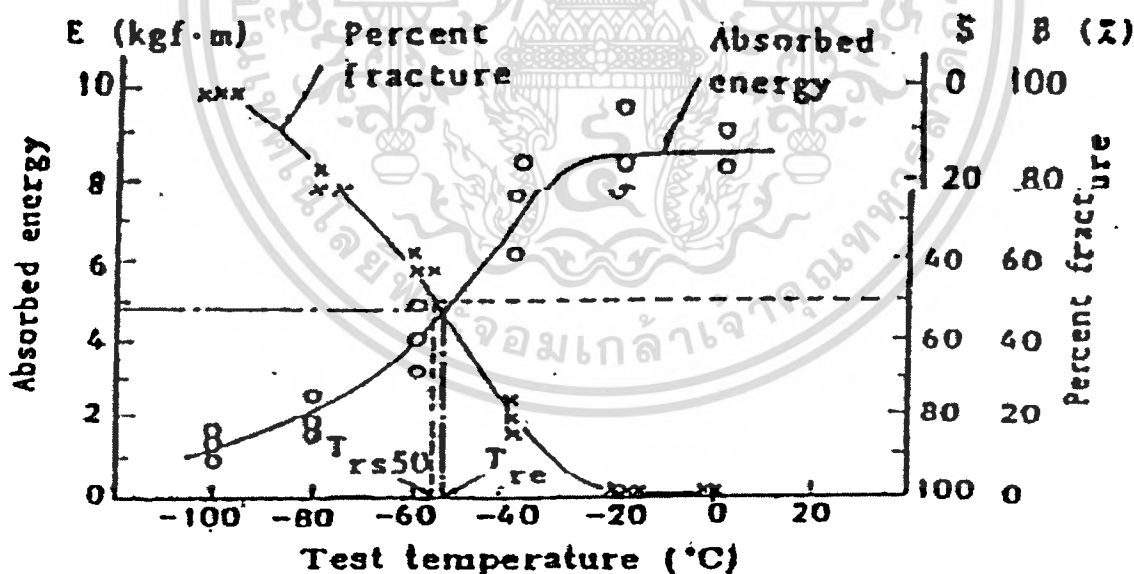
- ร้อยละการแตกเหนียว (percent ductile fracture, %S) เป็นร้อยละของอัตราส่วนพื้นที่รอยแตกเหนียวต่อพื้นที่รอยแตกทั้งหมดของชิ้นทดสอบสภาพรอยแตกเหนียวจะมีลักษณะแตกตามขอบเกรนในแนว 45°กับแรงกระทำและไม่สะท้อนแสงร้อยละการแตกเหนียวหาได้ด้วยการวัดพื้นที่รอยแตกเหนียวกับพื้นที่รอยแตกทั้งหมดแล้วคำนวณตามสมการ

$$\%B = (F/A) \times 100 \quad (3.7)$$

เมื่อ F คือพื้นที่รอยแตกเหนียว

4. อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสถานะภาพ (transition temperature) เมื่อทำการทดสอบชิ้นงานหลายชิ้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันเพื่อหาค่าอุณหภูมิเฉพาะที่ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพซึ่งจะทำให้วัสดุมีความสามารถในการดูดซับพลังงานและมีพื้นผิวรอยแตกเปลี่ยนไปอย่างมากนั้นคือเมื่อผ่านอุณหภูมินี้วัสดุจะเปลี่ยนพฤติกรรมจากเหนียวเปราะหรือจากเปราะเป็นเหนียวในทางกลับกัน

5. กราฟการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพ (transition curve) คือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานดูดซับและร้อยละการแตกเปราะและเหนียวกับอุณหภูมิการทดสอบดังรูปที่ 3.23 ซึ่งมีค่าต่างๆที่สำคัญดังนี้



รูปที่ 3.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานดูดซับกับอุณหภูมิการทดสอบ

- อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงลักษณะรอยแตก (fracture appearance transition temperature, Trs) เป็นอุณหภูมิที่วัสดุมีพื้นผิวรอยแตกเหนียวเท่ากับพื้นผิวรอยแตกเปราะนั้นคืออุณหภูมิจุดที่ชิ้นทดสอบมีพื้นที่ร้อยละการแตกเปราะกับร้อยละการแตกเหนียวเท่ากับร้อยละ 50 บนกราฟร้อยละการแตกหักในรูปที่ 3.23 จากกราฟพบว่าเมื่อทำการทดสอบวัสดุเหนืออุณหภูมินี้วัสดุมีร้อยละการแตกเหนียว

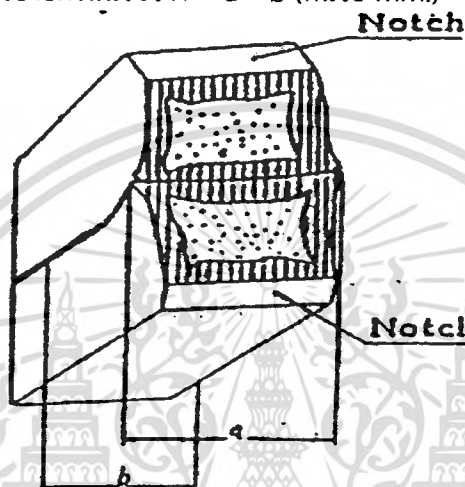
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยวัสดุจะเปลี่ยนพฤติกรรมจากเปราะเป็นเหนียวและในทางกลับกันวัสดุจะเปลี่ยนพฤติกรรมจากเหนียวเป็นเปราะ

- อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงพลังงานดูดซับ (energy transition temperature, T_{re}) เป็นอุณหภูมิที่วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงการดูดซับพลังงานอย่างรวดเร็วซึ่งมีค่าเท่ากับอุณหภูมิ

6. การขยายตัวแนวขวาง (lateral expansion) คือความกว้างของชิ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้นบริเวณรอยแตกหักด้านที่ถูกกระแทกเทียบกับความกว้างเดิมหาค่าได้โดยการนำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบมาทำการวัดขนาดความกว้าง a และ b ดังรูปที่ 3.24 แล้วนำไปคำนวณค่าการขยายตัวแนวขวางดังสมการ

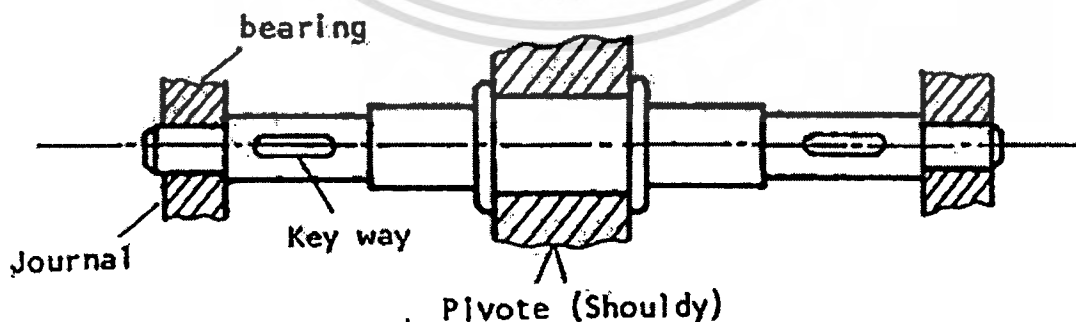
$$\text{การขยายตัวแนวขวาง} = a - b \text{ (หน่วย mm.)} \quad (3.8)$$



รูปที่ 3.10 การขยายตัวแนวขวางของชิ้นทดสอบการกระแทก

3.2 เพลลา [10]

เพลลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกล ที่มีความสำคัญของระบบส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลลาอยู่ในรูปของ โมเมนต์แรงบิด (Torque) ในการส่งกำลังผ่านระหว่างเพลลาหนึ่งไปยังอีกเพลลาหนึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงซึ่งเกิดจากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากการดูดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลลาอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ดัด (Bending moments) ขึ้นบนเพลลาด้วย ดังนั้นขณะที่เพลลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังเพลลาจะรับทั้งโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อมๆกัน



รูปที่ 3.11 รูปร่างลักษณะของเพลลา

เนื่องจากว่าเพลลาเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้พิจารณาถึงการออกแบบเพลลา โดยเฉพาะเพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้ คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.) เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่มีการหมุนและใช้ในการส่งกำลัง
- 2.) แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่มีการหมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นงานที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลา และแกนที่นิยมเรียกรวมกันว่า “เพลา” ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือหยุดนิ่งก็ตาม
- 3.) สปินเดิล (Spindle) เป็นขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่แทนหัวกลึง เป็นต้น
- 4.) สตับชาฟต์ (Stub Shaft) หรือบางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (Head-Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขาดรูปปร่างและส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ
- 5.) เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ
- 6.) แจ็คชาฟต์ (Jack Shaft) หรือเพลาเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่อยู่ระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมน หรือเครื่องจักรกล
- 7.) เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งให้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย
- 8.) เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงตัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลาจะต้องมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลา เช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลาที่มีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical Speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลาเกิดการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบร์ริง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเอียงแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

3.2.1 วัสดุเพลา[11]

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นที่จะทำเพลา เช่น AISI 1347, 3140, 4120, 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 90 มิลลิเมตรมักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อนอย่างใดก็ตามเพื่อให้ได้เพลาที่มีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

3.2.2 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลา มีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลา ซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal Size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไปนอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบร์ริงที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลา

3.2.3 การพิจารณาในการออกแบบ

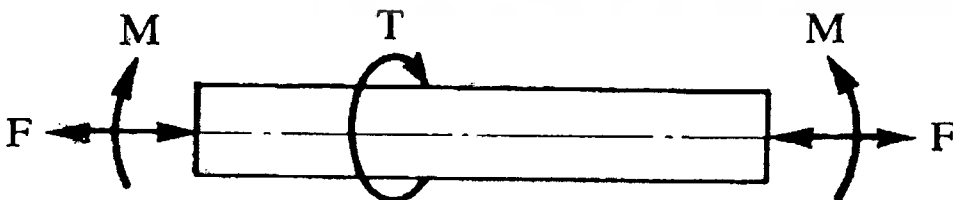
การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการที่จะหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวยังไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ต้องการให้มีตำแหน่งเที่ยงตรง ดังนั้น มุมบิดของเพลลาที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิภพที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนด้วย ซึ่งอาจมีผลทำให้เฟืองและแบร็งที่รองรับเพลลาเกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้นถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานสำหรับพิภพมุมบิดของเพลลาในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3 องศาต่อความยาวเพลลา 1 เมตร สำหรับเพลลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 1 องศาต่อความยาวเพลลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาในกรณีของเพลลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้มุมบิดได้ไม่เกิน 0.5 องศาตลอดความยาวของเพลลาความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งแรงทางด้านระยะโก่ง เพราะอาจจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในตัวกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพานและเฟืองโครงของเครื่องจักรตลอดจนการเลือกชนิดของแบร็งสำหรับรองรับเพลลาให้เหมาะสม ถ้าเพลลามีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบ (Contact Ratio) ของฟันเฟืองลดลงด้วย ทำให้การส่งกำลังของฟันเฟืองลดลงด้วย และการส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบร็งมารับเพลลาก็เช่นกัน จำเป็นต้องเลือกแบร็งชนิดที่อนุญาตมีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะโก่งของเพลลาที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบร็งธรรมดาหรือแบร็งแบบปรับแนวตัวเอง (Self - Aligning) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะโก่งเป็นสำคัญระยะโก่งตั้งที่กล่าวมาไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้เป็นแนวทางโดยทั่วไปผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งแรงทางด้านระยะโก่งได้ดังนี้ คือสำหรับเพลลาของเครื่องจักรทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบร็งควรจะไม่เกิน 0.08 มิลลิเมตรสำหรับเพลลาที่มีเฟืองดอกจอก (Bevel Gear) คุณภาพดีติดอยู่กับระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่เฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.075 มิลลิเมตรจากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าขนาดของเพลลา อาจจะมาได้โดยใช้ความแข็งแรงที่ต้องการแทนที่จะเป็นความแข็งแรงในการรองรับภายนอกได้ การหาระยะโก่งเพลลาที่มีขนาดเท่ากันตลอดอาจทำได้ด้วยวิธีที่ได้เรียนรู้มาในวิชากลศาสตร์วัสดุ เช่น วิธีการอินทิเกรตสองชั้น (Double Integration) วิธีหาพื้นที่ของโมเมนต์ดัด (Moment Area) เป็นต้น

3.2.4 การออกแบบเพลลาตามรหัสของ ASME

วิธีดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่คิดความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่จะเกิดขึ้นบนเพลลาซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลลาให้พิจารณาเพลลาในรูปที่ 3.1 ให้เพลลาเป็นแบบกลมและกลวงโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_1 และ d_2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.12 เพลลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ[6]

เพลาคือแบบเพลาดันจะได

ความเค้นดึงหรือกด
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.9)$$

ความเค้นดัด
$$\sigma_b = \frac{M_C}{I} \quad (3.10)$$

ความเค้นเฉือน
$$\tau_{xy} = \frac{\tau_r}{J} \quad (3.11)$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะที่เพลามุนตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเพลาก็เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าที่เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องการที่จะอาศัยตัวประกอบความล้า (Fatigue) มาเกี่ยวข้องด้วย ถ้าให้

C_m คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_r คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

โดยที่

$$K = \frac{d_i}{d_o} \quad (3.12)$$

กรณีที่ไม่ม่มีแรง F กระทำอยู่ด้วย

$$d^3 = \frac{16}{\pi(1-K^4)} [(C_r T^2) + (C_m M^2)]^{1/2} \quad (3.13)$$

หรือในกรณีของเพลาดัน $k=0$

$$d^3 = \frac{16}{\pi} [(C_r T^2) + (C_m M^2)]^{1/2} \quad (3.14)$$

นอกจากนี้รหัสของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่าเพลานี้ซึ่งมีใช้ในงานธรรมดาทั่วไปควรมีค่าความเค้นเฉือนใช้ในงานดังนี้

$$\tau_d = 55 \text{ (N/mm}^2\text{) สำหรับเพลานี้ไม่มีร่องลิ่ม}$$

$$\tau_d = 41 \text{ (N/mm}^2\text{) สำหรับเพลานี้มีร่องลิ่ม}$$

3.2.5 การออกแบบเพลาสำหรับภาระคงที่ (Static Load) [12]

ในการคำนวณกำลังงานและภาระของเพลานี้ สามารถคำนวณได้จากสูตร

ก. สูตรหาคำลัง
$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot n}{60 \times 1000} \quad (3.15)$$

เมื่อ P = กำลัง (kw)

n = ความเร็วรอบ (rpm)

T = โมเมนต์บิด (Nm)

ข. สูตรสำหรับออกแบบเพลางาน

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M \cdot \alpha_b}{\pi \cdot \alpha_d}} \quad (\text{สำหรับเพลารับความเค้นดัด}) \quad (3.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T \cdot \alpha_f}{\pi \cdot \tau_d}} \quad (\text{สำหรับเพลารับความเค้นเฉือน}) \quad (3.17)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_d} \cdot [(M \cdot \alpha_b)^2 + (T \cdot \alpha_f)^2]^{1/2}} \quad (\text{สำหรับเพลาคความเค้นดัดและเฉือน}) \quad (3.18)$$

α_b = แฟคเตอร์แก้ไขโมเมนต์ดัด

α_f = แฟคเตอร์แก้ไขโมเมนต์บิด

ตารางที่ 3.1 ภาวะที่กระทำกับเพล

ชนิดของภาวะ	α_b	α_f
เพลายูนิ่ง		
- แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.0	1.0
- แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลามูน	1.5	1.0
- แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.5-2.0	1.0-1.5
- แรงกระตุกเบาๆ	2.0-3.0	1.5-3.0
- แรงกระตุกอย่างแรง		

ตารางที่ 3.2 ความเค้นออกแบบเพล

ความเค้นออกแบบ	เพลไม่มีร่องลิ้ม	เพลมีร่องลิ้ม
σ_{bd}	$0.6 \times \sigma_y$	$0.7 \times 0.6 \times \sigma_y$
	$0.4 \times \sigma_u$	$0.7 \times 0.4 \times \sigma_u$
σ_d	$0.36 \times \sigma_y$	$0.7 \times 0.36 \times \sigma_y$
	$0.18 \times \sigma_u$	$0.7 \times 0.18 \times \sigma_u$

ค. สูตรการตรวจสอบความแข็งแรงของเพล

$$\beta_k = \frac{1 + (R \cdot \alpha_k - 1) \cdot \eta_k}{b_o} \quad (3.19)$$

β_k = ค่าเพื่อสำหรับ Stress Concentration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

η_k = Factor สำหรับวัสดุ

R =Factor สำหรับความละเอียดผิว

α_k = Factor สำหรับลักษณะ รูปร่าง

b_0 = Factor สำหรับขนาด

$$\sigma_A = 0.46 \sigma_u \quad (3.20)$$

$$\sigma_{AS} = \frac{\sigma_A}{\beta_k} \quad (3.21)$$

$$\sigma_b = \frac{32M}{\pi \cdot d^3} \quad (3.22)$$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_b^2 \cdot 1.3(\tau)^2} \quad (3.23)$$

σ_A = ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานแบบสลับของวัสดุทำเพลลา (N/mm²)

σ_{AS} = ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลลา ณ บริเวณต่างๆ (N/mm²)

β_k = ค่าเพื่อสำหรับ Stress Concentration

σ_e = ค่าความเค้นรวมบริเวณตรวจสอบ (N/mm²)

ง. ค่าความปลอดภัย

$$\frac{\sigma_{AS}}{\sigma_e} \geq 1.5-2.5$$

ค่า 1.5-2.5 นี้คือ ค่าความปลอดภัย

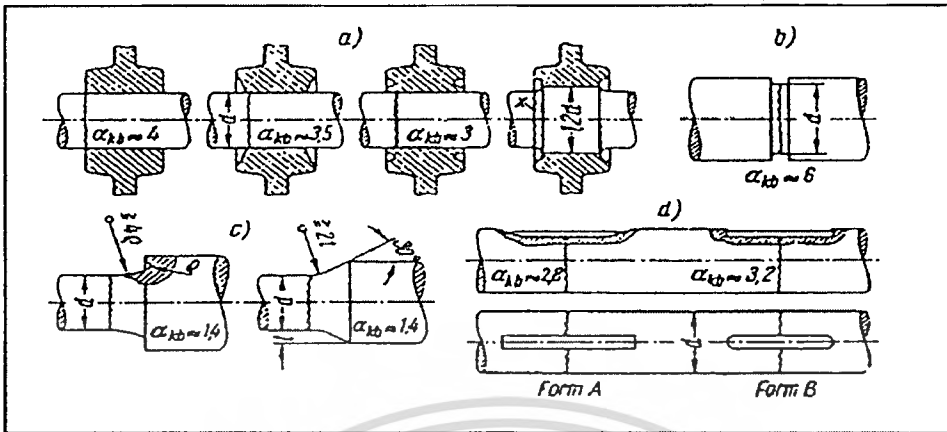
$$S_f = \frac{\sigma_{AS}}{\sigma_e} \quad (3.24)$$

S_f = ค่าความปลอดภัย

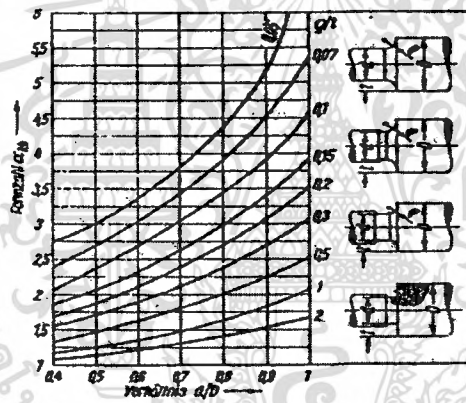
σ_{AS} = ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลลา ณ บริเวณต่าง ๆ (N/mm²)

σ_e = ค่าความเค้นรวมบริเวณตรวจสอบ (N/mm²)

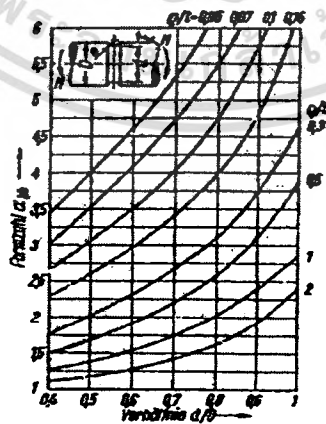
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ตัวประกอบรูปร่างเนื่องจากการสวมอัด ร่องลิ้ม แหวนลึอก α_k

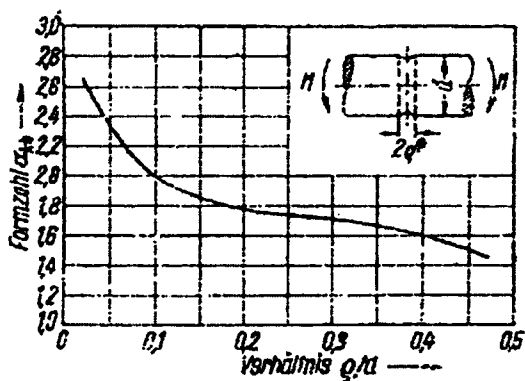


รูปที่ 3.14 ค่าบริเวณตกค่าของ Fillet

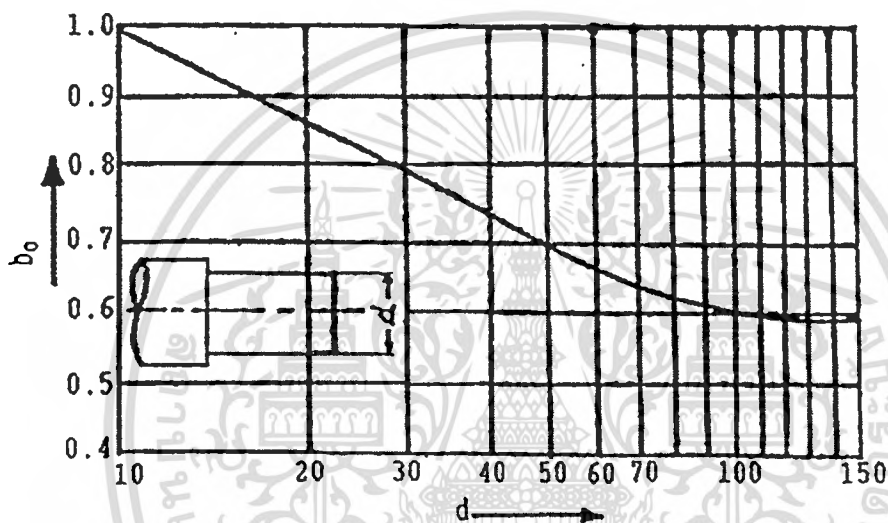


รูปที่ 3.15 ค่าบริเวณตกค่าเขาेर่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 บริเวณรูเจาะ



รูปที่ 3.17 ตัวประกอบขนาด b_0

ตารางที่ 3.3 ตัวประกอบผิว R

ความละเอียดของผิวงาน	R
งานขัด	1
งานเจียรระโน	1.1-1.3
งานกลึง	1.2-1.5
งานอัดขึ้นรูป	1.3-2.2

ตารางที่ 3.4 ตัวประกอบวัสดุ η_k

วัสดุ	η_k
เหล็กเหนียว	0.6-0.1
เหล็กหล่อ	0.1-0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ขนาดระบุเพลตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969

ขนาดระบุของเพลตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969					
ลำดับที่	ขนาดระบุ (มม.)	ลำดับที่	ขนาดระบุ (มม.)	ลำดับที่	ขนาดระบุ (มม.)
1	6	16	55	31	160
2	7	17	60	32	170
3	8	18	65	33	180
4	9	19	70	34	190
5	10	20	75	35	200
6	12	21	80	36	220
7	14	22	85	37	240
8	18	23	90	38	260
9	20	24	95	39	280
10	25	25	100	40	300
11	30	26	110	41	320
12	35	27	120	42	340
13	40	28	130	43	360
14	45	29	140	44	380
15	50	30	150	45	400

ตารางที่ 3.6 คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN)

Material	Elastic Modulus MN/m ²	Tensile Strength σ_u MN/m ²	Yield Strength σ_y MN/m ²	Shear Strength MN/m ²	Modulus Ridity
St 37	210 000	370	240	140	80 000
St 42	210 000	420	250	160	80 000
St 50	210 000	500	300	200	80 000
St 52	210 000	520	320	200	80 000

ตารางที่ 3.7 คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN) (ต่อ)

Material	Elastic Modulus MN/m ²	Tensile Strength σ_u MN/m ²	Yield Strength σ_y MN/m ²	Shear Strength MN/m ²	Modulus Ridity
St 60	210 000	600	360	220	80 000
St 70	210 000	700	420	260	80 000
37 Mn Si 5	210 000	1000	750	280	80 000
Al Cu Mg	72 000	420	280	130	28 000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รับได้ทั้งแรงด้านข้าง (Thrust Load) และแรงในแนวรัศมี (Radial Load) แรงใดแรงหนึ่งหรือทั้งสองแรงพร้อมกัน

6. สะอาดและสะดวกในการติดตั้งและถอดประกอบ
7. สามารถใช้รองรับเพลลาในตำแหน่งใดๆได้
8. สามารถที่จะทราบได้ว่าแบริ่งกำลังจะเสีย
9. มีเคลือบรันทันนอยมาก

ข้อเสียของร่อนลูกปืนกลม

1. มีเสียงดังที่ความเร็วสูง
2. ไม่เหมาะกับแรงที่มีแรงกระแทก
3. ราคาแพงกว่า
4. ใช้เนื้อที่ด้านรัศมีมากกว่า
5. พื้นผิวที่สัมผัสกันน้อยมาก ดังนั้นภาระต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (ความเค้น) ที่เกิดขึ้นจึงมีค่าสูง ทำ

ให้อายุการใช้งานสั้นกว่า

ร่อนลูกปืนกลมถ้าแบ่งตามลักษณะรูปร่างของลูกกลิ้ง แบ่งประเภทคือ ลูกปืนทรงกลม และร่อนลูกปืนทรงกลม แต่ถ้าแบ่งตามลักษณะของโหลดก็แบ่งออกได้เป็นสองประเภทด้วยกัน คือ เรเดียนแบริ่ง (Radial Bearing) และทรัสแบริ่ง (Thrust Bearing)

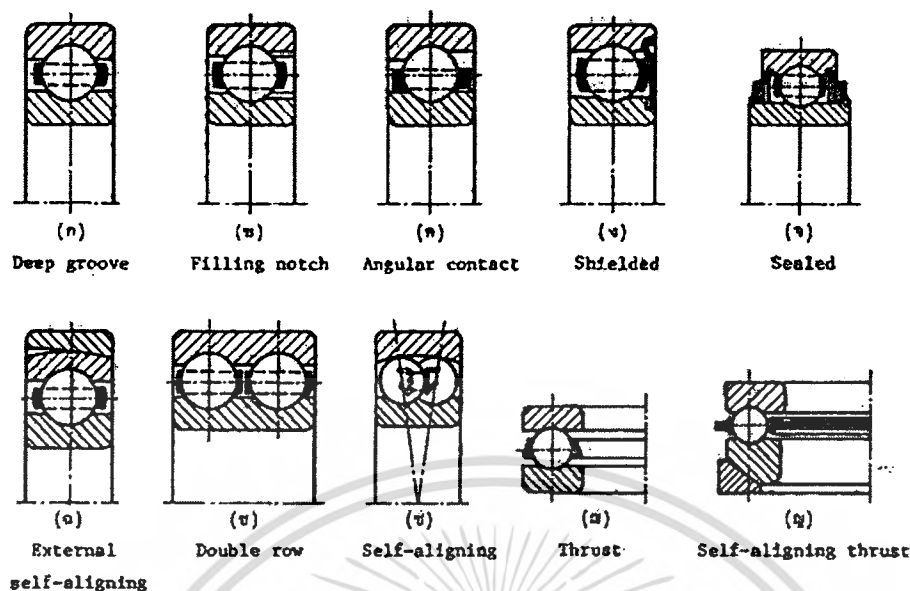
3.3.2 ส่วนสำคัญของร่อนลูกปืนกลม

ส่วนสำคัญของร่อนลูกปืนกลมประกอบด้วยลูกกลิ้ง (Rolling Element) คือทรงกลมหรือร่อน (Roller) อยู่ระหว่างวงแหวนนอกและวงแหวนใน (Outer Ring and Inner Ring) และส่วนตัวแยก (Seperator) เป็นโลหะคั่นแยกระยะของทรงกลม (Ball) วงแหวนในและนอกของร่อนลูกปืนส่วนมากทำจากเหล็ก SAE 52100 มีความแข็ง RC 60 ถึง 67 ส่วนรางของวงแหวนในและนอก (Inner and Outer ring Raceway) จะเป็นผิวเจียรไนที่มีความละเอียดมากลูกกลิ้งโดยทั่วไปจะเป็นทรงกลม (Ball) หรือไม่กี่เป็นร่อน (Roller) ซึ่งทำจากวัสดุเดียวกันและมีผิวสำเร็จเหมือนรางของวงแหวนตัวแยกของลูกกลิ้งใช้เป็นตัวคั่นระยะของลูกกลิ้งวัสดุที่ใช้ทำก็ขึ้นอยู่กับประเภทของงานที่ใช้

3.3.3 ชนิดของแบริ่ง

โรลลิ่งแบริ่งจะแบ่งประเภทออกได้คือบอลแบริ่งซึ่งมีลูกกลิ้ง (Roller Element) ที่เป็นรูปทรงกลมและโรลเลอร์แบริ่ง (Rolling Bearing) ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกระบอกตรง (Straight Roller) หรือเป็นรูปทรงกระบอกเรียว (Tapered Roller) ก็ได้โดยปกติแล้วแบริ่งเหล่านี้จะรับแรงในแนวรัศมีรุนแรงกว่า โรลเลอร์แบริ่งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงเท่านั้นแบริ่งทั้งสองพวกนี้แยกออกเป็นชนิดต่างๆ

บอลแบริ่งชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวมีร่องลึก (Single deep-groove) เป็นแบริ่งชนิดที่มีการใช้งานมากที่สุด ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งทรงกลม สามารถรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมีและแนวแกน อัตราส่วนของแรงในแนวแกนต่อแรงในแนวแกนรัศมีที่รับได้ประมาณ 0.7 และสามารถรับการเยื้องแนวของเพลลาได้ประมาณ 0-15 องศาเมื่อต้องการความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีขึ้นไปอีก ก็อาจทำได้โดยการเพิ่มจำนวนลูกกลิ้งที่บรรจุในรางให้มากขึ้นจำเป็นที่จะต้องทำตัดผิวหน้าวงแหวนด้านหนึ่งให้มีช่องสำหรับใส่ลูกกลิ้ง (Filling Notch) เพิ่มขึ้น การทำเช่นนี้ จะทำให้แบริ่งรับแรงในแนวรัศมีเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ แต่ว่าความสามารถในการรับแรงในแนวแกนจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่สำหรับรับแรงในแนวนี้ลดลงนั่นเอง



รูปที่ 3.19 บอลแบริ่งชนิดต่างๆ

สำหรับแบริ่งชนิดนี้มีการใช้แผ่นโลหะไว้ระหว่างช่องว่างของวงแหวน เพื่อป้องกันให้กับสิ่งสกปรกและจะช่วยรักษาปริมาณของสารหล่อลื่นมิให้รั่วไหลออกจากแบริ่ง ดังรูปที่ 3.4 (ง) ส่วนในรูปที่ 3.4 (จ) เป็นการใส่โลหะแผ่นปิดเพื่อเป็นการปิดแบบตายตัว (Sealed)

บอลแบริ่งชนิด (Angular Contact) ดังรูปที่ 3.4 (ค) เป็นแบริ่งที่ใช้รับแรงในแนวแกน ซึ่งมีค่าสูง โดยมีมุมสัมผัส (Contact Angle) ต่างๆกันไป เมื่อมุมสัมผัสเพิ่มขึ้นแบริ่งก็จะสามารถรับแรงในแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลง ในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงในแนวแกนสองทิศทางก็ให้ใช้แบบลูกกลิ้งสองแถว (Double Row) ดังรูปที่ 3.4 (ช) หรือใช้แบริ่งสองอันหันหน้าเข้าหากัน

บอลแบริ่งชนิดปรับแนวเอง (Self Aligning) ออกแบบใช้สำหรับในกรณีที่เพลอาจที่จะมีการเยื้องแนวเป็นมุมที่ค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูปที่ 3.4 (ฉ) และ 3.4 (ซ) แบริ่งในรูปที่ 3.4 (ซ) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายใน ซึ่งอาศัยผิวทรงกลมของวงแหวนภายในช่วยปรับมุมได้ถึง $\pm 2^{\circ}30'$ ส่วนแบริ่งในรูปที่ 3.4 (ฉ) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายนอก สามารถปรับมุมสูงได้ โดยเจียรระโนผิวด้านนอกวงแหวนให้รับกับผิวด้านหน้าของตัวรับแบริ่ง (Rearing Housing)

บอลแบริ่งกันรุน (Thrust Ball Bearing) ดังรูปที่ 3.4 (ฅ) ออกแบบสำหรับที่รับแรงในแนวของแกนโดยเฉพาะ ถ้ามีแรงในแนวรัศมีอยู่ด้วยแล้วจะต้องใช้แบริ่งชนิดอื่นช่วยรับแรงนี้ ดังนั้นในกรณีที่มีแรงทั้งสองอยู่พร้อมกันแล้วก็ควรจะเลือกใช้ชนิด Angular Contact

3.3.4 อายุการใช้งานของแบริ่ง

แบริ่งที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่น หรือเศษผงต่างๆ และไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงมากเกินความสามารถที่แบริ่งจะรับไว้ได้ แบริ่งจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุแบริ่งเท่านั้น ดังจะเห็นได้ว่าแบริ่งที่เสียจะมีเศษผงโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งกับวงแหวนมีค่าน้อย ดังนั้นที่ความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวนจึงมีค่าสูงเข้าใกล้ความเค้นของเฮิร์ซ (ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการหาและที่มาของความเค้นเฮิร์ซ ซึ่งต้องใช้ทฤษฎีทางอีลาสติซิตี) ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปรอบวงแหวน วัสดุส่วนที่รับแรงของแบริ่งจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่มีค่าเปลี่ยนจากศูนย์ไปยังค่าสูงสุดแล้วกลับลงมาเป็นศูนย์ (Repeated Stress) อยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เนื่องจากค่าความเค้นนี้สูงกว่าขีดจำกัดความทนทาน(Endurance Limit) ของวัสดุแบร์ริงดังนั้นจึงเกิดการเสียหายขึ้น โดยความล้าซึ่งก็แสดงว่า อายุใช้งานของแบร์ริงมีระยะเวลาจำกัดขึ้นอยู่กับค่าความเค้นที่กระทำซ้ำ

3.3.5 การประเมินอายุการใช้งานของแบร์ริง

สมาคม AFBMA ได้ตั้งนิยามและวิธีการเลือกแบร์ริงดังต่อไปนี้

อายุการใช้งาน (Life) ของโรลลิ่งแบร์ริง คือ จำนวนรอบที่หมุน (หรือจำนวนชั่วโมงการใช้งานที่มีความเร็วคงที่) ซึ่งแบร์ริงหมุนได้ก่อนที่จะเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนเหนือลูกกลิ้ง อายุประเมิน (Rating Life) คือ การนำแบร์ริงมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำมาทดลองทั้งหมดจำนวนรอบตามกำหนดทุกๆตัว ถ้าปรากฏว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนแบร์ริงทั้งหมดไม่เกิดความเสียหาย แรงสถิตประเมิน (Basic Static Load Rating) ใช้แทนด้วย C_0 ถ้าแบร์ริงรับแรงสูงและที่อยู่ไม่นาน อาจทำให้เกิดการยุบตัวอย่างถาวรจึงต้องมีการตรวจสอบว่า แรงที่มากกระทำมีค่ามากเกินไปกว่า C_0 แรงพลวัตประเมิน (Basic Dynamic Load Rating) ใช้แทนค่าด้วยสัญลักษณ์ C_0 สำหรับ C_0 ของแบร์ริงอนุกรมต่างๆความสามารถในการรับภาระจลน์ หมายถึงการนำแบร์ริงมาจำนวนหนึ่งหมุนไปล้านรอบ (ความเร็ว) 33.3 รอบต่อนาที หลังจากครบแล้วถ้าจำนวนได้ 90 เปอร์เซ็นต์ L_{10} ของตลับลูกปืนทั้งหมดไม่ได้เกิดความเสียหาย เนื่องจากความล้า การทดสอบปรากฏว่าอายุประเมินกับโหลดมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^K \quad (3.25)$$

โดยที่ L_{10} = อายุประเมินหน่วยเป็นล้านรอบ

P = โหลดจลน์เทียบเท่า

$K = 3.0$ สำหรับบอลแบร์ริง

C = แรงประเมินโรลเลอร์แบร์ริง

ถ้าต้องการมีหน่วยเป็นชั่วโมง ให้ใช้สมการ

$$L_{10} = \left(\frac{10^6}{60n} \right) \times \left(\frac{C}{P} \right)^K \quad (3.26)$$

เมื่อ

n = ความเร็วรอบเป็น รอบต่อนาที

3.3.6 การรับแรงของแบร์ริง [14]

AFBMA (Anti-Friction Bearing Manufactures Association) ได้มีมาตรฐานเกี่ยวกับความสามารถรับแรงของแบร์ริง โดยไม่คำนึงถึงความเร็ว ซึ่งเรียกว่า ความสามารถในการรับแรงพื้นฐาน (Basic load rating) ความสามารถในการรับแรงพื้นฐาน C_r มีความนิยามว่าเป็นความสามารถของแบร์ริงที่รับแรงคงที่ทาง radial ได้ โดยหมุนวงแหวนวงในหนึ่งล้านครั้ง ค่าหนึ่งล้านรอบเลือกใช้เพื่อให้คำนวณง่าย โรลลิ่งแบร์ริง (Rolling bearings) หมายถึง แบร์ริงที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบร์ริงที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (Sliding contact) เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบร์ริงชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ซึ่งประกอบด้วย วงแหวนเหล็กกล้า 2 วง ที่แยกออกจากกัน ด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่ง แล้วส่งแรงนี้ไปยังแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน

$$C_R = F \frac{\left[\left(\frac{L_D}{L_R} \right) \left(\frac{n_D}{n_R} \right) \left(\frac{1}{684} \right) \right]^{\frac{1}{\alpha}}}{\left[\ln \left(\frac{1}{R} \right) \right]^{\frac{1}{1.17\alpha}}} \quad (3.27)$$

โดยที่

$L_R n_R$	คือ	10^6 (รอบ)
L_D	คือ	จำนวนชั่วโมงที่ใช้ออกแบบ (ชั่วโมง)
N_D	คือ	จำนวนรอบที่ใช้ในการออกแบบ (รอบต่อชั่วโมง)
F	คือ	แรงที่แบร์ริงรับ (นิวตัน)
R	คือ	ความไว้วางใจได้
A	คือ	3 สำหรับแบร์ริงกลุ่มหรือ 10/3 สำหรับแบร์ริงลูกกลิ้งตรง

เนื่องจากมีการใช้แบร์ริงกันอย่างแพร่หลายทั่วไป ทางสมาคมผู้ผลิตโรลลิงแบร์ริงจึงได้วางมาตรฐานการกำหนดขนาด และหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการเลือกแบร์ริงเหล่านี้ขึ้น โดยได้วางมาตรฐานการรับแรงและอายุการใช้งานเอาไว้ ทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้อย่างสะดวก ตัวแปรสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการออกแบบคือความเสียดทานในแบร์ริง ซึ่งที่จริงในการทำงานความเสียดทานจะมีความสำคัญน้อยมาก แต่ทางทฤษฎีสามารถหาค่ากำลังงานที่สูญเสียไปกับความเสียดทานได้

3.4 การคำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์[15]

เมื่อต้องการจะคำนวณหามอเตอร์จะได้ F นิวตัน ที่กระทำสัมผัสกับเพลลาทำให้เพลลาหมุนด้วยความเร็วรอบ n รอบต่อนาที ขณะที่เพลลาหมุนไป 1 รอบสามารถหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้การคำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ ขณะที่เพลลาหมุนไป 1 รอบ สามารถคำนวณหาได้ดังแสดงในสมการที่ 1

สมการที่ใช้คำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่

$$S = 2\pi r \quad (3.28)$$

การคำนวณหางานในการหมุนเพลลา 1 รอบ ค่าวนหาได้ดังแสดงในสมการที่ 1
สมการที่ใช้คำนวณหางาน

$$W_F = F \times 2\pi r \quad (3.29)$$

การคำนวณหางานในการที่เพลลากระทำต่อวินาที ขณะที่เพลลาหมุน n รอบต่อนาที สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ 2

สมการที่ใช้ในการคำนวณหางานที่เพลลากระทำต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_F = F \times 2\pi r \times n \quad (3.30)$$

การคำนวณหาแรงบิด สามารถคำนวณได้ ดังแสดงในสมการที่ 3.30
สมการที่ใช้ในการคำนวณหาแรงบิด

$$T = Fr \quad (3.31)$$

เพราะฉะนั้น การคำนวณหากำลังมอเตอร์สามารถคำนวณได้ ดังแสดงในสมการที่ 4

$$P = \frac{2\pi T n}{60} \quad (3.32)$$

เมื่อ	P	คือ	กำลังที่เพลารับแรงจากมอเตอร์มีหน่วยเป็น วัตต์(w)หรือกิโลวัตต์ (KW)
	T	คือ	โมเมนต์แรงบิด มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร
	n	คือ	ความเร็วรอบของเพลามีหน่วยเป็นรอบต่อนาที rpm (1 รอบ = 2 เเรเดียน)
	r	คือ	รัศมีของเพลามีหน่วยเป็นเมตร

การคำนวณหาความเค้นเฉือน สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ 5

จากสูตร

$$\tau = \frac{16T}{\pi D^3} \quad (3.33)$$

เพราะฉะนั้น

$$T = \frac{\tau D^3}{6} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{\sigma_{zul} \pi D^3}{16} \quad (3.34)$$

จากสูตร

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_{lim}}{v} \quad (3.35)$$

เมื่อ	τ	คือ	ความเค้นเฉือน
	v	คือ	ค่าความปลอดภัยในทางเครื่องกล
	σ_{zul}	คือ	ค่าความเค้นสูงสุด (Maximum stress) N / mm
	σ_{lim}	คือ	พิกัดความเค้นขึ้นอยู่กับลักษณะการรับแรง

3.5 การออกแบบสายพานส่งกำลัง[16]

การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ ซึ่งส่วนมากสายพานจะทำจากเชือกป่านไนลอน (Nylon) หนังหรือลวดเส้นใยสังเคราะห์อื่น นำมาห่อเป็นแถบแบนแล้วอบด้วยยาง วิธีให้ความร้อนกระทั่งเนื้อยางแทรกซึมยึดเส้นใยไว้ด้วยกัน ความทนทานต่อแรงดึงหรือกำลังของสายพานขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเส้นเชือกส่วนยางจะยึดเส้นใยเอาไว้ด้วยกัน แล้วทำให้ผิวของยางไม่แข็งกระด้างสัมผัสกับล้อได้นิ่มนวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 สายพานร่อนวี (V-Belt)

สายพานร่อนวีใช้กำลังได้ค่อนข้างมาก โดยแรงดึงขึ้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อยทั้งนี้ผลมาจากการยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานเรียบกับร่องรูปตัววีของสายพานทำให้เกิดแรงเสียดทานสูงซึ่งเป็นผลทำให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อยมีแรงดึงขึ้นต้นค่อนข้างต่ำเหมาะกับงานกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อยในกรณีส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายอัดแน่นกับร่องบนสายพานและในกรณีที่มีเหตุอุกฉวน ก็อาจจะใช้ผลจากการอัดแน่นที่ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย ซึ่งจากการขับด้วยสายพานร่อนวีมีข้อดี คือ เงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้

นอกจากนั้นยังมีขนาดกระทัดรัดมีประสิทธิภาพดี และแบร์ริงของเพลลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับได้โดยที่มีอัตราทดประมาณ 7:1 หรือ อาจสูงถึง 10:1 การออกแบบการขับด้วยสายพานที่ดัดนั้น เมื่อทำงานในสภาวะปกติไม่ควรสิ้นแต่การครีฟจะเกิดขึ้นเสมอไม่ว่าจะเป็นสายพานชนิดใด การเกิดครีฟและสลิบทำให้สูญเสียกำลังงานและความเร็ว แต่การสูญเสียที่เกิดจากการครีฟมีน้อยมาก การสลิบอาจทำให้เกิดความร้อนมากเพียงพอที่จะทำให้ผิวหน้าของสายพานเสียหายได้ ดังนั้นจึงควรระมัดระวังไม่ให้เกิดการสลิบ ด้วยวิธีการดึงสายพานให้ตึงเพียงพอก่อนการใช้งานเพื่อกำจัดการสลิบ

เมื่อให้ d และ D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับและล้อตาม N_1 และ N_2 เป็นความเร็วรอบของล้อขับและล้อตาม

ความเร็วรอบของล้อขับ V_1 มีค่าเท่ากับ

$$V_1 = \pi d n_1 \quad (3.36)$$

ความเร็วรอบของล้อขับ V_2 มีค่าเท่ากับ

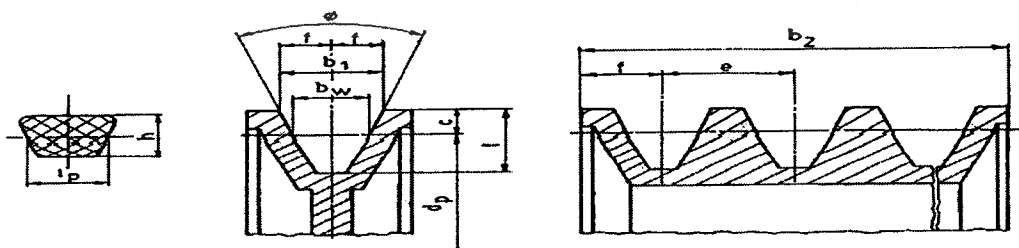
$$V_2 = \pi D n_2 \quad (3.37)$$

อัตราทด

$$m \omega = \frac{n_1}{n_2} \quad (3.38)$$

3.5.2 ขนาดสายพานและล้อสายพานร่อนวี

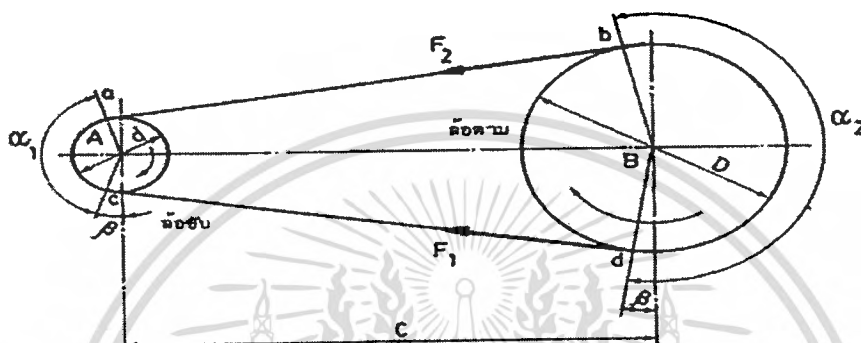
ในการกำหนดขนาดสายพานร่อนวี โดยกำหนดโดยการใช้ความกว้างของร่อง (Pitch Width) และความหนาสายพานใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งเป็นสายพานร่อนวีแบบแคบมีขนาด SPZ, SPA APB และ SPC และสายพานร่อนวีแบบธรรมดาที่มีขนาด Y, Z, A, B, C และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงสายพานร่อนวีแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดสายพานร่อนวีและล้อสายพานดู



รูปที่ 3.20 หน้าตัดสายพานร่อนวีและล้อสายพาน[10]

3.5.3 การคำนวณหาขนาดของสายพานร่อนวี

การคำนวณการส่งกำลังโดยสายพานร่อนวีจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ของล้อสายพานเป็นพื้นฐานในที่นี้จะแสดงวิธีการเลือกขนาดสายพานร่อนวีตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตในการเลือกขนาดของล้อสายพานบริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานที่ใหญ่ที่สุดเท่าที่จะทำให้สายพานควรจะเล็กกว่ากำหนดการเลือกขนาดของล้อสายพานร่อนวีจะต่างไปจากสายพานแบนก็คือ จะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานร่อนวีที่ต้องการใช้งานกำลังต้องการขับ และตัวประกอบที่ใช้แก้ไขต่างๆ จำนวนเส้นของสายพานร่อนวีหาได้จากสมการ



รูปที่ 3.16 การขับด้วยสายพาน(Open drive)

คำนวณหามุมสัมผัส α และความยาวของสายพาน L
จากสมการ

$$\alpha_1 = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right) \quad (3.39)$$

$$\alpha_2 = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right) \quad (3.41)$$

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right) \quad (3.42)$$

$$L = \left[4C^2 - (D-d)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{2}(D+d)\alpha \quad (3.43)$$

3.6 การทดสอบ Impact test

แบบไม่อบ	
มุมก่อนการกระแทก(α)	มุมหลังการกระแทก(β)
50	30
60	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60	25
70	50
70	30

เฉลี่ย 62 32

หาพลังงานที่ใช้ในการกระเหาะ $E = mgr(\cos\beta - \cos\alpha)$

$$= (0.95\text{kg})(9.81\text{m/s}^2)(0.94\text{m})(\cos 32^\circ - \cos 62^\circ)$$

$$= 3.32\text{N.m}$$

อบ	
มุมก่อนการกระแทก(α)	มุมหลังการกระแทก(β)
50	10
50	30
55	25
65	35
60	25

เฉลี่ย 56 25

หาพลังงานที่ใช้ในการกระเหาะ $E = mgr(\cos\beta - \cos\alpha)$

$$= (0.95\text{kg})(9.81\text{m/s}^2)(0.94\text{m})(\cos 25^\circ - \cos 56^\circ)$$

$$= 3.04\text{N.m}$$

ดังนั้น พลังงานที่ใช้ในการกระแทกมากที่สุดคือ แบบไม่อบ นำไปใช้ในการหา Torque ที่ใช้ในการออกแบบพลังงานจากการทดสอบ เท่ากับ $3.32 \times 104.34 = 346.40\text{ N.m}$

$$\text{จาก } T = F \times r ; F = \frac{T}{r} = \frac{346.40\text{N.m}}{0.94\text{ m}}$$

$$= 368.51\text{N.m}$$

3.7 การหาขนาดของมอเตอร์ หาจากการกำหนดให้รัศมีของโรเตอร์มีขนาดเท่ากับ 19 cm

ค่า Torque สำหรับการคำนวณหากำลังมอเตอร์ คือ $T = F \times R$

$$= 368.51 \times 0.19$$

$$= 70.01\text{N.m}$$

การทดลองมีความเร็วรอบดังนี้ 1000 , 900 , 800 , 700 รอบต่อนาที

ที่ 1000 รอบต่อนาที : $W_p = \frac{2\pi NT}{60}$

$$= \frac{2\pi(1000)(70.01)}{60}$$

$$= 7331.43\text{ Watt}$$

ที่ 900 รอบต่อนาที : $W_p = \frac{2\pi NT}{60}$

$$\frac{2\pi(900)(70.01)}{60}$$

$$=6598.28 \text{ Watt}$$

ที่ 800 รอบต่อนาที : $W_p = \frac{2\pi NT}{60}$

$$\frac{2\pi(800)(70.01)}{60}$$

$$=5865.14 \text{ Watt}$$

ที่ 700 รอบต่อนาที : $W_p = \frac{2\pi NT}{60}$

$$\frac{2\pi(700)(70.01)}{60}$$

$$=5132.0 \text{ Watt}$$

กำลังงานที่ใช้มากที่สุดคือ 7331.43 Watt

$$1 \text{ แรงม้า} = 746 \text{ Watt}$$

ดังนั้น $\frac{7331.43}{746} = 9.82 \text{ HP}$

ดังนั้นเลือกมอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า

3.8 การหาขนาดของเฟลา

จาก $T_{\max} = 70.01 \text{ N.m} = 619.64 \text{ lb}_f \text{ in}$

หา F จาก มอเตอร์ที่ส่งให้เฟลา

กำหนดความเร็วรอบของเฟลา 1000 รอบต่อนาที

จากมอเตอร์ 10 แรงม้า; (d ของพูเลย์ = 203.2 มิลลิเมตร)

จาก

$$W_p = \frac{2\pi IN}{60}$$

$$7460 = \frac{2\pi T(1000)}{60}$$

$$T = 71.23 \text{ N.m}$$

จาก

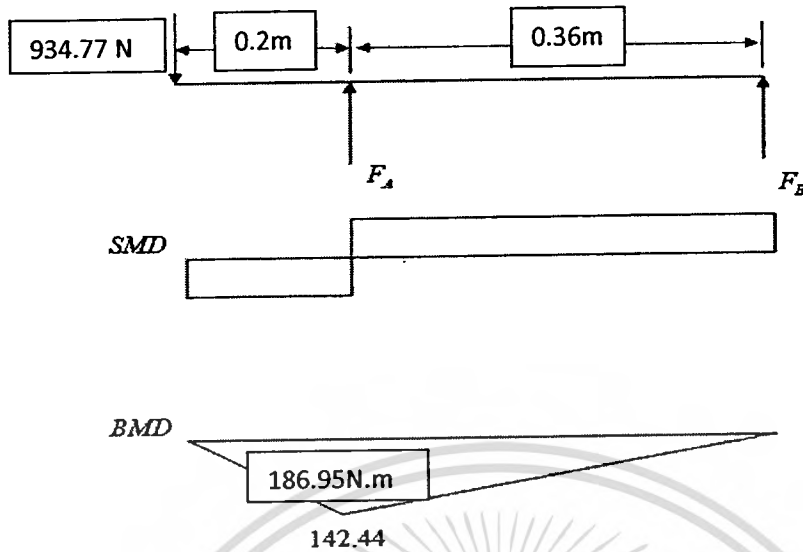
$$T = Fr$$

$$F = \frac{T}{r}$$

ดังนั้น

$$= \frac{71.23 \text{ N.m}}{0.0762 \text{ m}}$$

$$= 934.77 \text{ N}$$



$$[\sum M_A]; (934.77)(0.56) - F_B(0.36) = 0$$

$$F_B = 1454.08 \text{ N}$$

$$[\sum M_B]; (934.77)(0.2) + F_A(0.36) = 0$$

$$F_A = -519.3 \text{ N}$$

จากสมการ MMS โชนเดนเบอร์ก์

$$d = \left\{ \frac{32m}{\pi} \left[\left(k_f \frac{M_A}{S_e} \right)^2 + \left(k_{fs} \frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

โดยที่ กำหนดค่าออกแบบต่างๆ

N = แฟกเตอร์ในการออกแบบ (3)

$M_a = M_{max} = 186.95 \text{ N.m} = 1654.65 \text{ lb}_f \cdot \text{in}$

$T_m = T_{max} = 619.64 \text{ lb}_f \cdot \text{in}$

$k_f = 1.73$

$k_{fs} = 1.31$

$S_e =$ พิกัดความต้านทานการล้าที่เกิดขึ้นจริง (36000 PSI)

$S_y =$ ความต้านทานการคราก (82000 PSI)

แทนค่าลงในสมการ (3.19) จะได้

$$d = \left\{ \frac{32(3)}{\pi} \left[\left(1.73 \frac{1654.65}{36000} \right)^2 + \left(1.31 \frac{619.64}{82000} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$= 1.35 \text{ นิ้ว} = 34.29 \text{ มิลลิเมตร}$$

ดังนั้น เลือกใช้เพลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตรขึ้นไป

3.9 การหาขนาดสายพาน

ความยาวพิตซ์โดยประมาณของสายพานลึ้มหาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_p \approx 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C}$$

เมื่อกำหนดให้

L_p = ความยาวพิตซ์ของสายพานลิม

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพาน

D_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายพานตัวใหญ่

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายพานตัวเล็ก

จำนวนเส้นของสายพานลิม

$$Z = (W_p \times N_s) / (P_R \times N_a \times N_1)$$

เมื่อ

Z = จำนวนเส้นของสายพานลิม

W = กำลังงานที่ต้องการส่ง

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าจากภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.3

N_s = ตัวประกอบใช้งาน หาค่าจากภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.2

N_1 = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน หาค่าจากภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.5

P_R = กำลังที่สายพานลิมเส้นหนึ่งได้ หาค่าจากภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.4

3.9.1 การคำนวณสายพานและล้อสายพาน

เลือกใช้สายพานลิม หน้าตัด B กำลังที่ต้องส่ง $10 \times 746 = 7460$ กิโลวัตต์กำหนด
 $D_p = 203.2$ มิลลิเมตร $d_p = 152.4$ มิลลิเมตรโดยอัตราทดเท่ากับ 1.33 ในการคำนวณหาระยะห่างระหว่าง
 ศูนย์กลางของล้อสายพานบริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้ใช้ค่านี้

$$C_{max} = 2(d_p + D_p) = 2(152.4 + 203.2) = 711.2 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$C_{min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(152.4 + 203.2) = 248.92 \text{ มิลลิเมตร}$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 600$ มิลลิเมตร

ความยาวสายพานโดยประมาณ

$$L_p \approx 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(d_p + D_p)^2}{4C}$$

$$\approx 2(600) + 1.57(203.2 + 152.4) + \frac{(152.4 + 203.2)^2}{4(600)}$$

≈ 1810.92 มิลลิเมตร

เลือก L_i จากตารางภาคผนวก ก ที่ 9 เลือกใช้ $L_i = 1850$ มิลลิเมตร

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง $C \approx p + \sqrt{p^2 - q}$

$$p \approx 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p)$$

$$\approx 0.25(1850) - 0.393(203.2 + 152.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

≈ 322.75 มิลลิเมตร

$$q \approx 0.125(D_p + d_p)^2$$

$$\approx 0.125(203.2 + 152.4)^2$$

≈ 322.58 มิลลิเมตร

$$C \approx 322.75 + \sqrt{322.75^2 - 322.58}$$

≈ 644.99 มิลลิเมตร

เพราะฉะนั้นเลือกใช้ระยะห่างล้อยายพาน 644.99 มิลลิเมตร ได้เพราะอยู่ในช่วง 711.2 - 248.92 มิลลิเมตร

หาจำนวนสายพานจากส่วนโค้งสัมผัส

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{203.2 - 152.4}{644.99} = 0.08$$

จากตารางภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3 $N_o \approx 1$

จากตารางภาคผนวก ก ตารางที่ ก.5 $N_f \approx 0.95$

จากตารางภาคผนวก ก ตารางที่ ก.4 ที่ขนาดของ D_p เท่ากับ 203.2 มิลลิเมตรไม่มีค่าในตารางคิดที่ $D_p = 200$ มิลลิเมตรประมาณค่านอกช่วงที่ ความเร็วรอบของล้อยายพานเล็ก ที่ 1000 รอบต่อนาที $P_r \approx 3$

และจากตารางภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2 ตัวประกอบใช้งาน N_s เท่ากับ 1.2 ที่ทำงานต่อวัน 10-16 ชั่วโมง

หาจำนวนสายพานจากสมการ

$$Z = \frac{W_p N_s}{P_r N_o N_f}$$

$$Z = \frac{(7.5)(1.2)}{(3)(1)(0.95)}$$

$$= 3.15$$

ดังนั้น เลือกใช้สายพานหน้าตัด $B \times 1800 + L$ จำนวน 3 เส้น

บทที่ 4

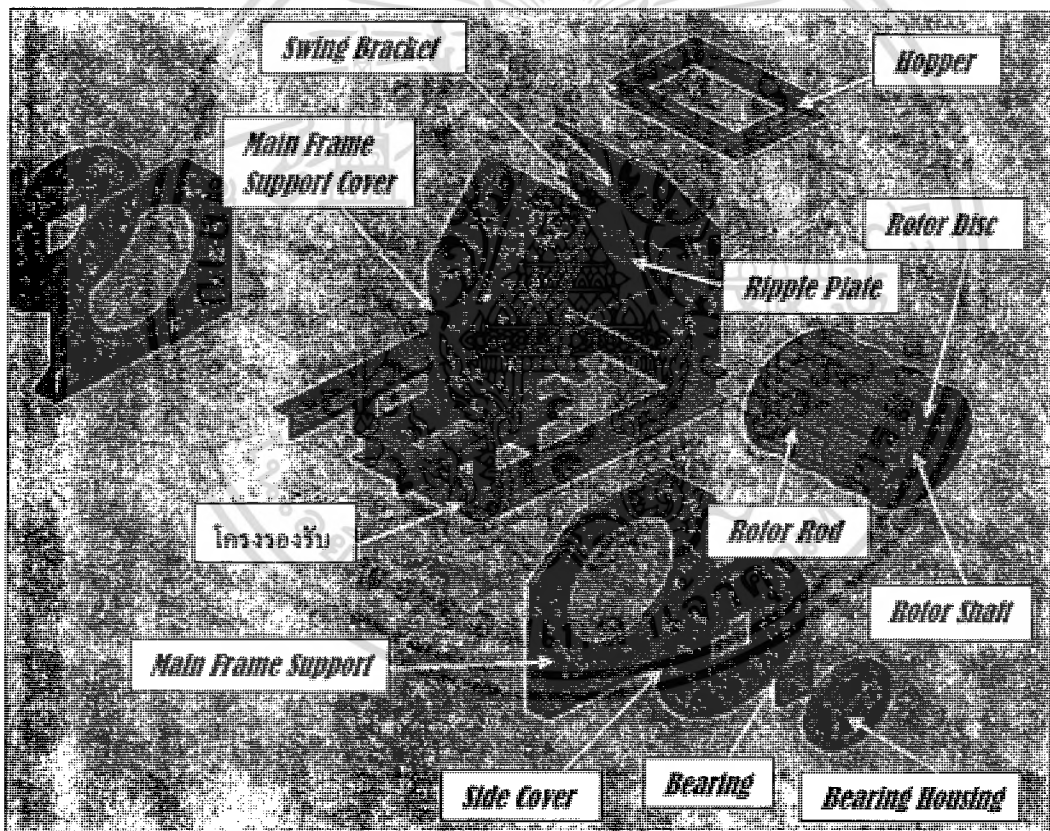
วิธีการทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

การทดลองนี้ เป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มโดยมีอุปกรณ์การทดลองดังนี้

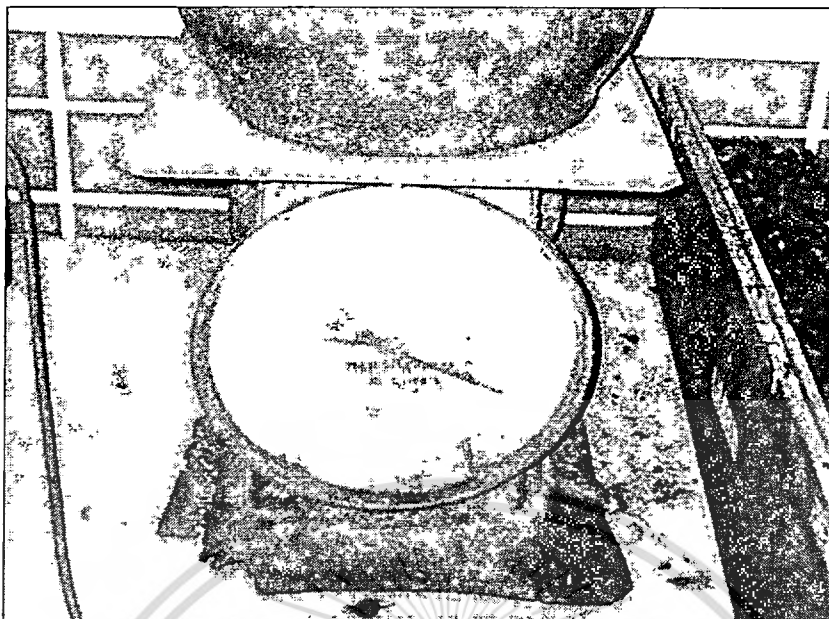
4.1.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม (ดังรูปที่ 4.1)
2. ตาชั่ง (ดังรูปที่ 4.3)
3. เมล็ดปาล์มปาล์ม (ดังรูปที่ 4.3)
4. เครื่องวัดความเร็วรอบ DIGICON DT – 235T (ดังรูปที่ 4.2)
5. เครื่องปรับความเร็วรอบ (ดังรูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.1 เครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

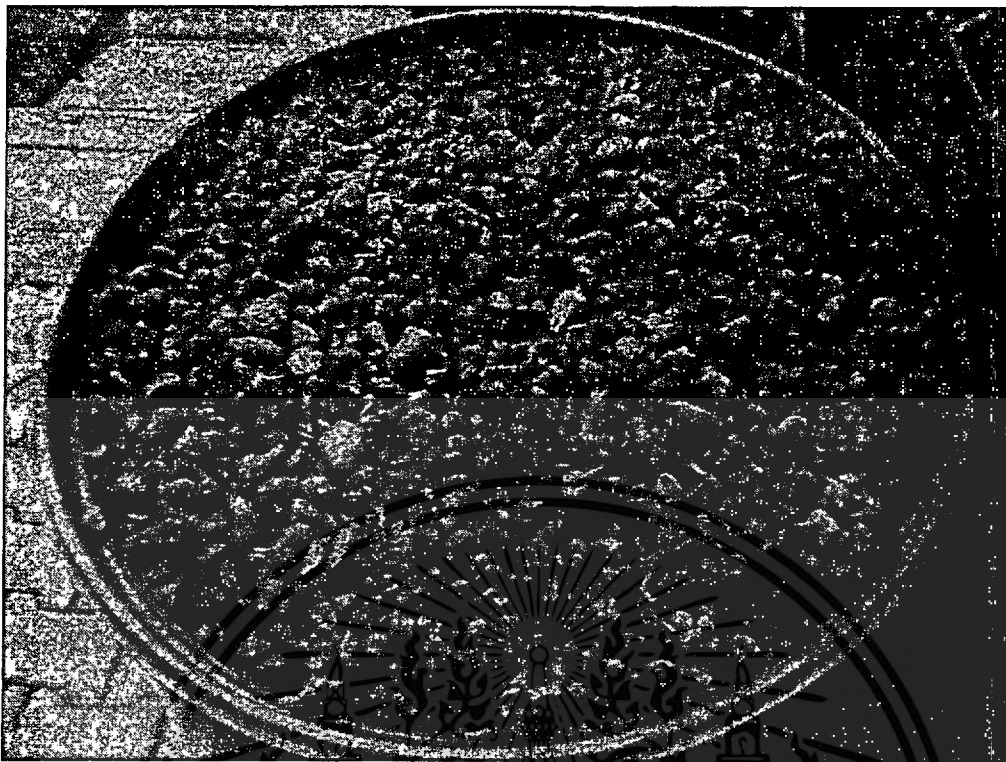


รูปที่ 4.2 ตาชั่ง



รูปที่ 4.3 เครื่องวัดความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เมล็ดปาล์มที่แยกเนื้อออกแล้ว



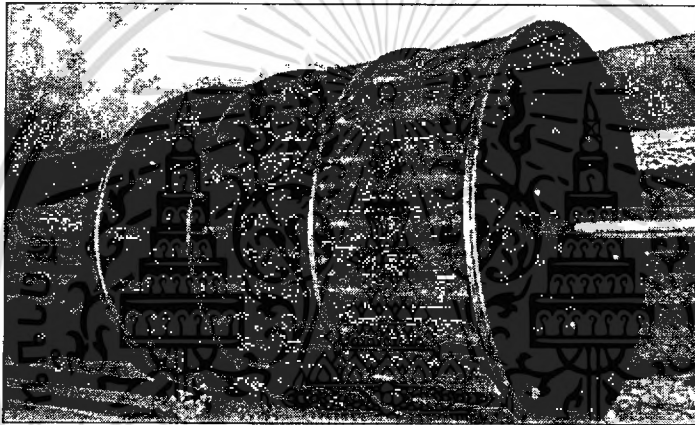
รูปที่ 4.5 เครื่องปรับความเร็วรอบ

4.1.2 ชิ้นส่วนเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม

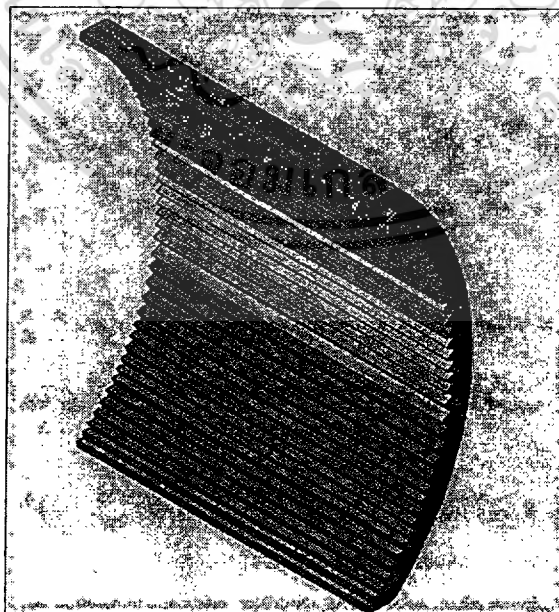
1. Rotor หมุนกวาดเมล็ดปาล์มไปกระแทกกับชุดเฟืองที่อยู่กับที่ (ดังรูปที่ 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชุดเสื่อกะเทาะรับแรงกระแทกเมล็ดปาล์มที่ถูกเหวี่ยงมาจาก Rotor (ดังรูปที่ 4.7)
3. RIPPLE PLATES BRACKET เป็นตัวประกอบยึดชุดเฟือง (ดังรูปที่ 4.8)
4. ชุดประกอบเพลลาเพื่อไม่ให้เกิดการลื่น และการแกว่งของเพลลา (ดังรูปที่ 4.9)
5. COVER ROTOR เป็นฝายึดแบร็งเพื่อให้แบร็งเลื่อนซ้ายขวาหาตำแหน่งที่เหมาะสม (ดังรูปที่ 4.10)
6. MAIN FRAME SUPPORT เป็นตัวจับยึด COVER ROTOR (ดังรูปที่ 4.11)
7. มอเตอร์ขนาด 10 HP (ดังรูปที่ 4.12)
8. พลู่เลย์ตัวขับ (ดังรูปที่ 4.13)
9. พลู่เลย์ตัวตาม (ดังรูปที่ 4.14)
10. สายพานร่อง B65 สามเส้น (ดังรูปที่ 4.15)
11. เบรกเกอร์ 3 เฟส (ดังรูปที่ 4.16)

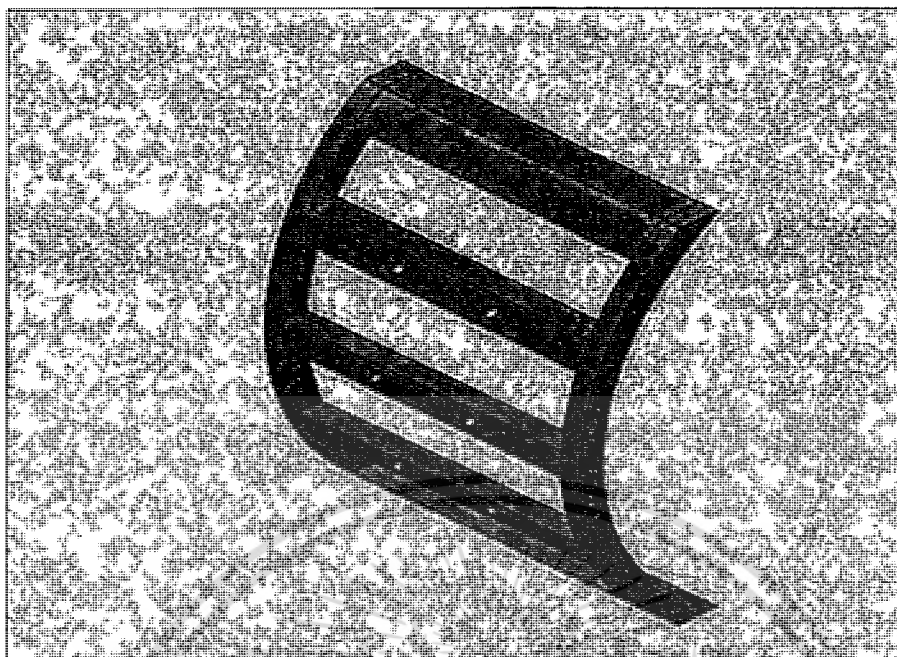


รูปที่ 4.6 Rotor

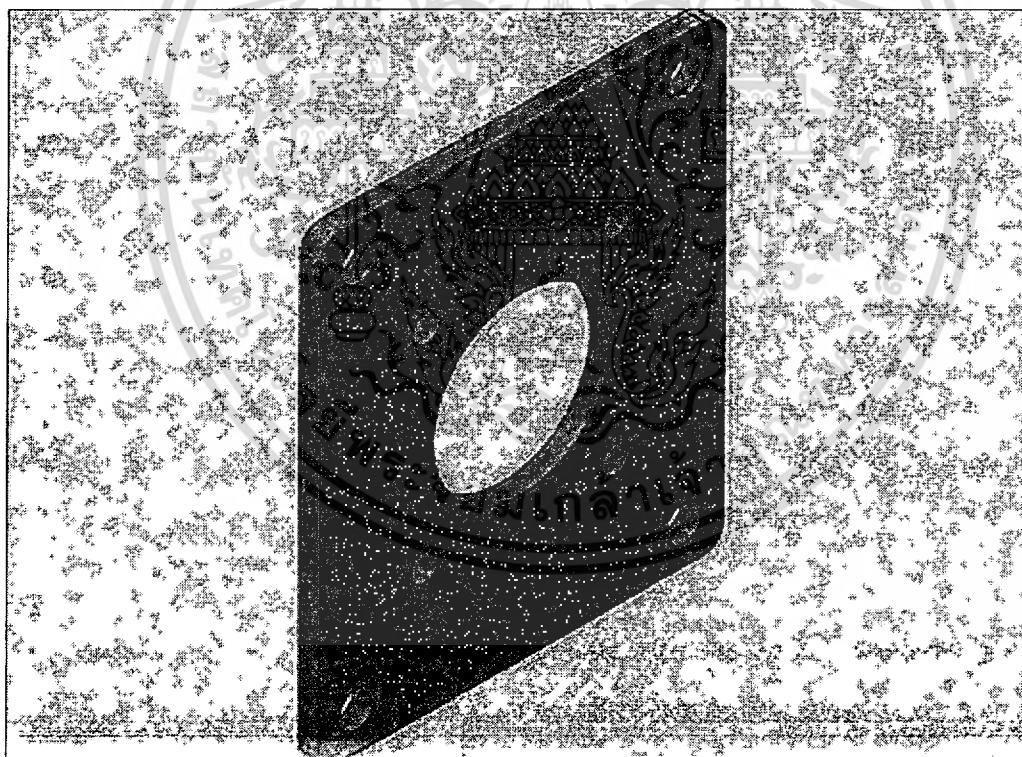


รูปที่ 4.7 เสื่อกะเทาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

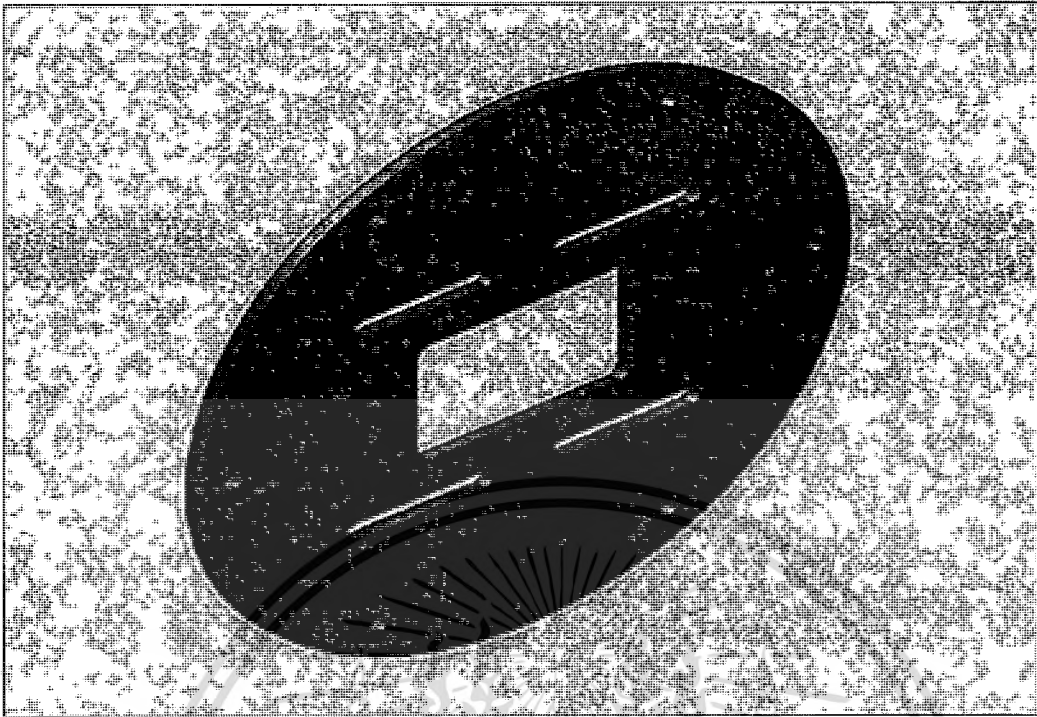


รูปที่ 4.8 RIPPLE PLATES BRACKET

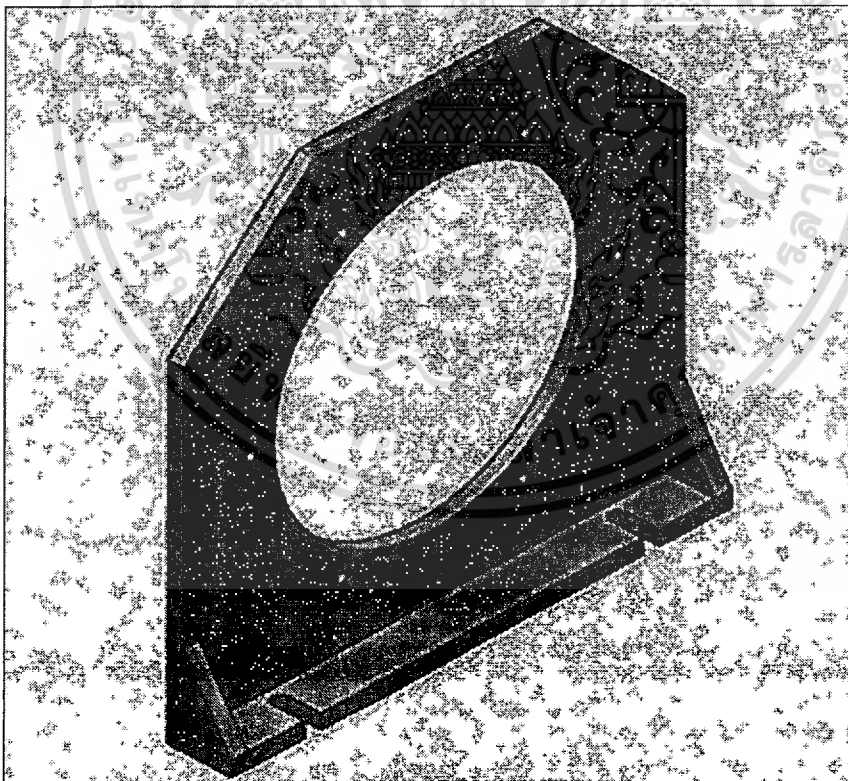


รูปที่ 4.9 SWING BEARING HOUSING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

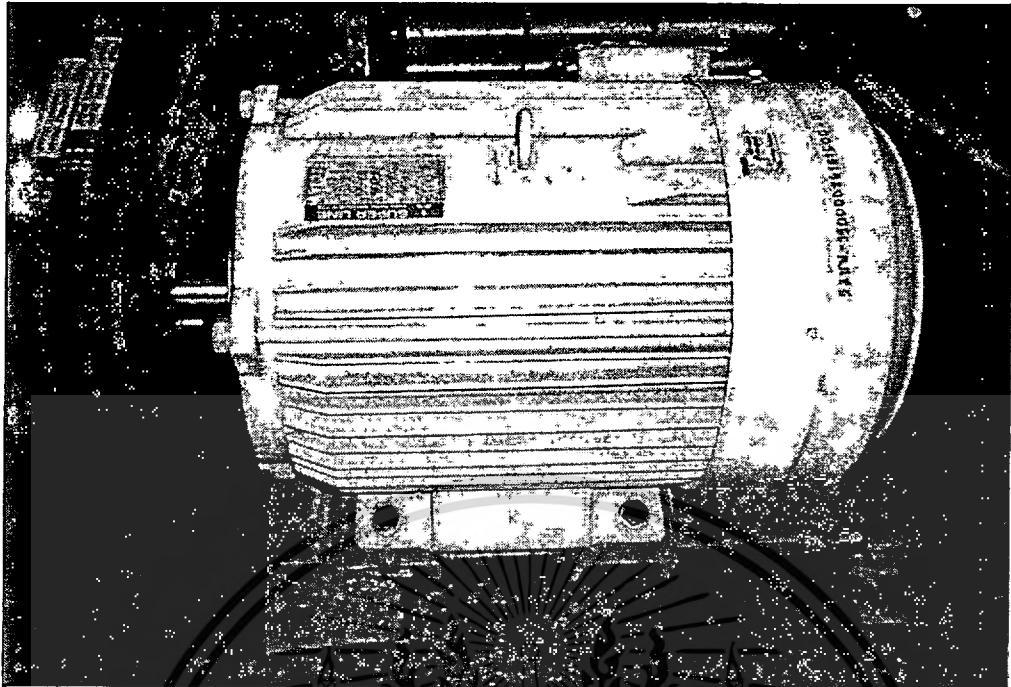


รูปที่ 4.10 COVER ROTOR

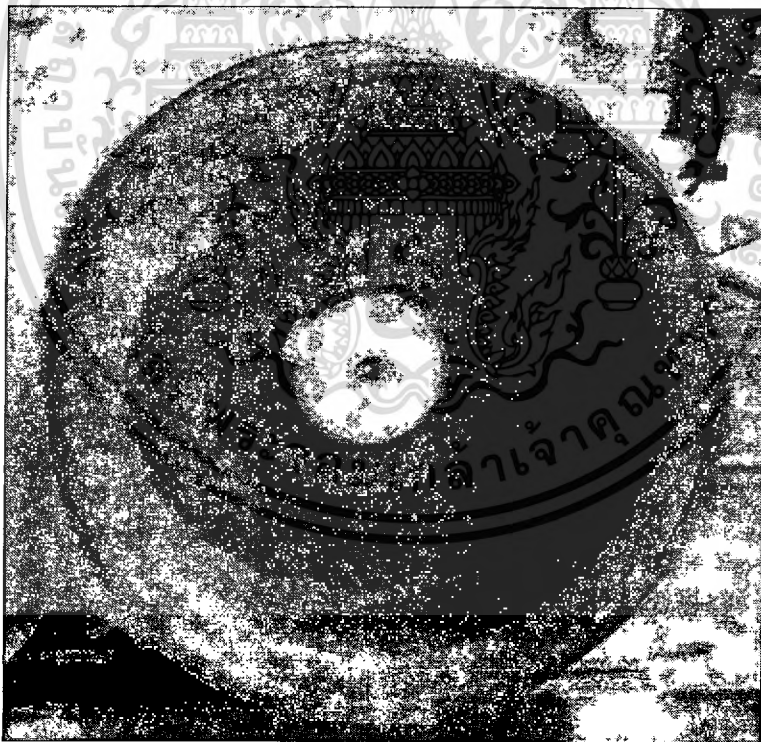


รูปที่ 4.11 MAIN FRAME SUPPORT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

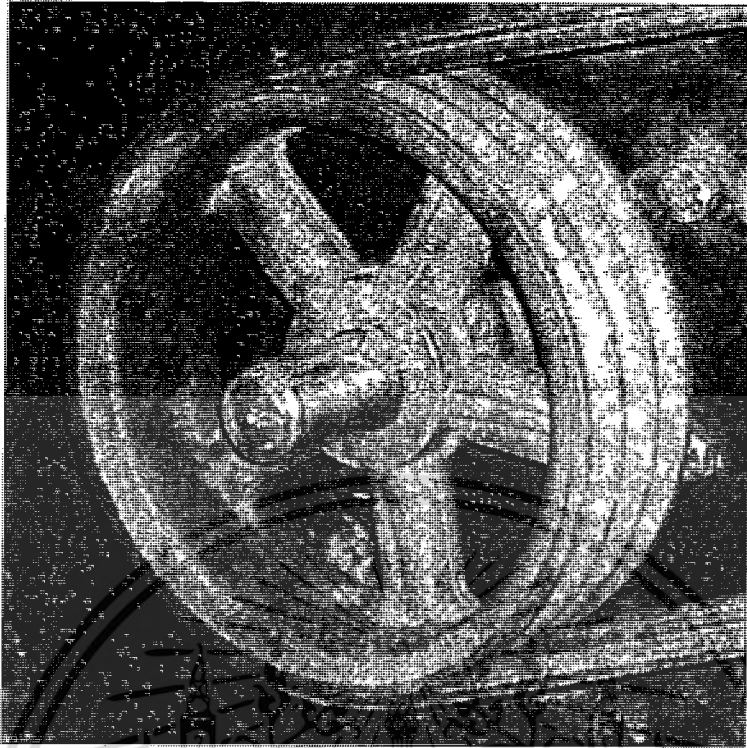


รูปที่ 4.12 มอเตอร์ 10 แรงม้า

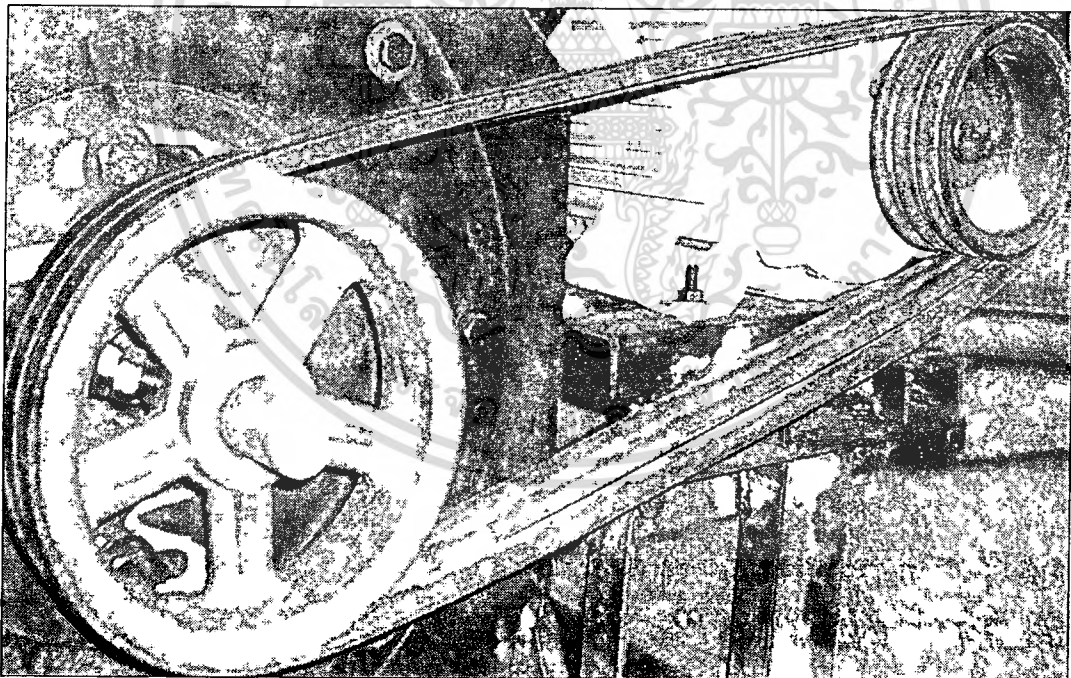


รูปที่ 4.13 ฟลู่เลย์ตัวขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

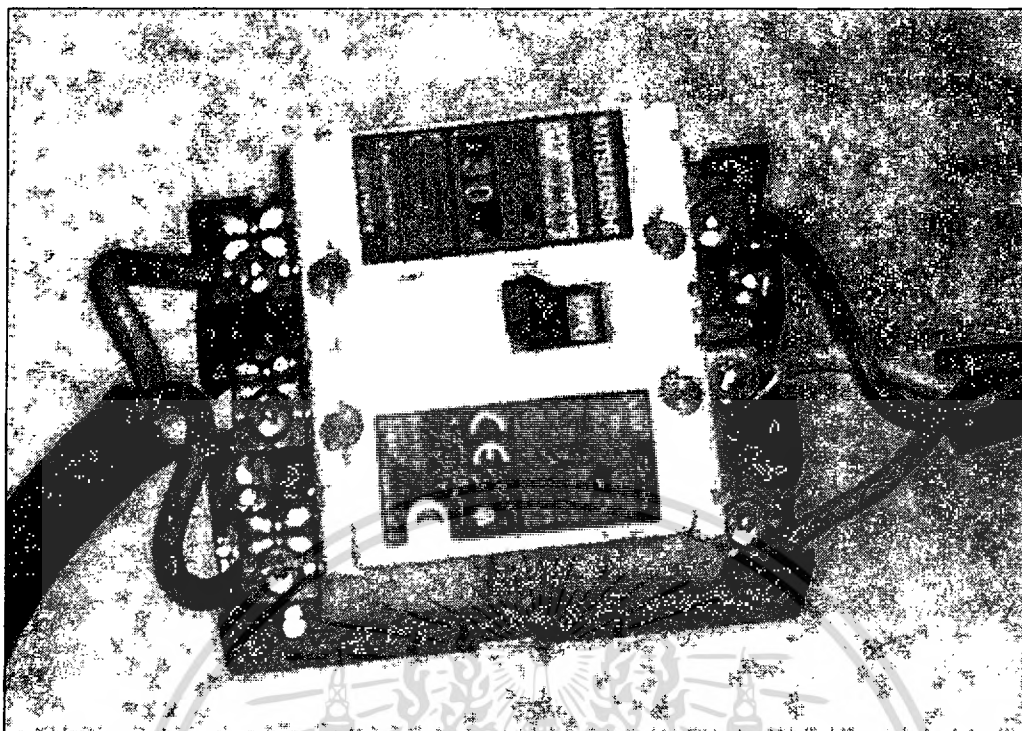


รูปที่ 4.14 พลุเดี่ยว ตัวตาม



รูปที่ 4.15 สายพานรื่องBยาว65นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

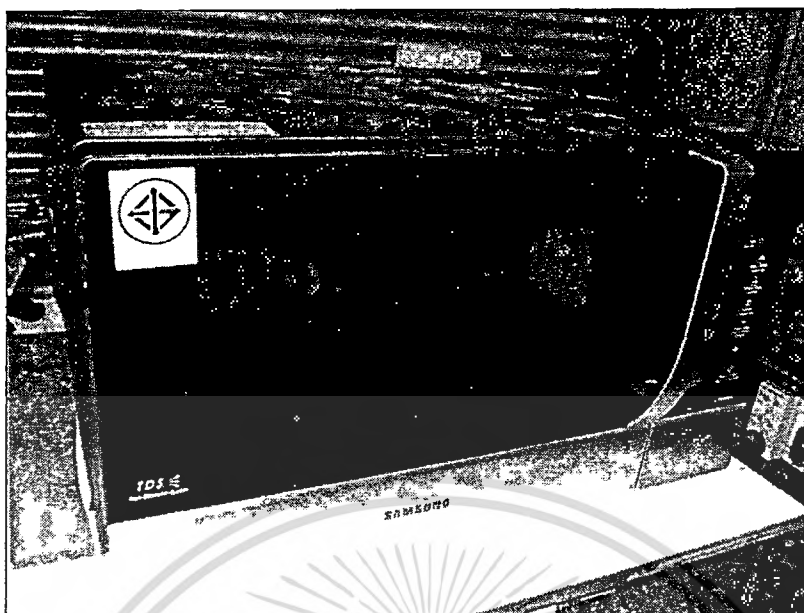


รูปที่ 4.16 เบรกเกอร์ 3 เฟส

4.1.3 วิธีการทดลอง

ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ออบเมล็ดปาล์มที่ 600 w 2.30 นาที (ดังรูปที่ 4.17)
2. ชั่งน้ำหนักปาล์ม 30 กิโลกรัม ก่อนทดลอง (น้ำหนักหลังอบ) (ดังรูปที่ 4.18)
3. นำผลปาล์มที่ชั่งแล้วใส่ในช่องลำเสียง (ดังรูปที่ 4.19)
4. เปิดสวิตช์เดินเครื่องที่ 1000 รอบ/นาที (ดังรูปที่ 4.20)
5. เปิดช่องลำเสียงให้เมล็ดปาล์มไหลลงสู่ Rotor เมล็ดปาล์มที่ไหลลงสู่ Rotor ถูกตีผ่านช่องแคบระหว่าง Rotor กับชุดเฟืองทำให้กะลาปาล์มแตกแยกออกจากเมล็ดในปาล์ม กะลาและเมล็ดในปาล์มไหลออกทางช่องประตูที่ติดตั้งไว้ด้านใต้ Rotor ลงสู่ถาดที่รองรับอยู่ (ดังรูปที่ 4.21)
6. นำเมล็ดปาล์ม 30 กิโลกรัม ที่กะเทาะแล้วมาแยกออกจากกัน (ดังรูปที่ 4.22)



รูปที่ 4.17 อบเมลดิปาล์มที่ 600 w 2.30 นาที

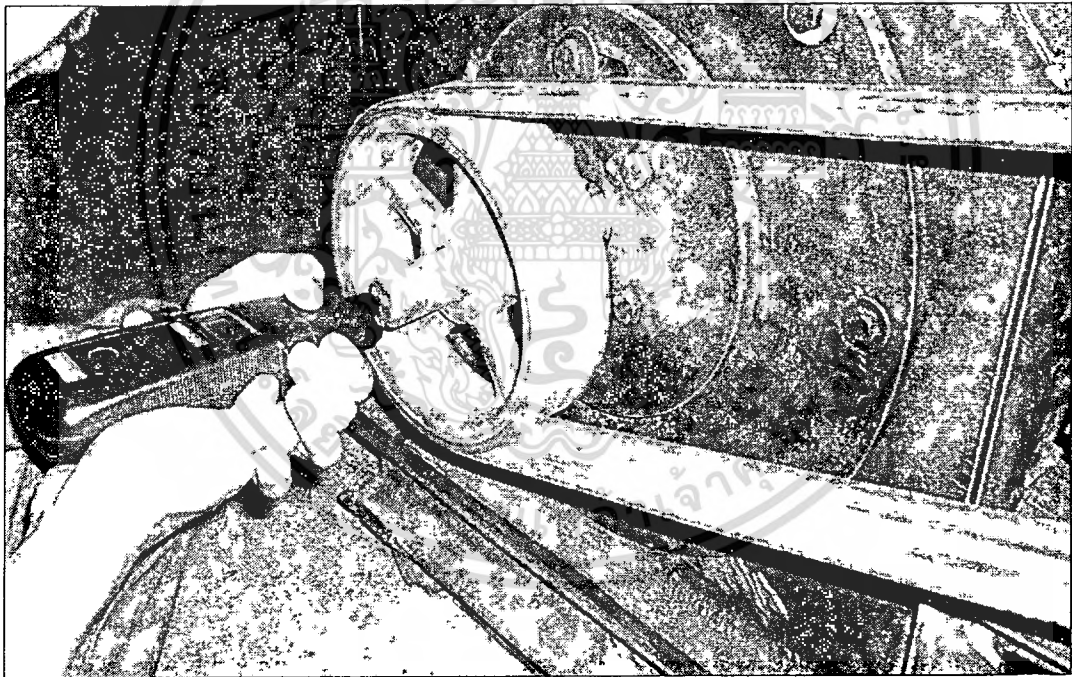


รูปที่ 4.18 ชังน้ำหนักปาล์ม 30 kg. ก่อนทดลอง (น้ำหนักหลังอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

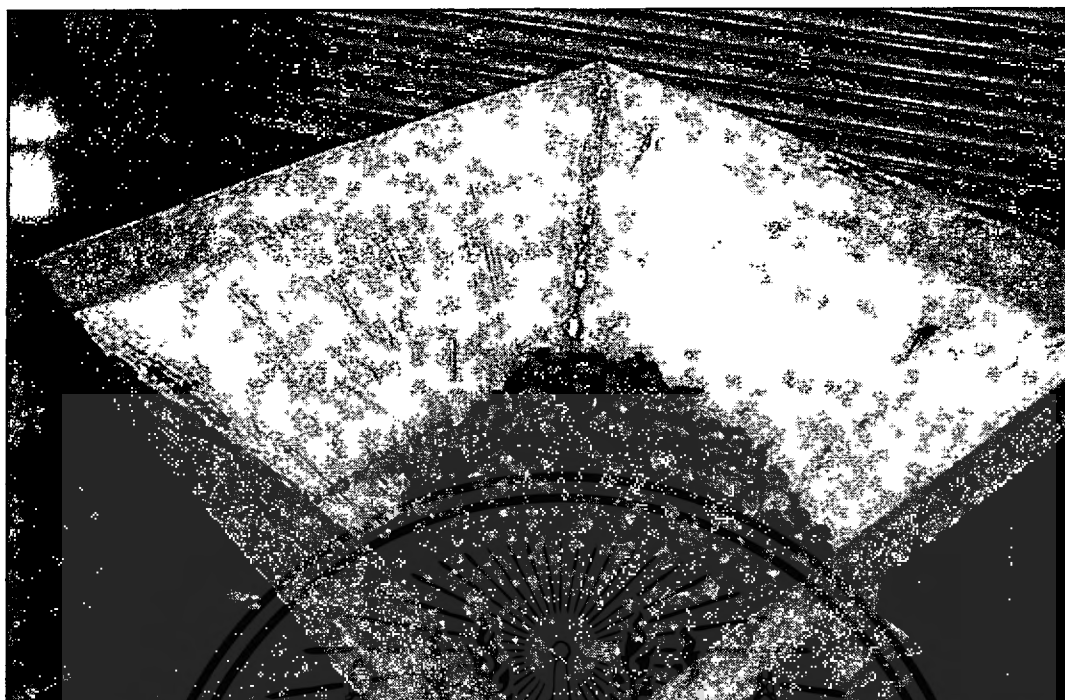


รูปที่ 4.19 ใสมะลิคปาล์มในช่องลำเลียง

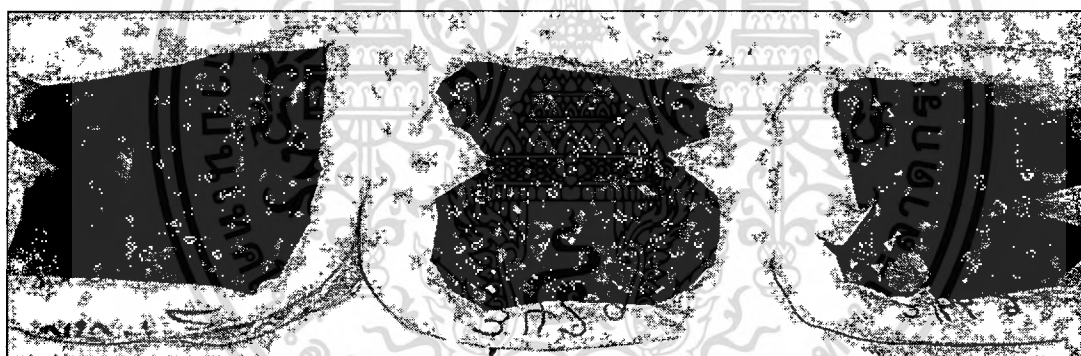


รูปที่ 4.20 เดินเครื่องปรับความเร็วรอบที่ 1000 รอบ/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 เปิดช่องลำเลียง



รูปที่ 4.22 กะลา เมล็ดใน และเมล็ดที่ไม่แตก

4.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก 30 กิโลกรัม ใช้เวลาในการกะเทาะ 0.35 นาที สุ่มตักมา 2 กิโลกรัม โดยการเฉลี่ยแยกเป็น 3 ส่วน ได้ดังนี้

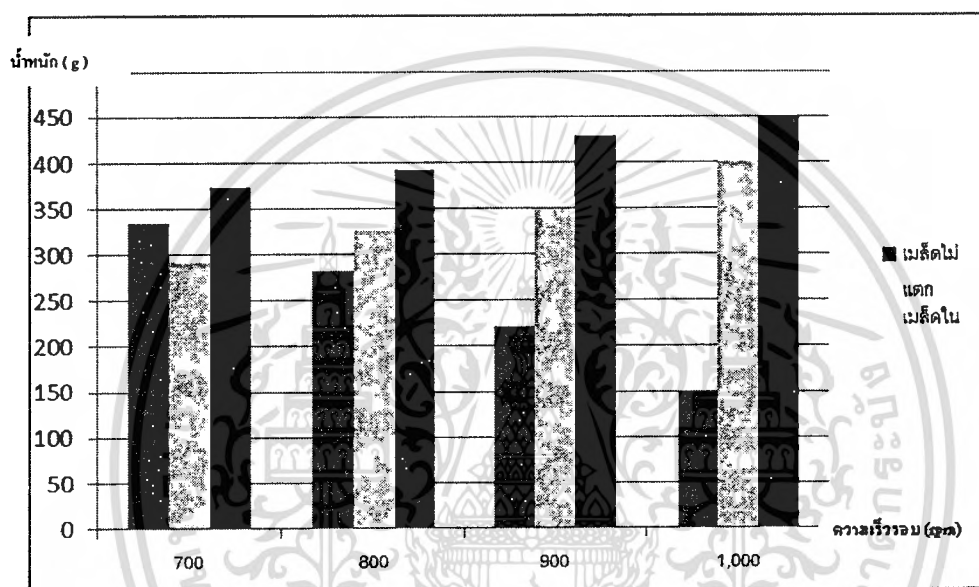
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ผ่านการอบ

ความเร็วรอบ (rpm)	เมล็ดปาล์มที่ผ่านการอบ		
	เมล็ดที่ไม่แตก	เมล็ดใน	กะลา
700	334	292	374
800	282	326	392
900	222	349	429
1,000	150	400	450

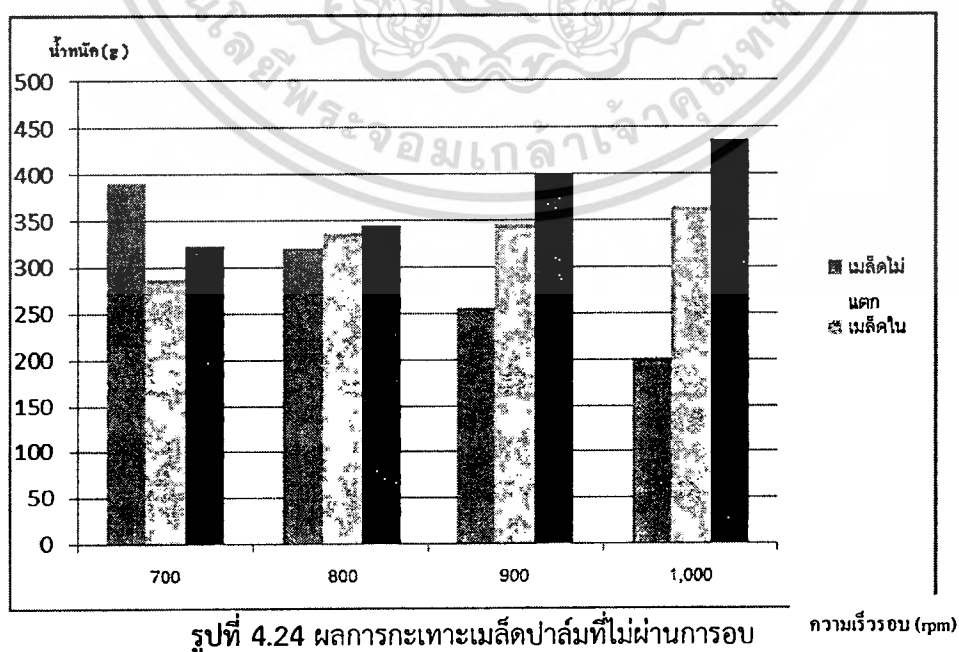
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ

ความเร็วรอบ (rpm)	เมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ		
	เมล็ดที่ไม่แตก	เมล็ดใน	กะลา
700	390	287	323
800	320	336	344
900	255	345	400
1,000	201.5	363	435.5



รูปที่ 4.23 ผลการกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ



รูปที่ 4.24 ผลการกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ความเร็วรอบ 700, 800, 900 และ 1000 รอบต่อนาที ครั้งละ 30 กิโลกรัม โดยที่เมล็ดผ่านการอบ มีการแตกของกะลาซึ่งจะได้เมล็ดในพบว่าเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นการแตกของกะลามีมากขึ้น และยังมีเมล็ดบางส่วนที่ยังไม่แตก หากความเร็วรอบที่มากกว่า 1,000 รอบต่อนาที จะมีเมล็ดในที่แตกมาก ดังนั้นช่วงความเร็วรอบที่ 1,000 รอบต่อนาที จะได้เมล็ดในที่มากและมีความสมบูรณ์ไม่แตกหักของเมล็ดในมากที่สุด และจากการทดลองหาประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดปาล์มที่ความเร็วรอบ 700, 800, 900 และ 1000 รอบต่อนาที ครั้งละ 30 กิโลกรัม โดยที่เมล็ดไม่ผ่านการอบ มีการแตกของกะลาซึ่งจะได้เมล็ดในพบว่าเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นการแตกของกะลามีมากขึ้น และยังมีเมล็ดบางส่วนที่ยังไม่แตก หรือแตกแล้วเนื้อในไม่แยกออกจากกะลา หากความเร็วรอบที่มากกว่า 1,000 รอบต่อนาที จะมีเมล็ดในที่แตกมาก ดังนั้นช่วงความเร็วรอบที่ 1,000 รอบต่อนาที จะได้เมล็ดในที่มากและมีความสมบูรณ์ไม่แตกหักของเมล็ดในมากที่สุด แต่ก็ยังได้เมล็ดในที่น้อยกว่าเมล็ดที่ผ่านการอบแล้ว ดังนั้นใน 1 ชั่วโมง กะเทาะที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที จะได้เมล็ดในปาล์มประมาณ 21 กิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องแยกเนื้อและเมล็ดปาล์ม

1. ถ้าต้องการเพิ่มผลการผลิตให้มีการกะเทาะที่สมบูรณ์ ควรเพิ่มชุดเลื่อยในการกะเทาะเป็น 2 ด้าน
2. ออกแบบที่บรรจุเมล็ดปาล์มที่อยู่บนเครื่องกะเทาะ เพื่อให้มีบรรจุได้ครั้งละมาก ๆ
3. ออกแบบช่องทางออกเมล็ดในปาล์มใหม่ เพื่อให้เมล็ดในปาล์มที่ไหลออกไม่กระจัดกระจายออกนอกเครื่องกะเทาะ

บรรณานุกรม

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551) สถานการณ์และแนวโน้มสินค้าเกษตรที่สำคัญปี 2551 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สุทธิจิตต์ เชิงทอง วิศิษฐ์ ลิ้มพัฒนสิริ สุชาติ เชิงทอง และ เสาวลักษณ์ จันทระสิทธิ์ (2551) โครงการฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และระบบการตลาด ปาล์ม น้ำมัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ กองทุนสนับสนุนการวิจัย
- [2] ธีระพงศ์ จันทระสิทธิ์. 2553. พันธุ์ปาล์มน้ำมันและการผลิตกล้าปาล์มน้ำมัน เอกสารเผยแพร่ของ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน :
http://natres.psu.ac.th/researchcenter/palm/book_cpalm.htm
- [3] พีชไร่เศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรมวิชาการเกษตร :
<http://www.doa.go.th>
- [4] บุขบา ล้อประเสริฐ, ปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตร, 2548
- [5] พีรพงศ์ กิตติมานะพันธ์, ศาธิมิน หัวเมืองวิเชียร, อนุศักดิ์ ขวัญทองยิ้ม. “เครื่องกะเทาะถั่วลิสงแบบล้อ ยาง” โครงการสาขาเทคโนโลยีการเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา เทคโนโลยี วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.
- [6] วิรัตน์ เตี้ยกคำ, สุวิศิษฐ์ เกิดอุดม, ดาริช รักขมณี, เฉลา ตันติแก้วประโยชน์. “การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ” ปรินญาณิพนธ์สาขาออกแบบเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา เทคโนโลยีเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ,2544.
- [7] วีรศักดิ์ ศักดิ์สง่าวงศ์ และ สรายุทธ์ แสงธรรมรัตน์. “เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด” โครงการ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2535 :
http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=wf044
- [8] นายกฤษฎา อุ่นประชาและคณะ. “เครื่องกะเทาะเปลือกกระเทียม” โครงการ วิทยาลัยเทคนิค นครราชสีมา แหล่งที่เข้าถึง
http://bverd.ver.go.th/innovation/bverd/bb_project_detail.php?project_id=2953
- [9] แหล่งที่เข้าถึง [http://e-book.ram.edu/e-book/mv/MY318\(51\)/MY318-8.pdf](http://e-book.ram.edu/e-book/mv/MY318(51)/MY318-8.pdf)
- [10] แหล่งที่เข้าถึง www.phayaotc.ac.th/files/10092910102346_10093013130240.doc
- [11] วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2537.
- [13] แหล่งที่เข้าถึง www.phayaotc.ac.th/files/10092910102346_10093013130240.doc
- [14] วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2537.
- [15] แหล่งที่เข้าถึง www.phayaotc.ac.th/files/10092910102346_10093013130240.doc
- [16] แหล่งที่เข้าถึง www.phayaotc.ac.th/files/10092910102346_10093013130240.doc
- [17] วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2537.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[17] แหล่งที่เข้าถึง <http://www.utc.ac.th/~chaowalit/e-learning/index5.html>

[18] น.อ.ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต, การออกแบบเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท็อป, 2548.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
ตารางที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อยายพานลิ้ม (มิลลิเมตร) [8]

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (มิลลิเมตร)							
25	60	100	170	280	500	900	
28	63	106	180	300	530	1000	
31.5	67	112	190	315	560	1060	1900
35.5	71	118	200	355	600	1120	2000
40	75	125	212	375	630	1250	2240
45	80	132	224	400	670	1400	2500
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
	95	160	265	475	800	1800	

ตารางที่ ก.2 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ้ม [8]

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
	มอเตอร์กระแสสลับ: Normal Torque, Squired Cage, Synchronous and Split Phase.			มอเตอร์กระแสสลับ: High Torque, High Slip, Repulsion-induction, Single Phase, Series Wound and Slip Ring.		
	มอเตอร์กระแสตรง: Shunt Wound			มอเตอร์กระแสตรง: Series Wound และ Compound Wound.		
เฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่นทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	เครื่องยนต์สันดาปภายใน: ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			เครื่องยนต์สันดาปภายใน: ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน คลิตซ์		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10 -16	>16	≤ 10	10 -16	>16
งานเบา : เครื่องกววนของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kw , สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตัวประกอบใช้งาน N_g สำหรับสายพานลีม [8] (ต่อ)

Displacement Rotary Pumps, เครื่องเขย่า						
<u>งานหนัก</u> : เครื่องทำอิฐ, Bucket Elevators, Exciters, เครื่องอัดลมและเครื่อง สูบลมแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, Hammer Mills, Paper Mill Beaters, Positive Displacement Blowers, เครื่อง บด, เครื่องเลื่อย และเครื่องจักรกล งานไม้, เครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
<u>งานหนักพิเศษ</u> : Crushers (Gyratory-Jaw-Roll), Mills(Ball Rod-Tube) ไฟฟ้า Rubber Calendars Extruders-Mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
<u>งานหนัก</u> : เครื่องทำอิฐ, Bucket Elevators, Exciters, เครื่องอัดลมและเครื่อง สูบลมแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, Hammer Mills, Paper Mill Beaters, Positive Displacement Blowers, เครื่อง บด, เครื่องเลื่อย และเครื่องจักรกล งานไม้, เครื่องทอผ้า	2	3	4	4	5	6
<u>งานหนักพิเศษ</u> : Crushers (Gyratory-Jaw-Roll), Mills(Ball Rod-Tube) ไฟฟ้า Rubber Calendars Extruders-Mills.	3	4	5	5	6	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม [8]

$\frac{D_p - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส (α)	N_a
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

ตารางที่ ก.4 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "B" ต่อเส้น P_R (กิโวลต์) [8]

Dp (mm)	m_w	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก										
		700	800	950	1000	1200	1450	1800	2000	2400	2850	3200
					0	0	0	0	0	0	0	0
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น										
112		1.2	1.3	1.5								
		3	6	5								
	1.00	1.2	1.4	1.6	1.60	1.83	2.07	2.37	2.51	2.74	2.89	2.93
	1.05	7	1	0	1.66	1.90	2.16	2.48	2.63	2.88	3.06	3.12
	1.20	1.3	1.5	1.7	1.78	2.04	2.33	2.69	2.87	3.16	3.39	3.49
	1.50	6	0	1	1.87	2.15	2.46	2.85	3.05	3.38	3.65	3.78
	≥ 3.0	1.4	1.5	1.8	1.97	2.22	2.56	2.97	3.18	3.54	3.84	3.99
0	2	8	0									
125		1.4	1.6	1.8								
		7	3	6								
	1.00	1.5	1.7	1.9	2.06	2.35	2.69	3.10	3.30	3.62	3.84	3.91
	1.05	6	3	8	2.11	2.42	2.77	3.20	3.41	3.76	4.01	4.10
	1.20	0	8	3	2.23	2.56	2.94	3.41	3.65	4.04	4.34	4.47
	1.50	1.6	1.8	2.1	2.32	2.67	3.08	3.58	3.83	4.26	4.60	4.76
	≥ 3.0	9	7	4	2.39	2.75	3.17	3.69	3.96	4.41	4.79	4.97
0	1.7	1.9	2.2									
	5	5	3									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		1.8 0	2.0 0	2.2 9								
160	1.00	2.4 3	2.7 1	3.1 1								
	1.05	2.4 7	2.7 6	3.1 6	3.24	3.72	4.27	4.94	5.26	5.75	6.04	6.06
	1.20	2.5	2.8	3.2	3.29	3.79	4.36	5.04	5.37	5.89	6.21	6.25
	1.50	5	5	7	3.41	3.93	4.53	5.25	5.61	6.17	6.54	6.62
	≥3.0	2.6	2.9	3.3	3.50	4.04	4.66	5.42	5.79	6.39	6.80	6.91
	0	2	2	6	3.57	4.12	4.76	5.54	5.92	6.55	6.99	7.12
180	1.00	2.9 2	3.2 5	3.7 3								
	1.05	2.9 6	3.3 0	3.7 9	3.89	4.47	5.13	5.91	6.28	6.80	7.04	6.93
	1.20	3.0	3.3	3.9	3.95	4.54	5.22	6.02	6.39	6.94	7.21	7.12
	1.50	4	9	0	4.06	4.68	5.39	6.23	6.93	7.22	7.54	7.49
	≥3.0	3.1	3.4	3.9	4.16	4.79	5.52	6.39	6.81	7.44	7.80	7.78
	0	0	7	9	4.22	4.87	5.62	6.51	6.94	7.60	7.99	7.99
200	1.00	3.3 9	3.7 9	4.3 5								
	1.05	3.4 4	3.8 3	4.4 0	4.53	5.20	5.96	6.83	7.21	7.73	7.82	7.50
	1.20	3.5	3.9	4.1	4.59	5.27	6.04	6.93	7.33	7.87	7.99	7.69
	1.50	2	3	5	4.70	5.41	6.21	7.14	7.57	8.15	8.32	8.60
	≥3.0	3.5	4.0	4.6	4.79	5.52	6.35	7.31	7.75	8.37	8.58	8.83
	0	8	0	0	4.86	5.60	6.44	7.43	7.88	8.52	8.77	8.56
224	1.00	3.6 3	4.0 5	4.6 6								
	1.05	3.9	4.4	5.0	5.27	6.05	6.90	7.84	8.23	8.64		
	1.20	6	1	6	5.33	6.12	6.98	7.94	8.35	8.79		
	1.50	4.0	4.4	5.1	5.45	6.26	7.15	8.15	8.58	9.07		
	0	6	2	5.54	6.37	7.29	8.32	8.76	9.92			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	≥ 3.0	4.0	4.5	5.2	5.60	6.45	7.38	8.44	8.89	9.44		
	0	8	5	3								
		4.1	4.6	5.3								
		4	3	2								
		4.1	4.6	5.3								
		9	8	8								

ตารางที่ ก.5 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_f [8]

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน												
L_p	942	1042	1142	1292	1442	1642	1842	2042	2592	2842	3192	
N_f	0.81	0.84	0.86	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00	1.03	1.05	1.07
L_p	3592	4042	4542	5042	5642	6342						
N_f	1010	1013	1.15	1.18	1.20	1.23						

ตารางที่ ก.6 ค่า K_1 [8]

K_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบาทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนักแรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ตารางที่ ก.7 ค่า K_2 [8]

หน้าตัดสายพาน	K_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

ตารางที่ ก.8 ขนาดระบุของเพลตามมาตรฐาน ISO / R775 - 1969 [8]

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	55	100	190	360
18	65	110	200	380
20	65	120	220	

ตารางที่ ก.9 ความยาวพิตซ์ที่ใช้ $L_p = L_i + 43$ (มิลลิเมตร) [8]

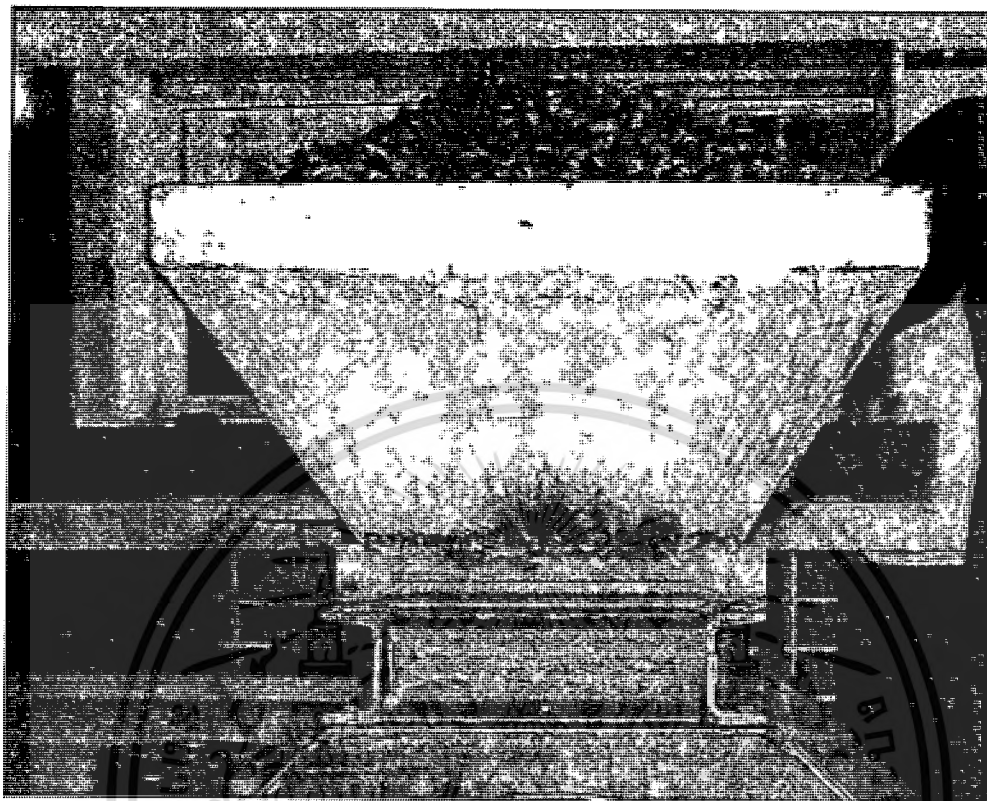
L_i	615	650	670	710	725	750	762	775	800	825	838	850
	875	889	900	925	950	965	975	990	1000	1017	1030	1050
	1060	1075	1090	1120	1150	1175	1180	1200	1215	1225	1250	1300
	1320	1350	1372	1400	1422	1450	1500	1525	1550	1575	1600	1625
	1650	1676	1700	1725	1750	1761	1800	1850	1900	1950	1981	2000
	2030	2060	2083	2108	2120	2160	2200	2240	2286	2300	2360	2400
	2450	2465	2500	2540	2650	2667	2700	2800	2840	2950	3000	3050
	3150	3250	3350	3450	3550	3658	3750	4000	4200	4250	4394	4500
	4572	4750	5000	5300	5600	6000	6300	6700	7000	7100		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

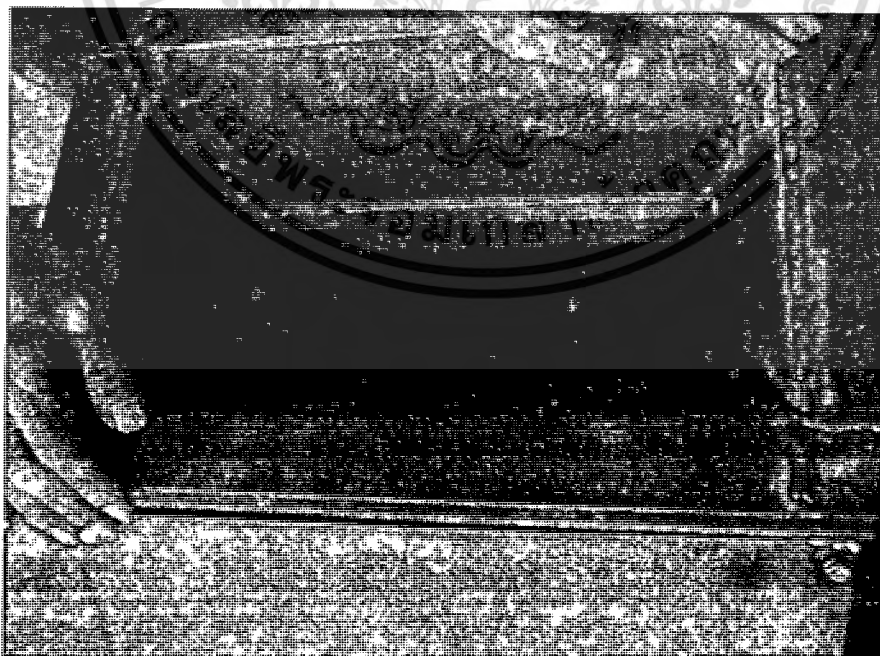


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม

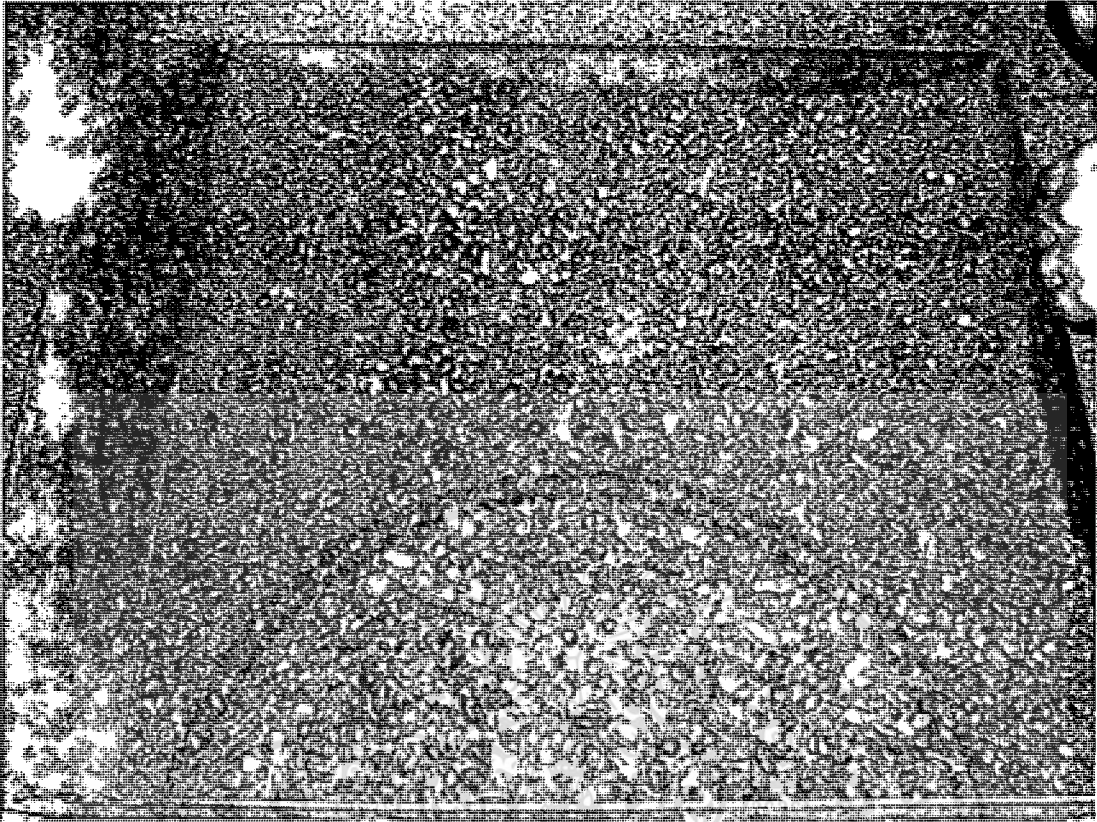


รูปที่ ข.1 การป้อนเมล็ดปาล์มเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม



รูปที่ ข.2 ลักษณะการตีของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 ลักษณะของเมล็ดปาล์มที่กะเทาะแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบความสามารถและสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเมล็ดปาล์ม ได้มีการทดลองการทำงานของเครื่องดังนี้

การทดลองมี 4 ความเร็วรอบ ในช่วง 700,800,900,1000 rpm แต่ละความเร็วรอบทดลอง 2 ครั้ง และได้เลือกช่วงความเร็ว 1,000 rpm เป็นช่วงความเร็วรอบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด (ทดลองครั้งละ 30 กิโลกรัม)

ตารางที่ ค.1 ผลการทดลองเมล็ดปาล์มที่ผ่านการอบ

ความเร็วรอบ (rpm)	เมล็ดปาล์มที่ผ่านการอบ		
	เมล็ดที่ไม่แตก	เมล็ดใน	กะลา
700	334	292	374
800	282	326	392
900	222	349	429
1,000	150	400	450

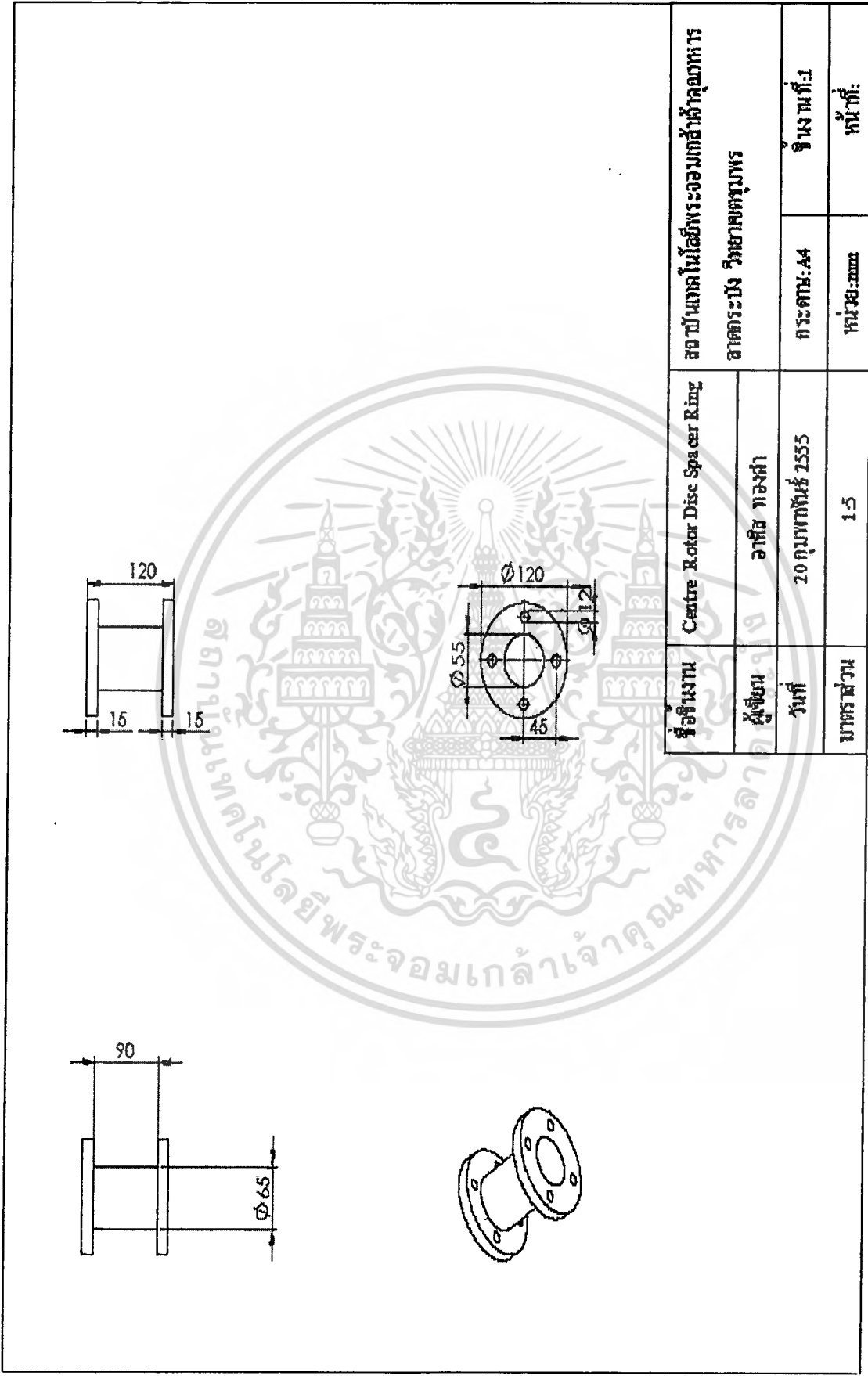
ตารางที่ ค.2 ผลการทดลองเมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ

ความเร็วรอบ (rpm)	เมล็ดปาล์มที่ไม่ผ่านการอบ		
	เมล็ดที่ไม่แตก	เมล็ดใน	กะลา
700	390	287	323
800	320	336	344
900	255	345	400
1,000	201.5	363	435.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

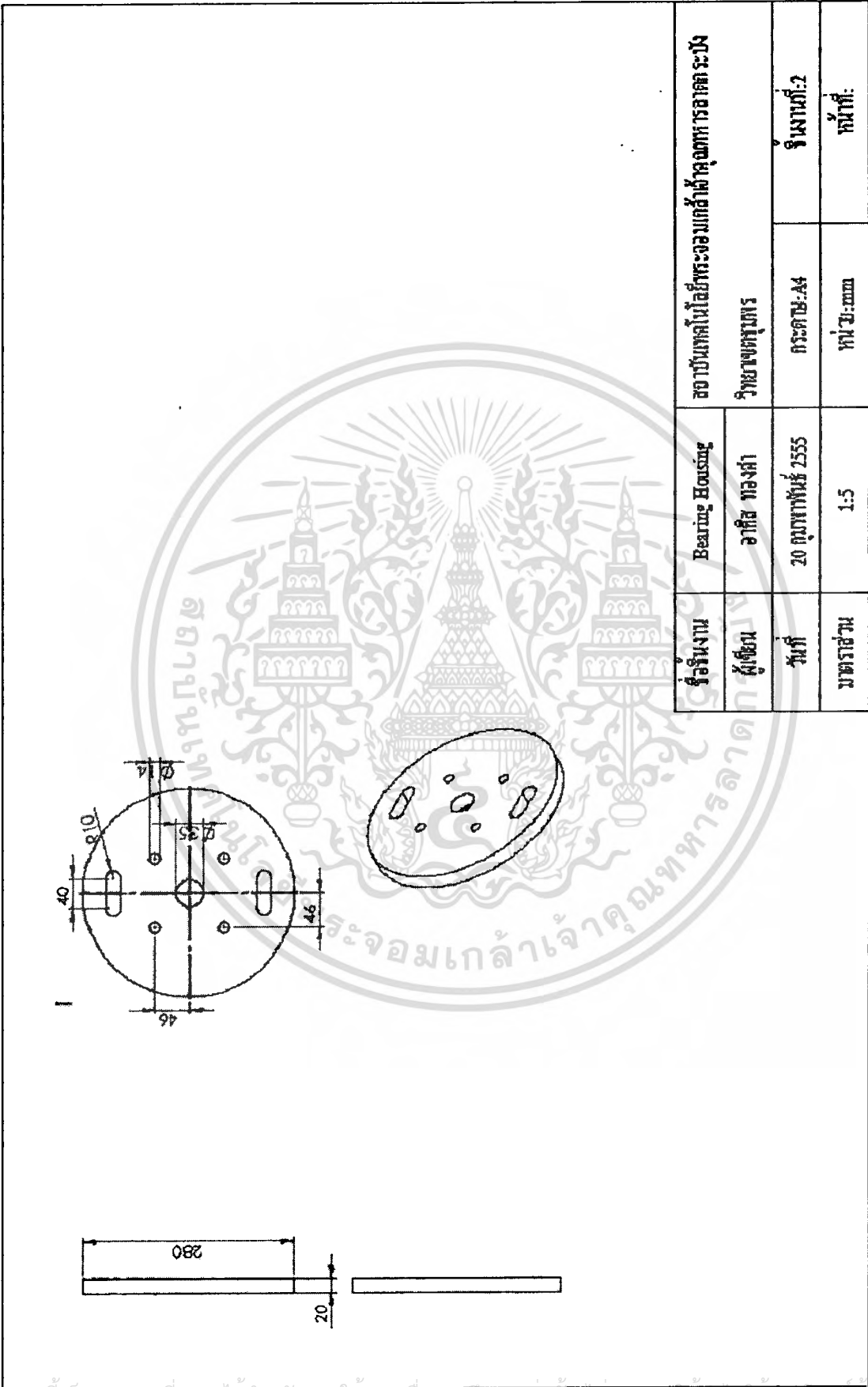


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



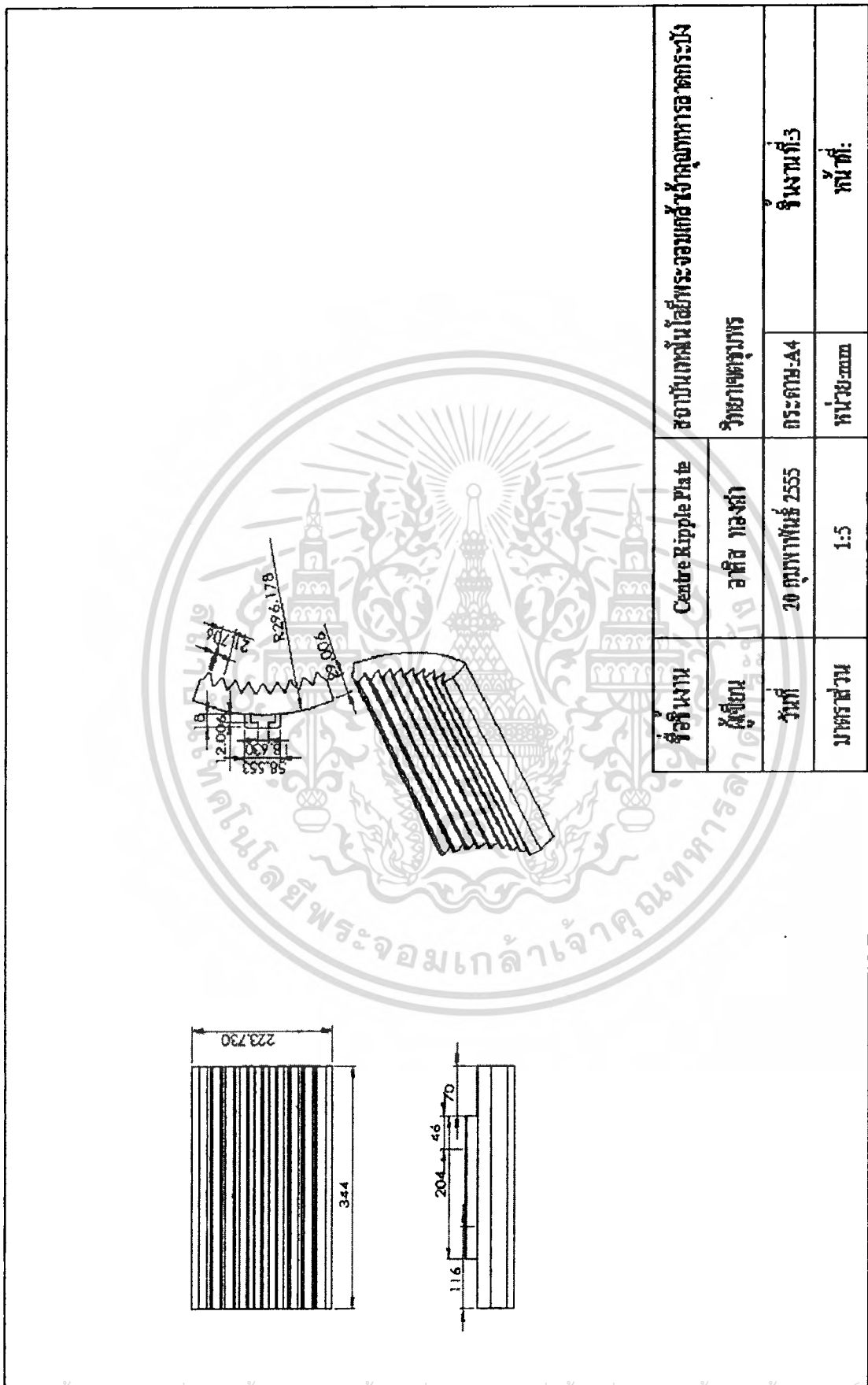
รูปที่ 4.1 Centre Rotor Disc Spacer Ring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



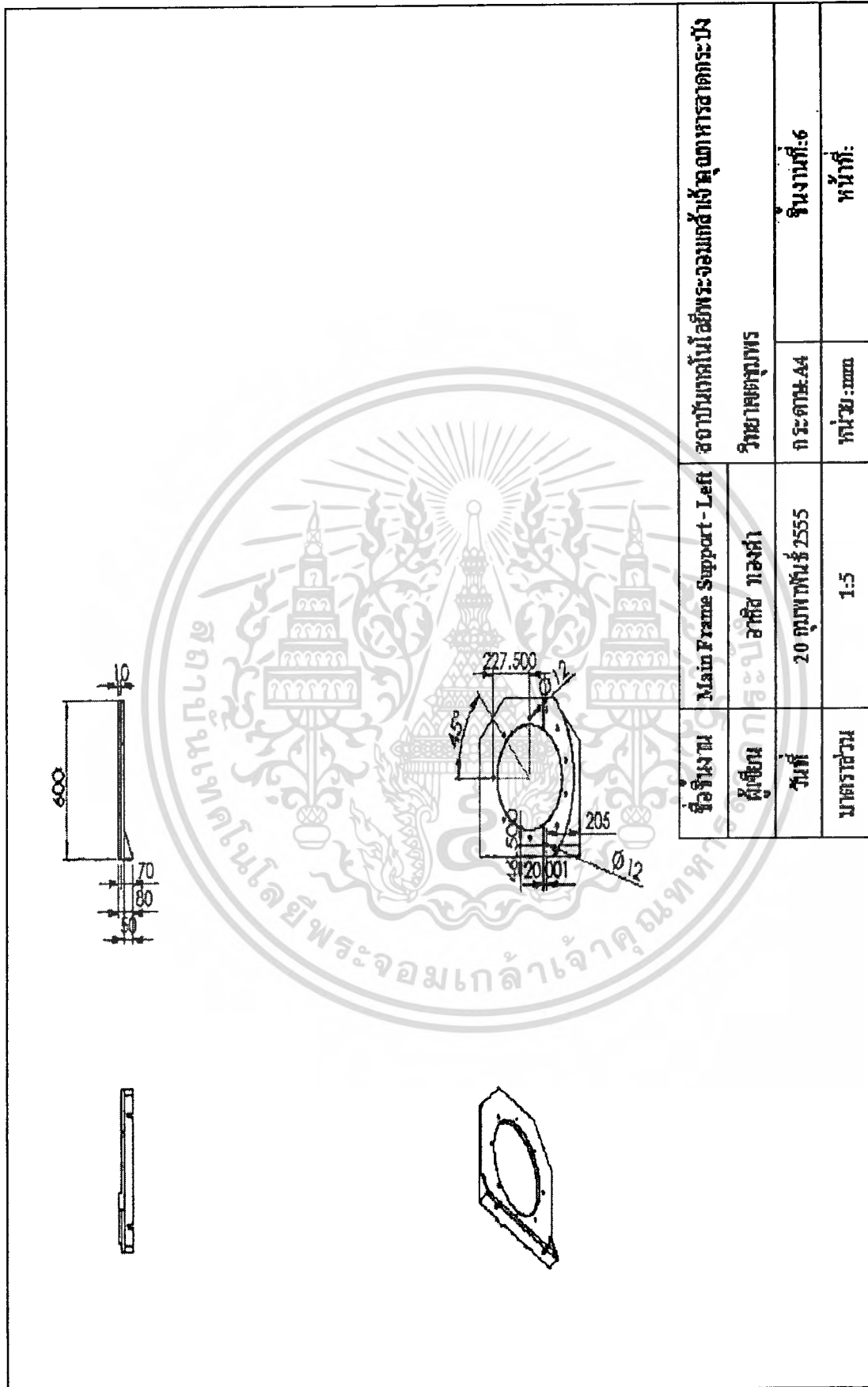
ชื่อโรงงาน	Bearing Housing	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
ผู้เขียน	อาทิตย์ ทองคำ	วิทยาลัยชุมชนพร	
วันที่	20 กุมภาพันธ์ 2555	กระดาษ: A4	จำนวนที่: 2
มาตราส่วน	1:5	หน่วย: mm	หน้าที่:

รูปที่ 1. 2 Bearing Housing



รูปที่ 1.3 Centre Ripple Plate

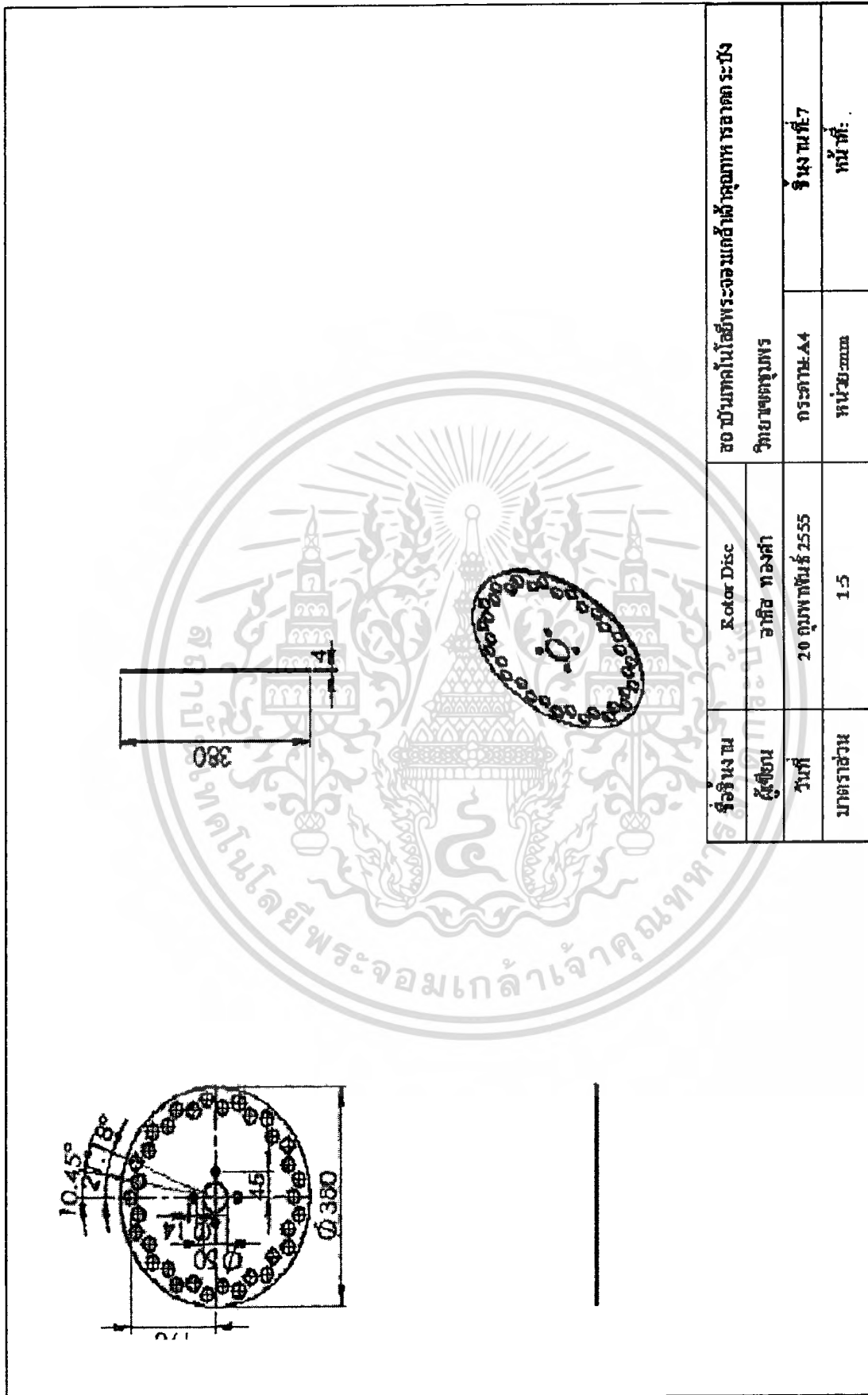
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อชิ้นงาน	Main Frame Support - Left	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้เขียน	สาเกศ ทองคำ	วิทยาลัยช่างพร
วันที่	20 กุมภาพันธ์ 2555	ชั้นงานที่: 6
มาตรฐาน	1:5	หน้าจ: mm
		หน้าที่:

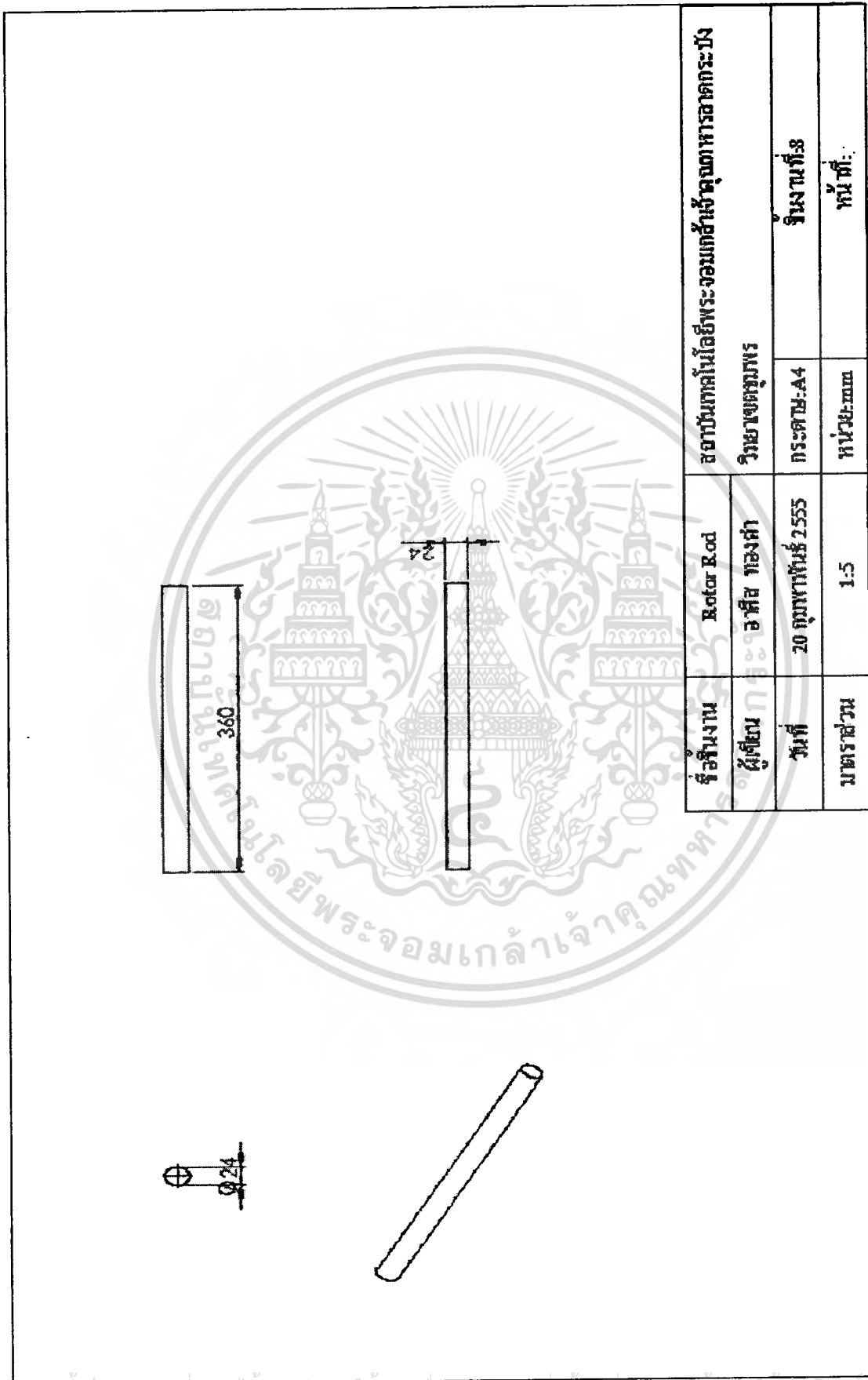
รูปที่ 1.6 Main Frame Support - Left

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



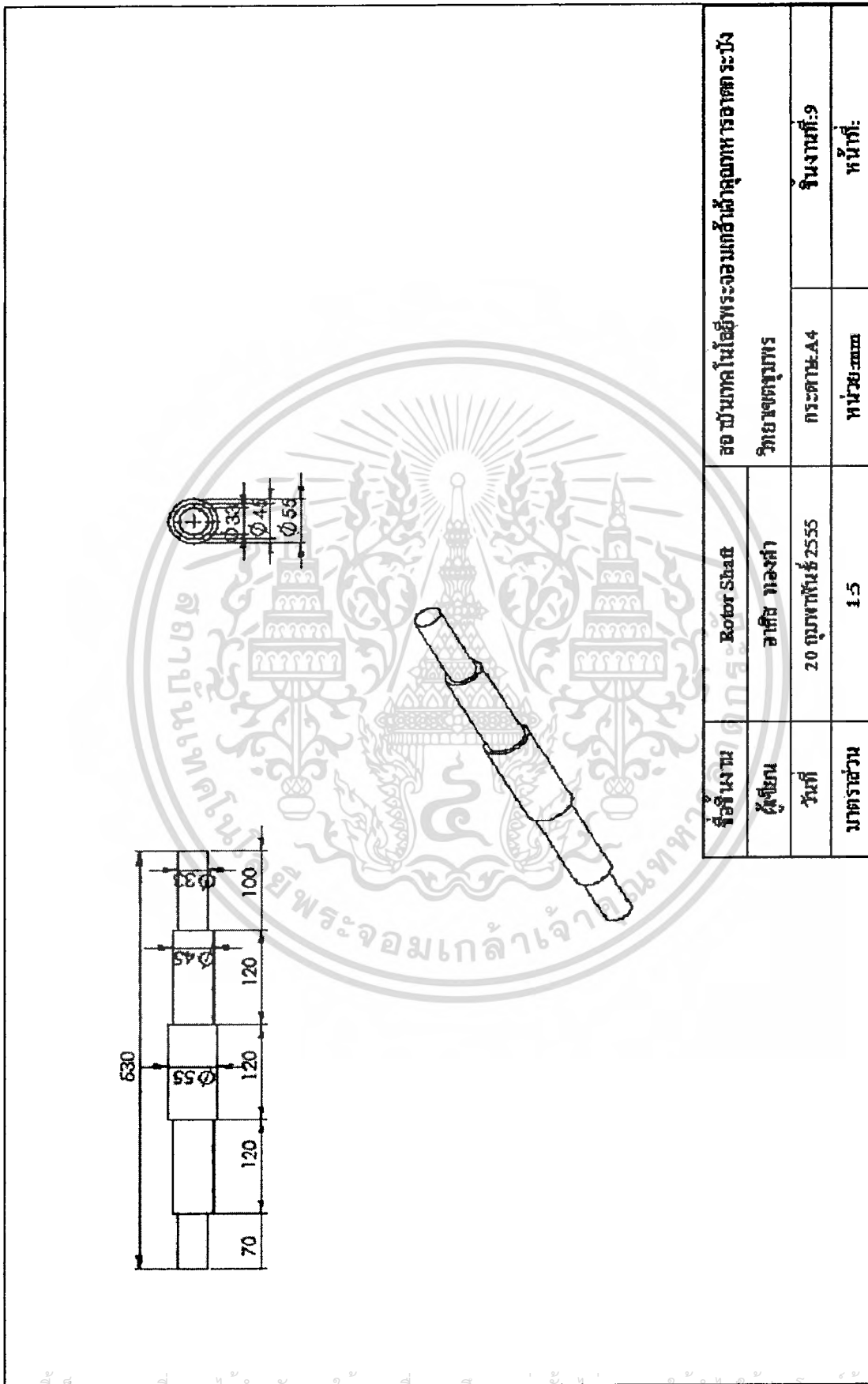
รูปที่ 1.7 Rotor Disc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

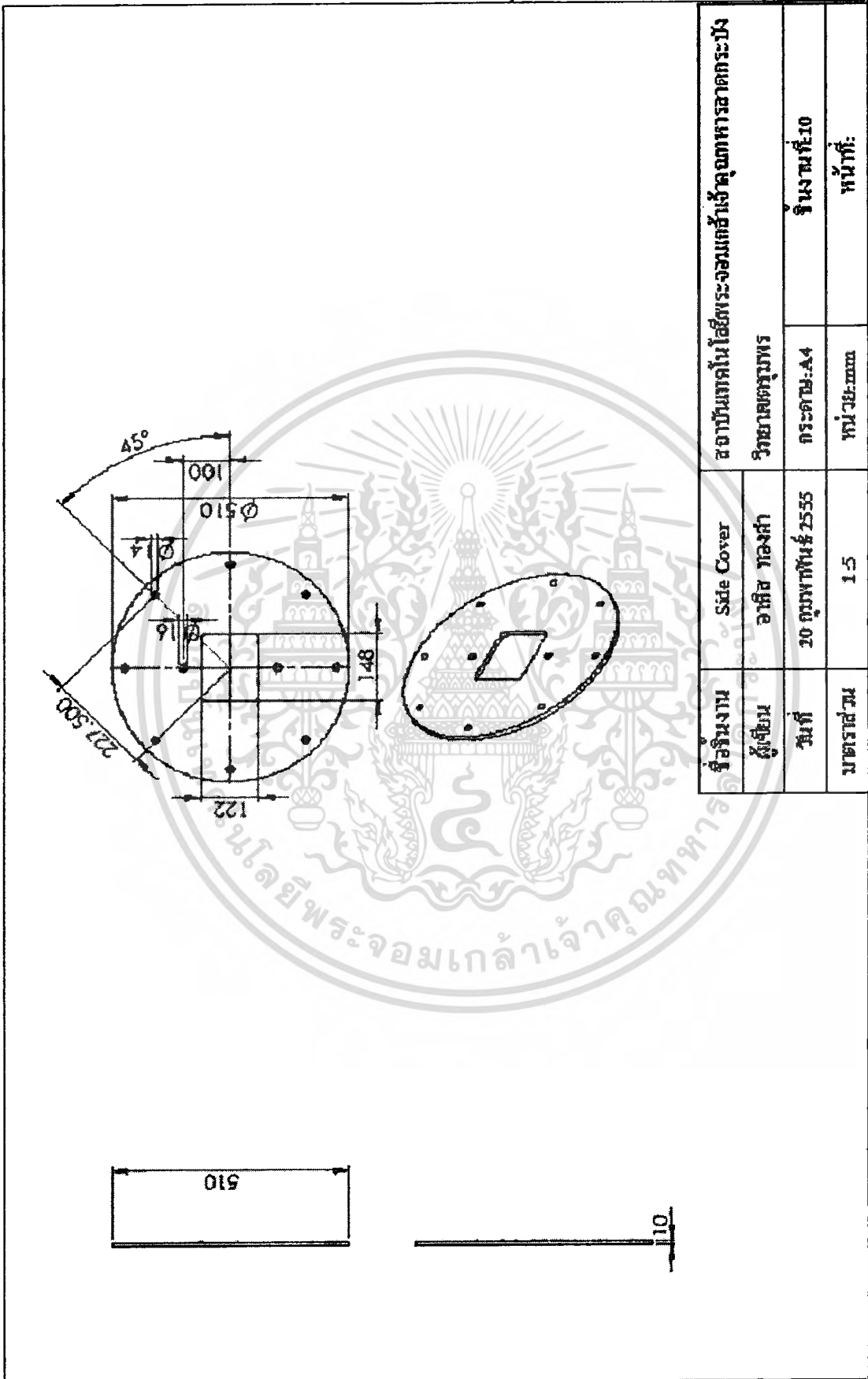


ชื่อชิ้นงาน	Rotor Rod	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
ผู้เขียน	อ.ศศิ ทອງคำ	วิทยาเขตสุพรรณ	
วันที่	20 กุมภาพันธ์ 2555	กระดาษ-A4	จำนวนที่8
มาตรฐาน	1:5	หน่วย:mm	หน้าที่:

รูปที่ 1.8 Rotor Rod

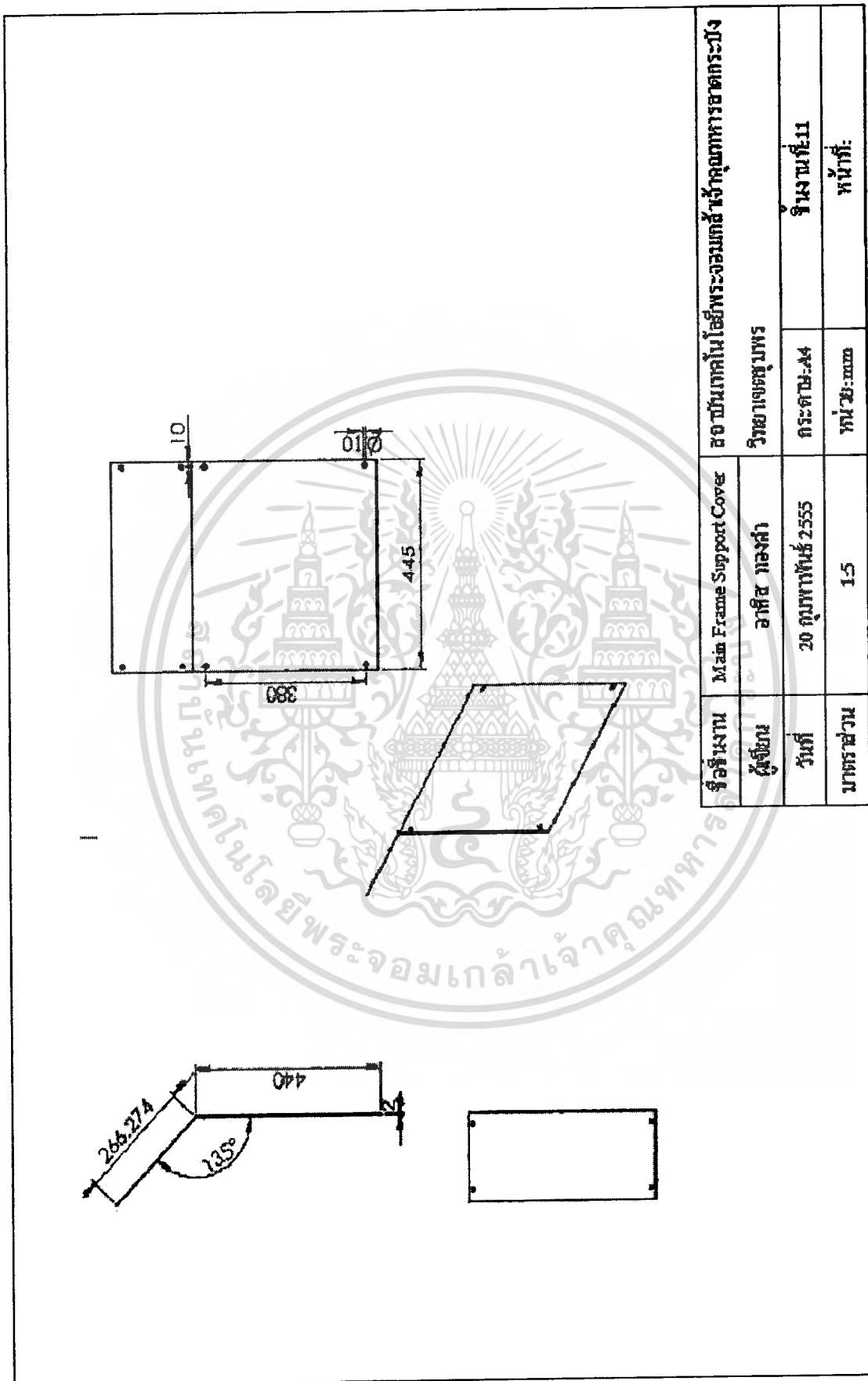


รูปที่ 1.9 Rotor Shaft



รูปที่ 1.10 Side Cover

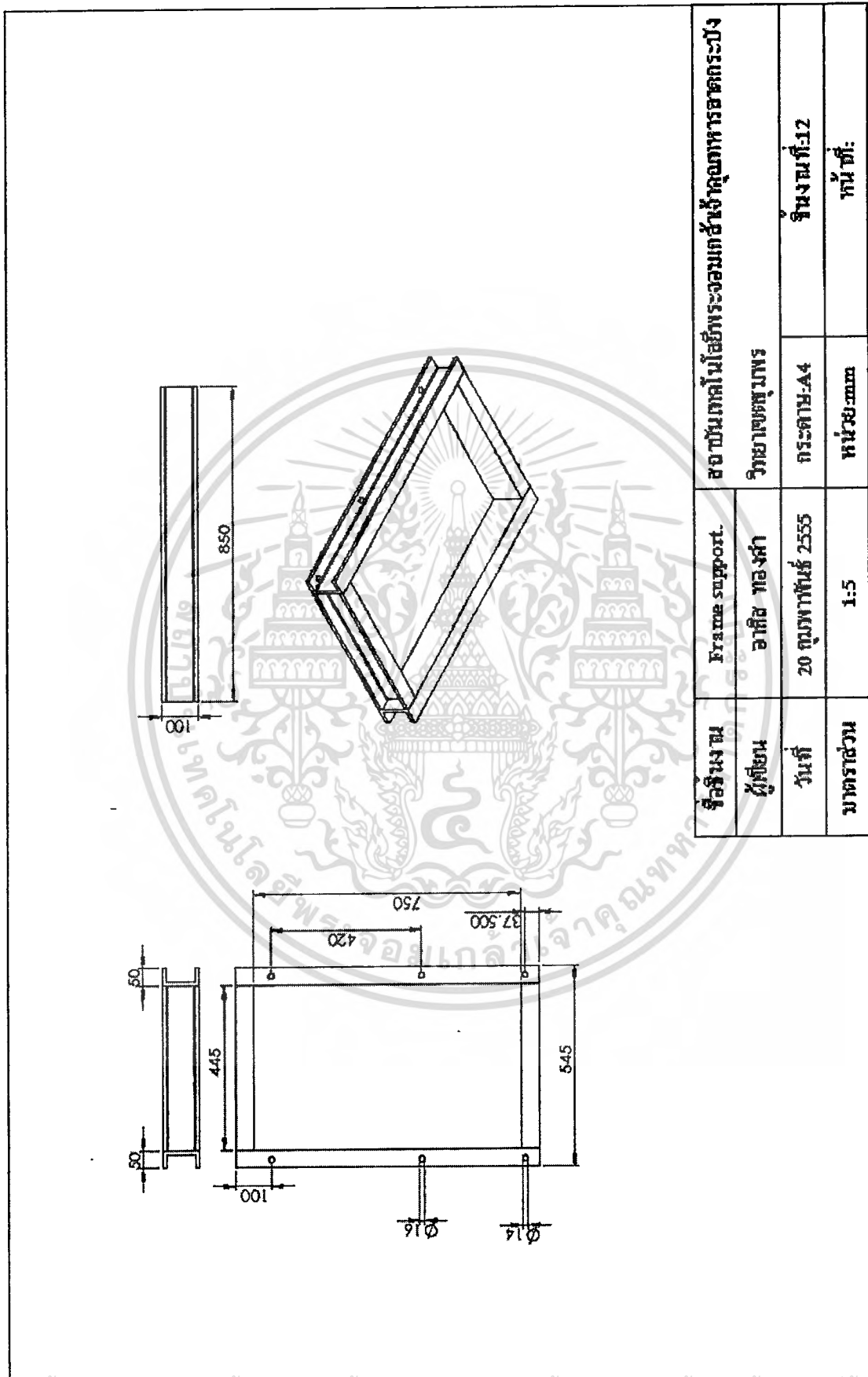
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อชิ้นงาน	Main Frame Support Cover	ชื่อพนักงานเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้เขียน	อาทิตย์ ทองสำ	วิชาเกษตรสุพรรณ
วันที่	20 กุมภาพันธ์ 2555	กระดาษ A4
มาตรฐาน	15	หน้า 20: ๓๓๓

รูปที่ 4.11 Main Frame Support Cover

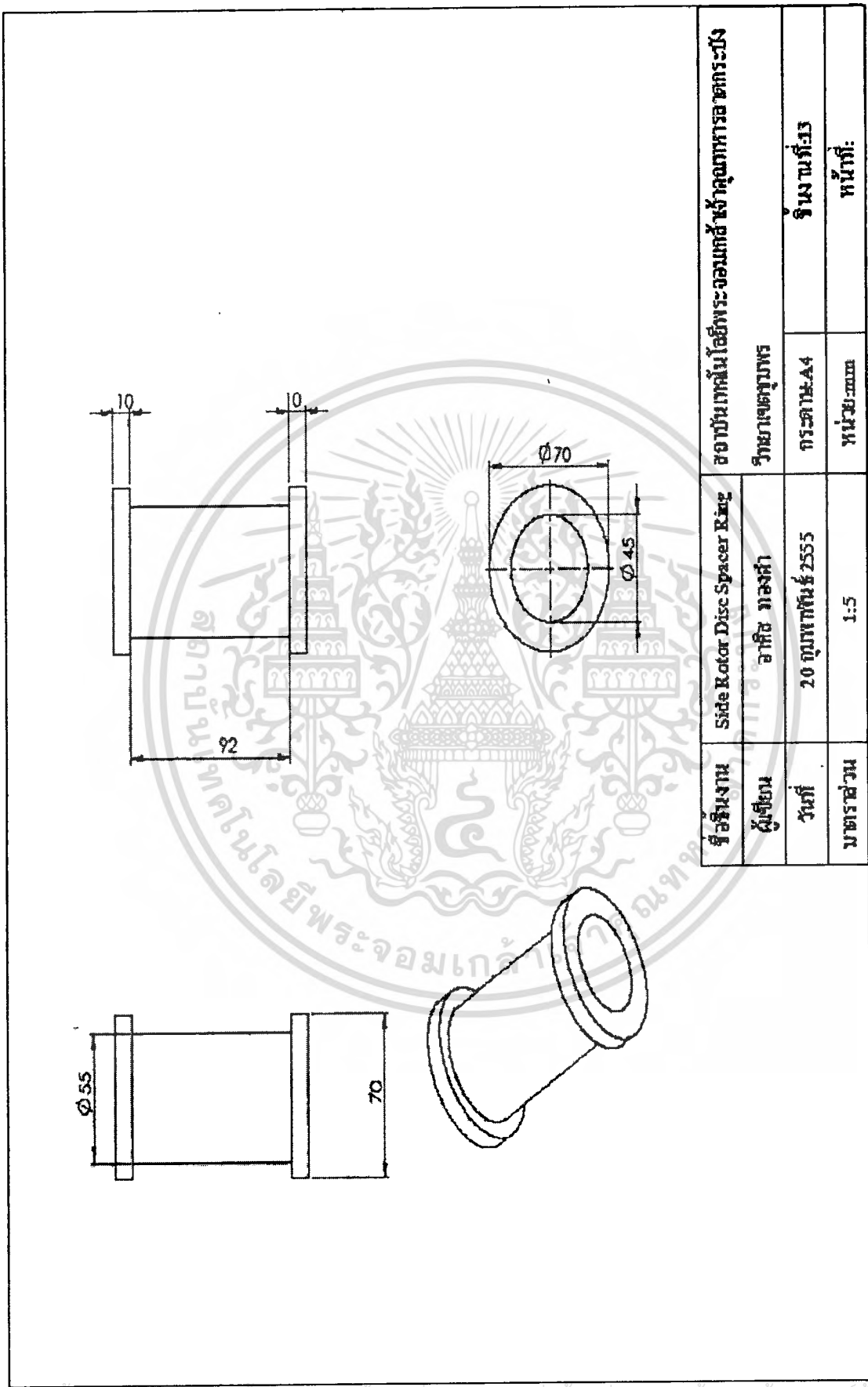
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อสินค้า	Frame support.	สอ. ขันกลมโพลีพรอสมทเคซี่เข้าคู่มือการถอดการปะบึง	
ผู้เขียน	อานิส ทอหง่า	วิทยาเขตชุมพร	
วันที่	20 กุมภาพันธ์ 2555	กระดาษ: A4	จำนวนที่: 12
มาตราส่วน	1:5	หน่วย: mm	วันที่:

รูปที่ ง. 12 Frame support

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อชิ้นงาน	Side Rotor Disc Spacer Ring	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
ผู้เขียน	อาทิตย์ กองคำ	วิทยาเขตชุมพร	
วันที่	20 กุมภาพันธ์ 2555	กระดาษ: A4	จำนวนที่: 3
มาตรฐาน	1:5	หน่วย: mm	หน้า: 1

รูปที่ 1.15 Side Rotor Disc Spacer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The 5th International Conference on Mechanical Engineering, 17-19th December 2014, Chiang Mai

Organised by: Thai Society of Mechanical Engineers: TSME

Department of Mechanical Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1 Chalong Krung road, Ladkrabang, Bangkok 10520

Tel. (02) 329 8350-1 Fax (02) 3298352

ASEAN AND BEYOND

24th September 2014

Subject: Letter of Acceptance for Oral Presentation

Dear Panya Dangvilailux

Paper ID in author console: 199

Paper ID for presentation: AMM042

Title: The Palm Nut Cracking Machine with Rotor type

The authors: Panya Dangvilailux

On behalf of the 5th International Conference on Mechanical Engineering (TSME-ICoME 2014) committee, I am pleased to inform you that the full manuscript of your paper entitled above has been ACCEPTED for presentation as oral presentation. The conference will be held at The Empress hotel, Chiang Mai, Thailand, during December 17-19, 2014.

I hope that all of you will have a wonderful experience with this fruitful conference, and at the same time enjoy the sights of Chiang Mai, Thailand. Your enthusiastic participation will make this meeting successfully.

If you have any queries, please do not hesitate to contact us.

We look forward to seeing you soon.

Sincerely yours,

Asst. Prof. Dr. Nattawoot Depaiwa

Vice-chairperson of TSME-ICoME 2014.

The Palm Nut Cracking Machine with Rotor type

Warunee Limmun¹, Panya Dangvilailux^{2*}

^{1,2} Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Chumphon, Thailand 86160

*Corresponding Author: Tel: 086 7546234, Fax: 077 591446,

E-mail: kdpanya@kmitl.ac.th

Abstract

The palm nut is recovered as a major by-product in the processing of palm fruit for palm oil. This research was conducted to study the effect of cracking of palm nut with Rotor type. The cracking was separate in two sections: one to the shells; and a second to the kernels. Nut samples were cracked in a machine, 'Tenera' nuts were sized ranging from 15 to 20 mm in diameter and Tenera, which has a thin shell of 0.5 to 4 mm thick. The machine consists of cracking chamber, hopper, a pair of rotor, ripple plate, driving shaft, pulley and main frame. The cracking chamber consists of a pair of rotor with dimension of diameter 380 mm made from cast-iron. The experiment was performed using weighing scales. For cracking machine, the clearance between rotor and ripple plate can be adjusted at three values, i.e. 10, 12 and 14 mm. Different speed including 700, 800, 900, and 1000 min⁻¹ were performed during the experiments. At the crank speed of 1000 rpm and clearance between rotor with ripple plate of 12 mm, kernel purity was 89.9%.

Keywords: oil palm fruit; crude palm oil; cracking machine; palm nut.

1. Introduction

Oil palm (*Elaeis guineensis*) is grown extensively in Southeast Asia and Equatorial Africa and it produces more oil per area than any other plant [1]. There are two types of oil that can be obtained from the oil palm: palm oil from the flesh of the fruit (mesocarp), and palm kernel oil from the seed or kernel (fig.1). The unripe fruits contain very little oil but the mesocarp of ripe fruits has an oil content of 70–75% of its total weight. Palm oil production in Malaysia is one of the highest among the producing countries and this is attributed to the climate and good management arising from R&D [2]. In the palm oil mill, the complete process of extracting crude

palm oil is carried out at temperatures ranging from 90 °C to 140 °C. Normally, fruit bunches are first treated in a sterilizer where saturated steam at a pressure of 3 kg/cm² and a temperature of 140 °C is introduced [3]. Sterilization serves two main purposes; it prevents free fatty acids (FFA) build-up in the oil, and it loosens the fruit on the bunch to facilitate stripping. Separated fruits are then heated in a digester at a temperature of 95–100 °C to separate the pulp of the nut hulls from the nuts. The crude palm oil is extracted with a screw press under high pressure and then clarified to remove dirt, fibres or gums. The reported range of free fatty acid content of crude palm oil was 2.3–6.7% according to [4,5] stated

AMM042

that poor and lengthy storage of fruits will lead to a considerable increase in free fatty acids that will affect the quality of oil.



Figure 1 (a) Individual spikelet, (b) detached ripe fruit, (c) longitudinal section of fruit showing mesocarp and white kernel flesh in the central nut of 'Tenera' oil palm.

Thailand produces oil palm Fresh Fruit Bunches (FFB) at an average yield of 3.05 kg per rai in 2012. The total oil palm planted area of Thailand increased by to 3.27 million rai in 2013. Thailand currently accounts for CPO at 411 million Liter of worldwide exports[6]. Thailand, currently ranked #3 in the world for CPO, is a potential and viable market for palm oil technology companies as the industry is currently honing new palm oil technologies and equipment to help spur its production further.

The palm nut is recovered as a major by-product in the processing of palm fruit (*Elaeis guineensis*) for palm oil. The nut is a composite biomaterial consisting of an outer hard shell and embedded softer kernel, which is extracted for the production of palm kernel oil. The oil is used as base material in various applications, including the manufacture of soap and edible fats, confectionery, glycerin and medicinal ointments. The economic importance of the palm kernel is further indicated by its use for animal feed, traditional medicine and other industrial applications. However, the quality of the oil depends, among other things, on efficient nut

cracking, which will enhance effective separation of the kernel from the shell. [7].

2. Material and Methodology

The palm nuts are more elliptical in shape, whereas the kernels are smooth and nearly spherical and the shells are semicircular in shape but with greater tendency to being flat. When whole palm nuts are cracked, the kernels are released due to the fragmentation of the shells. High levels of fragmentation enable the kernels to be easily removed. The degree of fragmentation of the shells depends on the type of nut cracker used. This research was some efforts on the separation of the shell from the kernel. The efficiency of the materials was limited largely because some shell particles and kernels have comparable sizes. In relation to palm kernel extraction, two varieties of the oil palm, namely, 'Dura' and 'Tenera', are common, and are classified as thick-shelled and thin-shelled fruits, respectively. This research was cracked in a machine, 'Tenera' nuts were sized ranging from 15 to 20 mm in diameter and 'Tenera', which has a thin shell of 0.5 to 4 mm thick. Cracking is implied when a material breaks without entire separation and nut cracking, therefore, occurs when loaded to rupture without crushing the embedded kernel. Peasant farmers, who abound in the trade, break the nuts, one at a time, between two stones judging the magnitude of the applied force by experience. Palm nut in a natural rest position lies longitudinally, so that the impact is applied along the lateral axis. This research was mechanical nut crackers often of the rotor type.

AMM042

The maximum contact stress due to force F in N at the centre of the surface of contact, denoted by σ_{max} in N/m², is given by

$$\sigma_{max} = \frac{2}{3} \left(\frac{F}{\pi \alpha \beta} \right) \dots \dots \dots 1$$

where, α are β the major and minor semi-axes in m of the elliptic contact area.

The values of α and β in Eqn (1) are expressed [8] as follows:

3. Experimental apparatus and procedure

3.1 The process of oil palm nut

Materials preparation was oil palm nut from 'Tenera', which was output of process on CPO KMITL Plant by drying on oil palm fruit of hot air at 105±5 °C about 1 hour. The nut and fiber were separated from the oil palm fruit by machine (Fig 2.). Through the drying of hot air process of nut at 105±5 °C about 30 minutes. This process was oil palm nuts of sample.

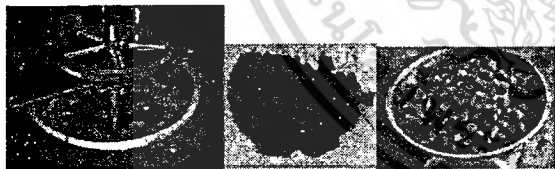


Figure 2 The process of separate nut and fiber

3.2 Components of Palm Nut Cracking Machine with Rotor type.

The Palm Nut Cracking Machine is supported on a frame(Main Structure) (Fig.3) and is powered by a 7.5 kW electric motor. the v-belt for power transmission; It consists mainly of the Swing Bracket; the Rotor rods made up of polar rods spaced 24 mm long 340 mm apart; the Ripple Plate; The Rotor shaft; Bearing; the

hopper for feeding the nut of palm; Rotor Disc etc.

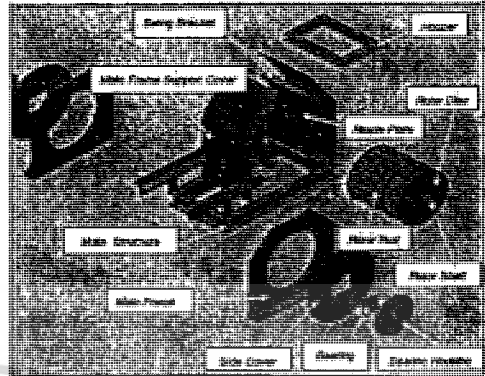


Figure 3 Components of Palm Nut Cracking

Machine with Rotor type

3.3 Experimental methods

1. Prepare 50 kg of oil palm nut per case(Fig.4a)
2. Turn on 7.5 Kw motor electric
3. Feed oil palm nut in hopper(Fig.4b)
4. Set speed of rotor shaft at 700 800 900 and 1000 rpm respectively.
5. Adjust, the clearance between rotor and ripple plat at 10, 12 and 14 mm. respectively.
6. Sampling weight at 2000 g of total oil palm nut cracking
7. Bring, shell kernel and nut separate by machine.
8. Record the relevant data.

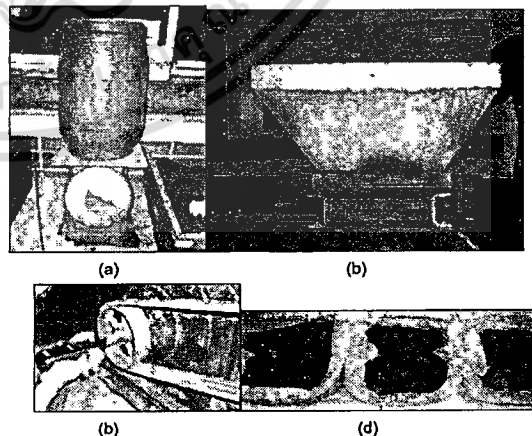


Figure 4 (a)Weight at 50 kg of oil palm nut (b)Feed oil palm nut in hopper (c)Set speed of rotor shaft (d) shell kernel and uncracked nut separate by machine

AMM042

Table 1: Different kernel fraction yield obtained by using various shaft speed for different clearance between rotor with ripple plat at sampling weight at 2000 g of total oil palm nut cracking per case

The shaft of speed (min ⁻¹)	clearance between rotor with ripple plat (mm.)	Uncracked Nuts(g)	Broken Kernel(g)	% efficiency
700	10	316	144	77
	12	334	114	79.6
	14	393	46	78.05
800	10	258	137	80.25
	12	282	76	82.1
	14	324	53	81.15
900	10	175	147	83.95
	12	222	99	85.95
	14	247	58	84.75
1000	10	147	128	86.25
	12	150	52	89.9
	14	237	48	87.75

4. Results and Discussion

This experimental methods presents for cracking efficiency, broken kernel and uncracked nut in shell percentages for separate nuts. Out of the 50 kg sample split into 2000 g.

Figure 5 Cracking Efficiency of separate nuts and shaft speed using different of clearance.

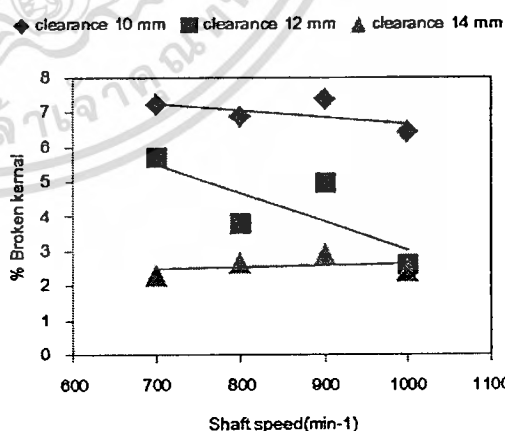
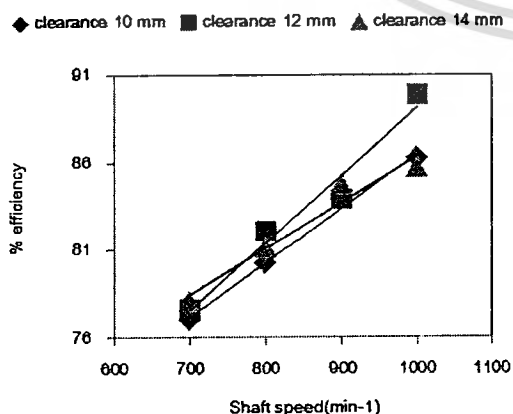


Figure 6 Percentage broken kernel of separated nuts and shaft speed using different of clearance.

AMM042

Using the shaft speed at 700 rpm clearance between rotor with ripple plat of 10 mm, the results obtained for the 'Tenera nut' were 316 g for the whole kernel in nut and 144 g for the broken kernel, which leads to low quality and low efficiency. This is illustrated in Table 1. However, using the crack speed at 1000 rpm clearance between rotor with ripple plat of 12 mm, the results obtained were 150 g for the whole kernel in nut and 52 g for the broken kernel, which also leads to high quality and efficiency.

5. Conclusion

This study establishes the need to separate nuts before cracking and also selecting an ideal shaft speed for clearance between rotor with ripple plat. To obtain high production efficiency, shaft speed to 1000 min is ideal for the cracking of nuts at clearance 12 mm. Since the amount of broken kernel is reduced by as much as uncracked Nuts 150 g and broken kernel 52 g. Demonstrate which also leads to increase efficiency to 89.9%(Fig 5).

6. Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the financial support provided under the Office of National Research Council of Thailand(NRCT) for the development of the experimental facilities described in this paper.

7. References

- [1] Poku, K. (2002). Small-scale palm oil processing in Africa. FAO agricultural services bulletin, 148.
- [2] Basiron, Y., & Chan, K. W. (2004). The oil palm and its sustainability. Journal of Oil Palm Research, 16, 1–10.
- [3] Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2003). The oil palm. USA: Blackwell (pp. 450–471).

- [4] Saad, B., Ling, C. W., Jab, M. S., Lim, B. P., Ali, A. S. M., Wai, W. T., et al. (2006). Determination of free fatty acids in palm oil samples using non-aqueous flowinjection titrimetric method. Food Chemistry, 102, 1407–1414.

- [5] Purseglove, J. W. (1985). Tropical crops–monocotyledons. London: Longman.

- [6] Wanapa sanade. Direction of thai oil palm. House agricultural magazing. URL: http://www.kehakaset.com/index.php?option=com_content&view=article&id=127:2011-03-02-12-48-15&catid=38:information, access on 1/02/2012

- [7] P. Y. Andoh, W. A. Agyare, J. Dadzie,(2010) Selection of an ideal mesh size for the cracking unit of a palm kernel processing plant. *Journal of Science and Technology, Vol. 30, No. 3 (2010), pp 109*

- [8] O.A. Koya; M.O. Faborode (2005) Mathematical Modelling of Palm Nut Cracking based on Hertz's Theory. Biosystems Engineering (2005) 91 (4), pp471–478



ภาคผนวก ฉ
รายงานการใช้จ่ายเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา.....



แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 3 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2557

หน่วยงาน วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

 แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ)
 แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การศึกษาเครื่องแยกเมล็ดในกับกะลาปาล์มสำหรับกลุ่มเกษตรกร

(ภาษาอังกฤษ) Development separate machine of nut and kernel palm for farmer usage

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ผศ.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2557

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2557

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 777,900 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 22 พ.ย. 56

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร : ค่าจ้างชั่วคราว	111,600	111,600	0
งบดำเนินงาน	666,300	666,300	
ค่าตอบแทน			
ค่าใช้สอย	111,000	294,090	0
ค่าวัสดุ	555,300	372,210	0
ค่าสาธารณูปโภค			
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-		
รวม	777,900	777,900	0

(..... ผศ.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์.....)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

..... 29 / ก.ย. / 2557

(..... (นางกนกจิระนัย แก้ววิจิตร).....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ทักท้วงข้อ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าที่การเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการ

ดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ



ประวัตินักวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล.....นายปัญญา แดงวิไลลักษณ์.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด..... 5 เม.ย. 2517 อายุ..... 38 ปีสถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2542
วศ.บ.เกียรตินิยมอันดับ 2	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยสยาม	2539

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา).....การออกแบบเครื่องจักรกลการเกษตร, เทคโนโลยีปาล์มน้ำมัน, Graphic Design, CAD/CAM/CAE, Network, คอมพิวเตอร์.....

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2545	ผลงานดีเด่น สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ.2545	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2556	งบประมาณเงินงบประมาณประจำปีพ.ศ.2556	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ
2556	งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ.2556	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯลาดกระบัง
2555	งบประมาณเงินงบประมาณประจำปีพ.ศ.2555	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ
2555	งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ.2555	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯลาดกระบัง

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ).....

.....ปัญญา แดงวิไลลักษณ์, จารวัตร เจริญสุข “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดออกไซด์ของกำมะถันจากการเผาไหม้ของถ่านหินผง” วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 16, ฉบับที่ 3, 2542

การเสนอผลงานวิชาการ

.....ปัญญา แดงวิไลลักษณ์, จารวัตร เจริญสุข “การประยุกต์วิธี Finite volume กับการจำลองการไหลในท่อขยายอย่างฉับพลัน” สัมมนาวิชาการวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12, ปีที่ 12, พฤศจิกายน 2541.

Pataru, Suppatkul, Panya Daungvilailus and Chamlong Prabkeao, “Development of Palm Oil Pressing Machine Without Sterilization Process”. International Workshop Strengthening

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the Application of Agricultural Engineering and Post harvest Technology for Effective and Sustainable Development in Agricultural Production, pp.129, Dec. 2005, Hanoi, Vietnam

ศิริระ สายศร. วสันต์. ดั่งวงศ์จันทร์. ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. “การศึกษากลไกการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟร่วมกับฟลูอิดไดซ์เบด.”การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18. หน้าที่ 860-863. ตุลาคม 2547. จ.ขอนแก่น

ศิริระ สายศร. ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. “การเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวโพดโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟและเครื่องอบแห้งแบบหมุนร่วมกับไมโครเวฟ”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19. หน้าที่ 1079-1084. ตุลาคม 2548. จ.ภูเก็ต

ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. จำลอง. ปรานแก้ว. “เครื่องบีบน้ำมันปาล์มขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกร”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19. หน้าที่ 360-365. ตุลาคม 2548. จ.ภูเก็ต

ดิษฐพร. ตุงโสธรานนท์. ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. พงษ์เจต พรหมวงศ์ และ วชร. กาลาสี. 2549. “ความต้องการพลังงานภาคการผลิตของประเทศไทยในแต่ละช่วงของเศรษฐกิจ: ส่วนที่ 1 ช่วงปี 1987-2004”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20. 18-20 ตุลาคม 2549. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

วชร. กาลาสี. ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. ดิษฐพร. ตุงโสธรานนท์ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์. 2549. “แนวโน้มความต้องการพลังงานในภาคการผลิตของไทย: ส่วนที่ 2 (2005-2020)”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20. 18-20 ตุลาคม 2549. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

ภฤช สมนึก. ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. วชร. กาลาสี. “พัฒนาการอบปาล์มน้ำมันด้วยไมโครเวฟชนิดสายพานลำเลียงแบบต่อเนื่อง”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22. 15-17 ตุลาคม 2551. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ศูนย์รังสิต

ภฤช สมนึก. ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. วชร. กาลาสี. “พัฒนาการอบปาล์มน้ำมันด้วยไมโครเวฟชนิดสายพานลำเลียงแบบต่อเนื่อง”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22. 15-17 ตุลาคม 2551. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ศูนย์รังสิต

ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. จำลอง. ปรานแก้ว. “เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะเลลายแบบสากจุง”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22. 15-17 ตุลาคม 2551. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ศูนย์รังสิต

ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

..... “ เครื่องแยกผลปาล์มจากทะเลลาย ชนิดดั่งกลมและฐานหมุน ”..... จำลอง. ปรานแก้ว.

..... จารวัตร. เจริญสุข และ ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. “ ผลงานดีเด่น สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ.2545 ได้รับอนุสิทธิบัตร เลขที่ 1.339 เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2546. และได้เผยแพร่ใน วารสารสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. ปีที่ 2 เล่มที่ 3 ประจำปีเดือนกุมภาพันธ์- มีนาคม 2546. วารสาร UP DATE. ปีที่ 18 ฉบับที่ 185 ประจำปีเดือนมกราคม 2546. และจดหมายข่าว ปาล์มน้ำมัน ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 เดือน ธันวาคม 2545. - กุมภาพันธ์ 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายวชร กาลาสี.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด.....อายุ.....ปีสถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548
วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2544

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา).....การออกแบบเครื่องจักรกลการเกษตร,
ยววงพารา, พลังงาน.....

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2548	ทุนผู้ช่วยวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (สกว.)	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (สกว.)
2548	ทุนเรียนดีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่/การเสนอผลงานวิชาการ(ระดับชาติ)

1. Wachara Kalasee, Surajit Tekasakul, Piroj Kirirat and Perapong Tekasakul. 2003. "Particle Size Distribution of Smoke from Rubberwood Burning", The 1st PSU Symposium on Graduate Research, March 12, 2003., Songkhla, Thailand.
2. Wachara Kalasee, Yuttapoom Pongpariyawatee, Wachirapan Tantaprapa, Suthirat Suwanjarat, Pairoj Kirirat and Perapong Tekasakul. 2003. "Fuel Efficiency Enhancement in The Rubber Smoking Process of The Rubber Cooperatives" The 17th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, October 15-17 2003, Prachinburi, Thailand.
3. Wachara Kalasee, Surajit Tekasakul, Piroj Kirirat and Perapong Tekasakul. 2004. "Improvement of Rubber Smoking Room for Rubber Cooperative in Southern Thailand", The 2nd PSU Symposium on Graduate Research, March 12 2004, Songkhla, Thailand.
4. พีระพงศ์ ทิมสกุล, วชร กาลาสี และ สุรจิตร์ ทิมสกุล. 2547. "การปรับปรุงการไหลในห้องรมยางของสหกรณ์ กองทุนสวนยางรุ่นปี 2537 เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิง", มอ. วิชาการ, 14-21 สิงหาคม 2547, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, ประเทศไทย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. พีระพงศ์ ทีฆสกุล, สุรจิตร์ ทีฆสกุล และ วุชร กาลาสี. 2548. “การปรับปรุงห้องรมยางของสหกรณ์ กองทุนสวนยางรุ่นปี 2537”, มอ. วิชาการ, 12-19 สิงหาคม 2548, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, ประเทศไทย.

6. นฤบดี ศรีสังข์, ทรงธรรม ไชยพงษ์, ปราโมทย์ กุศล, วุชร กาลาสี. 2549. “ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคผงซอล์กของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต”, นเรศวรวิจัยครั้งที่ 2, 28-28 กรกฎาคม 2549, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

7. วุชร กาลาสี, นฤบดี ศรีสังข์, ภัทร สุพัตกุล และ พีระพงศ์ ทีฆสกุล. 2549. “ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต: ส่วนที่ 1 อนุภาคเขม่าควันและฝุ่นแป้ง”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

8. นฤบดี ศรีสังข์, จรัสชัย เย็นพยับ, พีระพงศ์ ทีฆสกุล และ วุชร กาลาสี. 2549. “ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคเขม่าควันของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต: ส่วนที่ 2 ผลกระทบของความต่างศักย์”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

9. ดิษฐพร ตุงโสธานนท์, ปัญญา แดงวิไลลักษณ์, พงษ์เจต พรหมวงค์ และ วุชร กาลาสี. 2549. “ความต้องการพลังงานภาคการผลิตของประเทศไทยในแต่ละช่วงของเศรษฐกิจ: ส่วนที่ 1 ช่วงปี 1987-2004”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

10. วุชร กาลาสี, ปัญญา แดงวิไลลักษณ์, ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ และ พงษ์เจต พรหมวงค์. 2549. “แนวโน้มความต้องการพลังงานในภาคการผลิตของไทย: ส่วนที่ 2 (2005-2020)”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่/การเสนอผลงานวิชาการ(ระดับชาติ)

1. Wachara Kalasee, Surajit Tekasakul, Yoshio Otani and Perapong Tekasakul. 2003. “Characteristics of Soot Particles Produced from Rubberwood Combustion”, The 2nd Asian Particle Technology Symposium (APT 2003), Volume II, December 17-19, 2003, Penang, Malaysia.

2. Perapong Tekasakul, Surajit Tekasakul, Wachara Kalasee, Mitree Tantichaowan and Yoshio Otani. 2005. “Removal of Smoke Particles produced from Rubberwood Combustion in Rubber Smoke Industry”, The 4th Asian Aerosol Conference (ACC- 2005), December 13-16, 2005, Bombay, India.

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล..... นายดิษฐ์พร ตุงโสธานนท์.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด..... อายุ..... ปีสถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2548
วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2545

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)..... การออกแบบเครื่องจักรกล, เครื่องยนต์.....

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่/การเสนอผลงานวิชาการ(ระดับชาติ)

1. ดิษฐ์พร ตุงโสธานนท์, ปัญญา แดงวิไลลักษณ์, พงษ์เจต พรหมวงศ์ และ วุชร กาลาสี. 2549. “ความต้องการพลังงานภาคการผลิตของประเทศไทยในแต่ละช่วงของเศรษฐกิจ: ส่วนที่ 1 ช่วงปี 1987-2004”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
2. วุชร กาลาสี, ปัญญา แดงวิไลลักษณ์, ดิษฐ์พร ตุงโสธานนท์ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์. 2549. “แนวโน้มความต้องการพลังงานในภาคการผลิตของไทย: ส่วนที่ 2 (2005-2020)”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายศิริระ สายสร.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด.....อายุ.....ปีสถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Ph.d	เทคโนโลยีพลังงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2553
วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2545
วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2542

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา).....การไหลสองสถานะในท่อขนาดไมโคร
 แชนเนล. เทคนิคการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2008	Outstanding oral presentation in RGJ-Ph.D. Congress IX April 4-6, 2008	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ).....

1. Saisorn S., Wongwises S. A review of two-phase gas-liquid adiabatic flow characteristics in micro-channels. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 2008; 12: 824-838. มี impact factor 4.842
2. Saisorn S., Wongwises S. Flow pattern, void fraction and pressure drop of two-phase air-water flow in a horizontal circular micro-channel. *Experimental Thermal and Fluid Science* 2008; 32: 748-760. มี impact factor 1.234
3. Saisorn S., Wongwises S. An inspection of viscosity model for homogeneous two-phase flow pressure drop prediction in a horizontal circular micro-channel. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 2008; 35: 833-838. มี impact factor 1.189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Saisorn S, Wongwises S. An experimental investigation of two-phase air-water flow through a horizontal circular micro-channel. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2009; 33: 306-315. มี impact factor 1.234
5. Saisorn S, Wongwises S. The effects of channel diameter on flow pattern, void fraction and pressure drop of two-phase air-water flow in circular micro-channels. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2010; 34: 454-462. มี impact factor 1.234
6. Saisorn S, Kaew-On J, Wongwises S. Flow pattern and heat transfer characteristics of R-134a refrigerant during flow boiling in a horizontal circular mini-channel. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2010; 53: 4023-4038. มี impact factor 1.947

ผลงานวิชาการอื่น ๆ (เช่น Proceeding ตำรา ฯลฯ)

1. Saisorn S, Wongwises S. Two-phase flow in circular micro-channels. *ECI International Conference on Heat Transfer and Fluid Flow in Microscale*; Whistler Canada, September 21-26, 2008.
2. Saisorn S, Kaew-On J, Wongwises S. Flow boiling heat transfer characteristics of R-134a in horizontal and vertical mini-channels. *8th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels*; Montreal Canada, August 1-5, 2010.
3. ศิระ สายสร, วสันต์ ด้วงคำจันทร์, ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. “การศึกษาจากกลไกการอบแห้งเม็ดข้าวโพดโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟร่วมกับฟลูอิดไดซ์เบด”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18, 18-20 ตุลาคม 2547. จังหวัดขอนแก่น
4. ศิระ สายสร, ปัญญา แดงวิไลลักษณ์. “การเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวโพดโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดร่วมกับไมโครเวฟและเครื่องอบแห้งแบบหมุนวนร่วมกับไมโครเวฟ”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19, 19-21 ตุลาคม 2548 จังหวัดสงขลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายไชยรัตน์ เพชรศิริ

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด อายุ ปีสถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยมหานคร	2540

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) เครื่องมือกล, การเชื่อม, งานระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้