

เครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลือง
SOY A BEAN MACHINE

18 ค.ค. 2544



โครงการวิศวกรรมศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2543

หัวข้อโครงการวิศวกรรมศาสตร์
โดย

ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

เครื่องคั่นน้ำนมถั่วเหลือง
นายเฉลิมพงษ์ รักนัม
นายไพฑูรย์ ชาติเจริญ
นายอาจหาญ ณ นรงค์
วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ประจำ นุณขวานิชกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อนุมัติให้นับโครงการ
วิศวกรรมศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตบัณฑิต

_____ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รศ.ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมศาสตร์

_____ ประธานกรรมการ
(อาจารย์ประจำ นุณขวานิชกุล)

_____ กรรมการ
(อาจารย์สมชาย แฉ่มโต)

_____ กรรมการ
(อาจารย์ภาคภูมิ ศรีธรรมรัตน์)

เครื่องคั่นน้ำมันถั่วเหลือง
ปีการศึกษา 2543

โดย

นายเฉลิมพงษ์ รักนัม
นายไพฑูรย์ ชาติเจริญ
นายอาจหาญ ณ นรงค์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ประจำ นุญชวานิชกุล

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมศาสตร์นี้ได้ศึกษาถึง การคั่นถั่วเหลืองด้วยเครื่องมือคั่น โดย การนำเอาถั่วเหลืองซึ่งผ่านจากการแช่น้ำหรือคั้นจนเนื้อถั่วเหลืองนิ่มแล้วเข้าทำการบดด้วยเครื่อง บดแล้วส่งผ่านไปยังเครื่องคั่นต่อไปในส่วนเครื่องคั่นนั้นทำจากหินกลม 2 แผ่น โดยที่แผ่นหนึ่ง ยึดติดอยู่กับที่และอีกแผ่นหนึ่งหมุนเพื่อที่จะทำการบดถั่วเหลืองจากเมล็ดถั่วเหลืองให้ละเอียด โดยความเร็วของหินบดประมาณ 365 รอบต่อนาทีในส่วนเครื่องคั่นนั้นใช้หลักการของสกรูส่ง กำถั่ว โดยความเร็วรอบในการหมุนของสกรูประมาณ 60 รอบต่อนาทีซึ่งจะทำให้ได้น้ำมันถั่ว เหลืองประมาณ 30 ลิตรต่อชั่วโมง

จากการทดสอบเครื่องคั่นน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้ถั่วเหลืองที่แช่น้ำ 2 กิโลกรัม และใช้น้ำ 9 กิโลกรัมจะทำให้ได้น้ำมันถั่วเหลือง 8.35 กิโลกรัม โดยใช้เวลาในการทดสอบ 14 นาที สามารถหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกากได้ 31.5 เปอร์เซ็นต์

SOY A BEAN MACHINE

Academic Year 2000

By

Mr.Chalermpong Rucknim

Mr.Paitoon Chatjaroen

Mr.Ardharn Na narong

Projector Report Advisor

Mr.Pracha Bunyawanchakul

ABTRACT

This project decrepit a study to press a bean to get soy a bean .By use a bean each pass boil or immerse water to grinned by use grinder from that sent pass to squeezedThe part of grinder made from two disc stone. By one disc stone is fix and one disc stone is rotate. The rotations of disc about 365 rpm. The part of sequencer machine use screw principle or conveyer to operating. The rapid of sequencer about 60 rpm. This machine can give soy milk about 30 l/hr.

From soy a bean machine test by use a bean immerses 2 kg and water 9 kg. Can make soy a bean 8.5 kg and humidity of meal 31.5 percent. By use time for test 14 minute.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ความสำเร็จโครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตนี้ได้รับคำแนะนำจากท่านอาจารย์ในคณะวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านตลอดจนพนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ให้คำปรึกษา

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านประธานกรรมการสอบอาจารย์ประจำ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขจนทำให้โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดจนคำแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำโครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตนี้จากเพื่อนๆและร่วมงานทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิศวกรรมศาสตร์	1
ขอบเขตของโครงการวิศวกรรมศาสตร์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎี	
หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องทำนํ้านมถั่วเหลือง	3
ความปลอดภัย	3
ความเค้น	4
ความเครียด	6
การบิด	7
การออกแบบเพลลา	8
วัสดุเพลลา	8
ขนาดของเพลลา	9
การพิจารณาในการออกแบบเพลลา	9
สายพานลิ้ม	10
ขนาดของสายพานและล้อสายพานลิ้ม	10
กลศาสตร์ของสายพานลิ้ม	11
การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ้ม	11
โรตติงเบริง	13

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2. ทฤษฎี (ต่อ)	
ชนิดของแบร็ง	14
ลิ้ม	17
ความเค้นที่รอยต่อด้วยลิ้ม	18
สกรูส่งกำลัง	19
โมเมนต์บิดสำหรับสกรูส่งกำลัง	20
การออกแบบสกรูส่งกำลัง	21
คัปปลิงแบบอ่อนตัว	22
อัตราการค้าเลี้ยง	23
3. การคำนวณและการออกแบบ	25
4. ผลการทดลอง	45
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวกที่ 1 แสดงตารางข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ	55
ภาคผนวกที่ 2 แสดงรูปเครื่องคั่นน้ำมันตัวเหลืองและการทดสอบ	73
ภาคผนวกที่ 3 แสดงแบบเครื่องคั่นน้ำมันตัวเหลือง	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงการคำนวณหาอัตราการคืบของเครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลือง	48
4.2 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองระหว่างการคั้นด้วยเครื่องและการคั้นด้วยมือ	49
ตารางภาคผนวกที่ 1	
1.1 โลหะหนักผสมนอกกลุ่มเหล็ก	56
2.2 แสดงโครงสร้างทั่วไปของเหล็กเหนียว	57
2.3 ค่าความปลอดภัย	58
2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย f_u และ f_c	58
2.5 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าที่ชุบแข็งได้	59
2.6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน ISO/R 775 – 1969	60
2.7 ตัวประกอบความถี่	60
2.8 ขนาดลิ้มมาตรฐานที่ใช้กับเพลานขนาดต่างๆ	61
2.9 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO/R 52 – 1975(E) และ ISO/R 253 – 1962 (E)	63
2.10 ตัวประกอบใช้งาน N_f สำหรับสายพานลิ้ม	64
2.11 ขนาดสายพานลิ้มและล้อสายพานตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 256 - 1962 (E)	66
2.12 ตัวประกอบส่วนโค้งสัมผัส N_s สำหรับสายพานลิ้ม	67
2.13 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด “ B “	68
2.14 ข้อมูลทางเทคนิคแสดงขนาดเบร้ง	69
2.15 ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์	70
2.16 ข้อมูลทางเทคนิคของเกียร์ทดรอบ	71
2.17 ข้อมูลทางเทคนิคของเกียร์ทดรอบ	72

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แรงชนิดต่างๆ	4
2.2 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	10
2.3 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดสายพานลิ่ม	12
2.4 ส่วนต่างๆของบอลเบริง	13
2.5 บอลเบริงชนิดต่างๆ	15
2.6 โรลเลอร์เบริงชนิดต่างๆ	17
2.7 แรงบนรอยต่อด้วยลิ่ม	18
2.8 แผนภาพแรงปฏิกิริยาบนเกสียวเนื่องจากการรับแรง	20
2.9 Rubber insert coupling	22
2.10 แฟลเตอร์ลดอัตราการล้าเสียที่เนื่องมาจากชุดสกรูล้าเสียตั้งเดียว	24
3.1 หลักการส่งกำลังของเครื่องคั่นน้ำมันถั่วเหลือง	27
รูปภาคผนวกที่ 2	
2.1 ถั่วเหลืองแช่น้ำก่อนการคั่น	74
2.2 กากถั่วเหลืองที่ได้จากการคั่น	74
2.3 เครื่องคั่นน้ำมันถั่วเหลือง	75
2.4 เครื่องคั่นน้ำมันถั่วเหลืองขณะทำงาน	75

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
σ	ความเค้น	N/mm^2
σ_x	ความเค้นใช้งาน	N/mm^2
σ_y	ความต้านแรงดึงคราก	N/mm^2
σ_u	ความต้านแรงดึง	N/mm^2
σ_t, σ_c	ความเค้นดึงและความเค้นอัด	N/mm^2
τ	ความเค้นเฉือน	N/mm^2
τ_u	ความเค้นเฉือนใช้งาน	N/mm^2
ε	ความเครียด	-
θ	มุมบิดของเพลลา	rad
ϕ	แฟกเตอร์ความเค้มราง	-
ϕ	มุมเกลียวของสกรู	rad
F	แรงกระทำในแนวตั้งฉาก	N
N_x, N_y	ค่าความปลอดภัย	-
A	พื้นที่หน้าตัด	mm^2
A_r	พื้นที่รับแรงของสกรู	mm^2
E	โมดูลัสความหยุ่น	N/mm^2
d	เส้นผ่านศูนย์กลาง	mm
d_o	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	mm
d_i	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	mm
d_m	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของสกรู	mm
d_p	เส้นผ่านศูนย์กลางของดัดสายพาน	mm
d_1	เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวสกรู	mm
d_2	เส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ของเกลียวสกรู	mm
d_3	เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กของเกลียวสกรู	mm
h	ความสูงของลิ้ม	mm
b	ความกว้างของลิ้ม	mm
dl _s	ความยาวของลิ้ม	mm

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
d_r	เส้นผ่าศูนย์กลางร่อน	mm
l_u	ความยาวประสิทธิภาพของกิม	mm
r	รัศมีภายนอกของท่อกลม	mm
t	ความหนา	mm
L	ความยาว, ความยาวเดิม	mm
T	โมเมนต์บิด	N.mm
G	โมดูลัสเฉือน	N/mm ²
T	โมเมนต์ของความเฉื่อย	mm ⁴
W_p	กำลังงาน	Watt
N_s	ความเร็วรอบ, ตัวประกอบใช้งาน	-
N_u	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส	-
N_l	ตัวประกอบแก้ไขความยาวของสายพาน	-
P_r	กำลังที่สายพานเส้นหนึ่งสามารถรับได้	Watt
C	ระยะห่างน้อยสุดระหว่างศูนย์กลางของสายพาน	mm
C_{max}	ระยะห่างมากสุดระหว่างศูนย์กลางของสายพาน	mm
F_r	แรงปฏิกิริยาซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับผิวหน้าของเกลียว	N
OA	เวกเตอร์ซึ่งมีทิศตั้งฉากเท่ากับน้ำหนักแต่ทิศทางตรงข้าม	-
OB	เวกเตอร์ของแรงระหว่าง แรง F_r และ OA	-
f_t	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างเกลียวและแป้นเกลียว	-
W	แรงกดในแนวราบ	kg
I_v	อัตราการลำเลียงเชิงปริมาตร	m ³ /hr
D	ขนาดความโตของเกลียวตกรู	mm
S	ระยะบิดเกลียวของตกรู	mm
N	ความเร็วรอบของตกรู	rpm
K	อัตราการลำเลียงเนื่องมาจากตกรูลำเลียงตั้งตรง	m ³ /hr
M	อัตราการลำเลียง	kg/hr
M	มวลหีนบด	kg
m_ω	อัตราทด	-

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
V	ความเร็ว	m/s
P	ระยะพิคซ์ของศกรู	mm
L	ความยาวของศกรู	mm



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ในปัจจุบันผู้คนได้ให้ความสนใจกับสุขภาพของตนเองมากขึ้น และสิ่งหนึ่งที่ตามมาคือเรื่องของการรับประทานอาหารและโภชนาการเพราะอาหารและโภชนาการนั้นมีผลโดยตรงต่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์อาหารอะไรที่มีสารอาหารมากและมีผลดีต่อสุขภาพก็เป็นที่ต้องการมากของผู้คนก็คือผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เพราะถั่วเหลืองเป็นพืชที่ให้คุณค่าทางอาหารมากเพราะนอกจากจะให้สารอาหารอื่นๆแล้วยังให้โปรตีนเทียบได้กับเนื้อสัตว์แต่ราคาถูกกว่าหลายเท่าตัวซึ่งเป็นจุดเด่นที่ทำให้ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเป็นที่นิยมมาก

ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองอย่างหนึ่งที่ได้รับคามนิยมมากและเป็นที่ยึดกันก็คือ น้ำเต้าหู้เพราะราคาถูก ง่ายต่อการบริโภค และคุณค่าทางอาหารมาก ซึ่งขั้นตอนในการทำน้ำเต้าหู้ก็นำถั่วเหลืองมาต้มหรือแช่น้ำประมาณ 4-5 ชั่วโมงเพื่อให้ย่อยต่อการแปรรูป จากนั้นก็นำมาบดหรือไม่เสร็จแล้วก็เอามาคั้นเพื่อให้ได้น้ำถั่วเหลืองที่ต้องการ แต่ในการแปรรูปดังกล่าวนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากเพราะในการทำจริงๆเมื่อเมล็ดถั่วเหลืองผ่านการบดแล้วต้องนำมาคั้นอีกซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเวลา และการบำรุงรักษาเครื่องมือ

จึงเกิดแนวความคิดว่าน่าจะนำเครื่องมือทั้งสองตัวนี้มารวมกันจะทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการทำน้ำเต้าหู้มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลือง
2. เพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณการผลิตโดยการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้

ขอบเขตของโครงการ

1. เครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลืองประกอบด้วยสองส่วนคือ
 - ส่วนที่ทำการบดเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อเตรียมสู่ขั้นตอนของการคั้น
 - ส่วนที่ทำการคั้นถั่วเหลืองที่ถูกบดแล้วเพื่อที่จะเอาน้ำนมถั่วเหลืองออกมา
2. เครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลืองสามารถแยกกากถั่วเหลืองและน้ำนมถั่วเหลืองออกจากกันได้
3. เครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลืองสามารถทำการคั้นน้ำนมถั่วเหลืองได้ประมาณ 30 ลิตรต่อชั่วโมง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ผู้ใช้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการทำงานและง่ายต่อการบำรุงรักษาเพราะจากเดิมที่มีสองเครื่อง คือ เครื่องบดและเครื่องคั้นถูกนำมารวมเป็นเครื่องเดียว
2. ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือง

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการทางเบื้องต้นของเครื่องทำนํ้านมถั่วเหลือง

การทำงานเบื้องต้นของเครื่องทำนํ้านมถั่วเหลืองก็คือ เมื่อนํ้าวัตถุดิบคือ ถั่วเหลือง ที่ผ่านนํ้าการต้มหรือแช่นํ้ามาแล้วนํ้ามาใส่เครื่องบดซึ่งติดตั้งอยู่ด้านบน เมื่อถั่วเหลืองที่บดแล้วตก มาตามช่องที่ต่อไปยังเครื่องคั้น ซึ่งใช้หลักการของสกรูเกลียวตัวหนอนแต่ลักษณะที่ต่างจากเกลียว ตัวหนอน คือ เกลียวของเครื่องคั้นนํ้านมถั่วเหลืองนี้จะมีลักษณะที่คล้ายกับ สกรูขนถ่าย เมื่อ

ถั่วเหลืองที่บดแล้วถูกถั่วเหลืองและอัดโดยการหมุนไปเรื่อยๆ ของสกรูโดยด้านของ ปลายสกรูจะถูกหน้าแปลนซึ่งจะมีลักษณะเป็นรูปกรวยปลายคี่กันไว้ และสามารถปรับตั้งช่อง ระบายกากออกได้ นํ้านมถั่วเหลืองก็จะออกตามรูตะแกรงและไหลลงสู่ด้านล่างของเครื่องคั้นนํ้านม ถั่วเหลือง

ในการออกแบบโครงสร้างและชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางด้าน กลศาสตร์วัสดุ พลศาสตร์ วัสดุศาสตร์ และอื่นๆมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับ ลักษณะของชิ้นงานและการนำไปใช้งาน

ความปลอดภัย (Design Factor)

ค่าความปลอดภัย หมายถึง ตัวเลขที่นำไปหาค่าความต้านแรงดึงหรือความต้าน แรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความใช้งาน (Design stress, σ_d) ถ้าวัสดุอยู่ภายใต้แรงเฉือนก็จะ ได้ความเฉือนใช้งาน (Design Shear Stress, τ_d)

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{N_u} \quad (2.1)$$

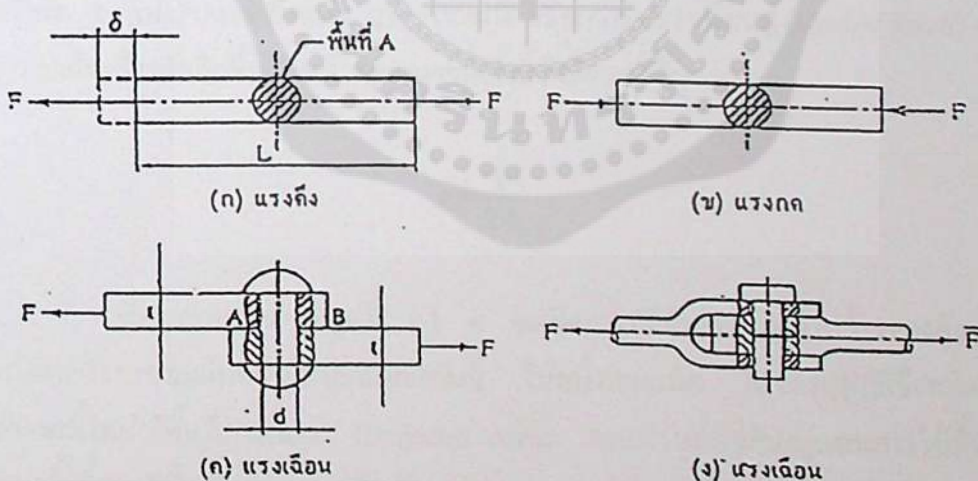
$$\tau_d = \frac{\tau_y}{N} \quad (2.2)$$

โดยที่	σ_d	คือความเค้นใช้งาน	N/mm^2
	σ_y	คือความต้านแรงดึงคราก	N/mm^2
	σ_u	คือความต้านแรงดึง	N/mm^2
	N, N_u	คือความปลอดภัย	
	τ_d	คือความเค้นเฉือนใช้งาน	N/mm^2

สำหรับการเลือกค่าความปลอดภัยไปใช้งานนั้น จะขึ้นอยู่กับลักษณะของแรงที่มากระทำ กับชิ้นส่วนซึ่งสามารถเลือกได้จากตารางภาคผนวกที่ 1.3

ความเค้น (Stress)

ความเค้นคือแรงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับแรง ความเค้นอย่างง่ายมีอยู่ 3 ชนิด คือ ความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน



รูปที่ 2.1 แรงชนิดต่างๆ

พิจารณารูปที่ 2.1 ก และ 2.1 ข ซึ่งเป็นท่อนโลหะกลมอยู่ภายใต้แรงดึง และแรงกด F ตามลำดับ ความเค้นดึงและความเค้นกดก็คือ

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

โดยที่ σ_t และ σ_c คือความเค้นดึงและความเค้นอัด N/mm^2

F คือแรงกระทำในแนวตั้งฉาก N

A คือพื้นที่หน้าตัด mm^2

ในกรณีที่โลหะยึดติดกันด้วยหมุดย้ำ ดังรูปที่ 2.1 ค หมุดย้ำอาจขาดเนื่องจากแรงเฉือนกระทำที่หน้าตัด AB ถ้าพื้นที่ของหมุดย้ำคือ

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

โดยที่ τ คือความเค้นเฉือน N/mm^2

ถ้าพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงเฉือนมากกว่า 1 แห่งเช่น ในรูปที่ 2.1 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 2 แห่งรับแรงเฉือนคือ $2A$ ในกรณีนี้เรียกว่ารับแรงเฉือนคู่ (Double Shear) เพราะฉะนั้นความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของหมุดย้ำนี้จึงมีค่าเท่ากับ

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad (2.6)$$

พิจารณาหมุดย้ำในรูปที่ 2.1 ค จะเกิดการอัดกันระหว่างด้านข้างของตัวหมุดย้ำกับแผ่นโลหะด้วยความเค้นที่ผิวโลหะสัมผัสกันนี้ ไม่สม่ำเสมอนัก ในทางปฏิบัติจึงสามารถหาความเค้นกดนี้โดยใช้พื้นที่ภาพฉาย (Projected Area) ของส่วนที่อัดกันอยู่แทนการใช้พื้นที่จริงรอบๆหมุดย้ำนี้และมีชื่อเรียกว่าความเค้นอัด (Bearing Stress) ถ้าหมุดย้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง d ความเค้นอัดนี้คือ

$$\tau = \frac{F}{dt} \quad (2.7)$$

โดยที่ d คือเส้นผ่านศูนย์กลาง mm
 t คือความหนา mm

ความเครียด (Strain)

ความเครียด หมายถึง อัตราส่วนระหว่างส่วนที่ยืด หรือส่วนที่หดของชิ้นงานต่อความยาวเดิม จากรูปที่ 2.1 ก ส่วนที่ยืดออกเนื่องจากแรง F เท่ากับ σ ฉะนั้นความเครียดจึงเท่ากับ

$$\epsilon = \frac{\sigma}{L} \quad (2.8)$$

จากกฎของฮุก (Hook's Law)

$$\sigma = E \times \epsilon \quad (2.9)$$

แต่ $\sigma = \frac{F}{A}$ ฉะนั้นเมื่อแทนค่า ϵ จากสมการที่ 2.5 ลงในสมการที่ 2.6 จะได้ว่า

$$\sigma = \frac{FL}{AE} \quad (2.10)$$

โดยที่ E คือโมดูลัสความหยุ่น (Modulus of Elasticity) หรือ Young's Modulus

σ คือความเค้น N/mm^2

ϵ คือความเครียด

L คือความยาวเดิม mm

การบิด (Torsion)

แรงบิดหมายถึงแรงที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดการหมุนหรือเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิม

โมเมนต์บิด (Torque) คือ โมเมนต์ที่พยายามบิดท่อนวัตถุให้เปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม มีค่ารวมเท่ากับผลรวมทางพีชคณิตโมเมนต์ของแรงต่างๆรอบแกนของท่อนวัตถุชิ้นส่วนเครื่องกลที่มีพื้นที่หน้าตัดกลมอยู่ภายใต้โมเมนต์บิดไปเป็นมุมเท่ากับ

$$\theta = \frac{TL}{JG} \quad (2.11)$$

โดยที่ θ คือมุมที่บิดไปของเพลลา	Rad
T คือ โมเมนต์บิด	Nmm
L คือความยาวของเพลลาที่ถูกบิด	mm
G คือ โมดูลัสเฉือน (Modulus of Rigidity)	N/mm ²
J คือ Polar Area Moment of Inertia	mm ⁴
J คือ $\frac{\pi d^4}{32}$ สำหรับเพลลาตัน	mm ⁴
J คือ $\frac{\pi}{32}(d_o - d_i)^4$ สำหรับเพลลาทวง	mm ⁴
d_o คือเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	mm
d_i คือเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	mm

ความเค้นเฉือนที่เกิดจากการบิดจะมีค่าสูงสุดที่ผิวหน้าของท่อนนี้สามารถคำนวณได้

จากสมการ

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (2.12)$$

โดยที่ r คือรัศมีภายนอกของท่อนกลม mm

สำหรับเครื่องที่ส่งกำลังมาตามเพลลาสามารถคำนวณค่าโมเมนต์บิดได้จากสมการ

$$W_p = T\omega = 2\pi N_s \quad (2.13)$$

โดยที่ W_p คือกำลังงานเป็นวัตต์ W

T คือ โมเมนต์บิด Nmm

ω คือความเร็วเชิงมุม Rad/s

N_p คือความเร็วรอบ rps

การออกแบบเพลา

เพลาเป็นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิดทำหน้าที่เป็นส่วนที่หมุนและใช้ส่งกำลัง ดังนั้นจึงพิจารณาถึงการออกแบบเพลาโดยเฉพาะ ซึ่งเพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงคด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้น การคำนวณจึงต้องใช้ความแม่นยำเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจะต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลาจะต้องมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่เหมาะสม ระยะโก่ง (deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลา มีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤติ (critical speed) ของเพลาตกลง ซึ่งอาจทำให้เพลาเกิดการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตินี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลเบริง (ball bearing) ก็ต้องมีการเอียงแนว (misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไปคือ เหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลา มีราคาถูกที่สุด จะต้องเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

ขนาดของเพลลา

เพื่อให้เพลลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลลาด้วย ขนาดระบุของเพลลาได้จากตารางภาคผนวกที่ 1.6

การพิจารณาในการออกแบบเพลลา

การคำนวณหาขนาดของเพลลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลลาเพื่อให้เพลลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวนั้นไม่เป็นการเพียงพอ ดังนั้นมุมบิดของเพลลาที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือ เพลลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ภายในพิสัยที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากเกินไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เพืองและแบริ่งที่รองรับเพลลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่าย

ถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3 องศาต่อความยาวเพลลา 1 m สำหรับเพลลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 1 องศาต่อความยาวเพลลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างก็คือ ความแข็งแรงทางด้านระยะ โกง เพราะจะต้องใช้ระยะ โกงของเพลลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลลาให้เหมาะสม จำเป็นต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาตให้มีการเอียงแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกะกับระยะ โกงของเพลลาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบริ่งแบบธรรมดา หรือแบริ่งแบบปรับแนวได้เอง (self-aligning bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะ โกงเป็นสำคัญ ระยะ โกงดังกล่าวมานี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งแรงทางด้านระยะ โกงได้ ดังนี้คือ

สำหรับเพลลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะ โกงระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบริ่งควรจะไม่เกิน 0.08 mm/m จากเหตุผลดังกล่าว จะเห็นว่าขนาดของเพลลาอาจจะหามาได้โดยใช้ความแข็งแรงที่ต้องการ แทนที่จะเป็นความแข็งแรงในการรับแรงภายนอกได้

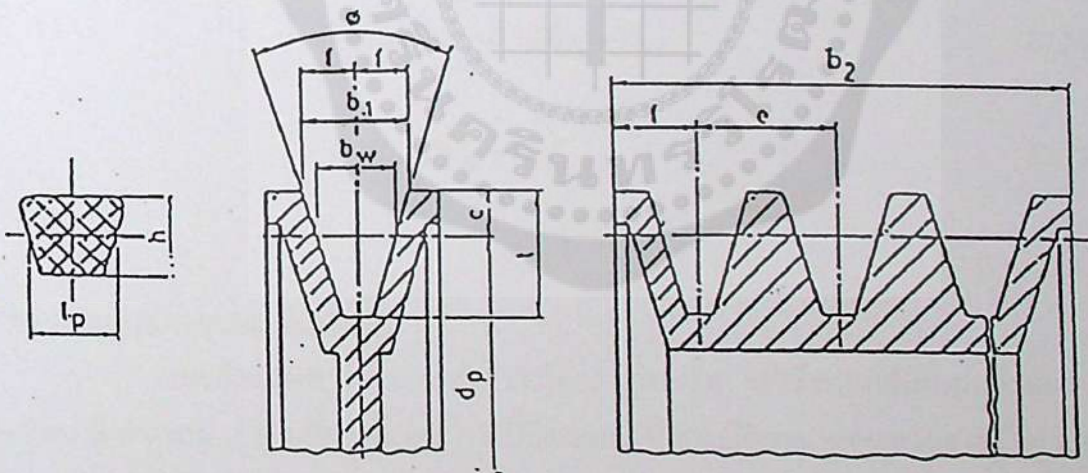
สายพานลิ้ม

สายพานลิ้มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงชั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย

การขับเคลื่อนสายพานลิ้ม มีข้อดีคือ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนี้ยังมีขนาดกระทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบร็งของเพลลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไปซึ่งสายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7: 1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10: 1

ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ้ม

สายพานลิ้ม มีหน้าตัดเป็นภาพลิ้ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิช (Pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ้มแบบแคบ (Narrow V-belt) มีขนาด SPB และ SPC และสายพานลิ้มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ภาพร่างหน้าตัดของสายพานลิ้มและล้อสายพานดูได้จากรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 หน้าตัดสายพานลิ้มและล้อสายพาน

กลศาสตร์ของสายพานลิ้ม

การคำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพาน

$$C_{\max} = 2(d_p - D_p) \quad (2.14)$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p - D_p) \quad (2.15)$$

การหาความยาวพิตช์โดยประมาณจาก

$$L_p = 2C + 1.57(d_p - D_p) \frac{(d_p - D_p)}{4C} \quad (2.16)$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จาก

$$C = p + (p^2 - q)^{1/2} \quad (2.17)$$

$$P = 0.25L_p - 0.393(d_p + D_p) \quad (2.18)$$

$$Q = 0.125(d_p + D_p)^2 \quad (2.19)$$

การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ้ม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิ้ม จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลิ้มตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เช่นเดียวกับในกรณีของสายพานแบน

ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรจะเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง แต่ข้อควรระวังก็คือ ขณะใช้งานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 m/s การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ้มสำหรับการส่งกำลังอาจทำได้โดยใช้รูปที่ 2.3 แต่กำลังที่ส่งได้จริงของสายพานจะต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้ม

การเลือกขนาดของสายพานลิ่มจะแตกต่างไปจากสายพานแบนเล็กน้อย คือ จะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ต้องการใช้งานจากกำลังงานที่ต้องการขับ และตัวประกอบที่ใช้แก้ไขต่าง ๆ จำนวนเส้นของสายพานลิ่มหาได้จากสมการ

$$Z = \frac{W_p \times N_1}{P_R \times N_2 \times N_3} \quad (2.20)$$

โดยที่ Z คือจำนวนเส้นของสายพานลิ่ม

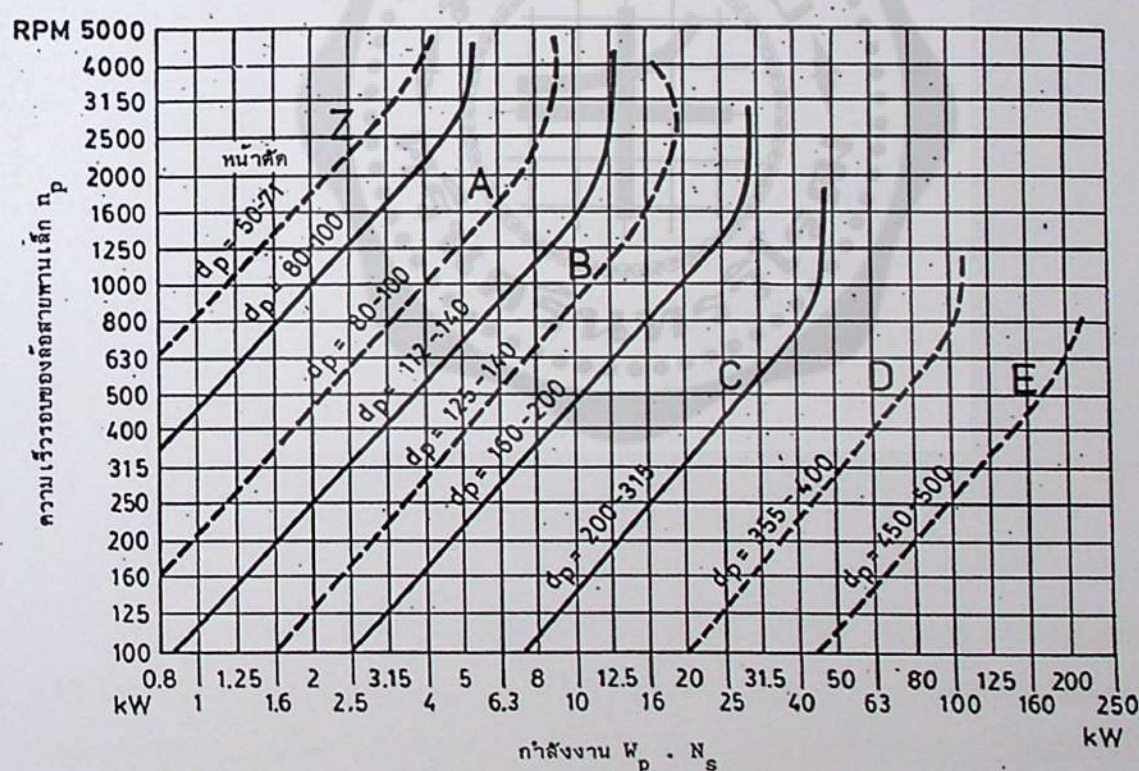
W_p คือกำลังงานที่ต้องการส่ง

N_1 คือตัวประกอบใช้งาน หาค่าได้จากตารางภาคผนวกที่ 1.10

N_2 คือตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตารางภาคผนวกที่ 1.12

N_3 คือตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (belt length correction factor)

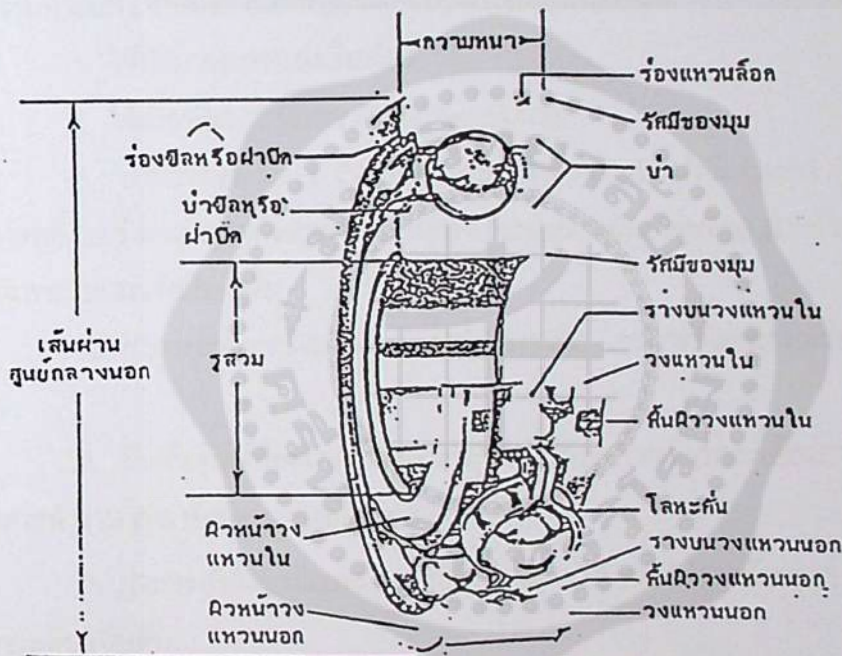
หาค่าได้จากตารางภาคผนวกที่ 1.13



รูปที่ 2.3 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม

โรลลิงเบร้ง (Rolling Bearings)

โรลลิงเบร้ง (Rolling bearing) หมายถึงเบร้งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของเบร้งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (sliding contact) เนื่องจากเบร้งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอนติฟริกชันเบร้ง (antifriction bearing) ตัวอย่างเช่น บอลเบร้ง (ball bearing) หรือคylinder roller ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวง ที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



รูปที่ 2.4 ส่วนต่าง ๆ ของบอลเบร้ง

เนื่องจากการใช้โรลลิงเบร้งกันอย่างแพร่หลายทั่วไป สมาคมผู้ผลิตโรลลิงเบร้ง (AFBMA (1): Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) จึงได้วางมาตรฐานการกำหนดขนาดหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการเลือกเบร้งเหล่านี้ขึ้น จากมาตรฐานนี้ทำให้ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสามารถเลือกเบร้งจากแคตตาล็อกของผู้ผลิตหนึ่ง และทำการเปลี่ยนเบร้งนี้โดยการเลือกจากอีกผู้ผลิตหนึ่งได้ โดยที่เบร้งที่เลือกจากผู้ผลิตทั้งสองยังคงมีขนาดเท่ากัน ถึงแม้ว่า สมาคม AFBMA ได้วางมาตรฐานวิธีการเลือกเบร้งตามความต้องการของการรับแรงและอายุการใช้งานเอาไว้ แต่ก็ยังมีผู้ผลิตที่มีการวางมาตรฐานการเลือกเบร้งของตนเองแตกต่างออกไปจากของ AFBMA

แต่อย่างไรก็ตามแค่ตัดตาถือของผู้อผลิตก็มีข้อมูลเพียงพอที่จะให้ทำการเปลี่ยนค่ามาเทียบกับค่าของ AFBMA ได้

ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกใช้โรลลิ่งแบร์ริงผู้ออกแบบก็ควรที่จะพิจารณาถึงข้อดีข้อเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับจอร์นัลแบร์ริงดังต่อไปนี้ คือ

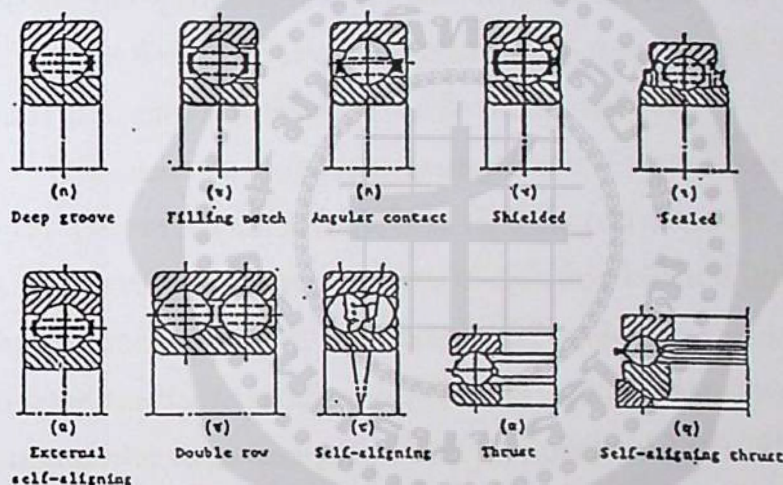
ข้อดีของโรลลิ่งแบร์ริงเปรียบเทียบกับจอร์นัลแบร์ริง

1. มีความเสียดทานขณะสตาร์ทน้อย (Low starting friction torque) จึงเหมาะสมสำหรับเครื่องจักรกลที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง
2. ง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขมัน หรือจาระบี มาจากโรงงานด้วยแล้ว เกือบจะไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย
3. ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย
4. ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (Axial space) น้อย
5. สามารถรับแรงรูน (Thrust load) และแรงในแนวรัศมี (radial load) ได้พร้อมกัน ยกเว้นโรลลิ่งแบร์ริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรง (straight roller bearing) สำหรับจอร์นัลแบร์ริงรับแรงได้เฉพาะในแนวรัศมีเท่านั้น
7. สามารถที่จะทราบได้ว่าแบร์ริงกำลังจะเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดัง ซึ่งผิดไปจากปกติ
8. มีเคลือบรันช์น้อยมาก จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เพื่องและลูกเบี้ยว เป็นต้น
9. สามารถใช้รองรับเพลลาในตำแหน่งใด ๆ ได้ เช่น ใช้รองรับเพลลา ซึ่งวางเรียงเป็นมุมกับแนวระดับ เป็นต้น
10. ทำการติดตั้งได้ง่าย

ชนิดของแบร์ริง

โดยทั่วไปแล้วโรลลิ่งแบร์ริงจะแบ่งออกได้เป็นสองพวกใหญ่ๆคือบอลแบร์ริงซึ่งมีลูกกลิ้ง(Rolling element)เป็นรูปทรงกลม โรลเลอร์แบร์ริง (rollerbearing) ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกระบอกตรง (straight roller) หรือเป็นรูปทรงกระบอกเรียว(tapered roller) ก็ได้ โดยปกติแล้วแบร์ริงเหล่านี้จะรับแรงได้ทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรูนได้ ยกเว้นโรลเลอร์แบร์ริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงเท่านั้น แบร์ริงทั้งสองพวกนี้ยังแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 และ 2.6 ซึ่งจะกล่าวถึงคุณลักษณะของแบร์ริงแต่ละชนิดโดยต้งเจปดังต่อไปนี้

บอลเบริงชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก (Single-row deep-groove) เป็นเบริงชนิดที่มีการใช้งานมากที่สุด ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งทรงกลม ดังรูป 2.5(ก) สามารถรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมีและในแนวแกน (แรงรุน) อัตราส่วนของแรงในแนวแกนต่อแรงในแนวรัศมีที่รับได้ประมาณ 0.70 และสามารถรับการเยื้องแนวของเพลาคได้ประมาณ บวก ลบ 0 องศา 15 ลิปดา เมื่อต้องการเพิ่มความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีขึ้นไปอีก ก็อาจทำได้โดยการเพิ่มจำนวนลูกกลิ้งที่บรรจุในรางให้มากขึ้น ซึ่งจำเป็นที่จะต้องตัดผิวหน้าวงแหวนด้านหนึ่งให้มีช่องสำหรับใส่ลูกกลิ้ง (Filling) เพิ่มขึ้นดังในรูป 2.5 (ข) การทำเช่นนี้จะทำให้เบริงสามารถรับแรงในแนวรัศมีเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 20 ถึง 40 % แต่ความสามารถในการรับแรงในแนวแกนจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่สำหรับรับแรงในแนวนั้นลดลงนั่นเอง



รูปที่ 2.5 บอลเบริงชนิดต่างๆ

สำหรับเบริงชนิดนี้และเบริงชนิดที่จะได้กล่าวต่อไปก็ยังมีการใช้แผ่นโลหะปิด (Shield) ไว้ระหว่างช่องว่างของวงแหวนเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกรวมทั้งช่วยรักษาปริมาณของไขมันมิให้รั่วไหลออกมาจากเบริง ดังในรูปที่ 2.5 (ง) ก็เป็นการใช้แผ่นโลหะปิดเพื่อจุดประสงค์เดียวกัน แต่เป็นการปิดแบบตายตัว (sealed)

บอลเบริงชนิด Angular contact ดังรูปที่ 2.5 (ค) เป็นเบริงที่ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกนซึ่งมีค่าสูง โดยมีมุมสัมผัส (contact angle) ต่าง ๆ กัน เมื่อมุมสัมผัสเพิ่มขึ้น เบริงก็สามารถที่จะรับแรงในแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลงในกรณีที่ต้องการ

ใช้รับแรงในแนวแกนสองทิศทางก็ให้ใช้แบบมีลูกกลิ้งสองแถว (double row) ดังรูปที่ 2.5 (ซ) หรือใช้เบร้งสองอันหันหน้าเข้าหากัน

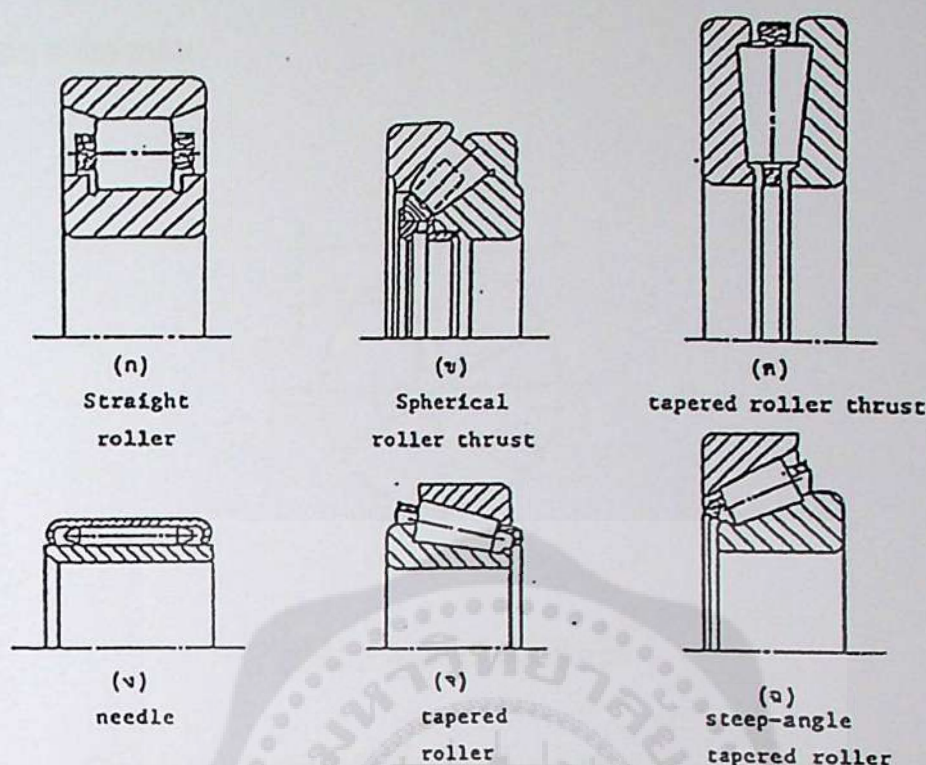
บอลเบร้งชนิดปรับแนวได้เอง (Self-aligning) ออกแบบสำหรับใช้ในกรณีที่เพลา อาจจะมีการเอียงแนวเป็นมุมที่ค่อนข้างมากดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ฉ) และ 2.5 (ซ) เบร้งในรูปที่ 2.5 (ซ) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายใน ซึ่งอาศัยผิวทรงกลมของวงแหวนนอกในการช่วยปรับมุมได้ถึงประมาณ บวก ลบ 2 องศา 20ลิปดา ส่วนเบร้งในรูปที่ 2.5 (ฉ) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายนอก สามารถปรับมุมได้สูงมากโดยการเจาะรูในผิวด้านนอกของวงแหวนนอกให้รับกับผิวหน้าของตัวรับเบร้ง(bearing housing)

บอลเบร้งกันรุน (Thrust ball bearing) ดังรูปที่ 2.5 (ฉ) ออกแบบสำหรับรับแรงในแนวแกนโดยเฉพาะ ถ้ามีแรงในแนวรัศมีอยู่ด้วยแล้วจะต้องใช้เบร้งชนิดอื่นช่วยรับแรงนี้ ดังนั้นในกรณีที่มิมีแรงทั้ง สองชนิดอยู่ พร้อมกันแล้วก็ควรที่จะเลือกใช้บอลเบร้งชนิด angular contact

บอลเบร้งกันรุนปรับแนวได้เอง (Self-aligning thrust) ดังรูปที่ 2.5 (ญ) ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกน ในกรณีที่เพลาอาจมีการเอียงแนวเกิดขึ้น

Cylindrical หรือ straight roller bearing ประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอกกลมตรง ดังรูปที่ 2.6 (ก) โรลเลอร์เบร้งแบบนี้รับแรงในแนวรัศมีได้มากกว่าบอลเบร้ง เพราะมีพื้นที่ที่รับแรงมากกว่า แต่ไม่สามารถจะรับแรงในแนวแกนได้ หรือถ้ารับได้ก็รับได้ไม่มากนัก ในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงทั้งสองซึ่งแนวซึ่งมีค่ามากก็ควรที่จะเลือกใช้ tapered-roller bearing ดังรูปที่ 2.6 (จ) และ 2.6 (ฉ) Spherical roller thrust bearing ดังรูปที่ 2.6 (ข) และ tapered-roller bearing ดังในรูปที่ 2.6 (ข) และ tapered-roller thrust bearing ดังรูปที่ 2.6 (ค) มีประโยชน์สำหรับใช้รับแรงในแนวแกนที่มีค่ามากและในที่ซึ่งอาจมีการเอียงแนวได้บ้าง

นีดิลเบร้ง (Needle bearing) หรือดิลเบร้งเป็นเข็ม ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ bearing roller bearing แต่ไม่เหมาะสำหรับใช้ในที่ซึ่งมีเนื้อที่ในแนวรัศมีจำกัด ดังในรูปที่ 2.6 (ง)



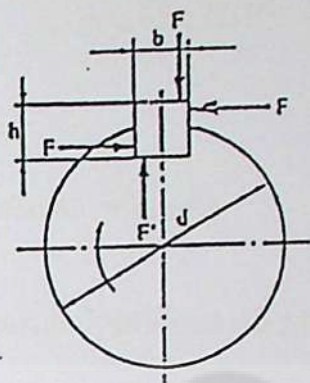
รูปที่ 2.6 โรลเลอร์แบบเรียงชนิดต่างๆ

แบบเรียงที่กล่าวมาแล้วนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของแบบเรียงชนิดต่าง ๆ ที่มีใช้อยู่ในชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลทั่วไปเท่านั้น ผู้อ่านที่มีความสนใจละเอียดยิ่งขึ้นอีก อาจจะหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเค็ตตาล็อกของผู้ผลิตทั่วไป เช่น NTN STEYR KOYO SKF FAG RHP และ TIMKEN เป็นต้น

ลิ้ม

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่น ล้อสายพาน เฟือง ใบพัด ลูกเบี้ยว และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ส่งหรือรับกำลังจากเพลา โดยที่จะต้องยึดแน่นกับเพลาเพื่อให้หมุนไปพร้อมกับเพลา ชิ้นส่วนประเภทนี้อาจส่งแรงบิดและมีการถอดประกอบบ่อยครั้ง ดังนั้นจึงมักจะยึดติดกับเพลาโดยใช้ลิ้มลิ้มเป็นแท่งโลหะที่ใส่ไว้ในร่องของชิ้นส่วนทั้งสองที่ยึดอยู่ด้วยกัน

ความเค้นที่รอยต่อด้วยลิ้ม



รูปที่ 2.7 แรงบนรอยต่อด้วยลิ้ม

พิจารณาแรงบนรอยต่อด้วยลิ้มดังรูปที่ 2.7 ให้ F เป็นแรงที่กระทำกับลิ้มเนื่องจากโมเมนต์บิดและ F เป็นแรงที่กดลิ้มไว้ไม่ให้ลิ้มเกิดโมเมนต์บนเพลลาทำให้ดุมลิ้มมีแรงต้านทาน F เกิดขึ้น ซึ่งกระทำในแนวตั้งฉากกับลิ้ม สมมติว่าแรงนี้กระทำที่จุดกึ่งกลางของลิ้มส่วนที่โผล่พ้นจากเพลลา ดังนั้นจึงหาแรง F ได้จากสมการ

$$T = F \frac{d+h}{24} - \frac{Fd}{2} \quad (2.21)$$

จากข้อสมมติฐานที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อคิดว่าลิ้มขาดเนื่องจากแรงเฉือน ฉะนั้น

$$T = \frac{Fd}{24} = b l_u \tau \quad (2.22)$$

โดยที่ T คือโมเมนต์บิดบนเพลลา

F คือแรงที่กระทำกับลิ้ม

d คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกลางเพลลา

b คือความกว้างของลิ้ม

l_u คือความยาวของลิ้ม

τ คือความเค้นเฉือนบนลิ้ม

แต่เมื่อคิดว่าลิ้มโคนอัดแตก

$$T = \frac{Fd}{2} - \frac{hl_a \sigma_c}{4} \quad (2.23)$$

โดยที่ h คือความสูงของลิ้ม

σ_c คือความเค้นอัดบนลิ้มหรือเพลลาหรือคุดลื้อ

ในทางปฏิบัติการคำนวณหาความยาวลิ้มมักจะใช้สมการที่ 2.25 เป็นหลัก ซึ่งความเค้นอัดบนลิ้ม คือ

$$\sigma = \frac{4T}{dh l_a} \sigma_c \quad (2.24)$$

ดังนั้นจึงหาความยาวประสิทธิภาพ (Effective length) ของลิ้ม l_a ได้จากสมการ

$$l_a = \frac{4T}{dh \sigma_c} \quad (2.25)$$

โดยที่ l_a คือความยาวประสิทธิภาพของลิ้ม เป็นความยาวของลิ้มส่วนที่รับ

แรงอัดจริงๆ

σ_c คือค่าความเค้นอัดใช้งานของวัสดุ

เมื่อคำนวณโดยใช้สมการที่ 2.25 นี้แล้วควรตรวจสอบค่าความเค้นเฉือนด้วย แต่มีข้อควรระวังคือ ควรจะใช้ลิ้มให้ยาวกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาอย่างน้อย 25 % ทั้งนี้เพื่อป้องกันการขาดตัวของลิ้มในร่องลิ้มของเพลลาและคุดลื้อ และเพื่อความสะดวกในการใช้งานก็สามารถเปรียบเทียบขนาดของลิ้มที่เหมาะสมกับเพลลาขนาดต่าง ๆ ได้จากตารางภาคผนวกที่ 1.8

สกรูส่งกำลัง (Power Screw)

สมการสกรูส่งกำลังซึ่งมีมุมฮีลิคัล α องศา และมุมเกลียวของสกรู ϕ องศา

โดยที่ F_r คือแรงปฏิกิริยาซึ่งมีทิศตั้งฉากกับผิวหน้าของเกลียว

การออกแบบสกรูส่งกำลัง

การคำนวณหาความเค้นในส่วนต่าง ๆ ของสกรูส่งกำลังเป็นการประมาณค่าของความเค้นที่เกิดขึ้น ซึ่งความเค้นวิกฤต (Critical or bucking stresses) จะใช้ในการคำนวณหาขนาดของสกรู ถ้าเป็นสกรูตันก็สามารถที่จะใช้สมการของความเค้นกดคือ

$$\sigma = \frac{W}{A_r} \quad (2.28)$$

โดยที่ σ คือความเค้นกด

W คือ แรงกดในแนวแกน

A_r คือพื้นที่รับแรงกดของสกรู

สกรูตันหมายถึง สกรูซึ่งมีอัตราส่วนความเพียว $\frac{L_c}{k} < 40$ ถ้าหากสกรูมีอัตราส่วนความเพียวมากกว่านี้สกรูอาจจะเกิดการโก่งงอขึ้นได้ก่อนที่ความเค้นจะถึงค่าที่กำหนดสำหรับสกรูที่มีความยาวปานกลางให้ใช้สูตร

$$W = \frac{A_r \sigma_n}{N} \times 1 - \frac{\sigma_n \left[\frac{L_c}{K} \right]^2}{4\pi^2 E}, 40 < \frac{L_c}{k} < 100 \quad (2.29)$$

ความเค้นผสม ถ้าสกรูยาวไม่มากนักก็จะไม่เกิดการโก่งงอขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงกดหรือในบางกรณีสกรูส่งกำลังอาจจะใช้รับแรงดึงก็ได้ นอกจากนี้แล้วยังมีความเค้นเฉือนอันเนื่องมาจากการบิดของสกรูอีกด้วยสำหรับทฤษฎีที่ปลอดภัยและใช้ได้ง่ายก็คือ ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดซึ่งมีสมการเป็น

$$\tau_d = \left[\left(\frac{\sigma}{2} \right)^2 + \tau^2 \right]^{1/2} \quad (2.30)$$

โดยที่ τ_d คือค่าความเค้นเฉือนที่ใช้งาน และ

$$\tau = \frac{T}{J} = \frac{16T}{\pi d_r^3} \quad (2.31)$$

โดยที่ d_r คือเส้นผ่านศูนย์กลางกลางน้อย

คัปปลิงแบบอ่อนตัว

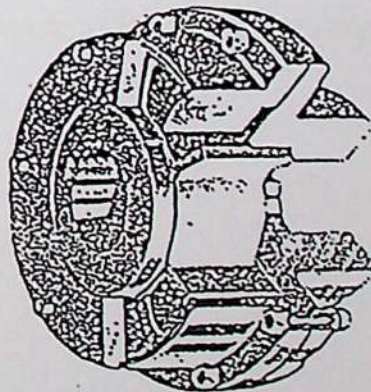
คัปปลิงแบบอ่อนตัว (Flexible Coupling) ใช้ต่อเพลลาที่เยื้องแนวกันในลักษณะต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.9 และช่วยลดผลจากการกระตุกและการกระแทกจากแรงภายนอกที่ส่งผ่านเพลลา คัปปลิงแบบอ่อนตัวแบ่งออกอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. คัปปลิงที่อ่อนตัวทางด้านคินมาติก (Kinematics Flexibility) โดยใช้ชิ้นส่วน

แข็ง

2. คัปปลิงที่ใช้ชิ้นส่วนยืดหยุ่น (Resilient Parts)

คัปปลิงแบบอ่อนตัวที่ใช้ชิ้นส่วนแข็ง ออกแบบไว้สำหรับใช้กับเพลลาที่เยื้องแนว โดยเฉพาะ และไม่บังคับทิศทางในการเยื้องแนว คัปปลิงชนิดนี้ส่งโมเมนต์ชดได้โดยไม่มี Angular Play (นั่นคือไม่มีการอ่อนตัวทางด้านมุมบิด) มากเกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ นอกจากนั้นคัปปลิงประเภทนี้ยังใช้รับแรงกระตุกและแรงกระแทกได้ด้วย คัปปลิงแบบอ่อนตัวประเภทนี้มีลักษณะต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 Rubber insert coupling

อัตราการลำเลียง

กรณีเกลียวเต็มใบ

$$I_v = \frac{\pi}{4} \times 60 \times (D \cdot S \cdot \phi K) \quad (2.32)$$

โดยที่ I_v คืออัตราการลำเลียงเชิงปริมาตร, m^3/h D คือขนาดความโตของเกลียวตกรู, m S คือระยะพิคซ์เกลียวตกรู, m N คือความเร็วรอบของตกรู, rpm ϕ คือแฟคเตอร์ความเต็มรางตัวถัง

- กรณีวัสดุลำเลียงนั้นหนักและผิวแข็งคม

 ϕ คือ 0.125

- กรณีวัสดุลำเลียงนั้นหนักและไม่แข็งคมมากนัก

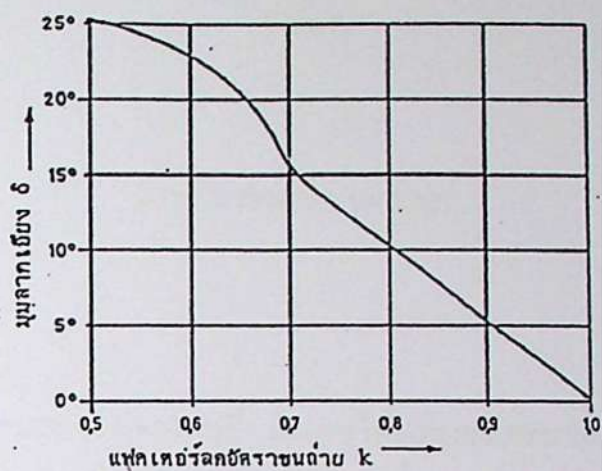
 ϕ คือ 0.25

- กรณีวัสดุลำเลียงนั้นเบาและไม่แข็งคมมากนัก

 ϕ คือ 0.32

- กรณีวัสดุลำเลียงนั้นเบาและไม่แข็งคมเลย

 ϕ คือ 0.45-0.5 K คือ แฟคเตอร์ลดอัตราการลำเลียง อันเนื่องมาจากชุดตกรูลำเลียงตั้งเอียงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แฟกเตอร์ลิตตราชนด้าการดำเลียงที่เนื่องมาจากหุคศกรูดำเลียงคั้งเอียง

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

อัตราการลำเลียง

จากขอบเขตของโครงการนี้ ต้องการให้เครื่องสามารถผลิตน้ำมันถั่วในอัตรา 30 ลิตรต่อชั่วโมง และมีการกำหนดค่าตัวแปรที่คงที่ต่างๆดังนี้

จากการทดสอบหาค่า ρ ของถั่วเหลือง

ปริมาตรถั่วเหลืองที่ใช้ทดสอบ = 900 ml

น้ำหนักของถั่วเหลืองที่ใช้ทดสอบ = 975 g

จาก

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ &= \frac{975}{900} \\ &= 1.08333 \text{ g/ml} \\ &= 1083.33 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

จากการทดสอบการคั้นถั่วเหลือง

น้ำหนักของถั่วเหลืองก่อนคั้น 0.5 kg

น้ำหนักของถั่วเหลืองหลังคั้น 0.19 kg

หาน้ำหนักที่หายไป = $\frac{0.5 - 0.19}{0.5}$

$$= 0.62$$

น้ำหนักที่หายไปคือ 62 %

กำหนดให้

- สกรูมีความโตใหญ่สุด (D) 0.0762 m
- มีความโตเล็กสุด (d) 0.0508 m
- ระยะพิชต์เกลียวสกรู (S) 0.03 m
- เนื่องจากวัสดุที่ลำเลียงนั้นเบาไม่แข็งแรง ค่าสัมประสิทธิ์ (ϕ) = 0.45
- เนื่องจากการลำเลียงวัสดุอยู่ในแนวระนาบค่าแฟคเตอร์ลดอัตรา
การลำเลียง (K) = 1 จากรูปที่ 2.10
- ความเร็วรอบ (N) 60 rpm

$$\begin{aligned}
 I_v &= \frac{\pi}{4} \times 60 \times (D^2 S \phi K) \\
 &= 60 \times \frac{\pi}{4} (0.0762^2 - 0.0508^2) - 0.03 \times 600.45 \\
 &= 0.12313 \text{ m}^3/\text{hr} \\
 &= 123.131 \text{ l/hr}
 \end{aligned}$$

คำนวณหาค่า $\dot{m}$

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= 0.12313 \times 0.62 \times 1083.33 \\
 &= 82.701 \text{ kg/hr}
 \end{aligned}$$

ในส่วนของหีบกด มีการกำหนดค่าตัวแปรที่คงที่ดังนี้

1. ขนาดรัศมีของหีบกด 0.508 m
 2. น้ำหนักของหีบกด 1 kg
 3. ระยะห่างระหว่างหีบกดทั้ง 2 แท่ง 0.00003 m
- ค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับหีบกดที่ต้องคำนวณ

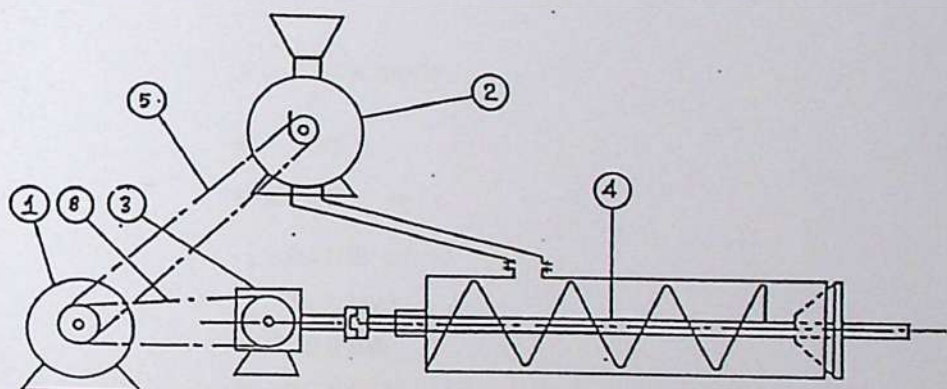
$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= \rho AV \\
 \dot{m} &= 0.02297 \text{ kg/s} \\
 \rho &= 1083.33 \text{ kg/m}^3 \\
 A &= \text{พื้นที่ระยะห่างระหว่างหีบกด}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\dot{m}}{\rho A} \\
 &= \frac{0.02297}{1083.33 \times \pi \times 0.0508 \times 0.00003} \\
 &= 4.428 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

ความเร็วเชิงมุมของหินบด

จาก

$$\begin{aligned}
 V &= r\omega \\
 \omega &= \frac{4.428}{0.0508} \\
 &= 87.175 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$



1. มอเตอร์ส่งกำลัง
2. ชุคหินบด
3. ชุคเกียร์ทด
4. ชุคสกรูบีบอัด
5. สายพานส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังสกรูหินบด
6. สายพานส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังชุกเกียร์ทด

รูปที่ 3.1 หลักการส่งกำลังของเครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลือง

ความเร็วรอบของหินบด

จาก

$$\begin{aligned}
 \omega &= 2\pi N, \\
 N &= \frac{\omega}{2\pi} \\
 &= \frac{87.175}{2\pi} \\
 &= 13.874 \text{ rps} \\
 &= 832.44 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

แรงกระทำที่หินบด

แรงกระทำที่หินบดคือ แรงที่กระทำเนื่องจากการเคลื่อนที่

$$F = \frac{mV^2}{r} = m\omega^2 r$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$V = 2.214 \text{ m/s}$$

$$r = 0.0508 \text{ m}$$

$$F = \frac{1 \times 2.214^2}{0.0508}$$

$$F = 96.492 \text{ N}$$

แรงบิดที่เกิดขึ้นภายในหินบด

$$\begin{aligned}
 T &= F \times r \\
 &= 96.492 \times 0.0508 \\
 &= 4.902 \text{ N}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

คำนวณกำลังที่ใช้ขับเคลื่อน

จาก

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{2\pi TN}{60} \\
 &= \frac{2\pi(4.409 \times 832.44)}{60} \\
 &= 1.710 \text{ kW} \\
 &= 2.29 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

ขนาดสายพานของชุดหินบด

เลือกใช้ Motor ขนาด 3 Hp (2.23 kW) เป็นต้นกำลังและทำงานวันละ 10-16 ชั่วโมง จากตารางภาคผนวกที่ 1.10 ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.5$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 N_s \times W_p &= 1.5 \times 2.29 \\
 &= 3.435 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

จากรูปที่ 2.3 เลือกสายพานหน้าตัด B

อัตราทด

$$\begin{aligned}
 m_\omega &= \frac{N_1}{N_2} \\
 &= \frac{1450}{832.44} \\
 &= 7.742
 \end{aligned}$$

เลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อสายพาน

ให้

$$d_p = 80 \text{ mm}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 D_p &= m_\omega \\
 &= 1.742 \times 80 \\
 &= 139.36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

การคำนวณหาระยะห่างของศูนย์กลางของวงล้อสายพาน

$$\begin{aligned}C_{\max} &= 2(d_p + D_p) \\&= 2(80 + 139.36) \\&= 438.72 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{\min} &= 0.7(d_p + D_p) \\&= 0.7(80 + 139.36) \\&= 153.552 \text{ mm}\end{aligned}$$

เลือกใช้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพาน $C = 320 \text{ mm}$ ซึ่งเป็นค่ากำหนดที่แนะนำ ฉะนั้นความยาวพิศโดยประมาณของสายพาน (L_p) ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned}L_p &= 2C + 1.57(d_p + D_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \\&= (2 \times 320) + 1.57(139.36 + 80) + \frac{(139.36 - 80)^2}{4 \times 320} \\&= 987.148 \text{ mm}\end{aligned}$$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.13 เลือกใช้สายพาน 1030 mm

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของสายพานที่ถูกต้อง คำนวณจาก

$$\begin{aligned}C &= P + (P^2 - q)^{1/2} \\P &= 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\&= 0.25(1030) - 0.393(139.36 + 80) \\&= 171.291 \text{ mm} \\q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\&= 0.125(139.36 - 80)^2 \\&= 440.451 \text{ mm}\end{aligned}$$

ดังนั้น

$$C = 171.291 + (171.291^2 - 440.451)^{1/2}$$

$$= 341.291 \text{ mm}$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$\left(\frac{D_p - d_p}{C} \right) = \left(\frac{139.36 - 80}{341.291} \right)$$

$$= 0.1739$$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.12 ตัวประกอบส่วนโค้งสัมผัส $N = 0.96974$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.13 ตัวประกอบความยาวสายพาน $N_1 = 0.8935$

สำหรับล้อสายพานขนาด 125mm อัตราทด $m = 1.742$ และ $N = 1450 \text{ rpm}$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.13 ได้ $P_R = 3.0945 \text{ kW}$ ต่อเส้น

จากสมการที่ 2.20

$$Z = \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_s \times N_1}$$

$$= \frac{2.23 \times 1.5}{3.945 \times 0.9697 \times 0.8935}$$

$$= 1.428 \text{ เส้น}$$

เลือกใช้สายพานหน้าตัด B×1393L_i จำนวน 2 เส้น

แรงดึงขั้นต้นในการส่งกำลังของชุดหีบด

$$F = \frac{W_p}{V}$$

$$V = \pi d_p n$$

$$= \pi \left(\frac{80}{1000} \right) \left(\frac{1450}{60} \right)$$

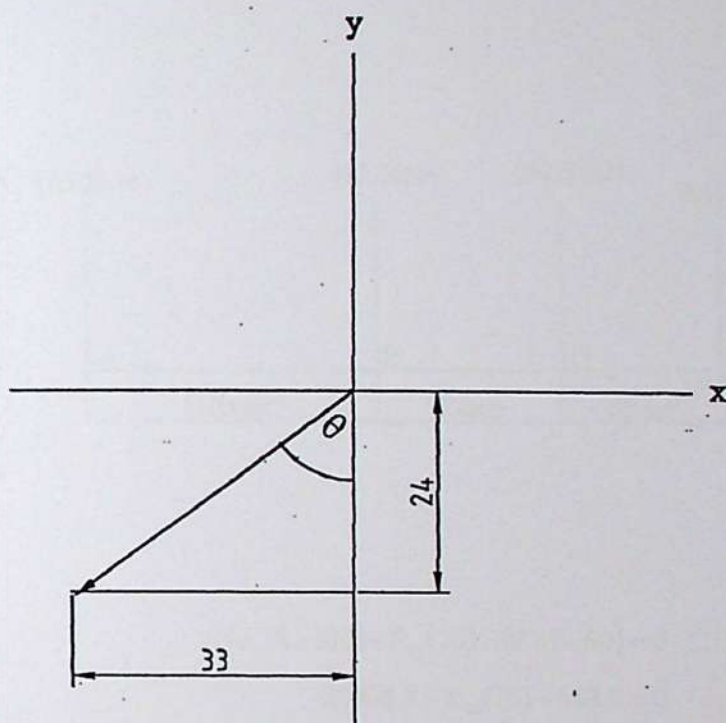
$$= 6.074 \text{ m/s}$$

$$W_p = 187 \text{ W}$$

$$F = \frac{187}{9.49}$$

$$= 30.788 \text{ N}$$

การหาแรงในแนวดิ่งและแนวระดับที่กระทำกับเพลา



จากสมการ

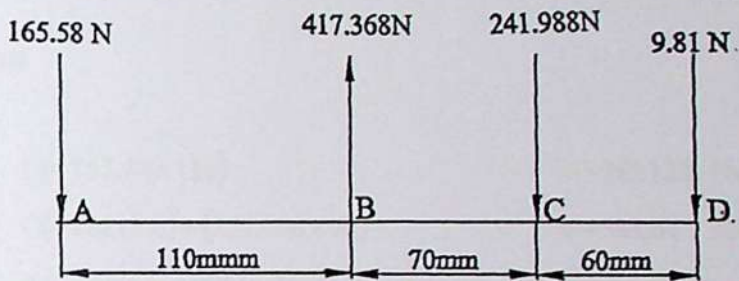
$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1} \left[\frac{33}{24} \right] \\ &= 53.973^\circ\end{aligned}$$

จากสมการ

$$\begin{aligned}F_x &= F \sin \theta \\ &= 281.52 \sin 53.973^\circ \\ &= 227.676 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_y &= F \cos \theta \\
 &= 281.52 \cos 53.973^\circ \\
 &= 165.583 \text{ N}
 \end{aligned}$$

แรงในแนวนิ่ง



$$\Sigma M_C = 0$$

$$(165.58 \times 180) - R_B(70) - (9.81 \times 60) = 0$$

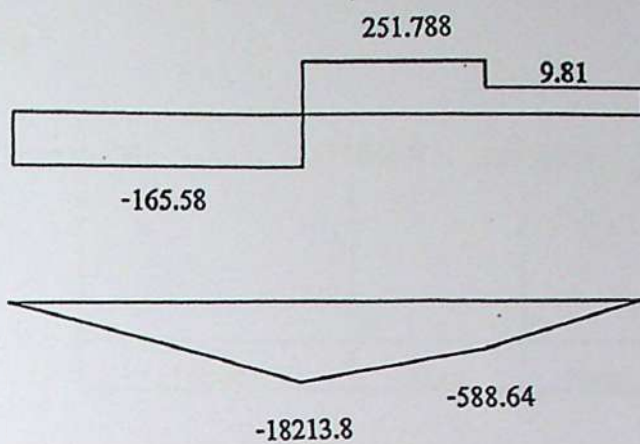
$$29804.4 - R_B(70) - 588.6 = 0$$

$$R_C = 417.368 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_B - 165.58 + 417.368 - 9.81 = 0$$

$$R_B = -241.988 \text{ N}$$

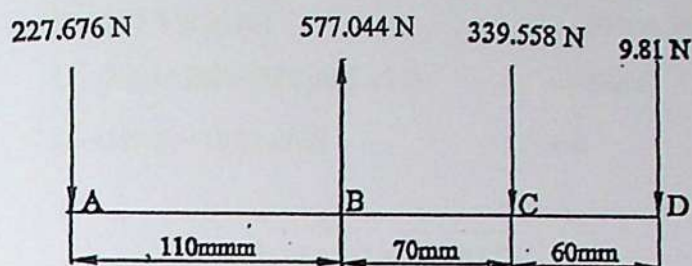


โมเมนต์ตัดในทาบ

$$B(-165.58 \times 110) = -18213.8 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$C(-18213.8) + (251.788 \times 70) = -588.64 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$D(-588.64) + (9.81 \times 60) = 0$$

แรงในแนวระดับ

$$\Sigma M_c = 0$$

$$(227.676 \times 180) - R_B(70) - (9.81 \times 60) = 0$$

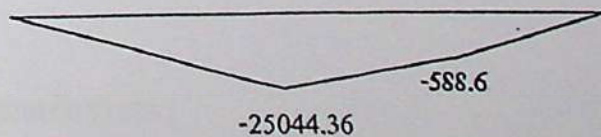
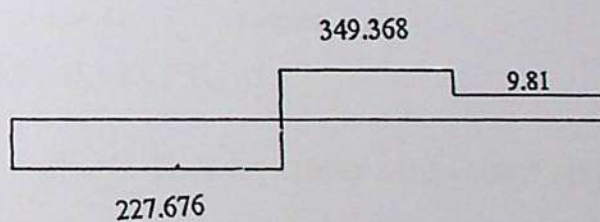
$$40981.68 - R_B(70) - 588.6 = 0$$

$$R_c = 577.044 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_B - 227.676 + 577.044 - 9.81 = 0$$

$$R_B = -339.558 \text{ N}$$



โมเมนต์ตัดในคาน

$$B(-227.676 \times 110) = -25044.36 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$C(-25044.36) + (349.368 \times 70) = -588.6 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$D(-588.6) + (9.81 \times 60) = 0$$

$$M_B = \sqrt{25044.36^2 + 18213.8^2}$$

$$= 30967.115 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

ขนาดเพลายับหีบกด

จากสูตร
$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau} [(C_t \times T)^2 + (C_m \times M)^2]^{1/2}$$

เมื่อ $T = 4.902 \text{ N}\cdot\text{m}$

$M = 2167.55 \text{ N}\cdot\text{m}$

กรณีเพลามีร่องลิ้น $\tau_d = 41 \text{ N/mm}^2$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.7 $C_t = 1.0$, $C_m = 1.5$

$$d^3 = \frac{16}{46\pi} [(1 \times 4.902 \times 1000)^2 + (1.5 \times 2167.55)^2]^{1/2}$$

$$d = 17.969 \text{ mm}$$

เลือกใช้เพลารุ่น 18 mm

การคำนวณหาค่าความปลอดภัยของสกรู

$$d_1 = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวสกรู} = 76.2 \text{ mm}$$

$$d_2 = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของสกรู} = 63.5 \text{ mm}$$

$$d_3 = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กของสกรู} = 50.8 \text{ mm}$$

$$p = \text{ระยะพิทช์} = 30 \text{ mm}$$

$$L = \text{ความยาวจริงของสกรู} \\ = 500 \text{ mm}$$

เลือกใช้วัสดุทองแดงผสม

จากตารางภาคผนวกที่ 1.1

$$\sigma_y = 180 \text{ N/mm}^2 \\ E = 105 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

ถ้าวัสดุที่ใช้ทำสกรูไม่ใช่เหล็กกล้าค่าของความเพียที่แบ่งระหว่างการใช้สูตรของออยเลอร์และจอห์นสันจะคำนวณได้จากสมการ

$$\frac{L_e}{k} = \left[\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y} \right]^{1/2} \\ \frac{L_e}{k} = \left[\frac{2\pi^2 \times 105 \times 10^3}{180} \right]^{1/2} \\ = 107.305 \text{ mm}$$

จากสมการที่ 2.29

$$W = \frac{A_t \sigma_y}{N} \left[1 - \frac{\sigma_y \left(\frac{L_e}{k} \right)^2}{4\pi^2 E} \right], 40 < \frac{L_e}{k} < 110$$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.3 กำหนดให้ $N = 3$

$$W = \frac{\pi}{4} \times 50.8^2 \times 180 \times \frac{1}{3} \times \left[1 - \frac{180 \times (107.305)^2}{4\pi^2 \times 105 \times 10^3} \right] \\ = 60805.824 \text{ N}$$

$$= 60.805 \text{ kN}$$

จากสมการที่ 2.28

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{W}{R_r} \\ &= \frac{60805.824}{\frac{\pi}{4} \times 50.8^2} \\ &= 30 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

จาก

$$\begin{aligned}N &= \frac{\sigma_y}{\sigma_y} \\ &= \frac{180}{30} \\ &= 6 > 3 \text{ สามารถใช้ได้}\end{aligned}$$

คำนวณโมเมนต์บิดสูงสุดของสกรู

จากสมการที่ 2.27

$$T = \frac{Wd_2}{2} \left[\frac{f_t + \cos\phi \tan\alpha}{\cos\phi - f_t \tan\alpha} \right]$$

T = Moment บิดของสกรู N•mm

$$W = 60805.824 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}F_t &= \text{สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสกรูจากตารางภาคผนวกที่ 1.4} \\ &= 0.17\end{aligned}$$

ϕ = มุมเกลียวของสกรู

$$= 15^\circ$$

L_c = ระยะเกล็ด

$$= 30 \text{ mm}$$

α = มุมฮีลิคซ์

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\tan^{-1} L_e}{\pi d_2} \\
 &= \frac{\tan^{-1} 30^\circ}{\pi \times 63.5} \\
 &= 0.442^\circ
 \end{aligned}$$

$$T = \frac{60805.824 \times 63.5}{2} \left[\frac{0.17 + \cos 15^\circ \tan 0.442^\circ}{\cos 15^\circ - 0.17 \tan 0.442^\circ} \right]$$

หา W_p จากการทดลองที่นำไปใช้จริง

$$W_p \text{ จากการทดลอง} = 1800 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{W d_2}{2} \left[\frac{f_s + \cos \phi \tan \alpha}{\cos \phi - f_s \tan \alpha} \right] \\
 &= \frac{1800 \times 63.5}{2} \left[\frac{0.17 + \cos 15^\circ \tan 0.442^\circ}{\cos 15^\circ - 0.17 \tan 0.442^\circ} \right] \\
 &= 10513.384 \text{ N.mm} \\
 &= 10.513 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{2\pi T}{60} \\
 &= \frac{2\pi \times 60 \times 10.513}{60} \\
 &= 66.055 \text{ W} \\
 &= 0.066 \text{ kW} \\
 &= 0.0885 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

คำนวณหา กำลังที่ใช้สำหรับสกรูบีบอัด

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{2\pi T}{60} \\
 &= \frac{2\pi \times 60 \times 355.153}{60} \\
 &= 2231.492 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$= 2.231 \text{ kW}$$

$$= 2.991 \text{ Hp}$$

คำนวณหาขนาดของเพลาสกร

เหล็กที่ใช้ทำเพลลา ใช้ AISI 4340 HRA

จากตารางภาคผนวกที่ 5 $\sigma_y = 475.755 \text{ N/mm}^2$

จากทฤษฎีออกเคตส์อีครัด

$$\begin{aligned}\tau_y &= 0.577 \sigma_y \\ &= 0.577(475.755) \\ &= 274.511 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{\tau_y}{N} \\ &= \frac{274.511}{3} \\ &= 91.504 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

จาก

$$\begin{aligned}\frac{T}{\tau} &= \frac{\pi d^3}{16} \\ d &= \left(\frac{16 \times 647226}{91.504 \times \pi} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 33.026 \text{ mm}\end{aligned}$$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.6 เลือกใช้เพลางขนาด 35 mm

การคำนวณลิ้มของเพลาสกร

จากตารางภาคผนวกที่ 1.8 เพลางขนาด $d = 35 \text{ mm}$ เลือกใช้ลิ้มสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ISO/R773, ISO/R774

$$b \times h = 10 \times 8$$

ลิ่มทำจากเหล็ก St60-2

จากตารางภาคผนวกที่ 1.2 $\sigma_y = 650 \text{ N/mm}^2$

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{\sigma_y}{N} \\ &= \frac{650}{3} \\ &= 216.666 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

จากสมการที่ 2.25

$$l_n = \frac{4T}{dh\sigma_c}$$

โดยที่

l_n = ความยาวของลิ่ม

T = โมเมนต์บิดของสกรู

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา

h = ความสูงของลิ่ม

แทนค่า

$$l_n = \frac{4 \times 67226}{35 \times 8 \times 216.666}$$

$$= 42.675 \text{ mm}$$

จากสมการที่ 2.22

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{2T}{bl_n d} \\ &= \frac{2 \times 647226}{10 \times 42.675 \times 35} \\ &= 86.665 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

ความเค้นเฉือนใช้งาน

$$\begin{aligned}\sigma_d &= 0.6\sigma_c \\ &= 0.6 \times 216.666 \\ &= 129.999 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$\tau > \tau_d$ แสดงว่าลิ่มสามารถใช้งานได้

การคำนวณหาจำนวนเส้นสายพาน , ความยาวสายพาน, ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางสายพานของมอเตอร์ไปยังเกียร์ทด

จากตารางภาคผนวกที่ 1.10 ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.3$

ดังนั้น $W_p \times N_s = 2.23 \times 1.3 = 2.899 \text{ kW}$

จากรูปที่ 1.3 เลือกสายพานหน้าตัด B

อัตราทด $m_o = \frac{N_1}{N_2}$

เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก จากตารางภาคผนวกที่ 1.11

ให้ $d_p = 125 \text{ mm}$

ดังนั้น $D_p = m_o \times d_p$

$$\begin{aligned}&= 1.208 \times 125 \\ &= 151 \text{ mm}\end{aligned}$$

การคำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพาน

$$\begin{aligned}C_{\max} &= 2(d_p + D_p) \\ &= 2(125 + 151) \\ &= 552 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{min} &= 0.7(d_p + D_p) \\
 &= 0.7(125 + 151) \\
 &= 193.2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

เลือกใช้ระยะระหว่างศูนย์กลางของดัดสายพาน $C = 320 \text{ mm}$ ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ระหว่างข้อกำหนดที่แนะนำ ฉะนั้นความยาวพิศซ์โดยประมาณของสายพาน (L_p) จึงสามารถหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 L_p &= 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \\
 &= 2(320) + 1.57(151 + 125) + \frac{(151 - 125)^2}{4(320)} \\
 &= 1073.848 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.13 เลือกใช้สายพาน 1118 mm

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางดัด สายพานที่ถูกดัด คำนวณจาก

$$\begin{aligned}
 C &= P + (p^2 - q)^{1/2} \\
 P &= 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\
 &= 0.25(1118) - 0.393(151 + 125) \\
 &= 171.032 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\
 &= 0.125(151 - 125)^2 \\
 &= 84.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 C &= 171.032 + (171.032^2 - 84.5)^{1/2} \\
 &= 341.817 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$\left(\frac{D_p - d_p}{C} \right) = \frac{(151 - 125)}{341.817}$$

$$= 0.076$$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.12 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส, $N_s = 0.9899$

จากตารางภาคผนวกที่ 1.13 ตัวประกอบความยาวสายพาน, $N_l = 0.8556$

และสำหรับล้อสายพานขนาด 90 mm อัตราทด $m_w = 1.208$ และ $n = 1450$ rpm

จากตารางภาคผนวกที่ 1.13 ได้ $P_R = 2.944$ kW / เส้น

จากสมการ

$$Z = \frac{W \times N_s}{P_R \times N_s \times N_l}$$

$$= \frac{2.23 \times 1.3}{2.944 \times 0.9899 \times 0.8556}$$

$$= 1.163 \text{ เส้น}$$

ดังนั้นเลือกใช้สายพานหน้าตัด B×1118L_i จำนวน 2 เส้น

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองหาค่าประสิทธิภาพในการคั้น

การทดลองนี้ทำเพื่อหาประสิทธิภาพของการคั้นของเครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อที่จะเปรียบเทียบกับวิธีการคั้นแบบธรรมดาว่าเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลือง
2. ถั่วเหลืองคิบผ่าซีก
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. ส้อม
6. ปีกเกอร์

วิธีการทดลอง

1. นำถั่วเหลืองจำนวน 2 กิโลกรัมมาแช่น้ำประมาณ 3 ชั่วโมง
2. นำถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่น้ำมาคั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลือง
3. ทำการเดินเครื่องเครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลืองพร้อมกับจับเวลาในการเดินเครื่อง
4. เมื่อคั้นถั่วเหลืองจำนวนดังกล่าวหมดก็หยุดจับเวลา
5. ทำการหาน้ำหนักจากทุกส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้
 - หาน้ำหนักน้ำนมรวม (ถั่วเหลืองที่ใช้ + น้ำ) โดยวิธีการชั่งน้ำหนัก
 - หาน้ำหนักของน้ำนมที่ได้จากการคั้น(น้ำนมถั่วเหลืองอย่างเดียว)

- หาน้ำหนักกากถั่วเหลืองที่ได้จากการคั้นโดยวิธีการขังน้ำหนัก
- หาน้ำหนักกากถั่วเหลืองที่ตกค้างอยู่ในเครื่องคั้นซึ่งหาได้โดยมี
- ค่าเท่ากับน้ำหนักนํ้ารวม - น้ำหนักนํ้านม - น้ำหนักกากถั่วเหลือง

ผลการทดลอง

1. น้ำหนักทุกส่วน

น้ำหนักน้ำที่ใช้ 4 kg

น้ำหนักถั่วเหลืองแห้งน้ำ 1 kg

น้ำหนักรวม 5 kg

นํ้านมถั่วเหลืองที่ได้ 3.99 kg

น้ำหนักกากถั่วเหลือง 0.45 kg

น้ำหนักกากถั่วเหลืองที่ค้าง 0.16 kg

2. จำนวนนํ้านมและเปอร์เซ็นต์ความชื้นในแต่ละส่วน

กากถั่วเหลือง

-น้ำหนักก่อนอบ 0.45 kg

-น้ำหนักหลังอบ 0.32 kg

-จำนวนนํ้านม 0.13 kg

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} &= \frac{0.45 - 0.32}{0.45} \times 100 \\ &= 28.22 \text{ เปอร์เซ็นต์} \end{aligned}$$

กากถั่วเหลืองที่ค้าง

-น้ำหนักถั่วเหลืองก่อนอบ 0.16 kg

-น้ำหนักถั่วเหลืองหลังอบ 0.1 kg

-จำนวนนํ้านม 0.06 kg

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

$$\begin{aligned}\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} &= \frac{0.16-0.1}{0.16} \times 100 \\ &= 37.5 \text{ เปอร์เซ็นต์}\end{aligned}$$

3. ความหนาแน่นของน้ำนมถั่วเหลือง (ρ)

- น้ำหนักถั่วเหลืองที่เอาไปชั่ง 1.01 kg

- ปริมาตรที่วัดได้ 0.001 m³

ความหนาแน่นของถั่วเหลือง

จากสูตร

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ \rho &= \frac{1.01}{0.001} \\ &= 1010 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

4. ประสิทธิภาพในการคั้น

$$\text{ประสิทธิภาพในการคั้น} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำนมที่ได้}}{\text{น้ำหนักของน้ำนมที่ได้} + \text{น้ำหนักนมในกาก} + \text{น้ำหนักนมส่วนที่ค้าง}}$$

$$\begin{aligned}\text{ประสิทธิภาพในการคั้น} &= \frac{3.99}{3.99 + 0.13 + 0.06} \times 100 \\ &= 95.4 \text{ เปอร์เซ็นต์}\end{aligned}$$

5. การคำนวณหาอัตราการผลิต

$$\text{- น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ (m)} = 3.99 \text{ kg}$$

$$\text{- ความหนาแน่น } (\rho) = 1010 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- ระยะเวลาที่ใช้ (t)} = 7.55 \text{ min}$$

$$\text{- น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้} = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{3.99}{1010} \times 1000$$

$$\begin{aligned}
 &= 3.95 \\
 \text{อัตราการคั้นที่ได้} &= \frac{3.95}{\left(\frac{7.55}{60}\right)} \\
 &= 31.39 \text{ l/hr}
 \end{aligned}$$

6. ตารางแสดงผลการคำนวณหาอัตราการคั้นของเครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณหาอัตราการคั้นของเครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลือง

การทดสอบ ครั้งที่	จำนวนถั่วเหลือง ที่ใช้ (kg)	จำนวนน้ำ ที่ใช้ (kg)	จำนวนน้ำมัน ที่ได้ (l)	ระยะเวลาใน การทดสอบ (min)	อัตราการคั้น ที่ได้ (l/hr)
1	1	4	4	9.20	26.08
2	1	4	3.95	8	29.63
3	1	4	4	7.40	32.43
4	1	4	3.95	7.55	31.39
เฉลี่ย	1	4	3.975	8.04	29.88

7. เปรียบเทียบการทดลองระหว่างการคั้นด้วยเครื่องและการคั้นด้วยมือ

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองระหว่างการคั้นด้วยเครื่องและการคั้นด้วยมือ

วิธีการคั้น	ปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้	ความหนาแน่นที่ได้ (kg / m ³)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น ของกาก(%)	ประสิทธิภาพ การคั้น (%)
คั้นด้วยมือ	3.66	1010	40.54	92.42
คั้นด้วยเครื่อง ครั้งที่ 1	4.08	1020	19.04	95.9
คั้นด้วยเครื่อง ครั้งที่ 2	3.99	1010	23.07	95.2
คั้นด้วยเครื่อง ครั้งที่ 3	4.04	1010	16.27	95.4
คั้นด้วยเครื่อง ครั้งที่ 4	3.99	1010	28.88	95.4

8. การหาจุดคุ้มทุน

รายละเอียดเกี่ยวกับรายรับรายจ่ายในการทำน้ำนมถั่วเหลือง

ราคาเครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลือง = 21500 บาท

ถั่วเหลือง 1 kg ราคา = 20 บาท

น้ำตาลทราย 1 kg = 14 บาท

ในการคั้นน้ำนมถั่วเหลืองใช้เวลา 7.55 นาทีต่อถั่วเหลืองแช่น้ำ 1 kg จะได้น้ำนมถั่วเหลือง 3.95 ลิตรในการทำน้ำนมถั่วเหลืองจำนวน 3.95 ลิตร จะใช้น้ำตาลทรายจำนวน 1 kg

เมื่อคิดเป็นจำนวนเงิน = 20 + 14 = 34 บาท

เมื่อคิดต่อชั่วโมง

จะใช้

ถั่วเหลือง = 7.94 kg

$$\begin{aligned}
 &= 158.8 \text{ บาท} \\
 \text{น้ำตาลทราย} &= 7.94 \text{ kg} \\
 &= 111.25 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

คำนวณหาค่าไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 \text{จากมอเตอร์} &= 5 \text{ Hp} \\
 \text{อัตรากินกระแส} &= 29 \text{ แอมแปร์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= EI \\
 &= 220 \times 29 \\
 &= 6380 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

กำลังที่ใช้ไปต่อชั่วโมง

$$\begin{aligned}
 W &= P \times t \\
 &= 6380 \times 1 \\
 &= 6380 \text{ W / hr}
 \end{aligned}$$

อัตราค่าไฟฟ้าต่อชั่วโมง

อัตราค่าไฟฟ้าคิดตามการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

$$= 0.571 \text{ บาท / หน่วย (1000 Watt / hr)}$$

ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า 1.2

$$\begin{aligned}
 &= 6.38 \times 0.5071 \times 1.2 \\
 &= 3.882 \text{ บาท / ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

ค่าจ้างแรงงาน

$$= 200 \text{ บาท / วัน}$$

ดังนั้นอัตราการลงทุนต่อชั่วโมงจะเท่ากับค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด

$$\begin{aligned}
 &= 158.8 + 111.25 + 3.882 + 200 \\
 &= 473.932 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

น้ำมันถั่วเหลืองที่ขายในท้องตลาดแก้วละ 200 ซีซี ขายในราคา 5 บาท

เมื่อคิดจำนวนถั่วเหลืองที่คั้นได้จำนวน 31.39 ลิตร

คิดเป็นแก้วจะได้ 31.39×5 จะได้ประมาณ 156.95 แก้ว/วัน

$$\text{ค่าแปรผันของวัสดุ} = \frac{473.932}{156.95} = 3.019 \text{ บาท/แก้ว}$$

$$\text{ราคาแก้วละ (P)} = 5 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าใช้จ่าย (C)} = 21500 + 3.019 \text{ บาท}$$

$$\text{รายได้ (R)} = 5N$$

$$\text{ณ จุดคุ้มทุน } R = C$$

$$5N = 21500 + 3.019N$$

$$5N - 3.019N = 21500$$

$$\text{จำนวนแก้ว (N)} = \frac{21500}{1.981}$$

$$= 10853.104 \text{ แก้ว}$$

เมื่อเครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลืองทำงาน 1 ชั่วโมงจะได้ = 156.45 แก้ว / วัน

$$\text{จะคุ้มทุน} = \frac{10853.104}{156.95}$$

$$= 69.15 \text{ วัน}$$

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การออกแบบและทำการทดสอบเครื่องคั้นนํ้านมถั่วเหลือง ผลที่ได้คือเครื่องสามารถคั้นนํ้านมถั่วเหลืองออกมาได้ในอัตราชั่วโมงละ 30 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งก็ถือว่าเป็นอัตราที่น่าพอใจมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของเครื่องคั้น

ซึ่งในการใช้งานเครื่องคั้นนํ้านมถั่วเหลืองเครื่องนี้ให้ได้ผลดีที่สุด ผู้ใช้งานก็ต้องทดลองปรับอัตราการไหลของน้ำเพื่อที่จะให้ได้ความเข้มข้นของนํ้านมถั่วเหลืองตามที่ต้องการ นอกจากนั้นก็ยังขึ้นอยู่กับถั่วเหลืองซึ่งเป็นวัตถุดิบด้วย ซึ่งถั่วเหลืองนั้นผ่านการแช่นํ้ามานานก็ จะทำให้การคั้นง่ายยิ่งขึ้นเพราะว่าเมล็ดถั่วเหลืองจะมีความนุ่มมากกว่าเดิม

และจากตารางบันทึกผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการคั้นนํ้านมถั่วเหลืองด้วยมือและการคั้นนํ้านมถั่วเหลืองด้วยเครื่องคั้นจะเห็นได้ว่าการคั้นนํ้านมถั่วเหลืองด้วยเครื่องนั้นได้นํ้านมถั่วเหลืองมากกว่าถึง 9.06 เปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการคั้นของการทดลองคั้นด้วยเครื่องมากกว่า คือประมาณ 95.475 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การคั้นกับมือได้ค่าประสิทธิภาพการคั้นเพียง 92.42 เปอร์เซ็นต์ และนํ้านมถั่วเหลืองที่ได้มาจากเครื่องคั้นก็อยู่ในเกณฑ์ดี

ข้อเสนอแนะ

1. ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการคั้นและความเข้มข้นของนํ้านมถั่วเหลืองที่ผลิตได้
 - 1.1 ความนิ่มของเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งเกิดจากระยะเวลาที่แช่นํ้า
 - 1.2 การปรับอัตราการไหลของน้ำที่จะนำมาผสมกับนํ้านมถั่วเหลือง
 - 1.3 การปรับสกรูอัดของชุดอัดว่าแน่นมากหรือน้อย

2. การใช้เครื่องให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

- 2.1 เพื่อใช้เครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลืองให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งผู้ที่จะใช้เครื่องนี้จะต้องทำการปรับอัตราการไหลของน้ำในระดับต่างๆ เพื่อให้ได้ระดับความเข้มข้น ของน้ำมันถั่วเหลืองที่ต้องการ
- 2.2 ถั่วเหลืองนั้นต้องผ่านการแช่น้ำหรือคัมน้ำมันเสียก่อนให้ถั่วเหลืองมีความนิ่ม
- 2.3 การปรับสกรูอุดควรปรับให้แน่นเพื่อจะได้ได้น้ำมันที่มากและจะได้กากเหลืองที่แห้งที่สุด

เครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลืองยังมีข้อผิดพลาดเกี่ยวกับสกรูลำเลียงที่ที่สร้างมานั้นยังไม่ได้มาตรฐานตามแบบฟอร์ม DIN เช่น มุมการลำเลียงของเกลียว เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตยังใช้เทคโนโลยีต่ำ การนำสกรูลำเลียงมาประยุกต์ใช้ในการลำเลียงและบีบอัดถั่วเหลืองนั้นยังจะต้องมีการพัฒนาและประยุกต์ใช้กับงานประเภทนี้โดยเฉพาะ

บรรณานุกรม

1. รศ.บรรเลง ศรีนิล และ ผศ.ประเสริฐ ก๊วยสมบุรณ์ ตารางงานโลหะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2524
2. ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนังงาน การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1 พิมพ์ครั้งที่ 10 บริษัท ซี-เอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2534
3. ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนังงาน การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 2 พิมพ์ครั้งที่ 6 บริษัท ซี-เอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2536
4. ชนะ กติการ ความแข็งแรงของวัสดุ กรุงเทพฯ ,พิมพ์ครั้งที่ 9 :โรงพิมพ์ชวนพิมพ์ ,2524

ภาคผนวกที่ 1
แสดงตารางข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ตารางภาคผนวกที่ 1.1 โลหะหนักนอกกลุ่มเหล็ก

ชื่อวัสดุ	หมายเลขวัสดุ	ส่วนผสม โดย %	ความเค้น ดึง N/mm ²	อัตราการ ยืดตัว ใน %	คุณสมบัติ ตัวอย่างการใช้งาน
โลหะผสมสังกะสี					
โลหะผสมสังกะสี-ตะกั่ว					
DIN 1709 (4.73)					
GD-CuZn 33 Pb	2.0290.01	65 Cu, 33 Zn, 2 Pb	180	12	ท่อแบบทาวเวอร์ เรือนเครื่องปรับอากาศ
GK-CuZn 38 Al	2.0591.02	60 Cu, 38 Zn, 1 Al, 1 Ni	300	20	ท่อแบบหล่อขึ้นรูปเพื่อการนำความร้อน
GD-CuZn 15 Si 6	2.0492.05	81 Cu, 15 Zn, 4 Si	550	8	ท่อเชื่อมสำหรับปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศ
GD-CuZn 25 Al 5	2.0598.01	65 Cu, 25 Zn, 5 Al, 5 Mg	750	8	ขั้วต่อ
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล					
DIN 1705, 1714 และ 1716 (alle 6.73)					
G-CuSn 10 Zn	2.1086.01	87 Cu, 10 Sn, 3 Zn	260	15	สกรูยึด Fittings เรือนบิน
G-CuSn 5 Zn Pb	2.1096.01	85 Cu, 5 Sn, 5 Zn, 5 Pb	240	18	จานหล่อทนการกัดกร่อน และความแข็งแรงสูง
G-CuAl 9 Ni Fe 50	2.0970.01	86 Cu, 9 Al, 3 Ni, 2 Fe	500	20	เรือนเครื่องปรับอากาศ
GK-CuAl 9 Ni	2.0970.02	90 Cu, 9 Al, 1 Ni	600	15	ขั้วต่อ
G-CuPb 15 Sn	2.1182.01	75 Cu, 15 Pb, 7 Sn, 2 Zn	180	10	เบรค
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง					
DIN 17660 (4.74)					
GD-CuZn 40 Pb 2	2.0402	56 Cu, 40 Zn, 2 Pb	370-670	35-0	ท่อจ่ายน้ำ
LCuZn 40 F 42	2.0360	60 Cu, 40 Zn	420-660	23-12	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
GD-CuZn 30	2.0265	70 Cu, 30 Zn	280-330	50-0	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
GD-CuZn 10	2.0230	90 Cu, 10 Zn	240-360	42-9	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 Al 2	2.0550	57 Cu, 40 Zn, 2 Al, 1 Mn	550-650	18-10	ท่อระบายน้ำ
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง-ตะกั่ว					
DIN 17662 (4.74)					
GD-CuZn 40 Pb 2	2.1020	94 Cu, 6 Sn	350-750	55-5	สกรูยึด
LCuZn 40 F 42	2.1030	92 Cu, 8 Sn	380-700	60-5	ท่อระบายน้ำ
GD-CuZn 30	2.1080	88 Cu, 6 Zn, 6 Sn	620-770	15-3	ความแข็งแรงสูงและทนการกัดกร่อน
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง-ตะกั่ว-เหล็ก					
DIN 17665 (4.74)					
GD-CuZn 40 Pb 2	2.0932	89 Cu, 8 Al, 3 Fe	450-600	25-10	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 F 42	2.0966	91 Cu, 10 Al, 5 Ni, 4 Fe	650-750	10-10	ความแข็งแรงสูงและทนการกัดกร่อน
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง-ตะกั่ว-เหล็ก-แมงกานีส					
DIN 17663 (4.74)					
GD-CuZn 40 Pb 2	2.0730	64 Cu, 24 Zn, 12 Ni	350-650	40-0	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 F 42	2.0790	62 Cu, 19 Zn, 18 Ni, 1 Pb	440-530	25-6	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง-ตะกั่ว-เหล็ก-แมงกานีส-ฟอสฟอรัส					
DIN 17664 (4.74)					
GD-CuZn 40 Pb 2	2.0872	89 Cu, 10 Ni, 1 Fe	280-360	35-5	ท่อระบายน้ำ
LCuZn 40 F 42	2.0830	75 Cu, 25 Ni	—	—	ท่อระบายน้ำ
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง-ตะกั่ว-เหล็ก-แมงกานีส-ฟอสฟอรัส-ซิลิกอน					
DIN 17744, 17742, 17743 และ 17745 (alle 1.73)					
NiMn 2	2.4110	98 Ni, 2 Mn	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
NiMo 30	2.4810	62 Ni, 28 Mo, 1 Cr, 6 Fe	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
NiCu 30-Fe	2.4360	68 Ni, 30 Cu, 2 Fe	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
NiFe 16 Cu Mo	2.4520	76 Ni, 16 Fe, 5 Cu, 3 Mo	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง-ตะกั่ว-เหล็ก-แมงกานีส-ฟอสฟอรัส-ซิลิกอน-โบรอน					
DIN 1703 (4.74)					
GD-CuZn 40 Pb 2	2.3313	14 Sb, 1 As, 2 Sn, Rest Pb	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 F 42	2.3309	9 Sn, 14 Sb, 0.5 Cd, Rest Pb	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
GD-CuZn 30	2.3770	80 Sn, 12 Sb, 6 Cu, 2 Pb	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง-ตะกั่ว-เหล็ก-แมงกานีส-ฟอสฟอรัส-ซิลิกอน-โบรอน-เทลลูไรด์					
DIN 1707 (1.76)					
GD-CuZn 40 Pb 2	2.3425	74 Pb, 25 Sn	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 F 42	2.3441	60 Pb, 40 Sn	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
GD-CuZn 30	2.3660	60 Sn, 40 Pb	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 F 42	2.3667	60 Sn, 36 Pb	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
โลหะผสมสังกะสี-นิกเกิล-ทองแดง-ตะกั่ว-เหล็ก-แมงกานีส-ฟอสฟอรัส-ซิลิกอน-โบรอน-เทลลูไรด์-อาร์เซนิก					
DIN 8513 ภาค 1 (2.73) ภาค 3 (1.76)					
GD-CuZn 40 Pb 2	2.2145	92 Cu, 8 Pb	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 F 42	2.0367	60 Cu, 40 Zn	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
GD-CuZn 30	2.0413	54 Cu, 46 Zn	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 F 42	2.5153	75 Ag, 22 Cu	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
GD-CuZn 10	2.5141	40 Ag, 20 Cd, 19 Cu, Rest Zn	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ
LCuZn 40 F 42	2.1213	20 Ag, 44 Cu, 0.2 Si, Rest Zn	—	—	ชิ้นประกอบและชิ้นหล่อ

ตารางภาคผนวกที่ 1.3 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงยู่หนึ่ง	1.5 - 2	3 - 4	5 - 6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7 - 8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10 - 12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5 - 7	10 - 15	15 - 20

ตารางภาคผนวกที่ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย f_t และ f_c

วัสดุ	เหล็ก	ทองเหลือง	บรอนซ์	เหล็กหล่อ
เหล็ก (แข็ง)	0.15 - 0.25	0.15 - 0.23	0.15 - 0.19	0.15 - 0.25
เหล็ก (หล่ออ่อน)	0.11 - 0.17	0.10 - 0.16	0.10 - 0.15	0.11 - 0.17
บรอนซ์	0.08 - 0.12	0.04 - 0.5	-	0.06 - 0.09

ตารางภาคผนวกที่ 1.5 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าที่ชุบแข็งได้

ASTI Type	Tensile Strength (ksi)	Yield Point (ksi)	Elongation (%)	Reduction of Area (%)	Impact Resistance (ft-lb)	Hardness		Remarks
						Brinell	Rockwell C	
Alloy Steels, Hardening Grades								
4130	234-98	197-89	12-28	44-71	32-108	461-202	-	-
8630	250-115	230-93	10-26	47-70	33-114	495-217	-	-
1340	282-100	235-76	9-25	24-61	9-97	578-235	-	-
3140	280-112	249-92	11-23	49-69	9-97	555-223	-	-
4140	290-117	251-100	11-23	42-65	11-108	578-235	-	-
4340	284-142	228-130	11-21	48-64	18-77	555-293	-	-
5140	278-114	228-84	8-28	28-68	9-93	534-207	-	-
8740	290-119	240-100	10-25	42-64	21-88	578-241	-	-
4150	308-128	248-117	10-20	34-60	10-77	578-262	-	-
5150	312-116	250-102	9-22	31-62	7-78	601-241	-	-
6150	315-118	270-108	7-22	17-61	14-87	601-241	-	-
8650	282-123	250-114	11-22	41-62	9-78	555-255	-	-
9255	305-130	288-102	2-22	4-49	3-25	601-262	-	-
5160	322-115	260-106	4-24	9-60	2-63	627-229	-	-
4063	345-114	257-103	4-24	8-60	3-67	557-229	-	-
Alloy Steels, Carburizing Grades								
E3310	190,180	146,180	14,15	57,58	55,57	363,363	61,58 (.047")	-
4320	218,211	178,173	14,13	48,51	28,29	429,415	63,59 (.075")	-
4520	103,102	65,62	24,25	60,64	61,90	217,212	65,61 (.062")	-
4620	119,115	83,80	20,21	59,64	52,69	277,248	63,59 (.075")	-
4820	207,205	167,184	14,13	52,53	44,47	415,415	61,58 (.047")	-
8620	188,167	149,120	12,14	52,53	26,30	388,341	64,61 (.075")	-
E9310	173,168	135,137	16,16	60,60	61,39	363,341	62,60 (.047")	-

ที่มา : 1973 Material Selector, Reinhold Pub.Co.

ตารางภาคผนวกที่ 1.6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน ISO/R 775 – 1969

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น mm				
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
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	200	-

ตารางภาคผนวกที่ 1.7 ตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายูนิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
เพลามวน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

ตารางภาคผนวกที่ 1.8 ขนาดลิ้มมาตรฐานที่ใช้กับเพลานขนาดต่างๆ

ขนาด เพล (d) mm	ลิ้มสี่เหลี่ยมผืนผ้า			ลิ้มวงเดือน		
	ลิ้มสี่เหลี่ยมจัตุรัส	ลิ้มแบน	แซดเคิลคีย์			
	ISO/R 733	ISO 2491	DIN	ISO 3912		
	ISO/R774	ISO 2492	6881			
	b×h	b×h	b×h	b×h×R	tl	t2
3-4				1×1.4×4	1.0	
4-5				1.5×2.6×7	2.0	0.6
5-6				2×2.6×7	1.8	0.8
6-7	2×2			2×3.7×10	2.9	1.0
7-8	2×2			2.5×3.7×10	2.7	1.0
8-10	2×3			3×5×13	3.8	1.2
10-12	4×4			3×6.5×6	5.3	1.4
12-14	5×5	5×3		4×6.5×16	5.0	1.4
14-16	5×4	5×3		4×7.5×19	6.0	1.8
16-18	5×5	6×4		5×6.5×16	4.0	1.8
18-20	6×6	6×4		5×7.5×19	5.5	2.3
20-22	6×6	6×4		5×9×22	7.0	2.3
22-25	8×7	8×5	8×3.5	6×9×22	6.5	2.3
25-28	8×7	8×5	8×3.5	6×10×25	7.5	2.8
28-32	8×7	8×5	8×3.5	8×11×28	8.0	2.8
32-38	10×8	10×6	10×4	10×13×32	10.0	3.3
38-44	12×8	12×6	12×4			3.3
44-50	14×9	14×6	14×4.5			
50-58	16×10	16×7	16×5			
58-65	18×11	18×7	18×5			
65-75	20×12	20×8	20×6			
78-85	22×14	22×9	22×7			
85-95	25×14	25×9				

ตารางภาคผนวกที่ 1.8 (ต่อ) ขนาดลิ้มมาตรฐานที่ใช้กับเพลานขนาดต่างๆ

ลิ้มสี่เหลี่ยมผืน						
ขนาด	ผ้า	ลิ้มแบน	แซคเคิลลิช	ลิ้มวงเดือน		
เพล (d)	ลิ้มสี่เหลี่ยมจัตุ	ISO 2491	DIN	ISO 3912		
mm	รัส	ISO 2492	6881			
ISO/R 733						
ISO/R774		b × h	b × h	b × hl × R	t1	t2
b × h						
95 –110	18×16	28×10	28×7.5			
110-130	32×18	32×11	32×8.5			
130–150	36×24	36×12	36×9			
150 –170	40×22	40×14				
170-200	45×25	45×16				
200-230	50×28	50×18				
230-260	56×32					
260-290	63×32					

ตารางภาคผนวกที่ 1.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิคซ์ d_p ของล้อยาสายพานลิ้มตามมาตรฐาน
ISO/R 52-1975 (E) และ ISO/R 253 – 1962 (E)

ขนาดเป็น mm							
25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	2000
31.5	67	112	190	315	560	1060	2240
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	
45	80	132	224	400	670	1400	
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
56	95	160	265	475	800	1800	

ตารางภาคผนวกที่ 1.10 ตัวประกอบใช้งาน N_t สำหรับสายพานลิ้ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องจับ	ชนิดของอุปกรณ์จับ					
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการจับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานะการทำงานตัวอย่างเช่นทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ : normal torque; squirrel 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.		
	เครื่องชนิดต้นตอภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ			เครื่องชนิดต้นตอภายใน : ที่มี 1 ลูกสูบ		
	ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลานบนกลัดซ์		
	ชั่วโมงการทำงานต่อวัน			ชั่วโมงการทำงานต่อวัน		
	≤10	10-16	>10	≤10	10-16	>16
งานปานกลาง :						
สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของชั้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลานบน, เครื่องชักผ้า, เครื่องมือกล PUNCHES Presses shears, เครื่องพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานเบา :						
เครื่องกวาดของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง :						
สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของชั้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลานบน, เครื่องชักผ้า, เครื่องมือกล PUNCHES Presses shears, เครื่องพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4

ตารางภาคผนวกที่ 1.10(ต่อ) ตัวประกอบใช้งาน N_1 สำหรับสายพานลำเลียง

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องจับ	ชนิดของอุปกรณ์จับ					
	ชนิดของอุปกรณ์จับ			ชนิดของอุปกรณ์จับ		
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการจับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงานด้วยอย่างเช่นทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque; squirrel 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		
	เครื่องขับเคลื่อนกลภายใน: ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			เครื่องขับเคลื่อนกลภายใน: ที่มี 1 ลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เหลาแมน คัลเลอร์		
	ชั่วโมงการทำงานต่อวัน			ชั่วโมงการทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	>16	≤ 10	10-16	>16
งานหนัก :						
เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเลื่อยและเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า						
	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
งานหนักพิเศษ :						
Crushers (Gyrators - Jaw - Roll) , mills(Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber calenders - extruders - mills.						
	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ตารางภาคผนวกที่ 1.11 ขนาดสายพานลิ้มและล้อสายพานตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957 (E)
และ ISO/R 256-1962 (E)

ขนาดเป็น mm

หน้าตัดสายพาน	Y	Z	A	B	C	D	E	
l_p	5.3	8.5	11	14	19	27	32	
h	4	6	8	11	14	19	25	
b_w	5.3	8.5	11	14	19	27	32	
b_l	6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40	
c	1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	12	
e	8 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7	
f	6 ± 0.5	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.1	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2	
l_{min}	7	11	14	18	24	28	33	
32° ϕ สำหรับ	≤ 63	-	-	-	-	-	-	
34° บนเส้น	-	63-80	90-118	140-190	224-315	-	-	
36° หัก	63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 630	
38° กลาง	-	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630	
จำนวนร่องบนล้อสายพาน b_2	1	12	16	20	25	34	48	58
	2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
	3	28	40	50	63	85	122	147
	4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
	5	44	64	80	101	136	196	236
	6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
	7	60	88	110	139	187	270	325
	8		100	125	158	212.5	307	369.5
	9		112	140	177	238	344	411
	10		124	155	196	263.5	381	458.5
	11		136	170	215	289	418	503
	12		148	185	234	314.5	455	547.5
d_{pin}	28	50	30	125	200	355	300	

ตารางภาคผนวกที่ 1.12 คิวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_s สำหรับสายพานลื่น

$\frac{D_p - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส $\alpha \cong$	N_s
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

* ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

ตารางภาคผนวกที่ 1.13 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "B" ต่อเส้น P_r

(เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 2282 \text{ mm}$ และส่วนโค้งสัมผัส

$$\alpha = 180^\circ$$

สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น (kW)													
	700	800	950	1000	1200	1450	1600	2000	2400	2850	3200		
สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น (hp)													
112	1.00 1.05 1.20 1.50 ≥3.00	1.23 1.27 1.36 1.42 1.47	1.36 1.41 1.50 1.58 1.63	1.55 1.60 1.71 1.80 1.86	1.60 1.66 1.78 1.87 1.94	1.83 1.90 2.04 2.15 2.22	2.07 2.16 2.33 2.46 2.56	2.37 2.48 2.69 2.85 2.97	2.51 2.63 2.87 3.05 3.18	2.74 2.88 3.16 3.38 3.54	2.89 3.06 3.39 3.65 3.84	2.93 3.12 3.49 3.78 3.99	
125	1.00 1.05 1.20 1.50 ≥3.00	1.56 1.60 1.69 1.75 1.80	1.73 1.78 1.87 1.95 2.00	1.98 2.03 2.14 2.23 2.29	2.06 2.11 2.23 2.32 2.39	2.35 2.42 2.56 2.67 2.75	2.69 2.77 2.94 3.08 3.17	3.10 3.20 3.41 3.58 3.69	3.30 3.41 3.65 3.83 3.96	3.62 3.76 4.04 4.26 4.41	3.84 4.01 4.34 4.60 4.79	3.91 4.10 4.47 4.76 4.97	
140	1.00 1.05 1.20 1.50 ≥3.00	1.94 1.98 2.06 2.13 2.17	2.16 2.20 2.30 2.37 2.42	2.47 2.52 2.63 2.72 2.78	2.57 2.63 2.74 2.83 2.90	2.95 3.02 3.16 3.27 3.35	3.38 3.47 3.63 3.77 3.86	3.91 4.01 4.22 4.39 4.50	4.16 4.28 4.51 4.70 4.83	4.57 4.71 4.99 5.21 5.37	4.85 5.02 5.35 5.61 5.80	4.92 5.11 5.48 5.78 5.98	
160	1.00 1.05 1.20 1.50 ≥3.00	2.43 2.47 2.55 2.62 2.66	2.71 2.76 2.85 2.92 2.98	3.11 3.16 3.27 3.36 3.42	3.24 3.29 3.41 3.50 3.57	3.72 3.79 3.93 4.04 4.12	4.27 4.36 4.53 4.66 4.76	4.94 5.04 5.25 5.42 5.54	5.26 5.37 5.61 5.79 5.92	5.75 5.89 6.17 6.39 6.55	6.04 6.21 6.54 6.80 6.99	6.06 6.25 6.62 6.91 7.12	
180	1.00 1.05 1.20 1.50 ≥3.00	2.92 2.96 3.04 3.10 3.15	3.25 3.30 3.39 3.47 3.52	3.73 3.79 3.90 3.99 4.05	3.89 3.95 4.06 4.16 4.22	4.47 4.54 4.68 4.79 4.87	5.13 5.22 5.39 5.52 5.62	5.91 6.02 6.23 6.39 6.51	6.28 6.39 6.63 6.81 6.94	6.80 6.94 7.22 7.44 7.60	7.04 7.21 7.54 7.80 7.99	6.93 7.12 7.49 7.78 7.99	
200	1.00 1.05 1.20 1.50 ≥3.00	3.39 3.44 3.52 3.58 3.63	3.79 3.83 3.93 4.00 4.05	4.35 4.40 4.51 4.60 4.66	4.53 4.59 4.70 4.79 4.86	5.20 5.27 5.41 5.52 5.60	5.96 6.04 6.21 6.35 6.44	6.83 6.93 7.14 7.31 7.43	7.21 7.33 7.57 7.75 7.88	7.73 7.87 8.15 8.37 8.52	7.82 7.99 8.32 8.58 8.77	7.50 7.69 8.06 8.36 8.56	
224	1.00 1.05 1.20 1.50 ≥3.00	3.96 4.00 4.08 4.14 4.19	4.41 4.46 4.55 4.63 4.68	5.06 5.12 5.23 5.32 5.38	5.27 5.33 5.45 5.54 5.60	6.05 6.12 6.26 6.37 6.45	6.90 6.98 7.15 7.29 7.38	7.84 7.94 8.15 8.32 8.44	8.23 8.35 8.58 8.76 8.89	8.64 8.79 9.07 9.29 9.44			

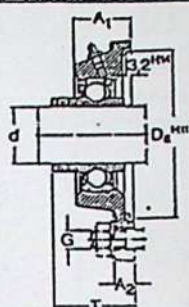
ค่าประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	942	1042	1142	1292	1442	1642	1842	2042	2282	2592	2842	3192
N_1	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_1	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23						

ความยาวคดโค้งได้ใช้ $L_p = L_1 + 43(\text{mm})$

L_1	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		

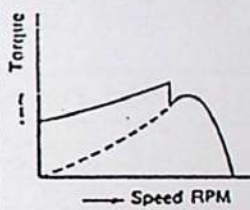
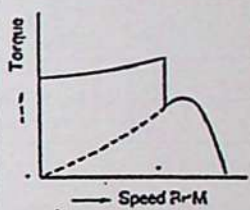
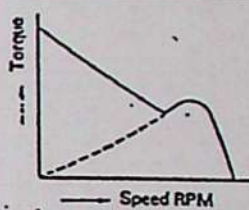
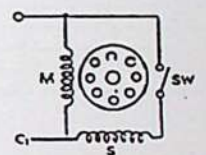
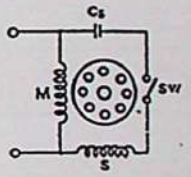
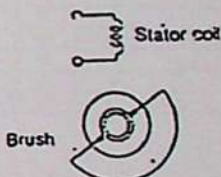
ตารางภาคผนวกที่ 1.14 ข้อมูลทางเทคนิคแสดงขนาดแท้จริง



เบอร์กรบชุดสมบูรณ์	ราคาตัวละ (บาท)	ประกอบด้วย เสื้อเบอร์ คลับลูกปืนเบอร์	ขนาดตัวส่วน				
			d (นิ้ว)	J (มม.)	L (มม.)	N (มม.)	
หมวด FY ขนาดเป็นมิลลิเมตร							
FY 12 TF (UCF 203)	377.-	FY 503 M YAR 203/12-2F	12	54	76	32.9	
FY 12 FM	392.-	FY 503 M YET 203/12	12	54	76	39.1	
FY 15 TF (UCF 203)	377.-	FY 503 M YAR 203/15-2F	15	54	76	32.9	
FY 15 FM	392.-	FY 503 M YET 203/15	15	54	76	39.1	
FY 17 TF (UCF 203)	377.-	FY 503 M YAR 203-2F	17	54	76	32.9	
FY 17 FM	392.-	FY 503 M YET 203	17	54	76	39.1	
FY 17 WM	-	FY 503 M YEL 203	17	54	76	40.4	
FY 20 TF (UCF 204)	377.-	FY 504 M YAR 204-2F	20	63.5	86	37.3	
FY 20 FM	437.-	FY 504 M YET 204	20	63.5	86	42.5	
FY 20 WM	-	FY 504 M YEL 204	20	63.5	86	45.6	
FY 20 KG	898.-	FY 504 M 362004 BTN	20	63.5	86	39.5	
FY 25 TF (UCF 205)	425.-	FY 505 M YAR 205-2F	25	70	95	38.8	
FY 25 FM	476.-	FY 505 M YET 205	25	70	95	42.5	
FY 25 WM	532.-	FY 505 M YEL 205	25	70	95	45.9	
FY 25 KG	898.-	FY 505 M 362005 BTN	25	70	95	39.5	
FY 30 TF (UCF 206)	526.-	FY 506 M YAR 206-2F	30	82.5	108	42.2	
FY 30 FM	561.-	FY 506 M YET 206	30	82.5	108	46.7	
FY 30 WM	671.-	FY 506 M YEL 206	30	82.5	108	50.1	
FY 30 KG	964.-	FY 506 M 362006 BTN	30	82.5	108	43	
FY 35 TF (UCF 207)	607.-	FY 507 M YAR 207-2F	35	92	118	46.4	
FY 35 FM	654.-	FY 507 M YET 207	35	92	118	50.4	
FY 35 WM	830.-	FY 507 M YEL 207	35	92	118	53.3	
FY 35 KG	1,238.-	FY 507 M 362007 B	35	92	118	45.5	
FY 40 TF (UCF 208)	726.-	FY 508 M YAR 208-2F	40	101.5	130	54.2	
FY 40 FM	775.-	FY 508 M YET 208	40	101.5	130	56.7	
FY 40 WM	1,031.-	FY 508 M YEL 208	40	101.5	130	58.9	
FY 40 KG	1,456.-	FY 508 M 362008 B	40	101.5	130	51	
FY 45 TF (UCF 209)	801.-	FY 509 M YAR 209-2F	45	105	137	54.2	
FY 45 FM	847.-	FY 509 M YET 209	45	105	137	56.7	
FY 45 WM	1,062.-	FY 509 M YEL 209	45	105	137	58.9	
FY 50 TF (UCF 210)	962.-	FY 510 M YAR 210-2F	50	111	145	60.6	
FY 50 FM	1,013.-	FY 510 M YET 210	50	111	145	63.7	
FY 50 WM	1,342.-	FY 510 M YEL 210	50	111	145	65.1	

ตารางภาคผนวกที่ 1.15 ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์

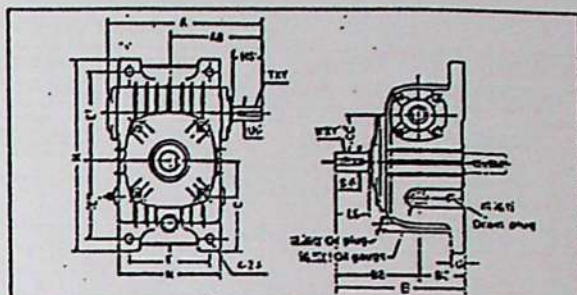
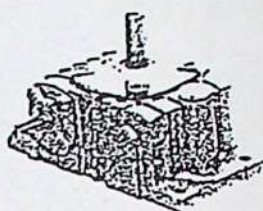
SINGLE-PHASE INDUCTION MOTORS

Type	Split-phase starting motor	Capacitor starting motor	Repulsion starting motor									
Out Look												
Features	- Simple structure - Cheaper price	- High starting torque - Especially bigger	- Higher starting torque - Lower starting current									
Characteristic Curves												
Connection	 M : Main coil S : Starting coil SW : Centrifugal switch	 M : Main coil S : Starting coil SW : Centrifugal switch Cs : Capacitor	 Stator coil Brush									
Application	- Drilling machine - Blower	- Pump - Conveyor	- Compressor - Agricultural machine									
Model	SP-KR			SC-KR		SC-E			SI-K			
Output (HP)	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1.5	2	3	5	1/2	1	1 3/4
Frame no.	A71	B71	80	80	90S	90L	100L	112M	132M	100L	100L	100L
No. of poles	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Power Supply	1 Ø 220 V. 50 Hz.											
Full Load Current (A)	2.8	3.1	4.9	4.3	7.1	9.6	13.0	18.6	29.0	3.5	7.6	12.0
Full load speed (rpm)	1450	1440	1450	1420	1430	1450	1440	1450	1450	1455	1460	1450
Net Weight (Kg)	6.5	7.5	11.5	12	19	26	32	44	70	26.5	31	40

ตารางภาคผนวกที่ 1.16 ข้อมูลทางเทคนิคของเกียร์ทดรอบ

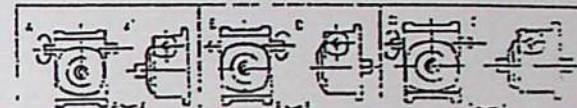
GONG TZYH WORM GEAR SPEED REDUCER

TK-V 型



SHAFT DIRECTION

轴径方向



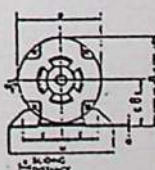
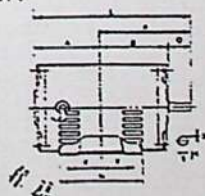
DIMENSION in millimeter

减速比 Ratio	A	AB	B	BB	BC	C	CC	E1	E2	F	M	N	G	Z	输入功率 HP	输入电压 U	传动比 TZY	输出轴径 LS	输出轴速 S	输出轴功率 WAY	输出轴长度 L	输出轴重量 W
50	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
70	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
80	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
120	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
150	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
200	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
250	175	105	145	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

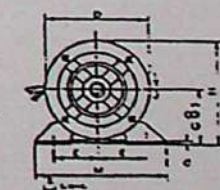
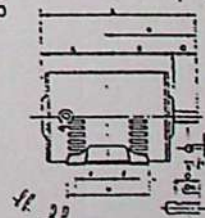
● Outlines and Dimensions of Single Phase Induction Motors

Type SP-KR
Frame A71, B71

Type SP-KR
Frame 80



OUTER FRAME LEG AS VIEWED FROM ABOVE



OUTER FRAME LEG AS VIEWED FROM ABOVE

Type	Output (W)	Pole	Frame No.	Motor												Shaft end							
				A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	N	X	Z	Q	OK	R	S	T	U	V
SP-KR	1/4	4	A71	96	87	71	131.2	56	45	2.6	136.6	216	160	115	15	8	30	-	120	14	-	1	-
SP-KR	1/3	4	B71	106	87	71	131.2	56	45	2.6	136.6	226	160	115	15	9	30	-	120	14	-	1	-
SP-KR	1/2	4	80	127	87	80	146.6	62.5	50	3.2	153.3	267	165	130	10	10	40	28	140	16	5	3	1

ตารางภาคผนวกที่ 1.17 ข้อมูลทางเทคนิคของเกียร์ทดรอบ

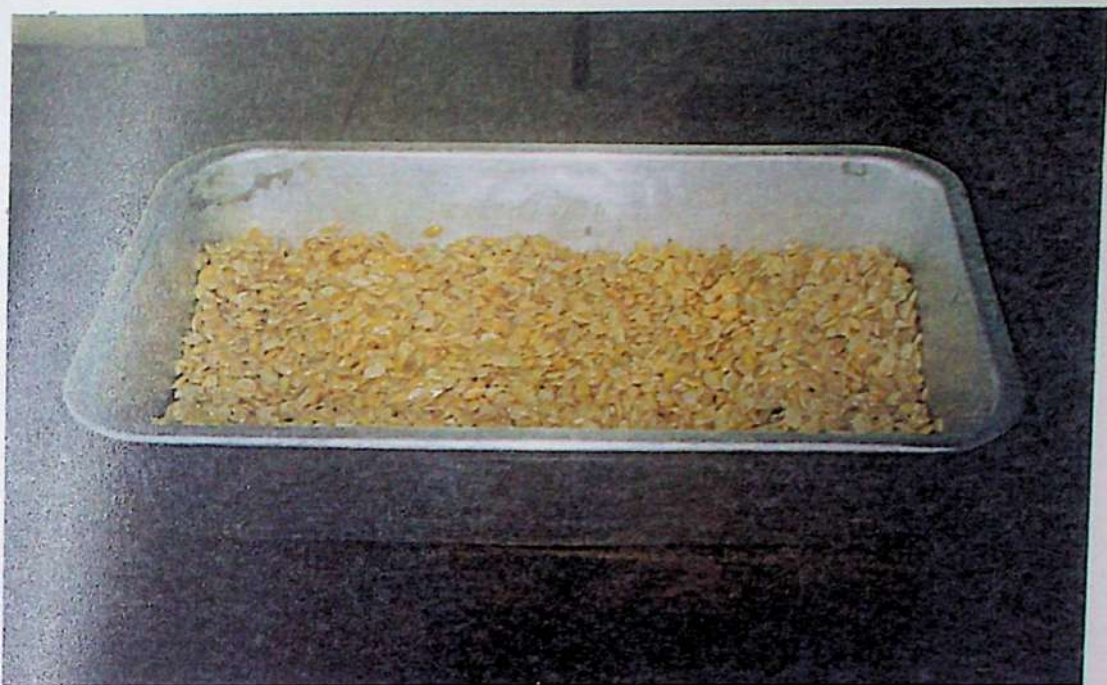
工 字 牌 蜗 輪 減 速 機

Size 40~135 / 入力軸馬力・出力軸馬力・出力軸扭力(kg-m)・出力軸O.H.L(kg)
Horsepower and Torque Ratings, Continued

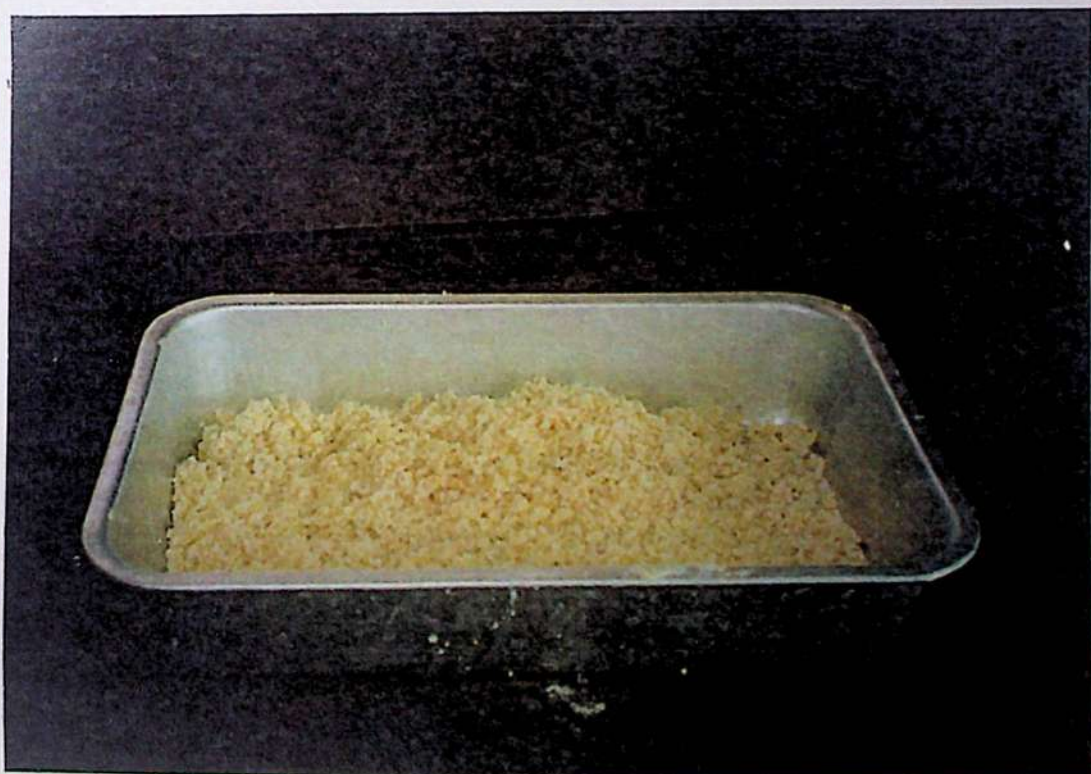
RATINGS	1800RPM INPUT SPEED										1500RPM INPUT SPEED										1200RPM INPUT SPEED										900RPM INPUT SPEED										600RPM INPUT SPEED										300RPM INPUT SPEED									
	In. HP		Output H.P. Torque O.H.L			In. HP		Output H.P. Torque O.H.L			In. HP		Output H.P. Torque O.H.L			In. HP		Output H.P. Torque O.H.L			In. HP		Output H.P. Torque O.H.L			In. HP		Output H.P. Torque O.H.L			In. HP		Output H.P. Torque O.H.L																											
Size	Ratio	HP	H.P.	Torque	O.H.L	HP	H.P.	Torque	O.H.L	HP	H.P.	Torque	O.H.L	HP	H.P.	Torque	O.H.L	HP	H.P.	Torque	O.H.L	HP	H.P.	Torque	O.H.L	HP	H.P.	Torque	O.H.L	HP	H.P.	Torque	O.H.L																											
40	1/10	0.83	0.65	2.6	70	0.77	0.60	2.8	70	0.67	0.51	3.1	70	0.56	0.42	3.4	70	0.43	0.32	3.8	70	0.23	0.16	3.8	70	0.23	0.16	3.8	70	0.10	0.07	3.8	70																											
	1/15	0.70	0.54	3.0	70	0.62	0.48	3.1	70	0.35	0.27	2.4	70	0.28	0.22	2.6	70	0.24	0.19	3.0	70	0.13	0.10	3.3	70	0.13	0.10	3.3	70	0.06	0.05	3.3	70																											
	1/20	0.38	0.27	2.1	70	0.34	0.24	2.3	70	0.30	0.21	2.5	70	0.26	0.17	2.8	70	0.20	0.13	3.1	70	0.10	0.08	3.7	70	0.10	0.08	3.7	70	0.05	0.04	3.7	70																											
	1/30	0.43	0.28	3.3	70	0.40	0.25	3.5	70	0.34	0.21	3.8	70	0.27	0.16	3.8	70	0.20	0.11	3.6	70	0.10	0.05	3.8	70	0.10	0.05	3.8	70	0.05	0.04	3.8	70																											
	1/40	0.26	0.15	2.5	70	0.24	0.14	2.6	70	0.21	0.12	2.8	70	0.18	0.10	3.1	70	0.14	0.07	3.4	70	0.09	0.04	3.8	70	0.09	0.04	3.8	70	0.05	0.04	3.8	70																											
	1/50	0.25	0.14	2.8	70	0.23	0.12	3.0	70	0.20	0.11	3.2	70	0.17	0.09	3.5	70	0.13	0.06	3.8	70	0.07	0.03	3.8	70	0.07	0.03	3.8	70	0.07	0.03	3.8	70																											
50	1/60	0.20	0.10	2.4	70	0.19	0.09	2.6	70	0.16	0.05	2.7	70	0.14	0.05	5.0	70	0.11	0.05	3.2	70	0.07	0.03	3.5	70	0.07	0.03	3.5	70	0.07	0.03	3.5	70																											
	1/10	1.44	1.15	4.59	100	1.31	1.03	4.94	107	1.16	0.90	5.40	115	0.89	0.68	5.43	120	0.60	0.45	5.43	140	0.31	0.23	5.43	200	0.22	0.15	5.43	200	0.10	0.07	5.43	200																											
	1/15	1.07	0.81	4.89	115	0.97	0.73	5.22	120	0.82	0.59	5.43	130	0.63	0.45	5.43	140	0.43	0.30	5.43	160	0.22	0.15	5.43	200	0.17	0.12	5.43	200	0.10	0.07	5.43	200																											
	1/20	0.65	0.48	3.85	130	0.58	0.43	4.13	140	0.51	0.37	4.48	155	0.43	0.31	4.94	170	0.32	0.22	5.43	200	0.17	0.12	5.43	200	0.17	0.12	5.43	200	0.10	0.07	5.43	200																											
	1/30	0.63	0.45	5.43	150	0.58	0.37	5.43	170	0.48	0.30	5.43	180	0.37	0.22	5.43	200	0.26	0.15	5.43	200	0.10	0.05	5.43	200	0.10	0.05	5.43	200	0.05	0.04	5.43	200																											
	1/40	0.44	0.29	4.50	170	0.40	0.25	4.80	160	0.35	0.21	5.16	200	0.28	0.17	5.43	200	0.20	0.11	5.43	200	0.10	0.05	5.43	200	0.10	0.05	5.43	200	0.05	0.04	5.43	200																											
60	1/50	0.39	0.23	4.55	200	0.35	0.20	4.94	200	0.31	0.17	5.29	200	0.24	0.13	5.43	200	0.17	0.09	5.43	200	0.09	0.04	5.43	200	0.09	0.04	5.43	200	0.05	0.04	5.43	200																											
	1/60	0.31	0.18	4.35	200	0.28	0.16	4.60	200	0.24	0.13	4.87	200	0.21	0.11	5.24	200	0.15	0.07	5.43	200	0.08	0.03	5.43	200	0.08	0.03	5.43	200	0.05	0.04	5.43	200																											
	1/10	2.32	1.57	7.44	98	2.08	1.66	7.95	104	1.88	1.47	8.50	110	1.57	1.21	9.56	121	1.25	0.93	11.1	140	0.66	0.48	11.6	200	0.48	0.32	11.6	200	0.21	0.15	11.6	200																											
	1/15	1.72	1.32	7.91	116	1.55	1.18	8.46	122	1.36	1.01	9.07	133	1.17	0.85	10.2	145	0.90	0.64	11.5	157	0.48	0.32	11.6	200	0.48	0.32	11.6	200	0.21	0.15	11.6	200																											
	1/20	1.21	0.89	7.15	138	1.10	0.80	7.66	148	0.96	0.69	8.31	157	0.83	0.57	9.15	172	0.65	0.43	10.4	189	0.48	0.32	11.6	200	0.48	0.32	11.6	200	0.21	0.15	11.6	200																											
	1/30	1.14	0.78	8.31	151	1.05	0.70	10.0	159	0.92	0.59	10.6	172	0.78	0.48	11.6	189	0.54	0.32	11.5	200	0.29	0.16	11.5	200	0.29	0.16	11.5	200	0.15	0.10	11.5	200																											
70	1/40	0.82	0.52	8.27	178	0.75	0.46	8.83	189	0.67	0.39	9.49	200	0.58	0.32	10.4	200	0.45	0.24	11.5	200	0.25	0.12	11.5	200	0.25	0.12	11.5	200	0.15	0.10	11.5	200																											
	1/50	0.77	0.49	9.70	200	0.70	0.43	10.2	200	0.62	0.37	11.0	200	0.40	0.23	9.22	200	0.31	0.17	10.3	200	0.19	0.09	11.6	200	0.19	0.09	11.6	200	0.10	0.07	11.6	200																											
	1/60	0.64	0.38	9.20	200	0.58	0.34	9.70	200	0.51	0.29	10.4	200	0.43	0.24	11.3	200	0.25	0.13	9.52	200	0.14	0.07	11.2	200	0.14	0.07	11.2	200	0.07	0.05	11.2	200																											
	1/10	3.48	2.52	11.2	128	3.11	2.50	11.9	136	2.77	2.20	13.1	145	2.23	1.81	14.4	159	1.65	1.41	16.3	180	1.20	0.88	21.1	226	1.20	0.88	21.1	226	0.60	0.43	21.1	226																											
	1/15	2.53	1.56	11.7	153	2.29	1.76	12.6	161	2.02	1.52	13.5	174	1.73	1.28	15.2	180	1.24	0.89	17.3	218	0.87	0.59	21.3	277	0.87	0.59	21.3	277	0.43	0.30	21.3	277																											
	1/20	1.93	1.47	11.7	178	1.75	1.31	12.5	188	1.55	1.14	13.6	202	1.31	0.94	15.0	222	1.02	0.71	17.1	255	0.65	0.43	20.6	300	0.65	0.43	20.6	300	0.32	0.23	20.6	300																											
80	1/30	1.69	1.16	13.8	196	1.55	1.05	15.0	209	1.36	0.89	16.1	225	1.18	0.74	17.7	247	0.92	0.59	20.1	254	0.59	0.33	23.9	300	0.59	0.33	23.9	300	0.30	0.21	23.9	300																											
	1/40	1.24	0.82	13.1	233	1.13	0.73	14.0	247	1.01	0.60	15.0	258	0.86	0.51	16.5	283	0.67	0.39	18.6	300	0.43	0.23	23.9	300	0.43	0.23	23.9	300	0.21	0.15	23.9	300																											
	1/50	1.12	0.72	14.3	266	1.03	0.64	15.2	282	0.91	0.55	15.3	300	0.77	0.45	17.8	300	0.60	0.33	19.7	300	0.39	0.19	23.2	300	0.39	0.19	23.2	300	0.19	0.13	23.2	300																											
	1/60	1.04	0.68	13.9	283	0.86	0.51	14.6	300	0.76	0.43	15.5	300	0.65	0.36	17.0	300	0.50	0.28	16.6	300	0.32	0.15	22.0	300	0.32	0.15	22.0	300	0.15	0.10	22.0	300																											
	1/10	4.93	4.01	15.9	180	4.43	3.58	17.0	181	3.89	3.12	18.6	204	3.30	2.59	20.6	224	2.63	2.02	24.1	254	1.70	1.25	30.1	300	1.70	1.25	30.1	300	0.85	0.60	30.1	300																											
	1/15	3.57	2.79	16.7	215	3.21	2.49	17.8	228	2.83	2.17	19.4	244	2.44	1.81	21.7	267	1.90	1.38	24.7	306	1.24	0.85	30.7	300	1.24	0.85	30.7	300	0.60	0.43	30.7	300																											
100	1/20	2.53	1.90	15.1	253	2.30	1.71	16.3	267	2.04	1.49	17.8	287	1.73	1.22	19.5	316	1.37	0.93	22.4	352	0.89	0.57	27.2	400	0.89	0.57	27.2	400	0.43	0.30	27.2	400																											
	1/30	2.38	1.66	19.8	277	2.15	1.47	21.1	294	1.90	1.28	22.9	316	1.65	1.06	25.3	345	1.31	0.80	28.7	396	0.84	0.47	34.0	400	0.84	0.47	34.0	400	0.40	0.28	34.0	400																											
	1/40	1.70	1.10	17.5	326	1.54	0.98	18.7	347	1.38	0.85	20.4	372	1.19	0.69	22.2	400	0.94	0.52	25.0	400	0.62	0.31	29.8	400	0.62	0.31	29.8	400	0.31	0.21	29.8	400																											
	1/50	1.57	1.01	20.1	364	1.43	0.90	21.6	385	1.28	0.77	23.1	400	1.09	0.63	25.1	400	0.85	0.47	28.0	400	0.55	0.28	33.0	400	0.55	0.28	33.0	400	0.28	0.20	33.0	400																											
	1/60	1.29	0.79	18.9	400	1.18	0.71	20.4	400	1.05	0.60	21.6	400	0.91	0.50	23.7	400	0.70	0.36	26.0	400	0.46	0.21	30.8	400	0.46	0.21	30.8	400	0.21	0.15	30.8	400																											
	1/10	8.73	7.18	28.5	167	7.93	6.46	30.8	177	6.90	5.60	33.4	190	5.87	4.69	37.3	207	4.68	3.65	43.3	235	2.79	2.09	50.0	300	2.79	2.09	50.0	300	1.39	1.00	50.0	300																											
120	1/15	6.33	5.02	29.9	204	5.66	4.43	31.7	217	5.09	3.94	35.3	230	4.33	3.29	39.3	251	3.58	2.48	44.5	289	1.99	1.39	50.0	300	1.99	1.39	50.0	300	1.00	0.73	50.0	300																											
	1/20	5.02	3.93	31.2	239	4.57	3.54	33.8	252	4.03	3.09	36.9	269	3.40	2.53	43.3	297	2.67	1.93	46.2	340	1.52	1.04	50.0	300	1.52	1.04	50.0	300	0.73	0.54	50.0	300																											
	1/30	4.20	3.00	35.8	265	3.8																																																						

ภาคผนวกที่ 2

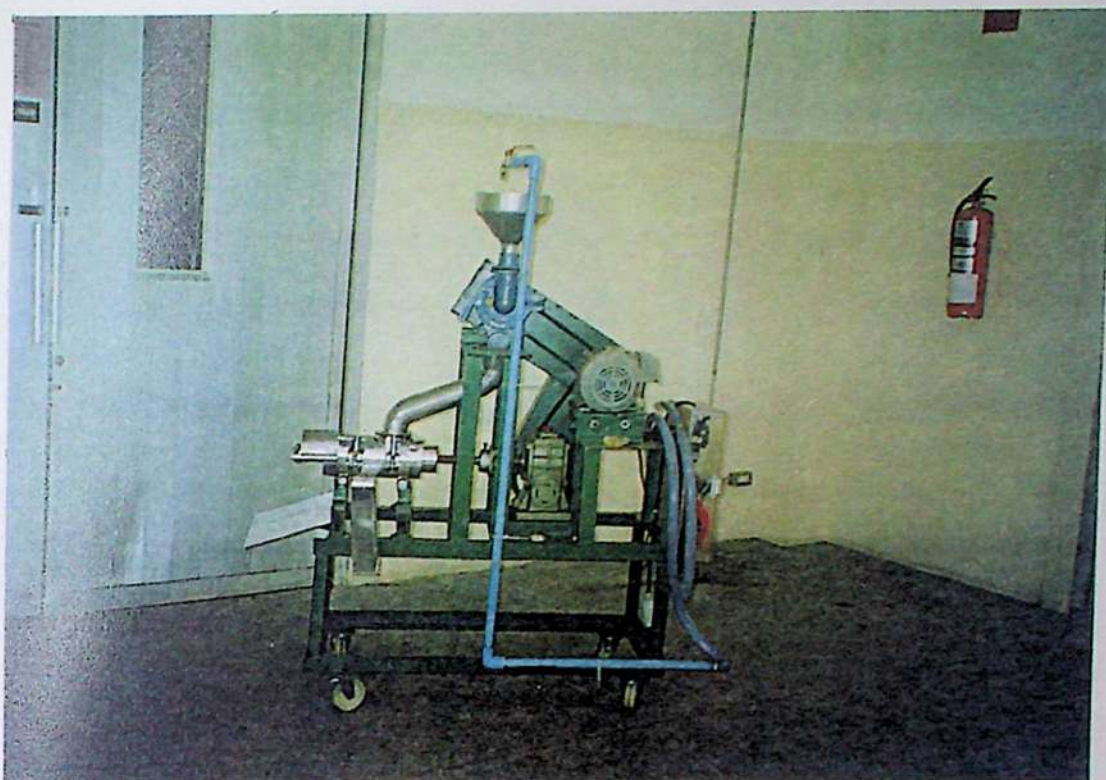
แสดงรูปเครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลืองและการทดสอบ .



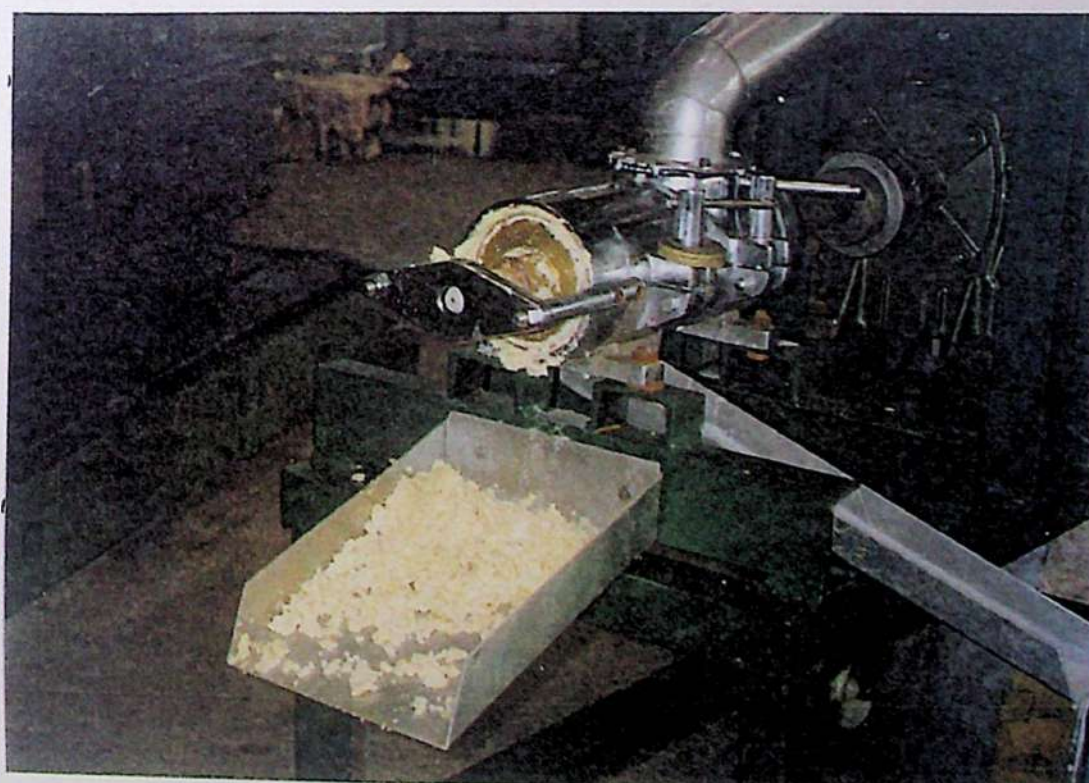
รูปภาคผนวกที่ 2.1 ถั่วเหลืองแช่น้ำก่อนการคั้น



รูปภาคผนวกที่ 2.2 ถากถั่วเหลืองที่ได้จากการคั้น



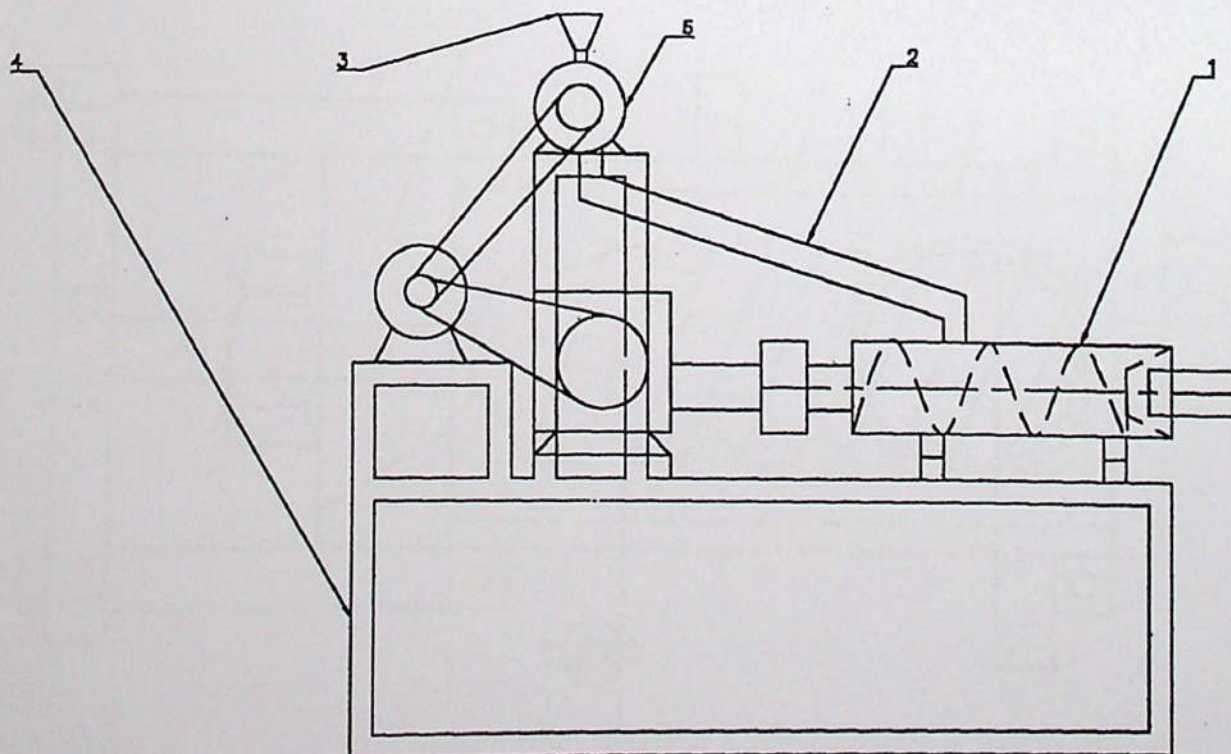
รูปภาคผนวกที่ 2.3 เครื่องคั้นนํ้านมถั่วเหลือง



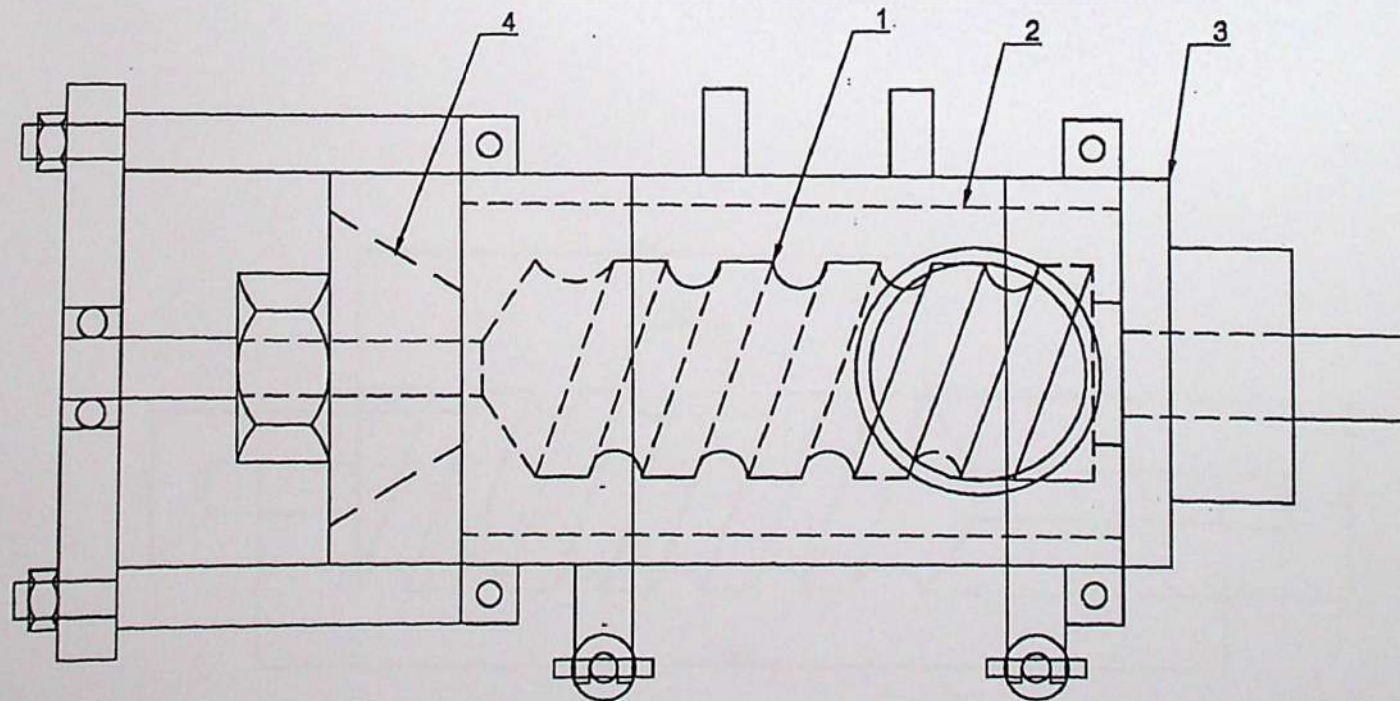
รูปภาคผนวกที่ 2.4 เครื่องคั้นนํ้านมถั่วเหลืองขณะทำงาน

ภาคผนวกที่ 3

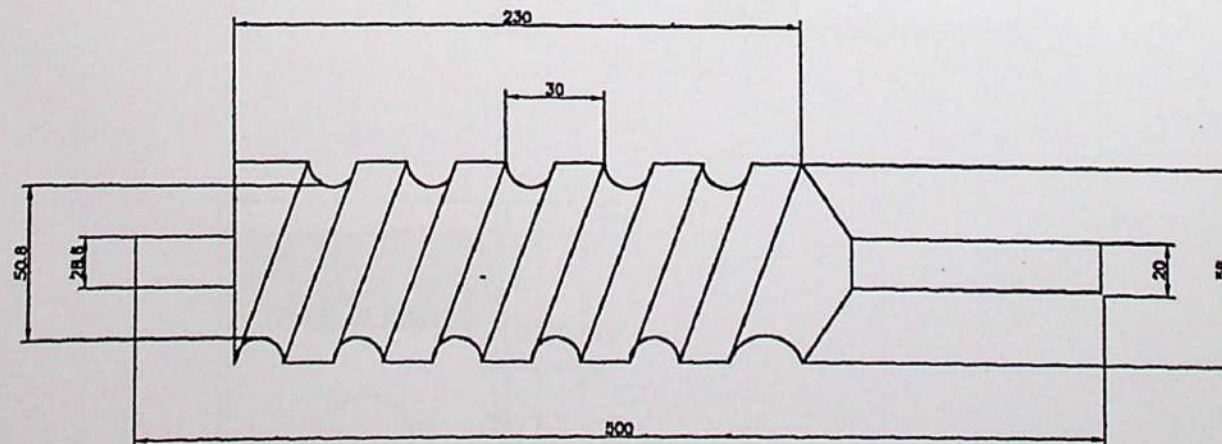
แสดงแบบเครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลือง



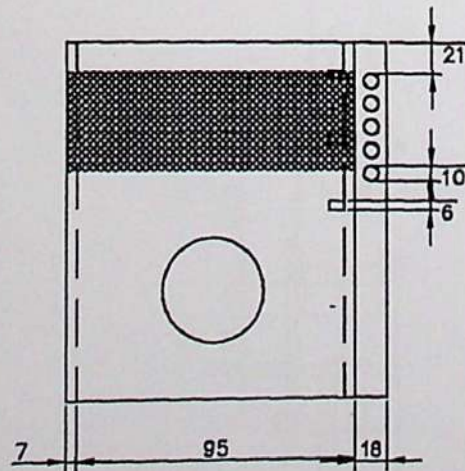
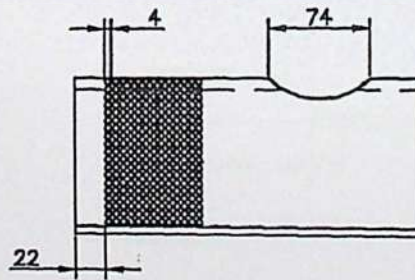
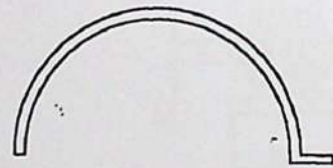
5	1	ชุดหินบด		กม	
4	1	โครง,st37		กม	
3	1	กรวย,stainless steel		กม	
2	1	ทอ,stainless steel		กม	
1	1	ชุดสกรูบีบอัด,stainless steel		กม	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด		หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ขาดิเจริญ	ผู้ตรวจ	ผู้ออกแบบ อ.ประภา บุญขวาณิชกุล	ชื่อแท้ม	วันที่ 17/10/00	มาตราส่วน กม
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์			เครื่องคั้นน้ำนมถั่วเหลือง		
			หมายเลขแบบ MT-00	แก้ไขครั้งที่	แผ่นที่



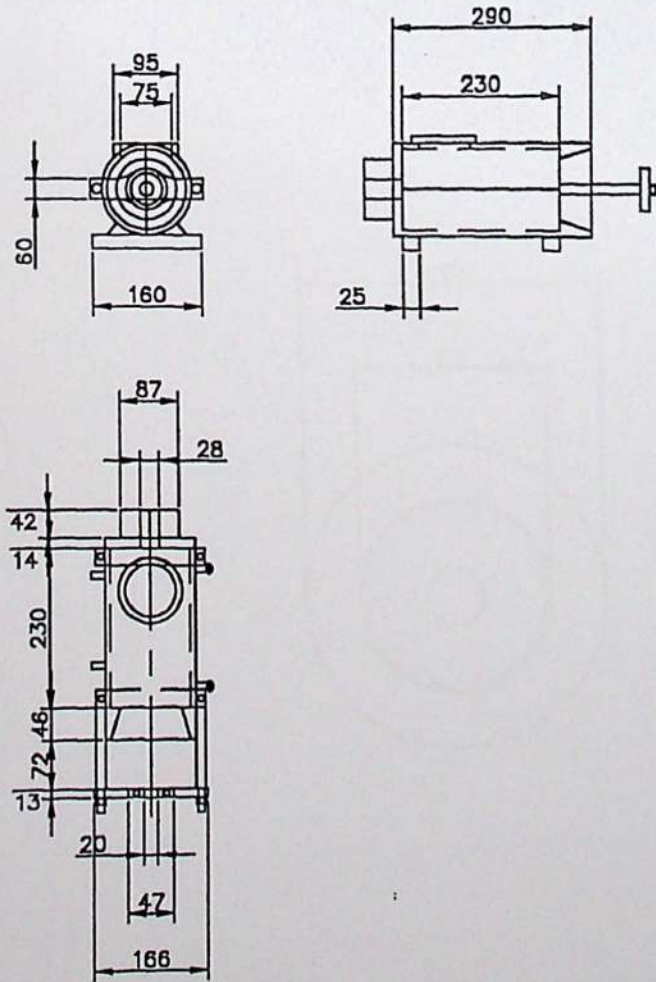
4	1	วาล์ว, Brass			mm	
3	1	ชุดเฟืองสกรู, stainless steel			mm	
2	1	ตะแครง, Brass			mm	
1	1	สกรู, red brass			mm	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ, วัสดุ, ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ขาดิเจริญ		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ อ.ประชา มุณยวานิชกุล	ชื่อพิมพ์	วันที่ 17/10/00	มาตราส่วน 1:100
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				ชุดสกรูปีบอัด		
				หมายเลขแบบ MT-00-01	แก้ไขครั้งที่	แผ่นที่



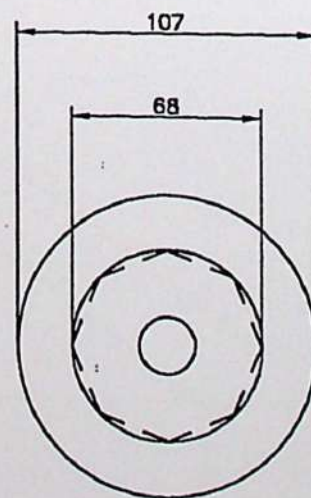
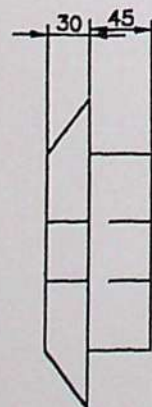
1	1	สกรู, Red brass			mm	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ, วัสดุ, ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ชาติเจริญ		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ อ.ประภา มุณขานโรกุล	ชื่อแท้ม	วันที่ 17/10/00	มาตรฐาน 1:2
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				ชุดสกรูบีบยึด		
				หมายเลขแบบ MT-01-01	แก้ไขครั้งที่	แผ่นที่



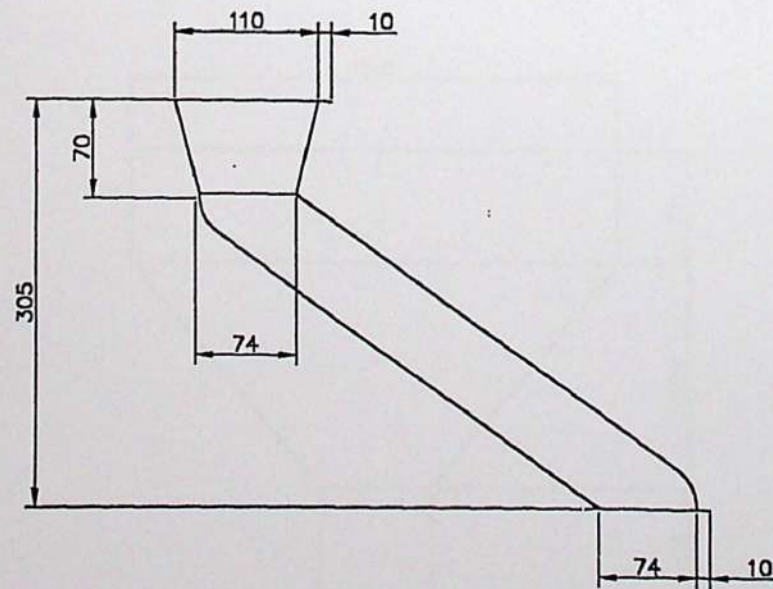
1	1	ตะแกรง, Brass			mm	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ, วัสดุ, ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ราชเจริญ		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ อ.ประชา มุณฑานิรกุล	ชื่อเพิ่ม	วันที่ 17/10/00	มาตราส่วน 1:4
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				ชุดอุปกรณ์		
				หมายเลขแบบ MT-01-02		แก้ไขครั้งที่



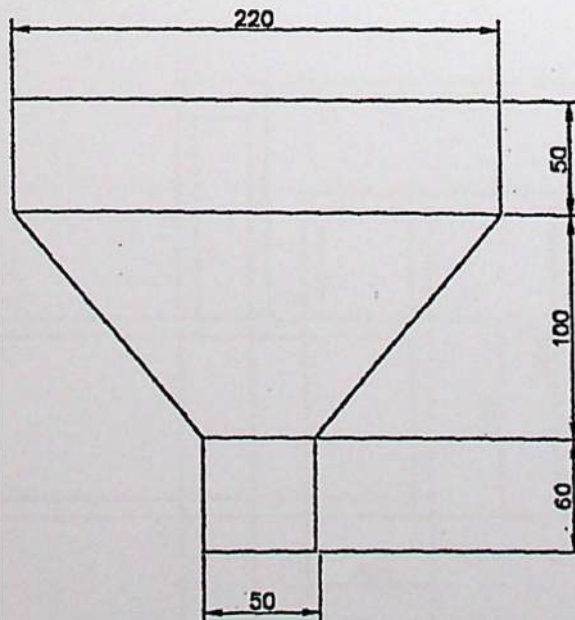
1	1	ชุดเรือนสกรู, stainless steel			mm	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ, วัสดุ, ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ขาดิเจริญ		ผู้ตรวจ	ผู้ออกแบบ อ.ประภา มุณยวานิชกุล	ชื่อแผ่น	วันที่ 17/10/00	มาตรฐาน 1:8
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				ชุดสกรูปีบอัด		
				หมายเลขแบบ MT-01-03		แก้ไขครั้งที่



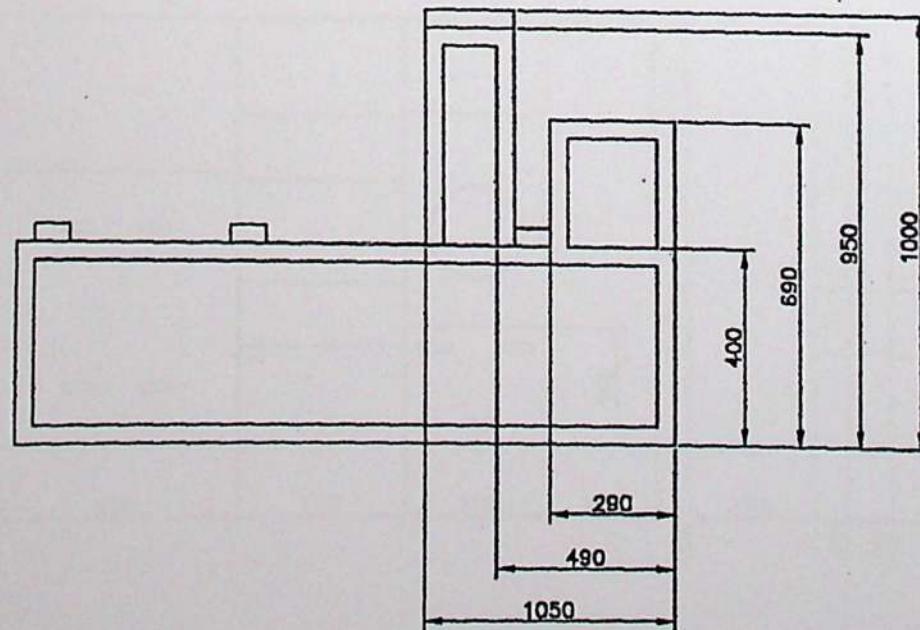
1	1	วาล์ว, Brass			mm	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ, วัสดุ, ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ขาดิเจริญ		ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ อ.ประชา มุณยวานิชกุล	ชื่อแผ่น	วันที่ 17/10/00	มาตรฐาน 1:4
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				ชุดสกรูบีบอัด		
				หมายเลขแบบ MT-01-04		แก้ไขครั้งที่



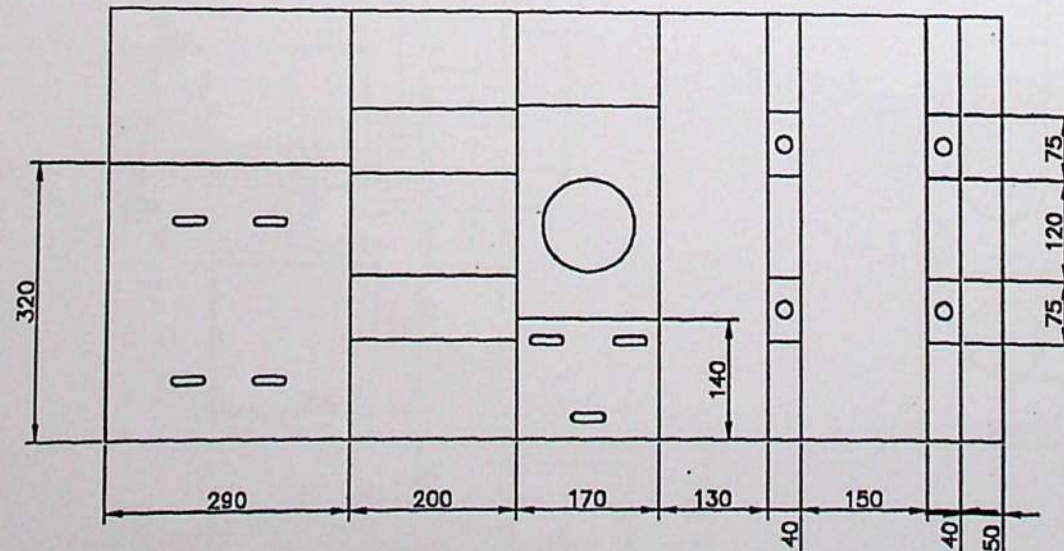
1	1	ทอ, stainless steel			mm	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ, วัสดุ, ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ขาดเจริญ		ผู้ตรวจ	ผู้ออกแบบ อ.ประชา มุณยวานิชกุล	ชื่อแผ่น	วันที่ 17/10/00	มาตรฐาน 1:1
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องคั่นน้ำมันตัวเหลือง		
				หมายเลขแบบ MT-00-02		แก้ไขครั้งที่



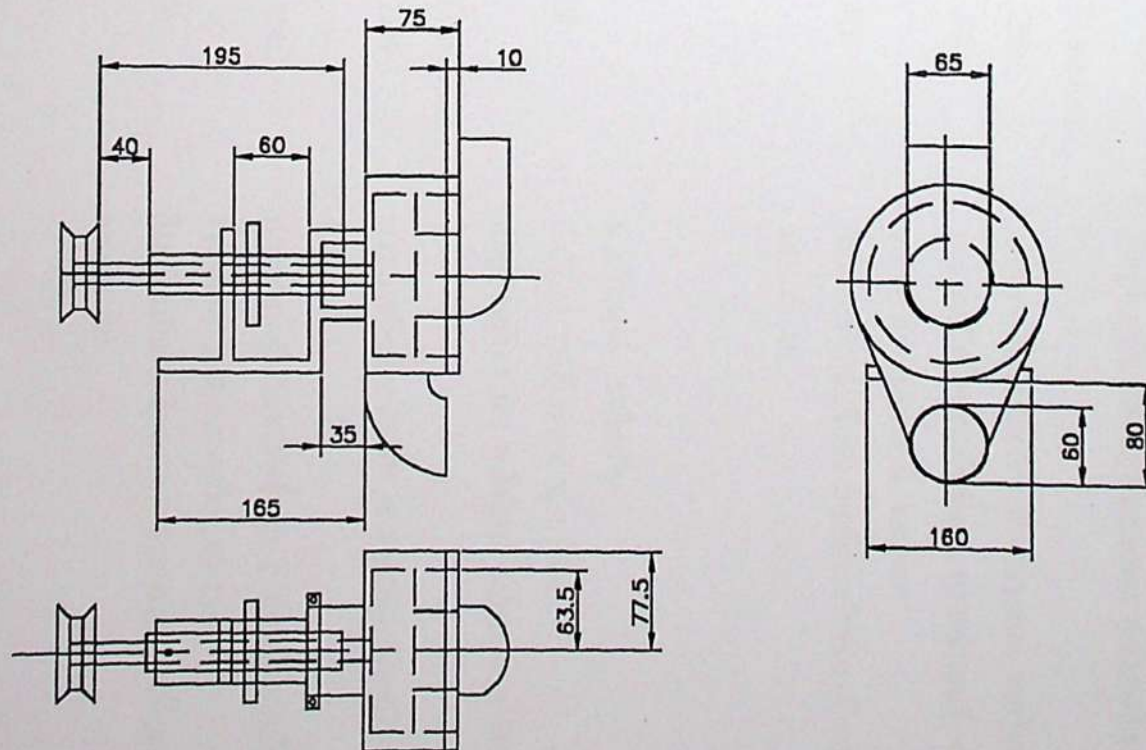
1	1	กรวย, stainless steel			กกก	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ, วัสดุ, ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ราศีเจริญ	ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ อ.ประภา บุญขวานิรกุล	ชื่อเพิ่ม	วันที่ 17/10/00	มาตราส่วน 1:3	
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์			เครื่องปั้นดินเผาถ้วยเหลือง			
			หมายเลขแบบ MT-00-03	แก้ไขครั้งที่	แผ่นที่	



1	1	โครง,๓37			ททท	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ขาศิทธิกุล	ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ อ.ประภา มุณขวานิรกุล	ชื่อพื้นที่		วันที่ 17/10/00	มาตรฐาน 1:1
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์			เครื่องค้ำน้ำหนักตัวเหลือง			
			หมายเลขแบบ MT-00-04	แก้ไขครั้งที่	แผ่นที่	



1	1	st37			mm	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ราติเจริญ	ผู้ตรวจ	ผู้อนุมัติ อ.ประภา มุณขวานิรกุล	ชื่อแท้ม	วันที่ 17/10/00	มาตราส่วน 1:8	
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์			เครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลือง			
			หมายเลขแบบ MT-00-04	แก้ไขครั้งที่	แผ่นที่	



1	1	st37			mm	
ลำดับ	จำนวน	ชื่อ,วัสดุ,ขนาด			หน่วย	
ผู้เขียน นายไพฑูรย์ ชาติเจริญ		ผู้ตรวจ	ผู้ออกแบบ อ.ประชา มุณขานิชกุล	ชื่อแท้ม	วันที่ 17/10/00	มาตราส่วน 1:9
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์				เครื่องคั้นน้ำมันถั่วเหลือง		
				หมายเลขแบบ MT-00-05	แก้ไขครั้งที่	แผ่นที่

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ นายเฉลิมพงษ์ รักนิ่ม
ประวัติ เกิดวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2521
ที่อยู่ปัจจุบัน 27/4 ม.7 ต.บ่อทอง อ.หนองจิก จ.ปัตตานี 94170
ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2539 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์ จากวิทยาลัยเทคนิคยะลา, จ.ยะลา
พ.ศ. 2541 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างยนต์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้, จ.สงขลา
ปัจจุบัน ศึกษาระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์,
จ.นครนายก

ชื่อ นายไพฑูรย์ ชาติเจริญ
ประวัติ เกิดวันที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2521
ที่อยู่ปัจจุบัน 5 ม.3 ต.วังใหม่ อ.ป่าบอน จ.พัทลุง 93170
ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2539 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์ จากโรงเรียนสงขลาเทคโนโลยี,
จ. สงขลา
พ.ศ. 2541 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเครื่องกลเรือ จากสถาบันเทคโนโลยี
ราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้, จ.สงขลา
ปัจจุบัน ศึกษาระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์,
จ.นครนายก

ประวัติผู้จัดทำ (ต่อ)

ชื่อ	นายอาจหาญ ณ นรงค์
ประวัติ	เกิดวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2517 ที่อยู่ปัจจุบัน 146/1 ม.5 ต.สามตำบล อ.จุฬาภรณ์ จ. นครศรีธรรมราช 94170
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2538	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์ จากวิทยาลัยเทคนิคนครศรี ธรรมราช , จ.นครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2540	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างยนต์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้, จ.สงขลา
ปัจจุบัน	ศึกษาระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์, จ.นครนายก