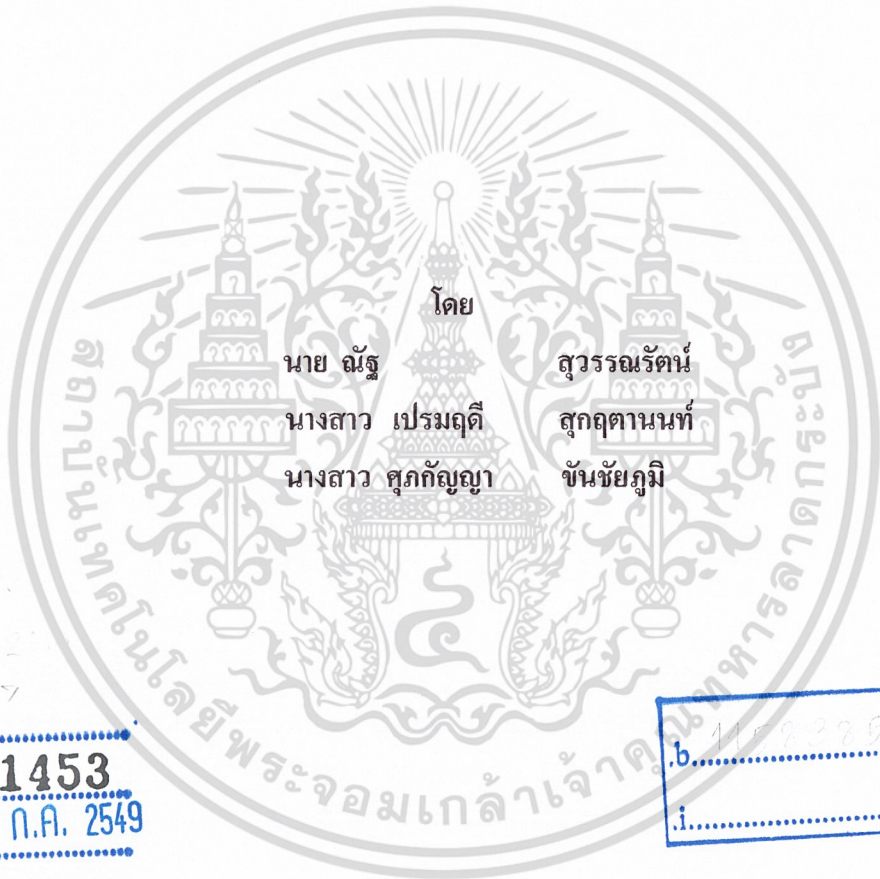


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



เครื่องมัดข้าวต้มมัด

KHAO-TOM-MAD Strapping Machine



โดย นาย ธีฐ สุวรรณรัตน์
นางสาว เปรมฤดี สุกฤตานนท์
นางสาว ศุภกัญญา ชันชัยภูมิ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **61453**
วัน,เดือน,ปี **17 ก.ค. 2549**

b. 1178229x
i.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทชั้นปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องมัดข้าวต้มมัด

ผู้จัดทำ

นาย ณัฐ สุวรรณรัตน์

นางสาว เปรมฤดี สุกฤตตานนท์

นางสาว ศุภกัญญา จันชัยภูมิ



.....
(อาจารย์เจษฎา ชัยโถม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(อาจารย์สมัคร รักแม่)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือขัดข้าวต้มมัด

นาย ณัฐ	สุวรรณรัตน์	
นางสาว เปรมฤดี	สุกฤตานนท์	
นางสาว ศุภกัญญา	ชันชัยภูมิ	
อาจารย์เจษฎา	ชัยโถม	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์สมัคร	รักแม่	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือขัดข้าวต้มมัด โดยใช้ดอก เครื่องที่ทำการออกแบบประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อย 4 ชุด คือ 1. ชุดป้อนดอก 2. ชุดแขนจับ 3. ชุดมัด และ 4. สวิตซ์เท้า ขั้นตอนการทำงาน เมื่อวางดอกเข้าเครื่องป้อนดอกส่งเข้าสู่ชุดแขนจับ และผู้ปฏิบัติงานวางข้าวต้มมัดลงบนชุดแขนจับ จังหวะแรกเหยียบสวิตซ์เท้าจนชุดแขนจับทำงาน แขนจับจะยึดข้าวต้มมัดทั้งสองกลีบไว้และบังคับให้ดอกเป็นรูปตัวยู จังหวะที่สองเหยียบสวิตซ์เท้าจนชุดมัดหนีบดอกแน่น และในจังหวะสุดท้ายเหยียบสวิตซ์เท้าจนสุด มอเตอร์ที่ต่อเข้ากับเพลาของชุดมัดจะทำงาน หมุนดอกจนขาดหรือหลุดออกจากแขนจับ เกิดเป็นปมมัด เครื่องจะหยุดทำงานเมื่อปล่อยเท้าออกจากสวิตซ์เท้า ในการทดลองจะใช้ดอก 2 ชนิด คือ ดอกหนา มีความหนาเฉลี่ย 0.5 mm ดอกบาง มีความหนาเฉลี่ย 0.3 mm และทำการปรับความเร็วรอบของชุดมัด ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ โดยในแต่ละความเร็วรอบจะปรับความสูงของตัวหนีบดอกเป็น 3 ระยะ คือ 7 8 และ 9 cm ข้าวต้มมัดที่ใช้ในการทดลองแต่ละกลีบมี ขนาดเฉลี่ย $5 \times 8 \times 4.5$ cm มัดสองกลีบประกบกัน จากการทดลองพบว่า ชนิดดอกหนา 0.5 mm ที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที ทุกระยะความสูงของตัวหนีบดอก มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ในการมัดรวมเท่ากับ 100% ระยะความสูงของตัวหนีบดอก 7 cm มีความแน่นของรอยมัดมากที่สุด โดยมีช่องว่างในการมัดน้อยที่สุด เท่ากับ 3 mm มีกำลังการผลิต 122 ชิ้นต่อชั่วโมง ชนิดดอกบาง 0.3 mm ที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ทุกระยะความสูงของตัวหนีบดอก มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ในการมัดรวมเท่ากับ 93.33% ระยะความสูงของตัวหนีบดอก 9 cm มีความแน่นของรอยมัดมากที่สุด โดยมีช่องว่างในการมัดน้อยที่สุด เท่ากับ 3.2 mm มีกำลังการผลิต 135 ชิ้นต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KHAO-TOM-MAD Strapping Machine

NATH SUWANARAT
PREMRUEDEE SUKRITANON
SUPAKANYA KHANCHAIYAPHUM
JEDSADA CHAISHOME ADVISOR
SAMAK RAKMAE ADVISOR
2004

Abstract

The objective of this project was to study and design the Khao-tom-mad strapping machine by using bamboo-strips. There are four parts of this machine, 1. feeding bamboo-strips part 2. holding part 3. strapping part 4. foot switch part. The strapping process consisted of four main steps, after putting bamboo-strips in the part of feeding bamboo-strips sending to the holding part. Khao-tom-mad was put on holding part. First, put one's foot upon the part of foot switch, Khao-tom-mad was locked, the bamboo-strips was curved to U shape. Second put one's foot upon holding grip bamboo-strips tightly part. In the last step, put one's foot upon the part of foot switch was the deepest. The motor connecting to the shaft was done by spinning the bamboo-strips until it was broken from holding part and having holding knot. The machine was stopped when releasing the foot from the part of foot switch. The experiment was used two types of bamboo-strips, the thickening bamboo-strips that has the average thickness of 0.5 mm and the thinning bamboo-strips that has the average thickness of 0.3 mm and varied the strapping part rotated speed. In the each of rotated speed was adjusted the height of gripping bamboo-strips part three ranges having 7 8 and 9 cm. This machine was able to strap the Khao-tom-mad one by one which have average size $5 \times 8 \times 4.5$ cm and trapping the twice of Khao-tom-mad together. It was found from the experiments that the optimal operation condition was obtained with the thickness of bamboo-strips was 0.5 mm, the rotated speed was 180 rpm. All the height of gripping bamboo-strips has the strapping efficiency 100%. The height of gripping bamboo-strips part at 7 cm had the maximum tightness of armature which had a minimum gap of strapping was 3 mm, feed rate 122 pieces/hr, thin bamboo-strips type 0.3 mm at speed 100 rpm/minute. Every the height at gripping bamboo-strips part had the total strapping efficiency 93.33%. The height of gripping bamboo-strips part 9 cm had the maximum tightness of armature which had a minimum gap of strapping was 3.2 mm, feed rate 135 pieces/hr.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญรูปภาพ	ข
สารบัญตาราง	ง
รายการสัญลักษณ์	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสารและแหล่งข้อมูล	2
บทที่ 3 ทฤษฎีรายการคำนวณ	15
บทที่ 4 การคำนวณและออกแบบ	34
บทที่ 5 วิธีการทดลองและผลการทดลอง	52
บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุปผล	60
ภาคผนวก ก	63
ภาคผนวก ข	75
ภาคผนวก ค	77
กิตติกรรมประกาศ	78
หนังสืออ้างอิง	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ข้าวคัมมัต	8
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการเตรียมข้าวคัมมัต	10
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการห่อข้าวคัมมัต	12
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการทำข้าวคัมมัต	14
รูปที่ 3.1 แรงชนิดต่าง ๆ	16
รูปที่ 3.2 ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด	17
รูปที่ 3.3 เพลาที่ถูกบิดโดยทอร์ค	18
รูปที่ 3.4 ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นจริง	19
รูปที่ 3.5 การเฉือนเกิดขึ้นในสองระนาบ	19
รูปที่ 3.6 ค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นสำหรับสปริงขดรับแรงดึงและรับแรงกด	27
รูปที่ 3.7 การยึดหดของลวดสปริง	28
รูปที่ 3.8 ปลายสปริงขดรับแรงกด	29
รูปที่ 3.9 ระยะเวลาของสปริงขด	30
รูปที่ 4.1 เครื่องมัดข้าวคัมมัต	43
รูปที่ 4.2 ด้านหน้าของเครื่องมัดข้าวคัมมัต	44
รูปที่ 4.3 ด้านข้างของเครื่องมัดข้าวคัมมัต	45
รูปที่ 4.4 ด้านบนของ เครื่องมัดข้าวคัมมัต	45
รูปที่ 4.5 ชุดป้อนตอก	46
รูปที่ 4.6 ด้านหน้าของชุดป้อนตอก	46
รูปที่ 4.7 ชุดแกนจับ	47
รูปที่ 4.8 ชุดมัต	47
รูปที่ 4.9 ด้านข้างของชุดมัต	48
รูปที่ 4.10 สวิตช์เท้า	48
รูปที่ 4.11 ด้านข้างของสวิตช์เท้า	49
รูปที่ 4.12 ภาพจริงด้านหน้าของเครื่องมัดข้าวคัมมัต	49
รูปที่ 4.13 ภาพจริงของชุดป้อนตอก	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.14 ภาพจริงของชุดแขนจับ	50
รูปที่ 4.15 ภาพจริงของชุดมัด	51
รูปที่ 4.16 ภาพจริงของสวิตช์เท้า	51
รูปที่ 5.1 ขั้วต้มมัดที่ผ่านการมัดจากเครื่องมัดข้าวต้มมัด	59
รูปที่ ก.12 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ้ม	74
รูปที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบต่อกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมัด 100 rpm	75
รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบต่อกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมัด 140 rpm	75
รูปที่ ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบต่อกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมัด 180 rpm	75
รูปที่ ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบต่อกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมัด 220 rpm	75
รูปที่ ข.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบต่อกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมัด 260 rpm	75
รูปที่ ข.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบชุดมัดกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ระยะความสูงของตัวหนีบตอก 7 cm	76
รูปที่ ข.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบชุดมัดกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ระยะความสูงของตัวหนีบตอก 8 cm	76
รูปที่ ข.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบชุดมัดกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ระยะความสูงของตัวหนีบตอก 9 cm	76

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
ตารางที่ 3.1	ค่าประมาณของความยาวอิสระและความยาวแข็งตัว	31
ตารางที่ 4.1	รายการชิ้นส่วน (Part of List)	41
ตารางที่ 5.1	ผลการทดลองความสามารถในการมัดข้าวต้มมัด ชนิดตอกหนา 0.5 mm	54
ตารางที่ 5.2	ผลการทดลองความสามารถในการมัดข้าวต้มมัด ชนิดตอกบาง 0.3 mm	55
ตารางที่ 5.3	ผลการตรวจสอบความสมบูรณ์และความแน่นของตอก ชนิดตอกหนา 0.5 mm	57
ตารางที่ 5.4	ผลการตรวจสอบความสมบูรณ์และความแน่นของตอก ชนิดตอกบาง 0.3 mm	58
ตารางที่ ก.1	ขนาดระบุของเพลตามาตรฐาน ISO/R 775-1969	63
ตารางที่ ก.2	คุณสมบัติทางกลของลวดสปริง	64
ตารางที่ ก.3	คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าที่ชุบแข็งได้ (mechanical properties of carburizing and hardening grade steels)	65
ตารางที่ ก.4	แรงประเมนและตัวประกอบ X และ Y สำหรับ single-row , spherical roller bearings	66
ตารางที่ ก.5	แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ	67
ตารางที่ ก.6	ตัวประกอบใช้งาน	68
ตารางที่ ก.7	ค่าตัวประกอบ k_2	68
ตารางที่ ก.8	ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 256-1962(E)	69
ตารางที่ ก.9	สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “Z” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 824$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$	70
ตารางที่ ก.10	ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม	71
ตารางที่ ก.11	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

d_i	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน
d_o	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก
d_p	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อยายพานลิ้ม
k	ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 3 สำหรับบอลแบร์ริง และ 10/3 สำหรับโรลเลอร์แบร์ริง
k_1	ตัวประกอบใช้งาน
k_2	ค่าตัวประกอบ
m_w	อัตราทด
n	ความเร็วรอบของสายพาน
n_1	ความเร็วรอบของล้อขับ
n_2	ความเร็วรอบของล้อตาม
r_c	ความเผื่อการกดติด
v	ความเร็วของสายพาน
C	แรงพลวัตประเมิน
D_p	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์
F	แรงดึงสายพานขณะส่งกำลัง
F_a	แรงในแนวแกนหรือแรงรุน
F_i	แรงดึงขั้นต้นในสายพาน
F_r	แรงในแนวรัศมี
F_s	แรงแฉ่งตัว
K	ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น
K_f	ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นจริง
K_{fs}	ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของความเค้นเลื่อน
K_s	ตัวประกอบความเค้นเฉือน
L_{10}	อายุใช้งานจริง
L_f	ความยาวอิสระ
L_p	ความยาวพิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

L_s	ความยาวแข็งตัว
N_1	ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน
N	ค่าความปลอดภัย
N_a	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส
N_s	ตัวประกอบใช้งาน
P	แรงสมมูล
P_R	กำลังที่สายพานลืมหึงหนึ่งเส้นส่งได้
T	โมเมนต์บิด
T_m	โมเมนต์คดเฉลี่ย
V	ตัวประกอบการหมุน
W_p	กำลังงานที่ต้องการส่ง
X	ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี
Y	ตัวประกอบแรงรูน
Z	จำนวนเส้นของสายพานลืมหึง
α	มุมสัมผัสของล้อยสายพาน
σ_m	ความเค้นเฉลี่ย
σ_n	ค่าความต้านแรงทนทานสำหรับการดึง
σ_u	ความต้านแรงดึงต่ำสุด
σ_y	ความต้านทานแรงดึง
δ_s	ระยะยวบแข็งตัว
δ_w	ระยะยวบตัวใช้งาน
τ_a	ความเค้นเฉือนส่วนเปลี่ยน
τ_m	ความเค้นเฉือนเฉลี่ย
τ_n	ความต้านแรงเฉือนทนทาน
τ_s	ความเค้นแข็งตัว
τ_y	ความต้านทานแรงเฉือนคราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าวต้มมัดเป็นขนมที่คนไทยนิยมบริโภคกันมาตั้งแต่ในอดีต แต่เนื่องจากในปัจจุบันวิถีชีวิตได้เปลี่ยนไป จากที่เคยทำและบริโภคภายในครอบครัว มาเป็นการซื้อบริโภค แต่ในกระบวนการผลิตข้าวต้มมัดพบว่าปัญหาที่สำคัญคือขั้นตอนการมัด เนื่องจากยังขาดเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ทำให้กำลังการผลิตยังไม่มากพอสำหรับการส่งออก

จากปัญหาดังกล่าว จึงเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดในการสร้างเครื่องมัดข้าวต้มมัด เพื่อประหยัดเวลาและกำลังคนในการมัด อีกทั้งยังเป็นต้นแบบให้กลุ่มผู้สนใจทำการพัฒนาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องมัดข้าวต้มมัด

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ข้าวต้มมัดที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะสองกลีบประกบกันแต่กลีบมีขนาด $5 \times 8 \times 4.5 \text{ cm}^3$
2. เครื่องมัดที่ออกแบบจะใช้ตอกในการมัดซึ่งทำจากไม้ไผ่มีความยาว 40 cm ความกว้าง 2.5

mm

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ช่วยลดเวลาในกระบวนการผลิตข้าวต้มมัด

บทที่ 2

ตรวจเอกสารและข้อมูลอ้างอิง

2.1 ชนิดของกล้วย [1]

2.1.1 กล้วยไข่ มีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 2.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวปนเหลือง มีประคำหนา ด้านในสีชมพูแดง ก้านใบสีเขียวอมเหลือง มีร่องกว้าง โคนก้านใบมีปีกสีชมพู ก้านช่อดอกมีขนอ่อน ใบประดับรูปไข่ ม้วนงอขึ้น ปลายค่อนข้างแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง ด้านล่างที่โคนกลีบสีจะซีด เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งมีประมาณ 14 ผล ผลค่อนข้างเล็ก กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 8-10 เซนติเมตร ก้านผลสั้น เปลือกค่อนข้างบาง เมื่อสุกมีสีเหลืองสดใสบางครั้งมีจุดดำเล็ก ๆ กระจาย เนื้อสีครีมอมส้ม รสหวาน ปลูกกันมากเป็นการค้าที่จังหวัดกำแพงเพชรและเพชรบุรี

2.1.2 กล้วยเล็บมือนาง มีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 2.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีชมพูอมแดง มีประคำหนา ด้านในสีชมพูอมแดง ตั้งขึ้น มีร่องกว้าง มีปีก เส้นใบสีชมพูอมแดง ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ม้วนงอขึ้น ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง ด้านล่างสีแดงซีด เครือหนึ่งมี 7-8 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลเล็ก กว้าง 2-2.5 เซนติเมตร ยาว 11-12 เซนติเมตร รูปโค้งงอ ปลายเรียวยาว ก้านผลสั้น เปลือกหนา เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง และยังมีก้านเกสรตัวเมียติดอยู่ กลิ่นหอม เนื้อในสีเหลือง รสหวาน นิยมปลูกในแถบภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดชุมพร

2.1.3 กล้วยหอมจันทร์ มีลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีชมพูอมแดง มีประคำเล็กน้อย ด้านในสีชมพูอมแดง ก้านใบสีชมพูอมแดง ตั้งขึ้น มีร่องกว้าง มีปีก เส้นใบสีชมพูอมแดง ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ม้วนงอขึ้น ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง ด้านล่างสีแดงซีด เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งมีประมาณ 14 ผล ผลเล็ก กว้าง 2-2.5 เซนติเมตร ยาว 9-11 เซนติเมตร รูปคล้ายกล้วยเล็บมือนาง แต่ปลายผลไม่เรียวแหลม มีจุดสั้นใหญ่เมื่อเทียบกับขนาดของผล ก้านผลสั้น เปลือกหนากว่ากล้วยเล็บมือนาง เมื่อสุกสีเหลืองคล้ายกัน กลิ่นหอมเย็น เนื้อสีเหลือง รสหวาน ปลูกทางภาคเหนือ ไม่ปลูกเป็นการค้า

2.1.4 กล้วยน้ำไท มีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 2.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีประคำหนา ที่โคนมีสีชมพูอมแดง ด้านในสีชมพูอมแดง ก้านใบตั้งขึ้น มีร่องกว้าง มีปีกสีชมพู เส้นใบสีชมพูอมแดง ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ม้วนงอขึ้น ปลายแหลม ด้านบนสีม่วงอมแดง ด้านล่างสีซีด เครือหนึ่งมีประมาณ 5 หวี หวีหนึ่งมีประมาณ 12-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18 ผล ผลคล้ายกล้วยหอมจันทร์ ขนาดใกล้เคียงกัน กว้าง 2-2.05 เซนติเมตร ยาว 10-11 เซนติเมตร ผลไม่งอ โค้งเท่ากล้วยหอมจันทร์ เมื่อสุกสีเหลืองเข้มกว่ากล้วยหอมจันทร์ และมีจุดดำเล็ก ๆ คล้ายจุดของกล้วยไข่ กลิ่นหอม เนื้อสีเหลืองส้ม รสหวาน ไม่ค่อยปลุกกันทั่วไป แต่จะมีปลุกกันบ้างในภาคกลาง

2.1.5 กล้วยหอมทอง มีลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอก มีประจำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน และมีเส้นสีชมพู ก้านใบมีร่องค่อนข้างกว้าง และมีปีก เส้นกลางใบสีเขียว ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างกว้างและมีปีก ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง มีไข ด้านล่างสีแดงซีด เครือหนึ่งมี 4-6 หวี หวีหนึ่งมี 12-16 ผล ผลใหญ่ กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 21-25 เซนติเมตร ปลายผลมีจุดเห็นชัด เปลือกบาง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองแต่ที่ปลายจะเปลี่ยนสีภายหลังเนื้อสีส้มอ่อน ๆ กลิ่นหอม รสหวาน ส่วนใหญ่ปลุกในแถบภาคกลาง

2.1.6 กล้วยนาก มีลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวปนชมพู ปนแดง มีประจำบ้าง ด้านในสีชมพูอมแดง ก้านใบมีร่องกว้าง สีชมพูปนแดง มีปีก เส้นกลางใบสีชมพูปนแดง แผ่นใบสีเขียวมีสีแดงเรื่อ ๆ ก้านช่อดอกสีแดง มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาวม้วนงอขึ้น ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง ด้านล่างสีแดงซีด รังไข่เรียงตัวอย่างมีระเบียบ เครือหนึ่งมี 2-3 หวี หวีหนึ่งมี 6-9 ผล ผลใหญ่สีเขียวอมม่วง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีแดงอมม่วงสดใส ก้านผลสั้น เนื้อสีเหลือง กลิ่นหอมเย็น รสหวาน ปลุกกันไม่มากนัก มักปลุกในสวนหลังบ้านเล็กน้อย กล้วยชนิดนี้กลายเป็นพันธุ์ง่าย โดยผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเช่นกล้วยธรรมชาติ

2.1.7 กล้วยครั้ง มีลักษณะคล้ายกล้วยนากมาก ต่างกันที่ลำต้นไม่แดงเท่า เครือหนึ่งมี 5-6 หวี ผลมีมากกว่าแต่ขนาดเล็กกว่า สีผลแดงอมม่วงเข้ม จนดูสีคล้ำ ไม่สดใส ปลุกไม่ค่อยแพร่หลาย กลายพันธุ์ได้ง่ายเช่นเดียวกับกล้วยนาก

2.1.8 กล้วยกล้วย มีลำต้นเทียมสูง 3.5-4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีชมพูแดง มีประจำค่อนข้างมาก ด้านในสีเขียวอ่อน มีเส้นสีชมพู ก้านใบมีประจำเล็กน้อย มีร่องค่อนข้างแคบ มีปีกสีชมพูอ่อน เส้นกลางใบสีเขียวอ่อน ช่อดอกประกอบด้วยดอกตัวเมีย ซึ่งมีดอกตัวผู้เป็นหมัน ไม่มีดอกตัวผู้หรือดอกกระเทย เมื่อดอกเป็นผล จึงไม่มีปลีเหลืออยู่ ก้านช่อดอกไม่มีขน ช่อดอกย่อยมี 2-3 ช่อ ช่อหนึ่งมีดอกย่อยเล็ก ๆ 6-7 ดอก เครือหนึ่ง ๆ เมื่อดอกตัวเมียพัฒนาไปเป็นผลจะมี 12-13 ผล ๆ ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร เรียงไม่เป็นระเบียบเช่นกล้วยชนิดอื่น ๆ ก้านผลสั้น โค้งงอเช่นเดียวกับกล้วยหอมทอง มีเหลี่ยม เปลือกค่อนข้างหนา เมื่อสุกสีเหลืองเช่นกล้วยน้ำว้า เนื้อสีส้ม ๆ รสหวาน ไม่มีเมล็ดเพราะไม่มีการผสมพันธุ์ ปลุกกันไม่แพร่หลาย มีบ้างทางภาคใต้ ไม่ค่อยมีการแตกหน่อ ผลไม่ค่อยนิยมกินสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 กล้วยร้อยหวี มีลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีประคำบ้างเล็กน้อย ด้านในสีชมพูอมแดงและมีนวลเล็กน้อย ก้านใบสีเขียวแผ่ ออกทางด้านข้าง ร่องค่อนข้างเปิด ช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ม้วนงอขึ้น ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง มีนวลเล็กน้อย ด้านล่างสีแดงซีดเล็กน้อย เครือหนึ่ง ๆ มีหวีจำนวนมาก หวีหนึ่ง ๆ มี 10-16 ผล ในแต่ละเครือมีผลมากกว่า 1,000 ผล ผลเล็ก ป้อม ปลายหู่ ก้านยาว เมื่อสุก เปลือกเป็นสีเหลือง เนื้อสีเหลือง รสหวาน เนื้อนุ่ม มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศอินโดนีเซีย ปลูกทั่วไป เป็นไม้ประดับหรือนิยมว่าเป็นไม้ที่แปลกเพราะขนาดของเครือและผลยาวเกือบจดดิน

2.1.10 กล้วยหัวมุก มีลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีประคำบ้างเล็กน้อย มีนวลมาก ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ และมีปีก เส้นกลางใบสีเขียว มีนวลทางด้านล่าง ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้น ปลายป้าน ด้านบนมีนวลหนา ด้านล่างสีแดงเข้ม เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลใหญ่ กว้าง 4-5 เซนติเมตร ยาว 11-19 เซนติเมตร ก้านผลยาว ลักษณะคล้ายกล้วยน้ำว้า แต่ปลายผลลีบลงมากกว่า และเห็นเหลี่ยมชัดเจน เปลือกหนา เมื่อสุกสีเหลืองอมน้ำตาลมีนวลหนา เนื้อสีส้ม

กล้วยหัวมุกมี 2 ชนิด คือ ชนิดมีนวลและไม่มีนวล ชนิดที่ไม่มีนวล ผิวเปลือกมีสีดำ ประปราย เนื้อไม่ค่อยแน่น การปลูกมีทั่วไปทุกภาค แต่ไม่มากนัก ปลูกเป็นการค้าที่จังหวัดเพชรบุรี ไม่นิยมกินสด

2.1.11 กล้วยน้ำว้า มีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประคำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียว ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้นปลายป้าน ด้านบนสีแดงอมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้ม เครือหนึ่งมี 7-10 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลใหญ่กว่ากล้วยไข่ กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร มีเหลี่ยม ก้านผลยาว ผลมีความยาวใกล้เคียงกับกล้วยไข่ เปลือกหนากว่ากล้วยไข่ เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางหรือเรียกว่าไส้กลาง มีสีเหลือง ชมพู หรือขาว ซึ่งทำให้แบ่งออกได้เป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว ปลูกทั่วไปในประเทศไทย กินกันมากในทุก ๆ ภาค ปลูกเป็นการค้าทั่วไป ในภาคกลาง ภาคเหนือปลูกกันมากที่จังหวัดพิษณุโลก เนื้อกล้วยน้ำว้ามีคุณค่าทางอาหารมากใช้เป็นอาหารเด็กอ่อน กินสด และทำเป็นขนมหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีกล้วยน้ำว้าที่ต้นเตี้ยกว่า 2.5 เมตร เรียกว่า น้ำว้าค่อม

2.1.12 กล้วยตานี มีลำต้นเทียมสูง 3.5-4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร สีเขียว ไม่มีปิ่นดำ กาบลำต้นด้านในสีเขียว ก้านใบสีเขียว เส้นกลางใบสีเขียวไม่มีร่อง ก้านช่อดอกสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีขน ใบประดับรูปค่อนข้างมีป้อม มีความกว้างมาก ปลายมน ด้านบนสีแดงอมม่วง มีนวล ด้านล่างสีแดงเข้มสดใส เมื่อใบประดับกางขึ้นจะตั้งฉากกับช่อดอกและไม่มีวงงอ ใบประดับแต่ละใบซ้อนกันลึก เครือหนึ่ง มีประมาณ 8 หวี หวีหนึ่งมี 10-14 ผล ผลป้อมขนาดใหญ่ มีเหลี่ยมเห็นชัดเจน ก้านผลยาว ผลเมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีทอง เนื้อมีรสหวาน มีเมล็ดจำนวนมาก เมล็ดใหญ่ สีดำ ผนังหนา แข็ง

2.2 ใบกล้วย [1]

การเรียงของใบบนลำต้นแท้และใต้ดินจะเกิดการเรียงกันเป็นวงกลมและซ้อนๆ กัน ที่ส่วนโคน ส่วนด้านปลายจะไม่ซ้อนกัน ส่วนปลายนี้จะเป็นจุดกำเนิดของใบซึ่งเจริญมาจากส่วนกลางของลำต้นเทียม

การจัดเรียงของใบจะแตกต่างกันไปตามอายุของต้นกล้วยถ้าให้อายุน้อยการจัดเรียงของใบเป็นแบบ 1/3 และเป็นแบบ 2/5 3/7 และ 4/9 ในต้นที่มีอายุมากขึ้น ซึ่งผลของการจัดเรียงนี้ทำให้เกิดมุมของใบต่อใบเป็นมุม 120-160 องศา และทำให้การเรียงของใบเป็นแบบหมุนโดยหมุนวนไปทางซ้าย คือเมื่อหันหน้าเข้าหาต้นกล้วยจะเห็นการเรียงของใบไปทางขวา

แผ่นใบประกอบด้วยส่วนของเส้นใบ แผ่นใบทั้งสองข้างมาบรรจบกันที่เส้นกลางใบ ที่ขอบของเส้นกลางใบทั้งสองข้างจะเห็นแถบ pulvinar band ซึ่งมีสีเขียวกับเส้นกลางใบคือ มีสีเขียวอ่อน แถบนี้จะเห็นชัดเจนเมื่อต้นกล้วยขาดน้ำ ปลายของใบมีลักษณะมน ที่ฐานใบกลม หรือเป็นติ่งยื่นแบบ auriculate ลักษณะฐานใบนี้จะแตกต่างกันไปตามอายุ แผ่นใบจะหนาที่บริเวณกลาง ๆ ใบ และบางที่ปลายและขอบใบ ส่วนของเส้นใบขนานกัน ไปโดยเริ่มจากเส้นกลางใบ ไปยังขอบเส้นใบของกล้วยไม่มีการแตกแขนง ในแผ่นใบข้างหนึ่งจะมีเส้นใบประมาณ 17,000 เส้น

2.3 การพัฒนาของแผ่นใบ [1]

เนื้อเยื่อเจริญที่จะเจริญเป็นแผ่นใบนั้นอยู่ใต้เส้นใบของส่วนต่อระหว่างใบกับก้านใบ ดังนั้นจึงพบว่าแผ่นใบครึ่งหนึ่งจะมีอายุมากกว่าอีกครึ่งหนึ่งเพราะ ได้มีการเจริญก่อน ก่อนที่จะเห็นแผ่นใบทั้งสองข้างจะเห็นแผ่นใบนั้นม้วนอยู่โดยแผ่นด้านซ้ายม้วนรอบเส้นกลางใบและมีแผ่นด้านขวาม้วนรอบแผ่นด้านซ้ายที่ม้วนอยู่ เมื่อใบแก่ กาบใบจะชูแผ่นใบขึ้นจากลำต้นเทียม แผ่นใบมีขนาดโตเต็มที่และมีสีเขียว ดังนั้นเมื่อแผ่นใบ โผล่ออกมาจากลำต้นเทียมแล้วจะ ไม่มีการเพิ่มขนาดขึ้นอีก เมื่อแผ่นใบ โผล่ออกมาในช่วงแรกจะยังมีม้วนแน่นอยู่โดยส่วนขวา ม้วนทับส่วนซ้าย ซึ่งมีม้วนอยู่ภายใน การคลี่จะเริ่มที่ส่วนปลายของใบและค่อย ๆ เลื่อนมาทางโคนใบ ช่วงการคลี่ของใบพบว่าใช้ เวลาประมาณ 4 วัน ในฤดูร้อนและประมาณ 14 วัน ในฤดูหนาว สำหรับใบธงพบว่าเกิดเมื่อต้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วยมีอายุประมาณ 6-9 เดือน และต้องการเวลา 7-10 วันในการคลี่ ส่วนการเจริญของใบพบว่ามีการยืดยาวประมาณชั่วโมงละ 0.2 เซนติเมตร และพบว่าการเจริญของใบมีมากในตอนกลางคืนมากกว่ากลางวัน

ตำแหน่งของใบที่โผล่พ้นจากลำต้นเทียมมาแล้วนั้น ภายหลังจากใบคลี่แล้ว ใบกล้วยบางชนิดจะตั้ง (verticle) บางชนิดจะขนานกับพื้นดิน (horizontal) และบางชนิดจะเอนลงจากแนวขนานเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนชุดของโครโมโซม ถ้าใบตั้งใบจะมีขนาดเล็กและเรียวยาว ก้านใบสามารถรับน้ำหนักทำให้ใบชวยได้ ใบชนิดนี้เป็นใบของกล้วยที่มีจำนวนโครโมโซม 2 ชุด ส่วนพวกที่มีแผ่นใบใหญ่ ก้านใบไม่สามารถรับน้ำหนักได้มากจึงทำให้เอนลง กล้วยชนิดนี้มีจำนวนโครโมโซม 3-5 ชุด ใบกล้วยปกติมีอายุ 71-281 วัน ถ้าอากาศร้อนอาจมีอายุสั้นลงเหลือ 100-150 วัน เมื่อใบแก่ก้านใบจะหักลงทำให้ใบห้อยติดกับต้นและตายไป ซึ่งสมควรตัดทิ้ง เพราะจะเป็นแหล่งอาศัยของโรค

แผ่นใบเมื่อปะทะกับลมมักจะแตก ถ้าใบไม่แตกมากนักจะทำหน้าที่ได้อยู่เช่นเดียวกับใบของปาล์ม ใบที่ฉีกจะมีสารซูเบอร์ิน (suberin) เป็นตัวช่วยป้องกันการคายน้ำ และพบว่าในใบที่ฉีกขนาด 10 เซนติเมตร มีการคายน้ำน้อยและมีการสังเคราะห์แสงมากกว่าใบที่ใหญ่ และพบอีกว่าใบที่ฉีกมีอุณหภูมิต่ำกว่าใบที่ไม่ฉีกและลดการคายน้ำลงไปเหลือเพียง 1/3 ของใบเต็ม

ความสูงและเส้นรอบวงของลำต้นเทียมจะสัมพันธ์กับการเจริญของใบ ทั้งนี้เพราะลำต้นเทียมประกอบไปด้วยกาบใบที่ซ้อน ๆ กันอยู่ การเจริญของใบของหน่อที่ติดอยู่กับต้นเมื่อนั้นมักจะได้รับความกดดันจากต้นแม่ทำให้มีการเจริญช้า จึงทำให้หน่อใบแคบยังไม่มีการเพิ่มแผ่นใบเหมือนปกติ โดยทั่วไปหน่อใบแคบนี้ควรมีใบแคบอยู่ 1-11 ใบ แต่ยังไม่มีการเพิ่มแผ่นใบ หลังจากใบแคบเกิดขึ้น 8-10 ใบ หน่อจะมีความสูงประมาณ 50-70 เซนติเมตร พื้นที่ใบและความกว้างของใบจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ช่วงเวลาการเจริญนี้ใช้เวลาประมาณ 156 วันในฤดูหนาว และประมาณ 72-91 วัน ในพื้นที่ที่มีอากาศร้อน

ในขณะที่ลำต้นเทียมมีการเจริญนั้น จำนวนใบจะเพิ่มขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้นการเจริญจะเป็นไปเรื่อย ๆ จนถึงใบที่ 33 ต่อมาใบจะเริ่มเล็กลง หรือใบจะเริ่มเล็กลงในช่วง 6-8 ใบก่อนการออกดอก ซึ่งช่วงนั้นการเจริญของลำต้นเทียมจะยังคงสูงอยู่แต่เริ่มช้าลงและหยุดเจริญเมื่อแทงช่อดอก (แทงปลี)

2.4 สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม [1]

กล้วยเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ดังนั้นจึงเป็นพืชที่ชอบอากาศอบอุ่นและชุ่มชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมไม่ควรต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ต่ำทำให้กล้วยแทงปลี(การออกดอก) ช้า และบางครั้งถ้าอากาศเย็นมาก จะทำให้ปลีโผล่ได้ไม่เต็มที่หรืออาจทำให้การแทงปลีช้ามาก สำหรับความชื้นนั้นควรมีความชื้นสัมพัทธ์อย่างน้อย 60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฝนตกเฉลี่ย 20-22 เซนติเมตร/เดือน จึงจะเหมาะสม พบทั่ว ๆ ไปในพื้นที่แถบเอเชีย ยกเว้นในที่สูงหรือที่สูงบนภูเขา เพราะมีอากาศเย็น ถ้าพื้นที่นั้นมีอากาศร้อนยาวนานแต่มีการชลประทานที่ดีคือ มีน้ำสม่ำเสมอ จะสามารถปลูกกล้วยได้ดี การที่คืนฟ้าอากาศคงที่จะทำให้กล้วยให้ผลผลิตสม่ำเสมอ ถ้าปริมาณฝนต่ำกว่า 10 เซนติเมตร/เดือน จะทำให้การเจริญของกล้วยไม่ดี

กล้วยเป็นพืชที่มีแผ่นใบใหญ่และยาว ด้านลมเมื่อลมพัด จึงไม่ค่อยทนต่อลมที่แรง ถ้ามีลมแรงจะทำให้ใบกล้วยแตกตามเส้นใบ ซึ่งตั้งฉากกับเส้นกลางใบ ถ้าใบไม่แตกมาก แผ่นใบที่เหลือยังคงทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้อยู่ แต่ถ้าใบแตกเป็นฟอย ใบจะไม่สามารถทำหน้าที่ได้อีก ถ้าลมมีความเร็วประมาณ 40-50 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะทำให้เกิดผลเสียหายกับต้นกล้วยได้โดยเกิดการบิดที่บริเวณโคนต้น แต่ถ้าลมแรงกว่านั้นคือ 95 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะทำให้ต้นกล้วยล้มทันที

2.5 พันธุ์กล้วยที่ใช้ปลูก [1]

พันธุ์กล้วยที่ปลูกเพื่อรับประทานนั้นมีอยู่มาก ในประเทศไทยมีมากกว่า 50 ชนิด แต่ถ้าจะมาดูจากการใช้ประโยชน์แล้ว เราอาจจะแบ่งออกได้ดังนี้

1. ปลูกเพื่อใช้ใบ ได้แก่ กล้วยตานี กล้วยน้ำว้า แต่ที่นิยมกันมากก็คือ กล้วยตานี เพราะใบเหนียวกว่า สีเขียว เข้มเป็นเงา สวยกว่าใบกล้วยชนิดอื่น นอกจากใบจะเหนียวกว่ากล้วยชนิดอื่นแล้ว กาบกล้วยยังเหนียวกว่ากล้วยชนิดอื่นอีกด้วย

2. ปลูกเพื่อรับประทานสด ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยหอมชนิดต่าง ๆ และกล้วยน้ำว้าปลูก

3. เพื่อใช้ผลทำอาหาร หรือแปรรูป ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยห่มุก กล้วยหิน กล้วยกล้วยกล้วยงาช้าง กล้วยนางพญา เนื้อกล้วยเหล่านี้มีแป้งมาก เมื่อทำให้สุกด้วยความร้อนจะทำให้มีรสหวาน อร่อยกว่ารับประทานผลสด ถ้าผลสดที่สุกจะมีรสหวาน อมเปรี้ยว ส่วนใหญ่กล้วยเหล่านี้มีต้นสูงใหญ่ และมีความแข็งแรง ทนทานต่อโรคมากกว่ากล้วยไข่ และกล้วยหอม

4. ปลูกเพื่อใช้เส้นใย เส้นใยของกล้วยส่วนใหญ่ได้จากกาบกล้วยหรือลำต้นเทียม กาบกล้วยเมื่อรีดเอาน้ำออกแล้วจะให้เส้นใยที่เหนียว สามารถใช้ทำเชือก กระเป๋า และยังสามารถทำเส้นใยกระดาษได้

อีกด้วย เส้นใยของกล้วยตานีมีความเหนียวมาก จึงนิยมนำมาทำกระเป๋าทือสุภาพสตรี สำหรับเส้นใยที่ทำกระดาษได้ดี คือเส้นใยของกล้วยหอมคาเวนดิช

ในการปลูกกล้วยเป็นการค้าในประเทศนั้น ส่วนใหญ่ที่ปลูกกันมากและเป็นที่ยึดกันดีในประเทศไทย คือ กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยหัวมุก สำหรับการส่งกล้วยออกขายต่างประเทศนั้น พันธุ์ที่สำคัญคือ กล้วยไข่ และกล้วยหอม

2.6 ข้าวเหนียว (glutinous rice หรือ sticky rice , waxy rice) [2]

ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำประกอบด้วยแป้งที่มีอะมิโลเพกตินสูงถึง 95 % มีอะมิโลสเล็กน้อย ร้อยละ 5-8 เช่น เขียวรุ่ง, กข.6 , กข.10 , หางยี 71 , สกลนคร 1, สันป่าตอง, อุบล 2 และพระตะบอง โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีของค่าการสลายเมล็ดในต่างของข้าวเหนียว มีระดับความเข้มข้นของ KOH 1.3 % , 1.4 % และ 1.7 % ปริมาณ โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกันคือ ช่วง 6-7 % ยกเว้นพันธุ์หางยีที่มีปริมาณ โปรตีน 5.82 % ส่วนอุณหภูมิของน้ำแป้งสุกมีค่าอยู่ในช่วง 60-63 °C ถือว่าเป็นข้าวที่มีความเหนียวนุ่ม และกระด้างน้อย

การวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์พบว่า ข้าวเหนียวเขียวมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของปริมาตรมากที่สุด รวมทั้งความนิยมของผู้บริโภคสูงกว่าข้าวเหนียวชนิดอื่น

2.7 ข้าวต้มมัดใส่กล้วย [3]



รูปที่ 2.1 ข้าวต้มมัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสม

ข้าวเหนียวขาว	500	กรัม
กะทิ	3	ถ้วยตวง
น้ำตาลทราย	1	ถ้วยตวง
เกลือป่น	2	ช้อนชา
กล้วยน้ำว้าสุก	10	ผล
ถั่วลิสงหรือถั่วคั่วต้มแล้ว	1	ถ้วยตวง
ใบตอง		

วิธีทำ

1. เลือกสิ่งสกปรกออก แล้วซาวข้าวเหนียวให้สะอาด แช่น้ำประมาณ 5-6 ชั่วโมง
2. ตักใบตองกว้างประมาณ 7 นิ้ว แล้วเช็ดให้สะอาด
3. ผสมกะทิ ข้าวเหนียว น้ำตาลทราย เกลือป่น ตั้งไฟ ผัดข้าวเหนียวให้พอสุกๆ ดิบๆ ใส่ถั่วลิสง ผัดให้เข้า กันยกลงพัก
4. ปอกเปลือกกล้วยน้ำว้า แล้วผ่า 2-3 ซีก
5. นำใบตอง 2 ชิ้นวางซ้อนกัน ตักข้าวเหนียวใส่ตรงกลางใบตอง วางกล้วยบนข้าวเหนียว กดลงเล็กน้อย แล้วห่อใบตอง
6. นำไปนึ่งในน้ำเดือด ประมาณ 45 นาที หรือจนกระทั่งสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

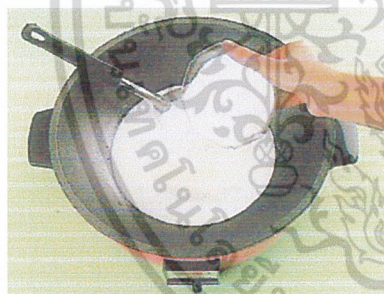
2.7.1 การเตรียมข้าวเหนียวสำหรับทำข้าวต้มมัด



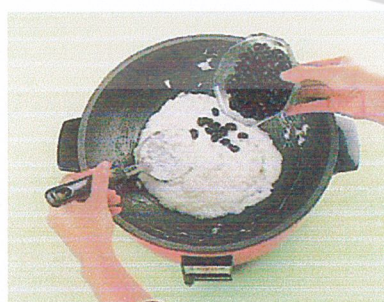
1. ส่วนผสมข้าวเหนียวสำหรับทำข้าวต้มมัด



2. แช่ข้าวเหนียว



3. ตั้งกระทะใส่ข้าวเหนียว กะทิที่ผสมน้ำตาล
ทราย เกลือป่น ผัดให้เข้ากัน



4. ใส่ถั่วต้มสุกผัดให้เข้ากัน

รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการเตรียมข้าวต้มมัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 เทคนิคการทำข้าวต้มมัด

1. แช่ข้าวเหนียวให้พอง ด้วยน้ำเย็นหรือน้ำร้อนก็ได้ ถ้าแช่ด้วยน้ำเย็นแช่ประมาณ 4-5 ชั่วโมง ถ้าเป็นน้ำร้อนแช่ประมาณ 30 นาที ลักษณะข้าวที่ได้ยังคงรูป ไม่เปื่อย พองเล็กน้อย
2. ควรใช้ไฟปานกลางในการต้มให้ข้าวเหนียวแห้งไม่ควรใช้ไฟแรงเกินไป เพราะจะแห้งและไหม้
3. ลักษณะข้าวเหนียวที่ใช้ได้ จะมีลักษณะสุกๆ ดิบๆ เป็นเม็ดสาคู
4. กะทิให้มีความข้นปานกลาง
5. ถ้าวอร์ต้มให้สุกนึ่ง เวลานำไปต้มน้ำตาลจะได้ไม่แข็ง

2.7.3 การห่อข้าวต้มมัด

วัสดุอุปกรณ์

1. ใบตองเช็ดสะอาด
2. ตอก
3. ข้าวเหนียวสำหรับทำข้าวต้มมัด
4. ใส้ข้าวต้มมัด

วิธีทำ

1. ตัดใบตองขนาดกว้าง 5-6 นิ้ว ยาว 7-8 นิ้ว จำนวน 1 ชั้น (ชั้นใหญ่)
2. ตัดใบตองกว้าง 4 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว จำนวน 1 ชั้น (ชั้นเล็ก)
3. นำใบตอง 2 ชั้น มาวางซ้อนกัน โดยให้ชั้นในเล็กกว่าชั้นนอก วางให้ขวางทางใบตองเพื่อไม่ให้ใบตองแตกง่าย
4. ตักข้าวเหนียวและใส้ใส่ตรงกลางพับริมทั้ง 2 ข้างให้ม้วนกระชับข้าวเหนียวให้เป็นแท่งยาว
5. หักมุมแหลมด้านปลาย โดยใช้นิ้วชี้มือขวาจดใจไว้ไปทางซ้าย ส่วนนิ้วชี้มือซ้ายพับทบใจไว้มาทางขวา
6. พับทบชายทั้ง 2 ข้างให้ทับกัน
7. อีกลีบก็ทำเช่นเดียวกัน
8. นำทั้ง 2 กลีบมาประกบติดกัน แล้วใช้ตอกมัดเป็นปรางค์หั่วท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 ขั้นตอนการห่อข้าวต้มมัด



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการห่อข้าวต้มมัด

ขั้นตอนการผลิตข้าวต้มมัด ตามที่แบบกำหนดไว้มีดังนี้

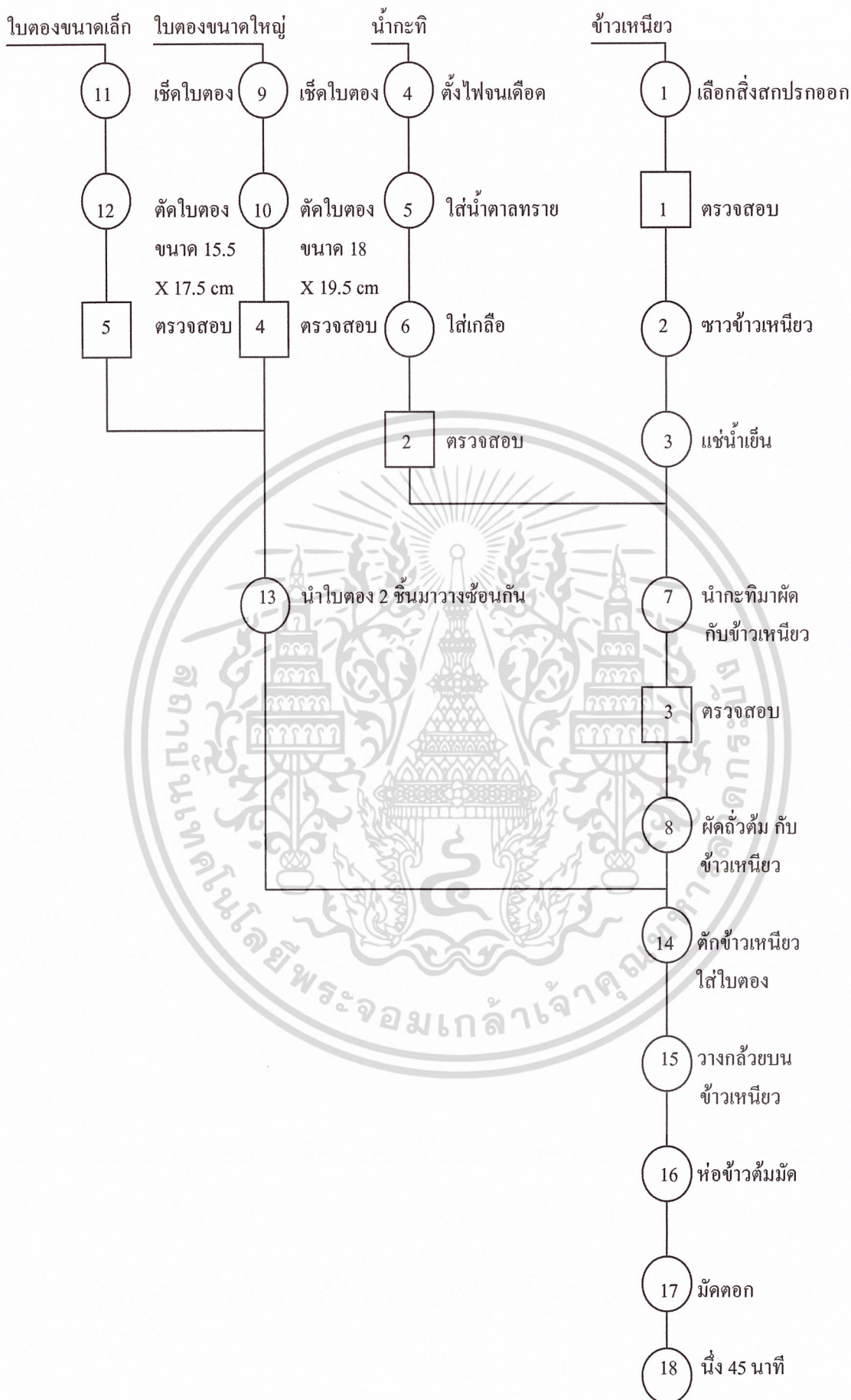
- | | |
|---------------------|---|
| การปฏิบัติงานที่ 1 | เลือกสิ่งสกปรกออกจากข้าวเหนียว |
| การตรวจสอบที่ 1 | ตรวจสอบความสะอาดของข้าวเหนียว (ไม่ให้มีเศษฝุ่น ผสม หรือมอด ฯลฯ) |
| การปฏิบัติงานที่ 2 | ซาวข้าวเหนียว |
| การปฏิบัติงานที่ 3 | แช่น้ำเย็น 5-6 ชั่วโมง |
| การปฏิบัติงานที่ 4 | นำน้ำกะทิมาตั้งไฟ ใช้ไฟอ่อนๆ ตั้งจนเดือด สังเกตฟองที่เกิดขึ้น |
| การปฏิบัติงานที่ 5 | ใส่น้ำตาลทราย 1 ถ้วยตวง |
| การปฏิบัติงานที่ 6 | ใส่เกลือป่น 2 ช้อนชา |
| การตรวจสอบที่ 2 | ตรวจสอบรสชาติ |
| การปฏิบัติงานที่ 7 | นำกะทิที่ผ่านการปรุงจนมีรสชาติตามต้องการแล้วมาผัดกับข้าวเหนียวที่เตรียมไว้ ควรใช้ไฟปานกลาง ไม่ควรใช้ไฟแรงเกินไป เพราะจะทำให้แห้งและไหม้เสียก่อน |
| การตรวจสอบที่ 3 | ตรวจสอบความสุกของข้าว ให้ไม่สุกเกินไป ควรสุกๆดิบๆ |
| การปฏิบัติงานที่ 8 | มัดถั่วดำที่ต้มแล้ว กับข้าวเหนียว |
| การปฏิบัติงานที่ 9 | เช็ดใบตองให้สะอาด |
| การปฏิบัติงานที่ 10 | ตัดใบตองขนาด กว้าง 5-6 นิ้ว ยาว 7-8 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น (ชิ้นใหญ่) |
| การตรวจสอบที่ 4 | ตรวจสอบขนาดตามที่กำหนดไว้ |
| การปฏิบัติงานที่ 11 | เช็ดใบตองให้สะอาด |
| การปฏิบัติงานที่ 12 | ตัดใบตองขนาด กว้าง 4 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น (ชิ้นเล็ก) |
| การตรวจสอบที่ 5 | ตรวจสอบขนาดตามที่กำหนดไว้ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การปฏิบัติงานที่ 13 นำใบตอง 2 ชั้นมาวางซ้อนกัน โดยให้ชั้นในเล็กกว่า ชั้นนอก วางให้
ขวางทางใบตอง ป้องกันไม่ให้ใบตองแตกง่าย
- การปฏิบัติงานที่ 14 ตักข้าวเหนียวใส่ตรงกลางใบตอง
- การปฏิบัติงานที่ 15 วางกล้วยบนข้าวเหนียว
- การปฏิบัติงานที่ 16 ห่อข้าวต้มมัดโดย ม้วนกระชับข้าวเหนียวให้เป็นแท่งยาว หักมุมแหลม
ด้านปลาย โดยใช้นิ้วชี้มือขวาขีดไขว้ไปทางซ้าย ส่วนนิ้วชี้มือซ้ายพับทบ
ไขว้มาทางขวา พับปลายทั้ง 2 ข้างให้ทับกัน
- การปฏิบัติงานที่ 17 ใช้ตอกมัดเป็นแประหัวท้าย
- การปฏิบัติงานที่ 18 นำข้าวต้มมัดที่ได้ไปนึ่ง เป็นเวลา 45 นาที หรือจนข้าวต้มมัดสุก
- การตรวจสอบที่ 6 ตรวจสอบความแน่นของตอก ความสุกของข้าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องยกย่องผู้เป็นเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการทำข้าวต้มมัด

6 ตรวจสอบ

บทที่ 3

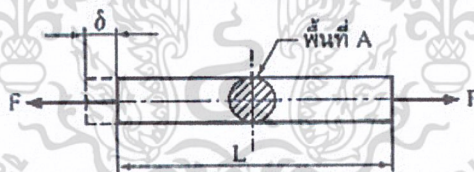
ทฤษฎีรายการคำนวณ

สำหรับเครื่องมัดข้าวต้มมัด เราจะทำการออกแบบชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องมัดข้าวต้มมัด โดยใช้พื้นฐานทางด้านการคำนวณ และหลักในการคัดเลือกวัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลกับงานลักษณะต่าง ๆ จะทำการคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่

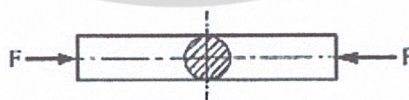
- เหล็ก
- สปริง
- แบร์ริง
- สายพาน

3.1 ความเค้นอย่างง่าย [4]

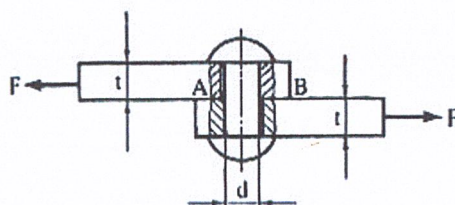
นิยามของความเค้นคือ แรงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่รับแรง ความเค้นอย่างง่าย (simple stress) มีอยู่ 3 ชนิดคือ ความเค้นดึง ความเค้นกด และความเค้นเฉือน



(ก) แรงดึง

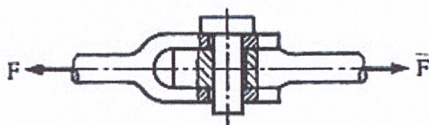


(ข) แรงกด



(ค) แรงเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ง) แรงเค้น

รูปที่ 3.1 แรงชนิดต่าง ๆ

พิจารณารูป 3.1 (ก) และ (ข) ซึ่งเป็นท่อนโลหะกลมอยู่ภายใต้แรงดึงและแรงกด F ตามลำดับ ความเค้นดึงและความเค้นกดคือ

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad \text{และ} \quad \sigma_c = \frac{F}{A} \quad (3.1.1)$$

ในกรณีที่แผ่นโลหะยึดติดกันด้วยหมุดย้ำ ดังรูปที่ 3.1 (ค) ตัวหมุดย้ำอาจจะขาดเนื่องจากแรงเฉือนกระทำที่หน้าตัด AB ถ้าพื้นที่หน้าตัดของหมุดย้ำเท่ากับ A ความเค้นเฉือนในหน้าตัดของหมุดย้ำคือ

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (3.1.2)$$

ถ้าหน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงเฉือนมีมากกว่า 1 แห่ง ดังเช่นในรูปที่ 3.1 (ง) ซึ่งมีสองแห่ง พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงคือ $2A$ ในกรณีเช่นนี้เรียกว่า หมุดย้ำรับแรงเฉือนคู่ (double shear) เพราะฉะนั้น ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของหมุดย้ำนี้จะเท่ากับ

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad (3.1.3)$$

พิจารณาหมุดย้ำในรูปที่ 3.1 (ค) จะเกิดการอัดกันระหว่างด้านข้างของตัวหมุดย้ำกับแผ่นโลหะด้วยความเค้นที่ผิวโลหะที่สัมผัสกันนี้ไม่สม่ำเสมอ ในทางปฏิบัติจึงหาความเค้นกดนี้โดยใช้พื้นที่ภาพฉาย (projected area) ของส่วนที่อัดกันอยู่แทนการใช้พื้นที่จริงรอบหมุดย้ำ และมีชื่อเรียกว่าความเค้นอัด (bearing stress) ถ้าหมุดย้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง d ความเค้นอัดนี้คือ

$$\sigma_c = \frac{F}{dt} \quad (3.1.4)$$

3.2 ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด [4]

ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดเหมาะสำหรับวัสดุเหนียว มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเกณฑ์ของเทรสกา (Tresca's criterion) เป็นทฤษฎีที่นิยมใช้กันมาก เพราะใช้ได้ง่ายและปลอดภัยทฤษฎีนี้กล่าวว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุจะเกิดความเสียหายเมื่อความเค้นเฉือนสูงสุดในวัสดุมีค่าเท่ากับความต้านแรงเฉือนสูงสุดของวัสดุนั้นเดียวกัน ที่ได้จากการทดสอบแรงดึงเมื่อถึงจุดคราก

จากกลศาสตร์วัสดุพบว่า ความต้านแรงเฉือนสูงสุดเมื่อวัสดุได้รับแรงดึงจนถึงจุดครากมีค่าเท่ากับ $\sigma_y/2$ และเกิดบนระนาบเอียงทำมุม 45° กับแนวแรงดึงซึ่งทดสอบ ซึ่งตามทฤษฎีนี้จะเริ่มเกิดความเสียหายเมื่อ τ_{max} เท่ากับ $\sigma_y/2$ ในสมการ τ_{max} เท่ากับ ค่าสูงสุดของ $\frac{|\sigma_1 - \sigma_2|}{2}$ หรือเท่ากับ ค่าสูงสุดของ $\frac{|\sigma_1|}{2}$ หรือ เท่ากับ ค่าสูงสุดของ $\frac{|\sigma_2|}{2}$ เพราะฉะนั้นสมการที่ต้องนำมาคิดในการออกแบบคือ

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \pm \frac{\sigma_y}{2N}$$

หรือ

$$\frac{\sigma_1}{2} = \pm \frac{\sigma_y}{2N}$$

หรือ

$$\frac{\sigma_2}{2} = \pm \frac{\sigma_y}{2N}$$

ซึ่งจัดรูปใหม่ได้เป็น

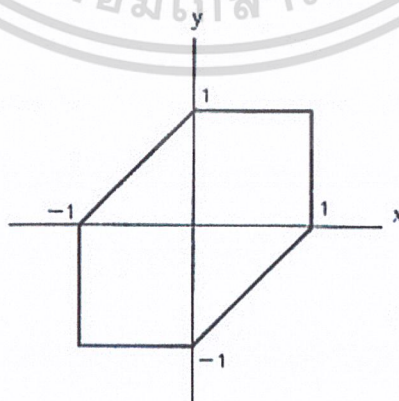
$$\sigma_1 - \sigma_2 = \pm \frac{\sigma_y}{N} \tag{3.2.1 ก}$$

$$\sigma_1 = \pm \frac{\sigma_y}{N} \tag{3.2.1 ข}$$

$$\sigma_2 = \pm \frac{\sigma_y}{N} \tag{3.2.1 ค}$$

หรือ

$$x - y = \pm 1, \quad x = \pm 1, \quad y = \pm 1 \tag{3.2.2}$$

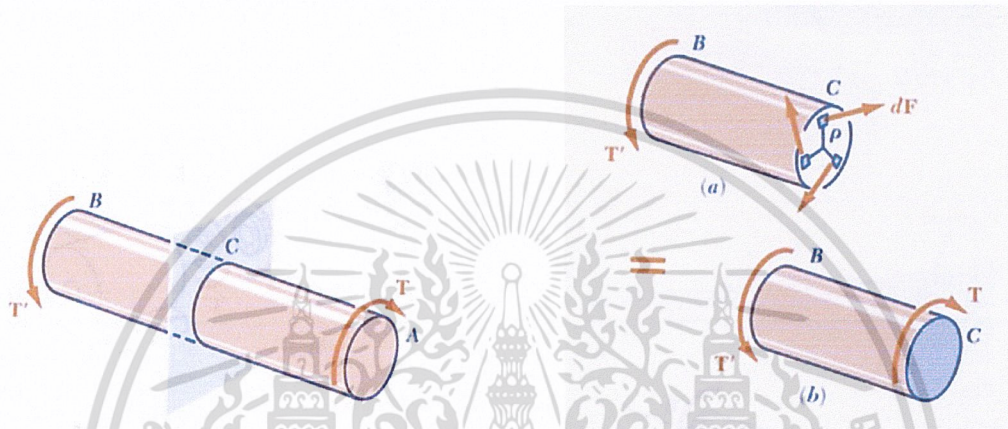


รูปที่ 3.2 ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

3.3 การบิด (Torsion) [6]

ในทางวิศวกรรมชิ้นส่วนที่ต้องรับภาระแบบ Torsion ที่เรารู้จักกันดีก็คือ เฟลาต่งกำลัง ซึ่งอาจเป็นเฟลาดันหรือเฟลากลวงก็ได้

ความเค้นที่เกิดขึ้นในเฟลา พิจารณาเฟลา AB ซึ่งถูกบิดโดยทอร์ก T และ T' ซึ่งมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามกัน



รูปที่ 3.3 เฟลาที่ถูกบิด โดยทอร์ก

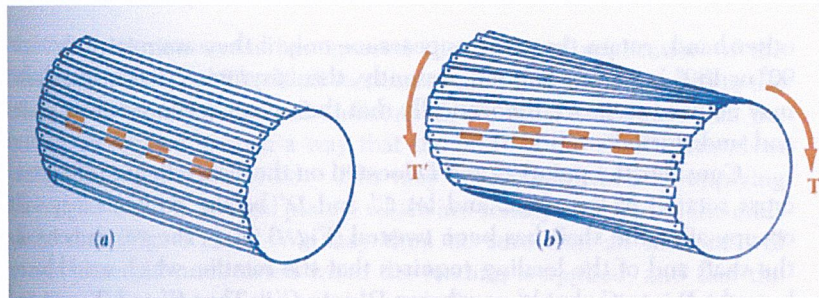
หากเราตัดเฟลาที่จุด C แล้วนำส่วน BC มาพิจารณาจะพบว่าที่หน้าตัด C จะมีแรงเฉือน df กระทำในทิศที่ตั้งฉากกับรัศมี สมมติให้ระยะของแรงคือจุดศูนย์กลางของเฟลาเป็น ρ โดยการเฉือนที่เกิดขึ้นนั้น ก็เนื่องจากการกระทำของส่วน AC นั่นเอง และเมื่อพิจารณาถึงความสมดุลเราจะพบว่าผลรวมของโมเมนต์ที่เกิดจากแรงเฉือน df ตลอดหน้าตัด C จะมีค่าเท่ากับทอร์ก T เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\int \rho df = T \quad (3.3.1)$$

$$\text{แต่} \quad dF = TdA \quad (3.3.2)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \int \rho(TdA) = T \quad (3.3.3)$$

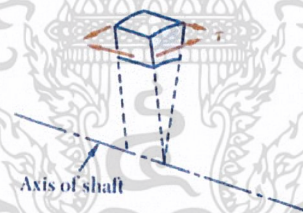
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นจริง

เพื่อให้เห็นภาพของความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นจริง เราจะพิจารณาจากเพลลาที่ทำจากวัสดุยาวหลาย ๆ แผ่น ที่ยึดหัวท้ายเข้ากับแผ่นวงกลม แล้วทำเครื่องหมายไว้ที่แผ่นวัสดุคู่หนึ่ง ดังรูป a) เมื่อมีการบิดจะทำให้แผ่นวัสดุเลื่อนไปในลักษณะดังแสดงในรูป b)

จากสิ่งที่เกิดขึ้น เราจะเห็นว่า การเฉือนนั้นจะเกิดขึ้นในสองระนาบดังแสดงในรูปข้างล่าง (ระนาบตามแนวแกนและตั้งฉากกับแกนเพลลา)



รูปที่ 3.5 การเฉือนเกิดขึ้นในสองระนาบ

3.4 การออกแบบเพลลา [4]

เพลลาที่มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะของการใช้งาน ดังต่อไปนี้คือ

เพลลา (shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลลา ไม่ว่าจะชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม

สปินเดิล (spindle) เป็นเพลลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลลาที่หัวแท่นกลึง (Head-stock spindle) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สตั๊บชาฟต์ (stub shaft) หรือบางครั้งเรียกเฮดชาฟต์ (head shaft) เป็นเพลลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลลาอื่น ๆ

เพลลาแนว (line shaft) หรือเพลลาส่งกำลัง (power transmission shaft) หรือเพลลาเมน (main shaft) เป็นเพลลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

แจ็คชาฟต์ (jack shaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (counter shaft) เป็นเพลลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลลาอ่อน (flexible shaft) เป็นเพลลาที่สามารถอ่อนตัวหรืองอโค้งได้ เพลลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลลาจะต้องมีความแข็งแรงเกร็ง (rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (deflection) ของเพลลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลลา มีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (critical speed) ของเพลลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลลา มีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลลา เช่น บอลเบริง (ball bearing) ก็ต้องมีการเอียงแนว (misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะ กับเพลลาด้วย

3.4.1 วัสดุเพลลา

วัสดุที่ใช้ในการทำเพลลาทั่วไปคือ เหล็กกล้าละมุน (mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลลา เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

3.4.2 ขนาดของเพลลา

เพื่อให้เพลลาที่มีมาตรฐานเหมือนกัน องค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเลือกซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของเบร้งที่ใช้รองรับเพลลาด้วย ขนาดระบุของเพลลาดูได้จากตารางที่ 3.3

3.4.3 การพิจารณาในการออกแบบ

การคำนวณหาขนาดของเพลลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลลา เพื่อให้เพลลาทนต่อแรงที่มากกระทำอย่างเดียวนั้นไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลลา ลูกเบี้ยว (cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลลาที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ภายในพิสัยที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากเกินไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนซึ่งมีผลทำให้เฟืองและเบร้งที่รองรับเพลลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ถึงแม้ว่า จะ ไม่มีมาตรฐานสำหรับพิสัยมุมบิดของเพลลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3° ต่อความยาวเพลลา 1 m สำหรับเพลลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มีมุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาวเพลลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา ในกรณีของเพลลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้ให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5° ตลอดความยาวของเพลลา

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งแรงทางด้านระยะ โกง เพราะจะต้องใช้ระยะ โกงของเพลลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (clearance) ระหว่างล้อ สายพาน โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของเบร้งสำหรับรองรับเพลลาให้เหมาะสม ถ้าเพลลามีระยะ โกงมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบ (contact ratio) ของเฟืองลดลงด้วย ทำให้การส่งกำลังของเฟืองไม่ราบรื่นเท่าที่ควร การเลือกเบร้งมารองรับเพลลาก็เช่นกันจำเป็นต้องเลือกเบร้งชนิดที่อนุญาตให้มีการเอียงแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะ กับระยะ โกงของเพลลาที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นเบร้งแบบธรรมดาหรือเบร้งแบบปรับแนวได้เอง (self-aligning bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะ โกงเป็นสำคัญ

ระยะ โกงดังกล่าวมานี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งแรงทางด้านระยะ โกงได้ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเพลลาเครื่องจักรกลโดยทั่วไป ค่าระยะ โกงระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบร์ริงควรจะไม่เกิน 0.08 mm/m

สำหรับเพลลาที่มีเฟืองตรง (spur gear) คุณภาพคืออยู่ด้วย ระยะ โกง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.125 mm และความลาดเอียงของเพลลา ณ ตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า 0.0286°

สำหรับเพลลาที่มีเฟืองคอกจอก (bevel gear) คุณภาพคืออยู่ด้วย ระยะ โกง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกัน ไม่ควรเกิน 0.075 mm

จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าขนาดของเพลลาอาจจะหามาได้โดยใช้ความแข็งแรงที่ต้องการแทนที่จะเป็นความแข็งแรงในการรับแรงภายนอกได้

3.4.4 ความแข็งแรงทางด้านการบิด

สำหรับเพลลาที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น rad จะหาได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \quad (3.4.1)$$

สำหรับเพลลากลมตัน $J = \frac{\pi}{32} d^4$ ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \quad (3.4.2)$$

ถ้าเป็นเพลลากลมกลวง

$$\theta = \frac{584TL}{(1-K^4)Gd^4} \quad (3.4.3)$$

ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลลามีความแข็งแรงตามลักษณะการใช้งานแล้ว ก็ควรที่จะใช้สมการที่ (3.4.3) นี้ตรวจสอบมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ

3.4.5 การออกแบบเพลลาภายใต้แรงเปลี่ยนแปลง

การออกแบบเพลลาโดยที่คิดถึงแรงที่เปลี่ยนแปลงขนาดเป็นวัฏจักร ก็สามารถกระทำได้ตามวิธีการออกแบบสำหรับความล้าคือ

$$\frac{1}{N} = \left(\left(\frac{\tau_{eq}}{\tau_n} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{eq}}{\sigma_n} \right)^2 \right)^{1/2} \quad (3.4.4)$$

แทนค่า σ_{eq} และ τ_{eq} ลงในสมการจะได้ว่า

$$\frac{1}{N} = \left(\left(\frac{\sigma_m + K_f \sigma_a}{\sigma_y} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m + K_f \tau_a}{\tau_y} \right)^2 \right)^{1/2} \quad (3.4.5)$$

ในกรณีที่ให้ความเค้นเฉือนสูงสุด $\tau = \tau_y / N = \sigma_y / 2N$ ฉะนั้นคูณด้วย τ_y ในสมการที่

(3.4.5) จะได้สมการสำหรับออกแบบอีกรูปหนึ่งคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tau = \left(\frac{1}{4} \left(\sigma_m + K_f \frac{\sigma_y \sigma_a}{\sigma_n} \right)^2 + \left(\tau_m + K_f \frac{\tau_y \tau_a}{\tau_n} \right)^2 \right)^{1/2} \quad (3.4.6)$$

ถ้าไม่มีแรงดึงหรือกด F กระทำต่อเพลากลวง จากสมการความเค้นคัต $\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)}$

และสมการความเค้นเฉือน $\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)}$ จะได้

$$\sigma_m = \frac{32M_m}{\pi d^3(1 - K^4)}, \quad \sigma_a = \frac{32M_a}{\pi d^3(1 - K^4)} \quad (3.4.7)$$

$$\tau_m = \frac{16T_m}{\pi d^3(1 - K^4)}, \quad \tau_a = \frac{16T_a}{\pi d^3(1 - K^4)} \quad (3.4.8)$$

แทนค่าสมการที่ (3.4.7) และสมการที่ (3.4.8) ลงในสมการที่ (3.4.6) แล้วจัดรูปใหม่จะได้

$$\tau = \frac{16}{\pi d^3(1 - K^4)} \left(\left(M_m + K_f \frac{\sigma_y}{\sigma_n} M_a \right) + \left(T_m + K_{fs} \frac{\tau_y}{\tau_n} T_a \right) \right)^2 \quad (3.4.9)$$

สมการที่ (3.4.9) เป็นสมการสำหรับใช้ออกแบบเพลากายใต้แรงเปลี่ยนแปลงในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยอาศัยทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

3.5 สปริง [4]

สปริงเป็นชิ้นส่วนที่มีความยืดหยุ่นซึ่งมีใช้อยู่ในเครื่องจักรกลทั่วไป ถึงแม้ว่าชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่องจักรกลจะมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นเหมือนกัน แต่สปริงจะมีการยืดหยุ่นมากกว่า สปริงอาจจะมรูปร่างต่างกันและทำจากวัสดุหลายชนิด แม้แต่ของไหล เช่น อากาศ ก๊าซ และของเหลว ก็สามารถนำมาใช้ทำหน้าที่เป็นสปริงได้ สปริงที่จะกล่าวนี้ส่วนมากทำมาจากโลหะและโลหะผสม แต่พวกโลหะบางชนิดก็กำลังเริ่มเข้ามาสู่ความสนใจของนักออกแบบที่จะนำมาใช้ทำสปริง สปริงอาจจะทำหน้าที่ได้หลายประเภทดังนี้

- ใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับกลไกต่าง ๆ งานประเภทนี้ได้ใช้กันมาตั้งแต่ดั้งเดิมและก็ยังคงจะมีใช้กันมากต่อไปอีก เช่น ลานนาฬิกา กล้องถ่ายภาพ และของเล่น เป็นต้น
- ใช้วัดแรง เช่น ตาชั่งสปริง ไดนาโมมิเตอร์ และอุปกรณ์ปรับต่าง ๆ เป็นต้น
- ใช้ทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม เช่น ตัวตามลูกเบี้ยว (cam followers) ก้านวาล์ว เป็นต้น
- ใช้ส่งแรงจากชิ้นส่วนหนึ่งไปยังอีกชิ้นส่วนหนึ่ง เช่น สปริงแผ่นคลัตช์ คัปปลิง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 วัสดุสำหรับลวดสปริง

จุดประสงค์ของการใช้สปริง ส่วนมากจะเป็นไปในรูปของการเก็บพลังงานเอาไว้ในตัวสปริง ความเค้นที่เกิดขึ้นในสปริงขณะใช้รับแรงจะมีค่าสูงมาก ดังนั้นจึงต้องนำวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงมาใช้ทำสปริง โดยทั่วไปเหล็กสำหรับใช้ทำสปริงจะเป็นเหล็กที่มีคาร์บอนสูงกว่า 0.5 % แล้วผ่านกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อให้มีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากความสามารถในการยืดหยุ่นเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสปริง ทั้งนี้เพื่อให้สปริงมีการยืดหดได้มากนั่นเอง นอกจากนี้แล้วยังมีวัสดุประเภทโลหะผสม เหล็กกล้าไร้สนิม และอื่น ๆ ที่ต้องใช้กับงานเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนหรือทนทานต่ออุณหภูมิสูง ๆ

สปริงชนิด (helical spring) ที่มีขนาดของลวดสปริงไม่เกิน 12 mm จะใช้วิธีขดขณะเย็น (wound cold) แต่ถ้าขนาดของลวดสปริงโตขึ้นก็มักจะใช้วิธีขดขณะร้อน (wound hot) ในกรณีของลวดสปริงขนาดเล็กอาจจะนำไปผ่านกรรมวิธีทางความร้อนก่อนจะนำมาขดหรือหลังจากขดแล้วก็ได้ สปริงที่ขดขณะเย็นควรที่จะนำมาอบเพื่อคลายความเค้น (stress relieved) ที่อุณหภูมิประมาณ 620 °C นานประมาณ 15 ถึง 60 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของสปริง ขนาดของลวดสปริงสำหรับวัสดุบางชนิดดังที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นขนาดที่หาซื้อได้ทั่วไป

1. Head-drawn wire (ASTM A227) เป็นวัสดุที่มีราคาถูกที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.50 mm จนถึง 16 mm ขดขณะเย็นได้ มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.45 % ถึง 0.75 % คุณภาพผิวต่ำกว่าวัสดุชนิดอื่น ๆ ดังนั้นไม่ควรใช้กับชิ้นงานที่ต้องการอายุการทำงานมาก และในชิ้นงานที่ต้องการความแม่นยำในการทำงานมาก อุณหภูมิขณะใช้งานไม่ควรสูงกว่า 120 °C หรือต่ำกว่า 0 °C

2. Music wire (ASTM A228) ทำโดยวิธี head-drawn แต่ใช้เหล็กกล้าที่มีคุณภาพสูง คุณภาพผิวดีเป็นพิเศษ มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.70 % ถึง 1.00 % ขดขณะเย็นได้ ลวดชนิดนี้เป็นลวดที่มีการใช้กันมากที่สุดในจำพวกสปริงขนาดเล็ก มีความแข็งแรงสูง และสามารถทนแรงที่กระทำซ้ำกันได้ดีมาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.10 mm จนถึง 6.35 mm แต่มีให้นำไปใช้งานในที่ซึ่งอุณหภูมิสูงกว่า 120 °C หรือต่ำกว่า 0 °C

3. Oil-tempered wire (ASTM A229) ผลิตโดยวิธีรีดเย็น แล้วจึงชุบแข็งและอบเหนียว (tempered) มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.55 % ถึง 0.75 % มักใช้วิธีขดขณะเย็นแล้วอบคลายความเค้นที่อุณหภูมิประมาณ 230 °C ผิวไม่สู้จะดีนักแต่ก็ดีกว่า head-drawn wire ลวดสปริงชนิดนี้ก็มีใช้กันแพร่หลายทั่วไป เพราะราคาถูกกว่า music wire มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.50 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนถึง 16 mm แต่ก็สามารถหาขนาดซึ่งใหญ่หรือเล็กกว่านี้ได้ อุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 0 °C หรือต่ำกว่า 180 °C

4. Valve spring quality carbon steel (ASTM 230) เป็น oil-tempered wire ที่มีคุณภาพสูงสุด มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.60 % ถึง 0.75 % มีผิวดีเป็นพิเศษเทียบเท่า music wire จึงเหมาะสำหรับใช้กับงานที่อาจจะเสียหายเนื่องมาจากความล้า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1.50 mm จนถึง 6.25 mm

5. Chrome vanadium steel (ASTM A231) เป็นโลหะผสมที่นิยมใช้กันมากเมื่อโลหะอื่น ๆ ไม่สามารถที่จะทนความเค้นสูง ๆ ได้ เหมาะสำหรับรับรับแรงที่กระทำกันเป็นอย่างดี รับแรงกระแทกได้ดี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.50 mm จนถึง 12.50 mm มักใช้ทำสปริงสำหรับวาล์วเครื่องยนต์ของเครื่องบิน ใช้ได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 230 °C

6. Chrome silicon steel (ASTM A401) เป็นโลหะผสมที่สามารถรับแรงได้สูง และมีความสมบัติในการรับแรงกระแทกได้ดี ใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 250 °C มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.80 mm จนถึง 12 mm

7. Stainless steel (chrome nickel ASTM A313 หรือ AIST 302) เป็นโลหะที่มีราคาแพง รับแรงได้สูง และสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเหมาะสำหรับรับแรงกระแทก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.20 mm จนถึง 12.50 mm ในการผลิตจะใช้วิธีรีดเย็นแล้วคลายความเค้นที่อุณหภูมิสูง

3.5.2 คุณสมบัติทางกลของลวดสปริง

ค่าความต้านแรงของวัสดุที่ใช้ทำลวดสปริงจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของลวดสปริง ดังนั้น จึงอาจเขียนในรูปสมการที่ใช้หาค่าความต้านแรงของวัสดุลวดสปริงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใด ๆ ได้ดังนี้คือ

$$\sigma_u = \frac{A}{d^x} \quad (3.5.1)$$

$$\tau_n = \frac{B}{d^y} \quad (3.5.2)$$

โดยที่ σ_u คือความต้านแรงดึงค่าสูงสุด

τ_n คือความต้านแรงเฉือนทนทาน

d คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดสปริงเป็น mm

ค่าคงที่โดยประมาณของสมการที่ (3.5.1) และสมการที่ (3.5.2) แสดงไว้ในตารางที่ 3.5 ค่า

ความต้านแรงมีหน่วยเป็น N/mm^2 ในการคำนวณถ้ามีความจำเป็นที่จะต้องใช้สมการที่ (3.5.1) และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (3.5.2) กับลวดสปริงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่าค่าในตารางที่ 3.5.1 ก็อนุโลมให้สามารถใช้ได้

สำหรับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและ โมดูลัสเฉือนของวัสดุในตารางที่ 3.5.1 ให้ใช้ค่าประมาณดังนี้ (ยกเว้นเหล็กกล้าไร้สนิม)

$$E = 200 \text{ kN/mm}^2 \quad G = 80 \text{ kN/mm}^2$$

สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมให้ใช้

$$E = 180 \text{ kN/mm}^2 \quad G = 70 \text{ kN/mm}^2$$

สำหรับค่าความต้านแรงเฉือนครากให้ใช้ค่าประมาณ

$$\tau_y = 0.60\sigma_u \quad \text{สำหรับวัสดุทั่วไป}$$

$$\tau_y = 0.47\sigma_u \quad \text{สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม}$$

3.5.3 ความเค้นในสปริงขดรับแรง

ค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นในลวดสปริงคือ

$$\tau = \frac{Tr}{J} + \frac{F}{A} \quad (3.5.3 \text{ ก})$$

แต่

$$T = \frac{FD}{2}$$

และ

$$\frac{J}{D} = \frac{(\pi d^4 / 32)}{d / 2}$$

$$= \frac{\pi d^3}{16}$$

และ

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

ดังนั้นจึงเขียนสมการที่ 3.5.3 ก ใหม่ได้เป็น

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2} \quad (3.5.3 \text{ ข})$$

ถ้าให้ $C = D / d$ ซึ่งเรียกว่าดัชนีสปริง (spring index) สมการที่ 3.5.3 ข สามารถที่จะจัดรูปใหม่ได้เป็น

$$\tau = K_s \frac{8FD}{\pi d^3} \quad (3.5.3 \text{ ค})$$

โดยที่ $K_s = 1 + \frac{0.5}{C}$

ค่า K_s นี้เรียกว่าตัวประกอบความเค้นเฉือน (shear stress correction factor) ซึ่งเป็นค่าทำให้ความเค้นเฉือนในสปริงเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากความเค้นเฉือนตรง F / A

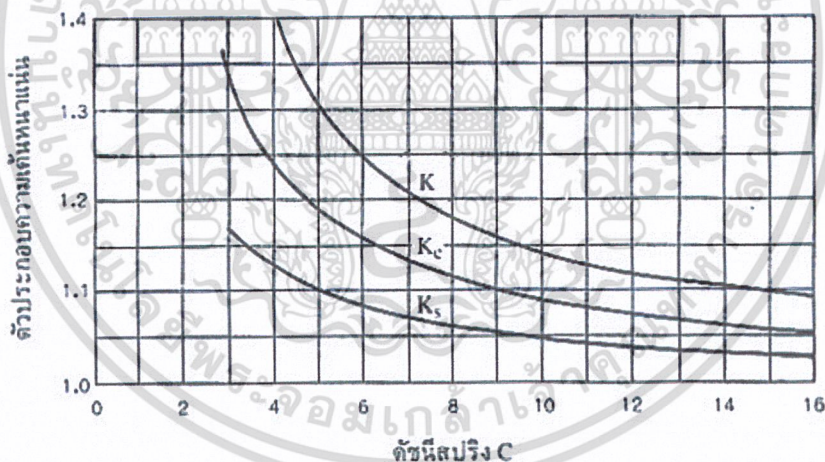
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสปริงเส้นลวดบิดวนไปตามความโค้งของสปริงทำให้เกิดความเค้นหนาแน่นสูงสุดบริเวณด้านในของสปริงชด วาห์ล (Wahl) ได้เสนอให้มีการแก้ไขความเค้นในสมการที่ 3.5.3 ค โดยเพิ่มตัวประกอบความโค้ง (curvature correction factor) K_c เข้าไปในสมการ ค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นดังกล่าวนี้ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\begin{aligned} K &= K_c K_s \\ &= \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \end{aligned} \quad (3.5.4)$$

ค่า K นี้เรียกว่าตัวประกอบของวาห์ล (Wahl's factor) ซึ่งสามารถหาค่าได้โดยการคำนวณจากสมการที่ 3.5.4 หรืออ่านค่าได้จากรูปที่ 3.6 ดังนั้นความเค้นเฉือนในสมการที่ 3.5.3 จึงกลายเป็น

$$\begin{aligned} \tau_s &= K \frac{8FD}{\pi d^3} \\ &= K \frac{8FC}{\pi d^2} \end{aligned}$$



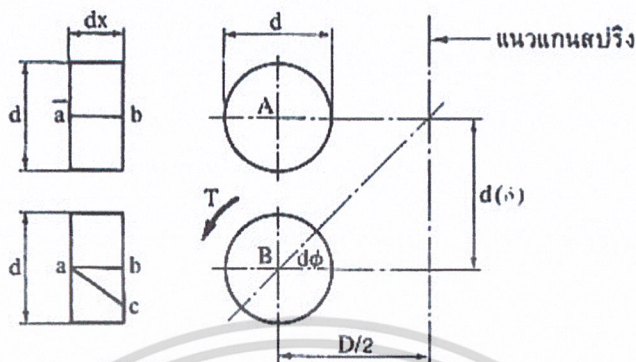
รูปที่ 3.6 ค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นสำหรับสปริงขดรับแรงดึงและรับแรงกด

3.5.4 การยืดหดของสปริงขด

ในการหาการยืดหดของสปริงให้พิจารณาขดสปริง ซึ่งตัดออกมาเป็นชิ้นเล็ก ๆ dx ก่อนมีแรงมากระทำในแนวตั้ง ส่วนของลวดสปริงนี้จะอยู่ที่ A หลังจากรับแรงภายนอกแล้วลวดสปริงจะเลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่ง B โดยมีการยุบตัว $d\delta$ และมุมบิดเล็ก ๆ ของลวดเท่ากับ $d\Phi$ นั่นคือเส้น ab จะบิดมาอยู่ที่ตำแหน่ง ac จากสูตรการบิด

$$d\Phi = \frac{Tdx}{GJ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การยึดหดของลวดสปริง

ถ้ามุมบิดบนลวดสปริงชิ้นเล็ก ๆ นี้เล็กมาก (เนื่องจากสปริงมีขดถี่) ระยะยวบตัวคือ

$$d\delta = \frac{D(d\Phi)}{2} = \frac{TD(dx)}{2GJ}$$

ถ้าสปริงมีความยาวทั้งหมด L ระยะยวบตัวทั้งหมดคือ

$$\delta = \frac{TD}{2GJ} \int_0^L dx = \frac{TDL}{2GJ} \quad (3.5.3)$$

ถ้าจำนวนขดทำการ (active coils) เท่ากับ n ขด ความยาว L ของสปริง n ขด โดยประมาณเท่ากับ πDn และเมื่อแทนค่า $T = FD/2$ และ $J = (\pi/32)d^4$ ลงในสมการที่ (3.5.3) จะได้ว่า

$$\text{ระยะยวบตัว} \quad \delta = \frac{8FD^3n}{Gd^4} = \frac{8FC^3n}{Gd} \quad (3.5.4)$$

3.5.5 ความแข็งตึงของสปริง

ความแข็งตึงของสปริง (spring stiffness) หมายถึงปริมาณของแรงที่ใช้ในการทำให้สปริงยึดหดหนึ่งหน่วยความยาวในแนวแกนของสปริง ซึ่งยังมีชื่อเรียกอีกหลายชื่อแตกต่างกันไป เช่น ค่าคงที่ของสปริง (spring constant) อัตราสปริง (spring rate) โมดูลัสของสปริง และเกรเดียนของสปริง (spring gradient) เป็นต้น ถ้าให้ δ เป็นระยะยวบตัวของสปริงภายใต้แรงกด F ค่าความแข็งตึงของสปริงคือ

$$k = \frac{F}{\delta} \quad (3.5.5)$$

แทนค่าสมการที่ (3.5.4) ลงในสมการที่ (3.5.5) จะได้

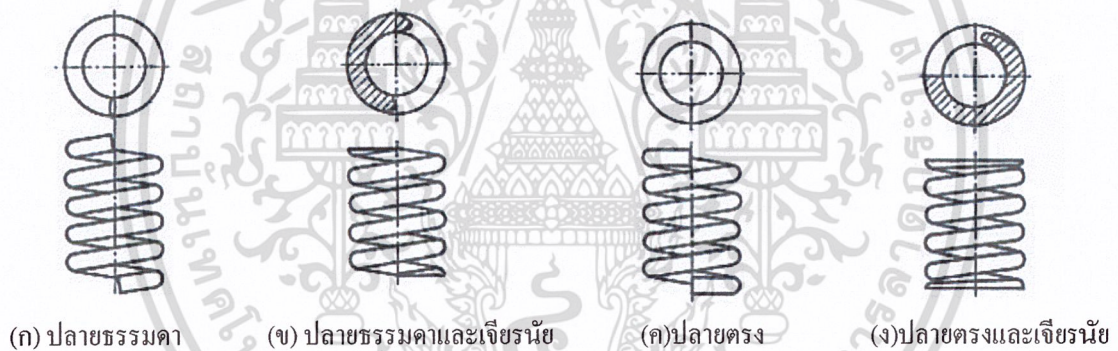
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k = \frac{Gd^4}{8D^3n} = \frac{Gd}{8C^3n} \quad (3.5.6)$$

ค่าความแข็งตึงของสปริงนี้ก็เป็นค่าที่สำคัญ ซึ่งผู้ใช้ต้องเลือกให้ถูกต้องกับชิ้นงานจึงจะทำให้เครื่องจักรกลทำงานได้ตามความมุ่งหมาย

3.5.6 จำนวนขดทำการ

สปริงขดรับแรงกดที่ใช้งานอยู่ทั่ว ๆ ไปจะมีปลายทั้งสองในลักษณะดังรูปที่ 3.8 โดยปกติแล้วต้องการให้ปลายสปริงสัมผัสกับสิ่งที่สปริงกดอยู่ให้มากที่สุด ในบางกรณีสปริงตั้งอยู่ในช่องซึ่งมีพื้นที่กคที่เรียบแบน ดังนั้นจึงนิยมตัดปลายสปริงชนิดนี้ให้เรียบเป็นฐานตั้ง เนื่องจากขดส่วนที่ตัดปลายไปจะสูญเสียผลในการเป็นสปริงไปมาก ฉะนั้นการคำนวณจึงให้หักเอาจำนวนขดเหล่านี้่ออก จำนวนขดที่เหลืออยู่ทั้งหมดเรียกว่า ขดทำการ ซึ่งก็เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น ถ้าให้ n_r เป็นจำนวนขดทั้งหมดของสปริงขดก็จะคิดจำนวนขดทำการ ได้ดังนี้คือ



รูปที่ 3.8 ปลายสปริงขดรับแรงกด

ปลายธรรมดา (plain ends)	$n = n_r$
ปลายธรรมดาและเจียรไน (ground end)	$n = n_r - 1$
ปลายตรง (square ends)	$n = n_r - 1.5$
ปลายตรงและเจียรไน	$n = n_r - 2.8$

3.5.7 ระยะยวบตัวใช้งาน

ความยาวของสปริงขดในขณะที่ยังไม่มีแรงภายนอกมากกระทำเรียกว่าความยาวอิสระ L_f ดังรูปที่ 3.9 (ก) เมื่อมีแรงภายนอกมากกดสปริงขดนี้ให้ทุกขดติดกันพอดีดังรูปที่ 3.9 (ค) ความยาวของสปริงขดขณะนี้เรียกว่า ความยาวแข็งตัว (solid height) L_s แรง และความเค้นในขณะนี้

เรียกว่า แรงแข็งตัว (solid force) และความเค้นแข็งตัว (solid stress) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ระยะยุบตัวของสปริงชนิด

สำหรับการออกแบบสปริงให้รับแรง F สูงสุดขณะใช้งาน โดยที่สปริงจะยุบตัวลงไป δ_w ค่า δ_w นี้เรียกว่า ระยะยุบตัวใช้งาน ดังรูปที่ 3.9 (ข) ถ้าให้ระยะยุบแข็งตัว (solid deflection) δ_s เป็นผลต่างระหว่างความยาวอิสระและความยาวแข็งตัวจะได้ว่า

$$\delta_s = L_f - L_s \quad (3.5.7)$$

ก็จะทำให้สามารถเพื่อการยุบตัวของสปริงให้มีการยุบตัวมากกว่าระยะยุบตัวใช้งานได้อย่างมีหลักเกณฑ์พอสมควร โดยใช้ค่าความเผื่อการกดคด (clash allowance) ซึ่งมีนิยามว่า

$$\text{ความเผื่อการกดคด} \quad r_c = \frac{\delta_s - \delta_w}{\delta_w} \quad (3.5.8)$$

ค่าความเผื่อการกดคดนี้เป็นอัตราส่วนที่แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของระยะยุบตัว ที่อาจจะมิได้เกินกว่าระยะยุบตัวใช้งาน โดยทำหน้าที่ให้ความปลอดภัยแก่การใช้งานยิ่งขึ้นไปอีก ค่า r_c นี้แนะนำให้ใช้ประมาณ 0.20 ซึ่งก็หมายความว่าความสามารถใช้สปริงรับแรงเพิ่มขึ้นมากกว่าแรงที่ใช้ออกแบบอีก 20 % สปริงทุกชนิดจึงจะติดกันหมด จึงเป็นการป้องกันมิให้ผิวหน้าของสปริงเสียหายเนื่องจากการสัมผัสและเสียดสีกันระหว่างขดได้ อีกประการหนึ่งถ้าสปริงยุบตัวจนถึงความยาวแข็งตัว สปริงก็จะหมดคุณสมบัติในการใช้งานรับแรงสั้น สะเทือนหรืออื่น ๆ ตามต้องการไป

ความยาวอิสระและความยาวแข็งตัวของสปริงขึ้นอยู่กับลักษณะของปลายสปริงชนิด ซึ่งอาจจะหาค่าโดยประมาณได้จากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าประมาณของความยาวอิสระและความยาวเชิงตัว

ลักษณะของปลายสปริงขด	ความยาวอิสระ (L_f)	n_t	ความยาวเชิงตัว (L_s)
ปลายธรรมดา	$Pn + d$	n	$d(n + 1)$
ปลายธรรมดาและเจียรไน	$Pn + d$	$n + 1$	$d(n + 1)$
ปลายตรง	$Pn + 2.5d$	$n + 1.5$	$d(n + 2.5)$
ปลายตรงและเจียรไน	$Pn + 2d$	$n + 2$	$d(n + 2)$

3.6 แบริง [5]

3.6.1 การประเมินค่าอายุใช้งานและแรง

วิธีการเลือกแบริง มีดังต่อไปนี้

1. อายุใช้งานของโรลเลอร์แบริงหมายถึงจำนวนรอบ (หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่) ซึ่งแบริงหมุนได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนหรือลูกกลิ้ง

2. อายุประเมิน (rating life) ของโรลลิงแบริงจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ หมายถึงจำนวนรอบ (หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่) ซึ่งแบริง 90 % จากจำนวนนี้สามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้า และใช้แทนด้วยอายุใช้งาน L_{10}

ผู้ผลิตบางบริษัทอาจจะใช้อายุใช้งานเฉลี่ย (median life) เป็นอายุประเมินก็ได้ อายุใช้งานเฉลี่ยนี้หมายถึงจำนวนรอบที่ 50 % ของแบริงที่เหมือนกันจำนวนหนึ่งสามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความล้าขึ้น และใช้แทนด้วยอายุใช้งาน L_{50} ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ L_{10} โดยประมาณคือ

$$L_{50} \cong 5L_{10} \quad (3.6.1)$$

3. แรงสถิตย์ประเมิน (basic static load rating) หมายถึงแรงในแนวรัศมีที่ทำให้เกิดการยุบตัวของลูกกลิ้งและวงแหวนรวมกันเท่ากับ 0.0001 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง และใช้แทนด้วย C_0 ค่าของ C_0 ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแบริง จำนวนแฉกของลูกกลิ้งในแบริง จำนวนลูกกลิ้งต่อแฉก มุมสัมผัสตลอดจนขนาดของลูกกลิ้ง และวงแหวน

โดยปกติแล้วแรงสถิตย์ประเมินไม่ค่อยจะผลต่อการเลือกแบริงมากนัก แต่ถ้าแบริงรับแรงสูงและอยู่หนึ่งเป็นระยะเวลานานก็อาจจะทำให้เกิดการยุบตัวอย่างถาวร (permanent deformation) เป็นแห่ง ๆ ได้ ดังนั้นในบางครั้งจึงต้องมีการตรวจสอบว่า แรงที่มากระทำมีค่ามากเกินไปกว่า C_0 หรือไม่

4. แรงพลวัตประเมิน (basic dynamic load rating) บางครั้งอาจจะเรียกว่า สมรรถนะแรงพลวัต (basic dynamic capacity) ของโรลเลอร์เบริง หมายถึงแรงที่กระทำในแนวรัศมี ซึ่งเบริงที่มีลักษณะเหมือนกันจำนวนหนึ่งจะรับได้ โดยมีอายุประเมิน L_{10} เท่ากับหนึ่งล้านรอบเมื่อวงแหวนอันในเป็นตัวหมุนและวงแหวนอันนอกอยู่นิ่ง และใช้แทนด้วย C

แรงพลวัตประเมิน C นี้ เป็นค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดเบริงเพื่อใช้รับแรง และมีอายุใช้งานได้ตามความต้องการ โดยการเปลี่ยนแรงและอายุใช้งานจริงมาเป็นแรงและอายุใช้งานที่แสดงไว้ในแค็ตตาล็อก (คือแรงในแนวรัศมีที่ทำให้มีอายุประเมินเท่ากับหนึ่งล้านรอบ) หรือในทางกลับกัน คือเลือกเบริงจากแค็ตตาล็อกแล้วเปลี่ยนให้รับแรงได้เท่าที่ต้องการใช้ทำงานจริง และดูว่าอายุประเมินจะได้ตามอายุใช้งานที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สมการ

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^k \quad (3.6.2)$$

ให้ L_{10} เป็นอายุใช้งานจริงซึ่งมีหน่วยเป็นล้านรอบ (mr) และ P เป็นแรงในแนวรัศมีที่เบริงจะต้องรับขณะใช้งานจริง จากสมการ 3.6.1 จะเห็นว่า

$$\begin{aligned} L_1 &= L_{10} & P_1 &= P \\ L_2 &= 1 \text{ mr} & P_2 &= C \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^k \quad (3.6.3)$$

จากสมการ 3.6.3 ทำให้ทราบว่าเบริงที่เลือกมาจากอายุประเมินจำนวนหนึ่งล้านรอบนั้นจะสามารถทำงานได้กี่ล้านรอบขณะใช้งานจริง

3.6.2 แรงสมมูล

แรงสมมูลหมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งถ้าให้กระทำต่อโรลถึงเบริง โดยที่วงแหวนในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้ว จะทำให้เบริงมีอายุใช้งานเท่ากับอายุใช้งานของเบริงที่รับแรงจริง (ซึ่งอาจจะมีแรงในแนวรัศมีและแนวแกนพร้อมกัน) และให้คำนวณได้จากสมการ

$$P = XV F_r + Y F_a \quad (3.6.4)$$

หรือ

$$P = V F_r \quad (3.6.5)$$

โดยที่ V = มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุน และ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกหมุน ถ้าเป็นบอลเบริงชนิด self-aligning ให้ใช้ค่าเท่ากับ 1 เสมอ

3.7 สายพาน [5]

- ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ้มหาค่าได้จากสมการ

$$L_p \approx 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p + d_p)^2}{4C} \quad (3.7.1)$$

กรณีที่ทราบความยาวพิตช์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทำได้โดยใช้สมการ

$$C \cong p + \sqrt{(p^2 - q)} \quad (3.7.2)$$

โดยที่ $p = 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p)$

$$q = 0.125(D_p - d_p)$$

- แรงดึงชั้นต้นในสายพานลิ้มเท่ากับ

$$F_i = (k_1 F + Z k_2 v^2) \sin \frac{\alpha}{2} \quad (3.7.3)$$

โดยที่

k_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานซึ่งหาค่าได้จากตาราง ก.6 แล้วใช้แรงนี้เป็นแรงดึงชั้นต้น

k_2 หาได้จากตาราง ก.7

- การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ้มสำหรับการส่งกำลัง อาจทำได้โดยใช้รูป ก.12

- จำนวนเส้นของสายพานลิ้มหาค่าได้จากสมการ

$$Z = \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_1} \quad (3.7.4)$$

โดยที่

N_s = หาค่าได้จากตาราง ก.10

N_a = หาค่าได้จากตาราง ก.11

N_1 = หาค่าได้จากตาราง ก.9

P_R = หาค่าได้จากตาราง ก.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณและการออกแบบ

การคำนวณชิ้นส่วนเครื่องมัดข้าวต้มมัด

4.1 การคำนวณโมเมนต์บิด

เลือกมอเตอร์ขนาด 1/4 hp ความเร็วรอบ 1440 rpm ดังนั้น โมเมนต์บิดเท่ากับ

$$T = \frac{Wp}{2\pi n}$$

$$T = \frac{186.5}{2\pi \left(\frac{1440}{60}\right)}$$

$$T = 1.24 \text{ Nm}$$

4.2 การคำนวณขนาดเพลา

$$N = 1.8$$

$$d_i = 10 \text{ mm}$$

$$T = 1.24 \text{ Nm}$$

$$d_o = 25 \text{ mm}$$

$$K = d_i / d_o = 0.4$$

จากสมการ 3.4.8

$$\begin{aligned} \tau_m &= \frac{16T_m}{\pi d^3 (1 - k^4)} \\ &= \frac{16 \times 1.24 \times 10^3}{\pi d^3 (1 - 0.4^4)} \\ &= \frac{6481}{d^3} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

จากตารางที่ ก.1 สมมติให้ $K_f = K_{fs} = 1.6$

จากตารางที่ ก.3 ค่าเฉลี่ยของความเค้นคือ

$$\sigma_u = \frac{87 + 158}{2} = 122.5 \text{ ksi} = 844.64 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{60 + 138}{2} = 99 \text{ ksi} = 682.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_n = 0.5\sigma_u = 0.5 \times 844.64 = 422.32 \text{ N/mm}^2$$

ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโมเมนต์บิดมีค่าคงที่ทำให้ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากันตลอดรอบผิวของเพลาดังนั้น $\tau_a = 0$

จากสมการ 3.4.5 ให้ $\sigma_m = \tau_a = 0$ ดังนั้น

$$\frac{1}{N} = \left(\left(K_f \frac{\sigma_a}{\sigma_n} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} \right)^2 \right)^{1/2}$$

$$\frac{1}{1.8} = \left(0 + \left(\frac{6481}{d^3} \right)^2 \right)^{1/2}$$

$$d = 22.67 \text{ mm}$$

ดังนั้นจากตารางที่ ก.1 ให้ใช้เพลารายขนาด $d = 25 \text{ mm}$

4.3 การคำนวณอายุการใช้งานของสปริง

จากการทดสอบหาแรงที่ใช้ในการทำให้ดอกขาดได้แรงสูงสุด 1840 N เมื่อนำมาคำนวณได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกลางภายนอกของสปริง 25 mm ซึ่งจากตาราง ก.2 พบว่าวัสดุ ASTM A229 มีขนาดลวด 0.5-16 mm ดังนั้นสปริงที่คำนวณได้ไม่สามารถนำมาใช้จริงได้ จึงทำการสมมติแรงที่ใช้บิดดอกให้ขาดใหม่ โดยกำหนดให้สปริงหนึ่งขดรับแรงกดซึ่งมีค่าเปลี่ยนจาก 8 N เป็น 24 N วัสดุสปริงเป็น ASTM A313

จากตารางที่ ก.2 ; $\sigma_u = \frac{1840}{d^{0.1}}$, $\tau_u = \frac{360}{d^{0.15}}$

$$\tau_y = 0.6\sigma_u = \frac{1104}{d^{0.1}}$$

แรงเฉลี่ย $F_m = \frac{24+8}{2} = 16$

แรงส่วนเปลี่ยน $F_a = \frac{24-8}{2} = 8$

สมมติให้เลือกสปริงที่มีดัชนีสปริง $C = 6$ จากรูปที่ 3.6 จะได้

$$K = 1.14 \quad , \quad K_s = 1.05$$

ความเค้นเฉือนเฉลี่ย $\tau_m = K_s \frac{8F_m C}{\pi d^2}$

$$= \frac{1.05 \times 8 \times 16 \times 10}{\pi d^2}$$

$$= \frac{428}{d^2}$$

ความเค้นเฉือนส่วนเปลี่ยน $\tau_a = K \frac{8F_a C}{\pi d^2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{1.14 \times 8 \times 8 \times 10}{\pi d^2}$$

$$= \frac{232}{d^2}$$

จากสมการ

$$\frac{1}{N} = \frac{\tau_m - \tau_a}{\tau_y} + \frac{2\tau_a}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{428}{d^2} - \frac{232}{d^2} + \frac{464}{d^2}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{1104}{d^{0.1}} + \frac{360}{d^{0.15}}$$

$$= \frac{0.18}{d^{0.19}} + \frac{1.3}{d^{1.85}}$$

จากการทดลองใช้ลวดขนาดต่าง ๆ แทนค่าในสมการข้างต้นนี้ พบว่าลวดขนาด 2.5 mm จะให้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 3.7 ดังนี้

$$D = Cd = 10 \times 2.5 = 25 \text{ mm}$$

ในการทดลองเลือกให้สปริงมีความยาวแข็งตัว 25 mm

$$L_s = d(n+2)$$

$$25 = 2.5(n+2)$$

$$n = 12 \text{ ขด}$$

จากสมการ 3.5.6 ; $k = \frac{Gd}{8C^3n} = \frac{70000 \times 2.5}{8 \times 10^3 \times 12} = 1.8 \text{ N/mm}$

ระยะยุบตัวขณะใช้รับแรงสูงสุด $\delta_w = \frac{F}{k} = \frac{24}{1.8} = 13.3 \text{ mm}$

ความเผื่อการกดติด

$$r_c = \frac{\delta_s - \delta_w}{\delta_w}$$

$$0.2 = \frac{\delta_s - 13.3}{13.3}$$

$$\delta_s = 16 \text{ mm}$$

ดังนั้นความยาวอิสระ

$$L_f = L_s + \delta_s$$

$$= 25 + 16$$

$$= 41 \text{ mm}$$

แรงแข็งตัว

$$F_s = k\delta_s = 1.8 \times 16 = 28.8 \text{ N}$$

ความเค้นแข็งตัว

$$\tau_s = K \frac{8F_s C}{\pi d^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{1.14 \times 8 \times 28.8 \times 10}{\pi \times 2.5^2}$$

$$= 133 \text{ N/mm}^2$$

ความต้านทานแรงเฉือนคราก $\tau_y = \frac{1104}{d^{0.1}} = 1007 \text{ N/mm}^2$

สปริงที่เลือกมานี้สามารถทนแรงได้ตามต้องการ เพราะ $\tau_y > \tau_s$

ตรวจสอบมุมขดว่าเกิน 12° หรือไม่

$$L_f = Pn + 2d$$

$$41 = 12P + 5$$

$$P = 3 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{P}{\pi D} = \frac{3}{\pi \times 25}$$

$$\alpha = 2.2^\circ$$

4.4 การคำนวณและออกแบบแบริ่ง

เลือกอนุกรม 02 single-row deep-groove ball bearing ที่มีขนาดรูสวม 25 mm แรง

พลวัตประเมิน (C) = 10.7 kW

จากสมการ 3.6.4

$$P = XVF_r + YF_a$$

แต่แรงในแนวรัศมีไม่มี ดังนั้น

$$P = YF_a$$

จากตาราง ก.4 ;

$$Y = 1.17$$

$$P = 1.17 \times 0.8$$

$$= 0.936 \text{ kN}$$

จากสมการ 3.6.3

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^k$$

สำหรับบอลแบริ่ง $k = 3$

ดังนั้น

$$L_{10} = \left(\frac{10.7}{0.936} \right)^3$$

$$= 1493.91 \text{ mr}$$

เพลามีความเร็วรอบ 1440 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_{10} = \frac{(1493.91 \times 10^6)}{(1440 \times 60)} = 17290.6 \text{ ชั่วโมง}$$

จากตาราง ก.5 แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ สมมติให้เครื่องจักรทำงานไม่ต่อเนื่อง มีอายุของแบร์ริงเป็นชั่วโมงทำงาน 4000 – 8000 ชั่วโมง แสดงว่าแบร์ริงที่เลือกมาใช้ได้

4.5 การคำนวณขนาดสายพาน

ต้องการส่งกำลังจากมอเตอร์กระแสสลับ ขนาด 1/4 แรงม้า (186.5 W) ความเร็วรอบ 1440 rpm ไปยังกระปุกเกียร์ทศรอบ ทำงานที่ความเร็วรอบ 720 rpm กำหนดให้เครื่องจักรทำงานน้อยกว่า 10 ชั่วโมง และทำงานเบา

กำลังที่ต้องการส่ง $W_p = 186.5 \text{ W}$

จากตารางที่ ก.10 ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1$

ดังนั้น $W_p = N_s = 0.1865 \text{ kW}$

จากรูป ก.12 เลือกสายพานหน้าตัดชนิด Z

$$\text{อัตราทด } m_w = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1440}{720} = \frac{2}{1}$$

เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานขับ จากตารางที่ ก.8

ให้ $d_p = 60$

ดังนั้น $D_p = m_w \times d_p = 120 \text{ mm}$

ในการคำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้ใช้ค่าดังนี้ คือ

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 360$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 126$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 300 \text{ mm}$

หาความยาวพิตซ์โดยประมาณจากสมการ 3.7.1

$$\begin{aligned} L_p &\cong 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p + d_p)^2}{4C} \\ &\cong 2(300) + 1.57(120 + 60) + \frac{(120 + 60)^2}{4(300)} \\ &\cong 855.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

จากตาราง ก.9 เลือกใช้สายพาน $L_p = 922 \text{ mm}$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางมู่เล่ จำนวนได้จากสมการ 3.7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 C &\cong p + \sqrt{(p^2 - q)} \\
 p &\cong 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\
 &\cong 0.25(922) - 0.393(120 + 60) \\
 &\cong 159.76 \\
 q &\cong 0.125(D_p - d_p)^2 \\
 &\cong 0.125(120 - 60)^2 \\
 &\cong 450 \\
 C &\cong 159.76 + \sqrt{(159.76^2 - 450)} \\
 &\cong 317.34
 \end{aligned}$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{120 - 60}{317.34} = 0.189$$

จากตารางที่ ก.11 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

$$N_a \cong 0.98$$

จากตารางที่ ก.9 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

$$N_1 \cong 1.03$$

และถ้อยสายพานขนาด 60 mm อัตราทด $m_w = 2$

และ $n = 1440$ rpm จากตารางที่ ก.9

$$P_R \cong 0.58 \text{ kW ต่อเส้น}$$

จากสมการ 3.7.4

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_1} \\
 &= \frac{0.1865 \times 1}{0.58 \times 0.98 \times 1.03} \\
 &= 0.31
 \end{aligned}$$

ดังนั้น เลือกใช้สายพานหน้าตัด $Z \times 900$ L, จำนวน 1 เส้น

จากตาราง ก.9 มุมสัมผัสของสายพาน

$$\alpha_1 = 180^\circ$$

$$\text{ความเร็วสายพาน } v = \pi d_p n = \frac{\pi \times 60 \times 1440}{1000 \times 60} = 4.52 \text{ m/s}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = \frac{W_p}{v} = \frac{0.1865 \times 1000}{4.52} = 41.26 \text{ N}$$

จากตารางที่ 3.7.1

$$k_1 = 1.3$$

จากตารางที่ 3.7.2

$$k_2 = 0.126$$

จากสมการ 3.7.3 แรงดึงขึ้นต้นในสายพาน

$$\begin{aligned} F_i &= (k_1 F + Z k_2 v^2) \sin \frac{\alpha}{2} \\ &= ((1.3 \times 41.26) + (1 \times 0.126 \times 4.52^2)) \sin \frac{180}{2} \\ &= 53.64 + 2.57 \\ &= 56.21 \text{ N} \end{aligned}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 รายการชิ้นส่วน (Part of List)

ตารางที่ 4.1 แสดงรายการชิ้นส่วน (Part of List) ของเครื่องมือตัดข้าวต้มมัด ดังรูปที่ 4.1

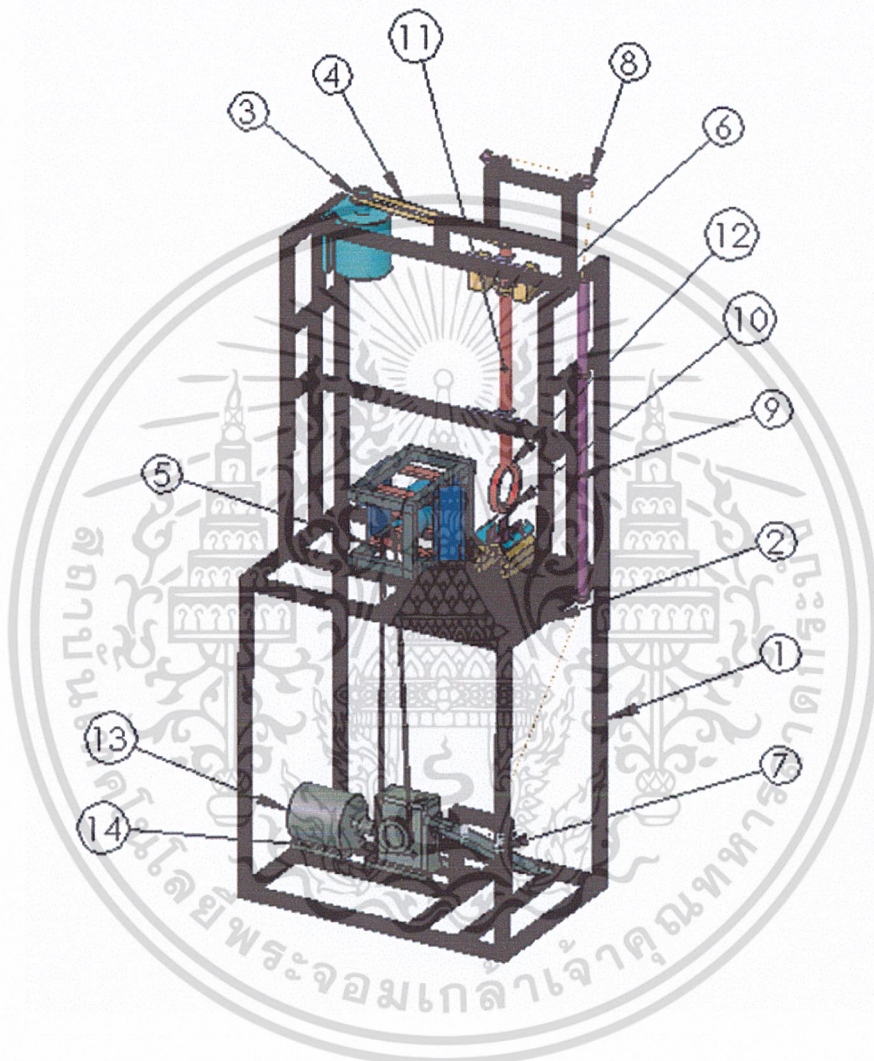
หมายเลข	ชื่อชิ้นงาน	จำนวน ชิ้นงาน	ขนาดที่ใช้ทั้งหมด	รายละเอียดปลีกย่อย
1	เหล็กกล่อง		1" × 1" 4 เส้น	1. ยาว 800 mm. × 8 ชิ้น 2. ยาว 700 mm. × 7 ชิ้น 3. ยาว 500 mm. × 6 ชิ้น 4. ยาว 450 mm. × 2 ชิ้น 5. ยาว 440 mm. × 2 ชิ้น 6. ยาว 380 mm. × 1 ชิ้น 7. ยาว 300 mm. × 2 ชิ้น 8. ยาว 250 mm. × 2 ชิ้น 9. ยาว 210 mm. × 1 ชิ้น 10. ยาว 200 mm. × 2 ชิ้น 11. ยาว 160 mm. × 1 ชิ้น 12. ยาว 140 mm. × 1 ชิ้น 13. ยาว 90 mm. × 2 ชิ้น
2	เหล็กแผ่น		หนา 1 mm. 1 แผ่น	1. 350 × 450 mm. × 1 ชิ้น 2. 90 × 90 mm. × 2 ชิ้น 3. 90 × 100 mm. × 1 ชิ้น
3	ลวดสายพาน	2 2	∅ 4 นิ้ว ∅ 1 นิ้ว 2 หุน	
4	สายพานลิ่ม	1 1	A ∅ 41 นิ้ว A ∅ 67 นิ้ว	
5	โรลเลอร์เบริง	2 4	∅ 1 นิ้ว ∅ 6 หุน	
6	แม่เหล็กถาวร	4		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงรายการชิ้นส่วน (Part of List) ของเครื่องมัดข้าวต้มมัด (ต่อ)

หมายเลข	ชื่อชิ้นงาน	จำนวน ชิ้นงาน	ขนาดที่ใช้ทั้งหมด	รายละเอียดปลีกย่อย
7	สปริงตาซัง	2	Ø 3 cm	
		1	Ø 2 cm	
8	รอกเดี่ยว	2	Ø 30 mm	
9	ท่อ PVC	1	Ø 1 นิ้ว	ยาว 1 m.
10	แผ่นยาง	1	4" × 4" หน้า 1"	
11	เหล็กแป๊ป	1	Ø 1 นิ้ว	ยาว 1 m.
12	เบรกจักรยาน	1		
13	มอเตอร์	2	1/2 Hp , 3 เฟส	
			1/4 Hp , 1 เฟส	
14	Gear Box	1	อัตราทด 1/60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 เครื่องมัดข้าวต้มมัด

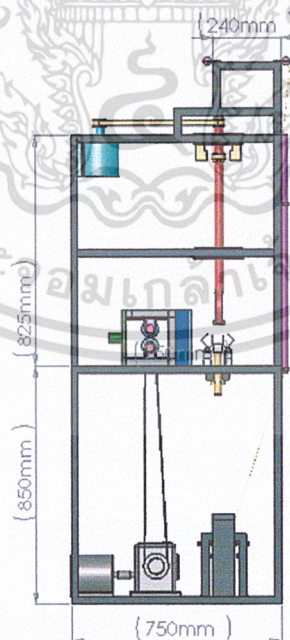
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 หลักการทำงานของเครื่องมัดข้าวต้มมัด

เครื่องมัดข้าวต้มมัดที่ทำการออกแบบ ประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อย 4 ชุด คือ

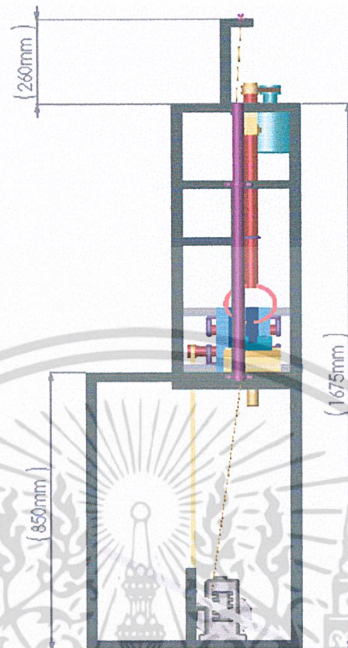
1. ชุดป้อนตอก
2. ชุดแขนจับ
3. ชุดมัด
4. สวิตซ์เท้า

ขั้นตอนการทำงาน เมื่อวางตอกเข้าเครื่องป้อนตอกเพื่อส่งเข้าสู่ชุดแขนจับ และผู้ปฏิบัติงานวางข้าวต้มมัดบนชุดแขนจับ จังหวะแรกเหยียบสวิตซ์เท้าจนชุดแขนจับทำงาน แขนจับจะยึดข้าวต้มมัดทั้งสองกลีบไว้และบังคับให้ตอกเป็นรูปตัวยู จังหวะที่สองเหยียบสวิตซ์เท้าจนชุดมัดหนีบตอกแน่น และในจังหวะสุดท้ายเหยียบสวิตซ์เท้าจนสุด ตัวมอเตอร์ที่ต่อเข้ากับเพลลาของชุดมัดจะทำงาน หมุนตอกจนขาดหรือหลุดออกจากแขนจับ เกิดเป็นปมมัด เครื่องจะหยุดทำงานเมื่อปล่อยเท้าออกจากสวิตซ์เท้า

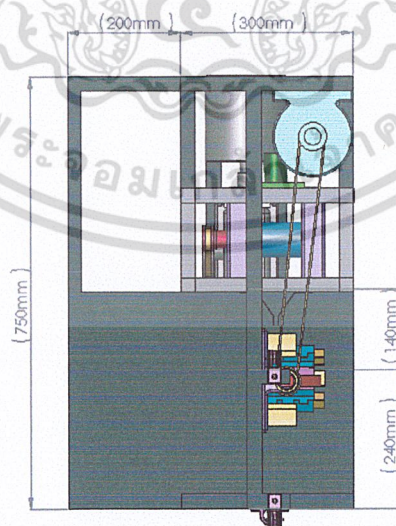


รูปที่ 4.2 ด้านหน้าของเครื่องมัดข้าวต้มมัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

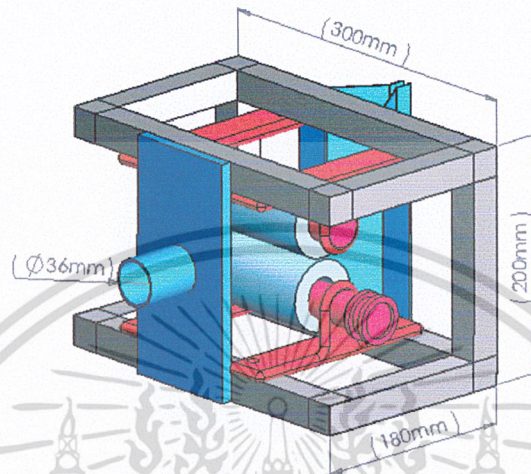


รูปที่ 4.3 ด้านข้างของเครื่องมัดข้าวต้มมัด

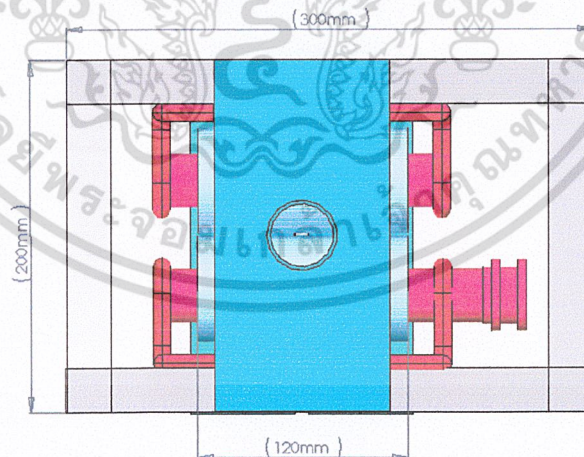


รูปที่ 4.4 ด้านบนของเครื่องมัดข้าวต้มมัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

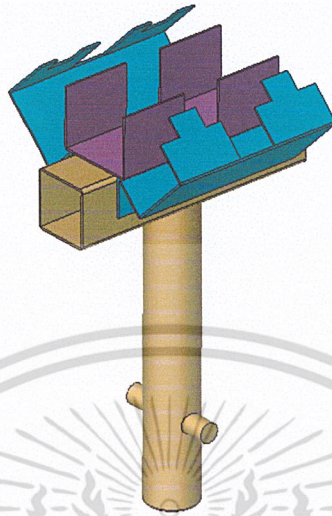


รูปที่ 4.5 ชุดป้อนตอก

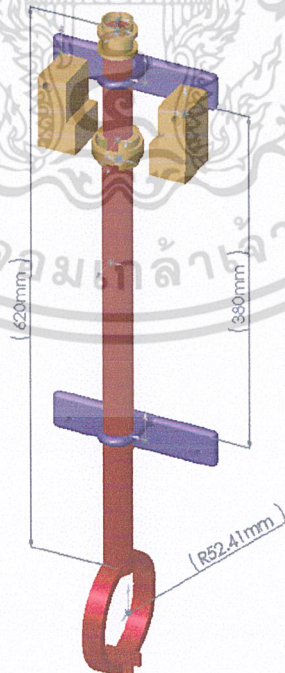


รูปที่ 4.6 ด้านหน้าของชุดป้อนตอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

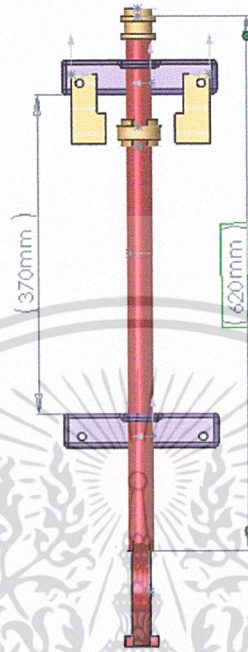


รูปที่ 4.7 ชุดแขนจับ

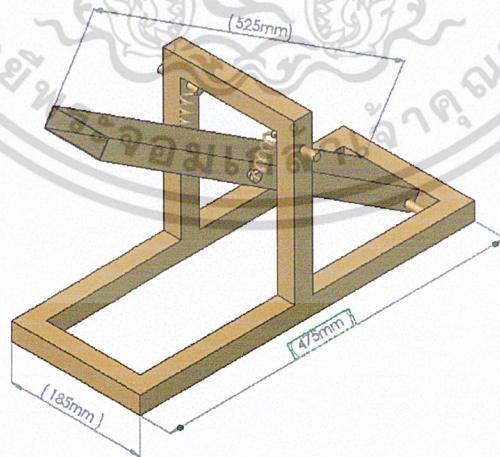


รูปที่ 4.8 ชุดมัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

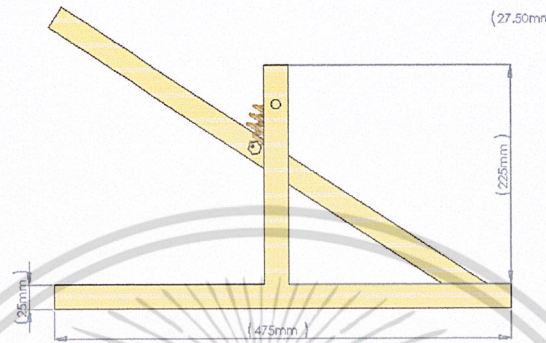


รูปที่ 4.9 ด้านข้างของชุดมัด

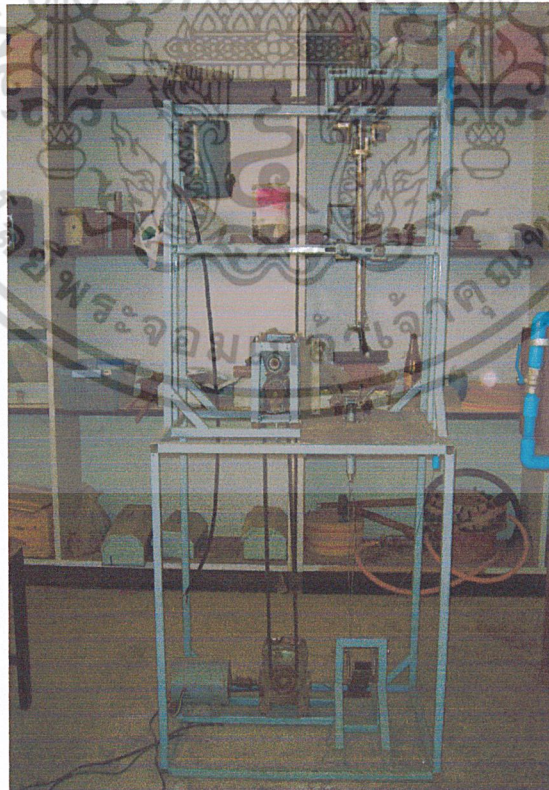


รูปที่ 4.10 สวิตซ์เท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

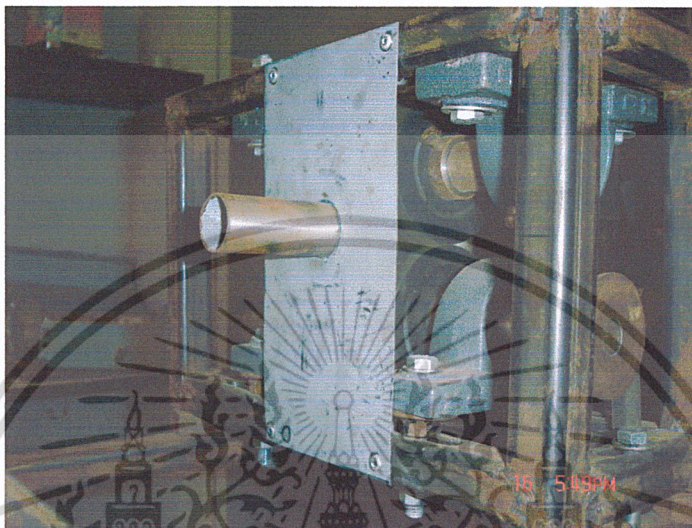


รูปที่ 4.11 ด้านข้างของสวิตซ์เท้า



รูปที่ 4.12 ภาพจริงด้านหน้าของเครื่องมัดข้าวต้มมัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

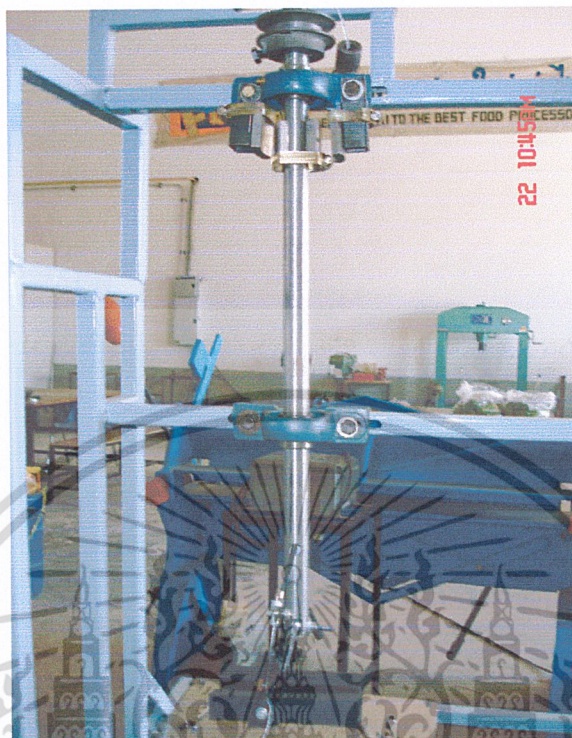


รูปที่ 4.13 ภาพจริงของชุดป้อนดอก

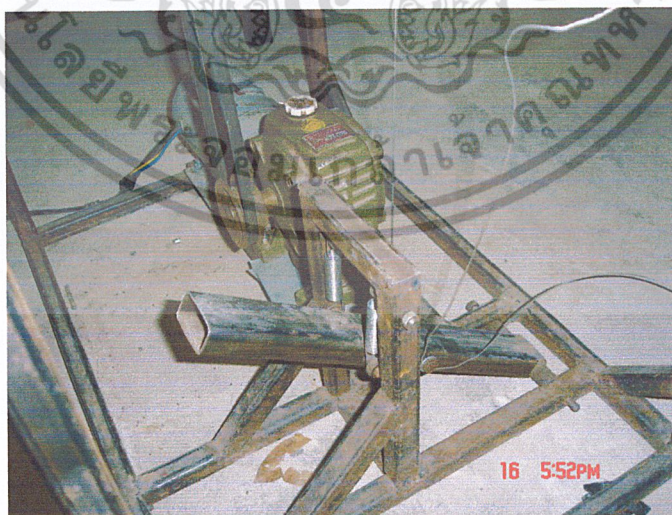


รูปที่ 4.14 ภาพจริงของชุดแขนจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ภาพจริงของชุดมัด



รูปที่ 4.16 ภาพจริงของสวิตซ์เท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

ในการออกแบบเครื่องมัดข้าวต้มมัด ผู้ออกแบบจะทำการทดสอบและทดลองเพื่อหาอัตราการผลิตข้าวต้มมัด ความเร็วรอบของตัวหนีบ ระยะความสูงของตัวหนีบ และความหนาของดอกที่เหมาะสม แล้วนำค่าที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไขให้เครื่องจักรที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาระยะความสูงของตัวหนีบดอกที่เหมาะสม
2. เพื่อหาความเร็วรอบของตัวหนีบที่เหมาะสม
3. เพื่อศึกษาความหนาของดอกต่อผลการมัด
4. เพื่อหาอัตราการผลิตต่อชั่วโมง

5.2 สมมติฐาน

1. ข้าวต้มมัดก่อนมัด 1 กิโลกรัม มีขนาดเฉลี่ย $4.5 \times 8 \times 2.5$ cm น้ำหนักรวม 67 กรัม ประกอบด้วย ข้าว 51.94 % กลิ้ว 27.91 % ถั่ว 8.06 % โดยประมาณของน้ำหนัก ในการทดลองมัดจะใช้ข้าวต้มครึ่งละ 2 กิโลกรัม ลักษณะสองอันประกบกัน ปมมัดอยู่ตรงกลางระหว่างรอยประกบ
2. ดอกมีความยาว 40 cm ความกว้าง 2.5 mm ดอกชนิดหนา มีความหนาเฉลี่ย 0.5 mm ดอกชนิดบางมีความหนาเฉลี่ย 0.3 mm และมีความเปราะเท่ากันทุกเส้น
3. ใบตองที่ห่อ ใช้ใบของกล้วยน้ำว้า จำนวน 2 ชั้น โดยชั้นเล็กมีขนาดเฉลี่ย 15.5×17.5 cm และชั้นใหญ่มีขนาดเฉลี่ย 18×19.5 cm ลักษณะของใบตองเมื่อทำการห่อจะต้องไม่แตกง่าย และมีอายุของใบตองเท่ากัน

5.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ข้าวต้มมัด จำนวน 150 ชิ้น
2. ดอกบางและดอกหนาชนิดละ 75 เส้น
3. เครื่องปรับความถี่ไฟฟ้า (Inverter)
4. เครื่องวัดความเร็วรอบของเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เวอร์เนีย, ไม้บรรทัด

6. ตาชั่ง

5.4 ขั้นตอนการทดลอง

ตอนที่ 1. การทดลองเพื่อหาความเร็วรอบ ระยะความสูงของตัวหนีบตอก และความหนาของตอกที่เหมาะสมในการมัดข้าวต้มมัด

1. ทำการปรับความเร็วรอบของชุดมัดโดยใช้เครื่องปรับความถี่ไฟฟ้า (Inverter) จะทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 100 , 140 , 180 , 220 และ 260 rpm โดยในแต่ละความเร็วรอบจะปรับความสูงของตัวหนีบตอกเป็น 3 ระยะ คือ 7 8 และ 9 cm ซึ่งวัดจากฐานของชุดแขนจับถึงปลายล่างสุดของชุดมัด ในแต่ละการทดลองใช้ข้าวต้มมัดทดสอบจำนวน 5 ชั้น และตรวจสอบความสมบูรณ์ที่ได้จากการมัด
2. บันทึกผลการทดลองลงในตารางเพื่อหาความเร็วรอบ ระยะความสูงของตัวหนีบตอก และความหนาของตอกที่เหมาะสมที่สุดในการมัดข้าวต้มมัด
3. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์และอัตราการผลิตต่อชั่วโมง

ตอนที่ 2. การทดลองเพื่อหาความสมบูรณ์ของการมัดข้าวต้มมัดหลังผ่านกระบวนการผลิต

1. นำข้าวต้มมัดที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 ทั้ง 150 ชั้น มาตรวจสอบความสมบูรณ์ ทดสอบความแน่น โดยนำไม้ขนาดเล็กเสียบผ่าน ศูนย์กลาง 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 mm สอดผ่านปมตอกที่มัดไว้และปมที่มัดไม่หลุดออก
2. บันทึกจำนวนที่ไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด สามารถแทรกผ่านปมตอกที่มัดไว้ได้ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความแน่นของการมัด

5.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 ตารางบันทึกผลการทดลองความสามารถในการมัดข้าวต้มมัด ชนิดดอกหนา 0.5 mm

ความเร็วรอบชุดมัด (rpm)	ระยะความสูงของตัวหนีบดอก (cm)	มัดครั้งที่ / เวลา (sec)					รวม	เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ
		1	2	3	4	5		
100	7	✓ 36	✓ 34	✓ 29	✗ 31	✓ 27	4	80
	8	✓ 30	✗ 36	✗ 22	✗ 20	✗ 26	1	20
	9	✓ 17	✓ 22	✓ 29	✗ 15	✓ 26	4	80
140	7	✓ 25	✓ 23	✓ 28	✓ 25	✗ 24	4	80
	8	✓ 26	✓ 23	✗ 20	✓ 29	✓ 27	4	80
	9	✗ 19	✓ 24	✓ 12	✓ 13	✓ 17	4	80
180	7	✓ 40	✓ 30	✓ 26	✓ 24	✓ 28	5	100
	8	✓ 24	✓ 24	✓ 18	✓ 21	✓ 25	5	100
	9	✓ 22	✓ 29	✓ 25	✓ 28	✓ 30	5	100
220	7	✓ 21	✓ 24	✓ 20	✓ 20	✓ 21	5	100
	8	✓ 21	✓ 25	✓ 25	✓ 17	✗ 23	4	80
	9	✓ 10	✓ 13	✓ 18	✗ 15	✓ 11	4	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ตารางบันทึกผลการทดลองความสามารถในการมัดข้าวต้มมัด ชนิดดอกหนา 0.5 mm (ต่อ)

ความเร็ว รอบชุด มัด (rpm)	ระยะ ความสูง ของตัว หนีบ ตอก (cm)	มัดครั้งที่ / เวลา (sec)					รวม	เปอร์เซ็นต์ ความ สมบูรณ์
		1	2	3	4	5		
260	7	✓ 16	✓ 14	✓ 17	✓ 17	✓ 15	5	100
	8	✓ 21	✓ 13	✗ 10	✓ 15	✗ 10	3	60
	9	✗ 10	✓ 14	✓ 12	✓ 14	✗ 10	3	60

เครื่องหมาย ✓ หมายถึง ข้าวต้มมัดที่มัดได้

เครื่องหมาย ✗ หมายถึง ข้าวต้มมัดที่มัดไม่ได้

ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดลองความสามารถในการมัดข้าวต้มมัด ชนิดตอกบาง 0.3 mm

ความเร็ว รอบชุด มัด (rpm)	ระยะ ความสูง ของตัว หนีบ ตอก (cm)	มัดครั้งที่ / เวลา (sec)					รวม	เปอร์เซ็นต์ ความ สมบูรณ์
		1	2	3	4	5		
100	7	✓ 40	✓ 41	✓ 37	✓ 31	✓ 35	5	100
	8	✓ 38	✓ 34	✓ 39	✓ 30	✓ 32	5	100
	9	✓ 19	✓ 27	✓ 38	✓ 23	✗ 33	4	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดลองความสามารถในการมัดข้าวต้มมัด ชนิดตอกบาง 0.3 mm
(ต่อ)

ความเร็ว รอบชุด มัด (rpm)	ระยะ ความสูง ของตัว หนีบ ตอก (cm)	มัดครั้งที่ / เวลา (sec)					รวม	เปอร์เซ็นต์ ความ สมบูรณ์
		1	2	3	4	5		
140	7	✓ 30	✓ 28	✓ 28	✓ 29	✗ 30	4	80
	8	✓ 31	✓ 29	✓ 29	✓ 24	✓ 31	5	100
	9	✓ 19	✓ 25	✓ 26	✓ 20	✓ 25	5	100
180	7	✗ 26	✓ 33	✓ 30	✗ 27	✓ 29	3	60
	8	✓ 27	✓ 34	✓ 29	✓ 29	✓ 31	5	100
	9	✗ 37	✗ 33	✓ 30	✓ 29	✗ 22	2	40
220	7	✗ 21	✗ 17	✓ 25	✓ 19	✓ 22	3	60
	8	✓ 29	✓ 26	✓ 21	✓ 20	✓ 20	5	100
	9	✓ 15	✓ 19	✓ 16	✓ 20	✓ 15	5	100
260	7	✓ 23	✓ 16	✓ 20	✓ 18	✓ 18	5	100
	8	✗ 12	✗ 22	✓ 20	✓ 33	✓ 21	3	60
	9	✓ 12	✗ 14	✓ 11	✓ 15	✓ 19	4	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ตารางบันทึกผลการตรวจสอบความสมบูรณ์และความแน่นของตอก ชนิดตอกหนา

0.5 mm

ความเร็ว รอบชุด มัด (rpm)	ระยะ ความสูง ของตัว หนีบ ตอก (cm)	ขนาดไม้ที่สอดเข้าไปได้ (mm)						เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	
100	7			//	/		//	3.4
	8		/	//	/		/	2.6
	9		/		/		///	3.2
140	7		/	/	/	/	/	3
	8			/	//	/	/	3.4
	9			//	/		//	3.4
180	7		/		//	//		3
	8			//		/	//	3.6
	9					///	//	4.4
220	7				/	//	//	4.2
	8			///		//		2.8
	9				//		///	4.2
260	7				//	/	//	4
	8			/	//	//		3.2
	9			/	///	/		3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 ตารางบันทึกผลการตรวจสอบความสมบูรณ์และความแน่นของตอก ชนิดตอกบาง

0.3 mm

ความเร็วรอบชุดมัด (rpm)	ระยะความสูงของตัวหนีบตอก (cm)	ขนาดไม้ที่สอดเข้าไปได้ (mm)						เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	
100	7			//	//	/		3.8
	8			//	/		//	3.4
	9			//	/	/	/	3.2
140	7			/	/	//	/	3.6
	8			/	/	/	//	3.8
	9					//	///	4.6
180	7			//	/		//	3.4
	8			/	//	/	/	3.4
	9			/			///	4.4
220	7			//	//		/	3
	8		/	/		/	//	3.4
	9			///			//	3.2
260	7		/	///	/			2
	8		/	///	/			2
	9				///	//		3.4

- / หมายถึง จำนวนข้าวต้มมัดที่ไม้ขนาดต่างๆสอดเข้าไปได้ 1 ชั้น
 // หมายถึง จำนวนข้าวต้มมัดที่ไม้ขนาดต่างๆสอดเข้าไปได้ 2 ชั้น
 /// หมายถึง จำนวนข้าวต้มมัดที่ไม้ขนาดต่างๆสอดเข้าไปได้ 3 ชั้น
 //// หมายถึง จำนวนข้าวต้มมัดที่ไม้ขนาดต่างๆสอดเข้าไปได้ 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 ข้าวต้มมัดที่ผ่านการมัดจากเครื่องมัดข้าวต้มมัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทวิจารณ์และสรุปผล

6.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำข้าวต้มมัดมาทำการมัดเพื่อศึกษาถึงผลของความเร็วยรอบ ระยะความสูงของตัวหนีบตอก และความหนาของตอก โดยทำการปรับความเร็วยรอบของชุดมัดที่ความเร็วยรอบต่าง ๆ กันและในแต่ละความเร็วยรอบจะปรับความสูงของตัวหนีบตอกเป็น 3 ระยะ จากภาคผนวก ข รูปที่ ข.3 พบว่า ชนิดตอกหนา 0.5 mm ที่ความเร็วยรอบ 180 รอบต่อนาที เหมาะสมที่สุด เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของการมัดเท่ากับ 100 % รูปที่ ข.6 ระยะความสูงของตัวหนีบตอก 7 cm ความแน่นของรอยมัดมากที่สุด โดยมีช่องว่างในการมัดน้อยที่สุด เท่ากับ 3 mm กำลังการผลิตเท่ากับ 122 ชิ้นต่อชั่วโมง รูปที่ ข.1 และรูปที่ ข.2 ชนิดตอกบาง 0.3 mm ที่ความเร็วยรอบ 100 และ 140 รอบต่อนาที เหมาะสมที่สุด เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของการมัดเท่ากับ 93.33 % รูปที่ ข.8 ความเร็วยรอบ 100 รอบต่อนาที ระยะความสูงของตัวหนีบตอก 9 cm ความแน่นของรอยมัดมากที่สุด โดยมีช่องว่างในการมัดน้อยที่สุด เท่ากับ 3.2 mm มีกำลังการผลิตเท่ากับ 135 ชิ้นต่อชั่วโมง ฉะนั้นควรเลือกชนิดตอกหนา มาใช้มัดข้าวต้มมัด เพราะมีความสมบูรณ์ในการมัดมากที่สุดและมีช่องว่างในการมัดน้อยที่สุด

6.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ถ้าใช้ตอกที่มีขนาดหน้าตัดกว้างเกิน 3 mm เวลามัดจะทำให้ตอกขาดง่าย และตอกที่หนาเกิน 0.6 mm จะทำให้ปมมัดเป็นเสี้ยน แต่ถ้าบางกว่า 0.3 mm จะทำให้ปมมัดไม่แน่น และคลายตัว
2. ตอกหนาถ้าใช้ความเร็วยรอบสูง จะทำให้ตอกขาด ส่วนตอกบางถ้าใช้ความเร็วยรอบต่ำ ปมมัดจะไม่แน่น
3. ไม่สามารถสรุปได้ว่าระยะความสูงของตัวหนีบมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของการมัด

6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง

1. เนื่องจากเครื่องมัดข้าวต้มมัดที่ทำการสร้างขึ้นมีข้อจำกัดคือต้องใช้คนในการป้อนข้าวต้มมัด และป้อนตอก หากสามารถทำการปรับปรุงเครื่อง โดยเพิ่มชุดสำหรับป้อนข้าวต้มมัดและชุดสำหรับป้อนตอกจะทำให้สามารถประหยัดเวลา และสามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดอกเก๋าะจะมีความเหนียวมากกว่าดอกที่จักใหม่ ๆ และก่อนทำการมัดต้องนำดอกแช่น้ำประมาณ 1 ชม.
3. วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องจักรควรเป็นสแตนเลสเพราะเหมาะสมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและไม่ขึ้นสนิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลจำเพาะ

น้ำหนักของส่วนประกอบต่าง ๆ กำหนดให้ใช้วัสดุ STEEL ASTM-A242 มีความหนาแน่น 7860 kg/m^3

- ก่อเหล็กขนาด $5 \times 5 \times 10 \text{ cm}$ มีความหนาแผ่นเหล็ก 2 mm น้ำหนัก 0.22 kg
- เพลตส่วนบน เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ยาว 15 cm น้ำหนัก 0.57 kg
- เพลตส่วนล่าง เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ยาว 15 cm น้ำหนัก 0.5 kg
- น้ำหนักตัวหนีบ 0.3 kg
- แรงที่กระทำกับตอก 24 N

ตาราง ก.1 ขนาดระบุของเพลตตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 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	220	

ตาราง ก.2 คุณสมบัติทางกลของลวดสปริง

ชนิดของวัสดุ	ขนาดลวด mm	x	y	A	B
head drawn wire (ASTM A227)	0.50 – 16.00	0.190	0.340	1780	560
music wire (ASTM A228)	0.10 – 6.35	0.154	0.154	2150	565
oil tempered wire (ASTM A229)	0.50 – 16.00	0.190	0.340	1855	560
valve spring steel (ASTM 230)	1.50 – 6.25	0.100	0.150	1730	515
Cr-V steel (ASTM 231)	0.50 – 12.50	0.166	0.150	1976	515
Cr-Si steel (ASTM A401)	0.80 – 12.00	0.107	0.150	1965	515
Stainless steel (ASTM A313)	0.20 – 12.50	0.140	0.170	1840	360

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าที่ชุบแข็งได้ (mechanical properties of carburizing and hardening grade steels)

AISI Type	Tensile Strength, ksi	Yield Point, ksi	Elongation in 2 in., %	Reduction of Area, %	Impact Strength (Izod), ft-lb	Hardness		Machining
						Case (Brinell)	Case (Rockwell)	
Plain Carbon, Carburized Steels								
C1015	73	46	30	71	93	149	C62 (.048")	ไม่พอใช้
C1020	75	48	31	71	93	156	C62 (.046")	ไม่พอใช้
C1022	83	47	27	66	81	163	C62 (.046")	ดี
C1117	97	59	23	53	33	192	C65 (.045")	ดีมากถึงดีเลิศ
C1118	113	77	17	45	16	229	C61 (.065")	ดีมากถึงดีเลิศ
Plain Carbon, Hardened Steels								
C1030	122-75	93-58	18-33	48-71	8-100	495-179		พอใช้ถึงดี
C1040	113-89	86-62	19-33	48-68	36-72	262-183		พอใช้ถึงดี
C1050	143-96	108-61	10-30	42-63	16-53	321-192		พอใช้ถึงดี
C1060	160-103	112-68	12-28	40-60	14-23	321-212		ต้องแอนนีส
C1080	190-117	142-70	12-24	35-51	10-22	388-223		ต้องแอนนีส
C1095	188-190	120-74	10-26	30-53	5-6	401-229		ต้องแอนนีส
C1137	158-87	138-60	6-28	22-70	10-90	352-174		ดีถึงดีมาก
C1141	237-94	188-68	7-28	58-63	9-81	461-192		ดีถึงดีมาก
C1144	128-97	91-68	17-24	35-59	7-62	277-201		ดีถึงดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 แรงประเมนและตัวประกอบ X และ Y สำหรับ single-row , spherical roller bearings

รูสวม mm	O.D mm	ความหนา mm	e	$\frac{F_a}{VF_r} > e^*$		C _o kN	C kN
				X	Y		
25	60	19	0.51	0.40	1.17	20	27
30	67	21	0.48	0.40	1.25	5	32
35	72	17	0.44	0.40	1.37	28	34
40	80	21	0.47	0.40	1.27	33	41
45	85	21	0.45	0.40	1.34	38	47
50	90	20	0.40	0.40	1.49	43	49
50	100	21	0.45	0.40	1.34	6	70
50	110	27	0.48	0.40	1.24	75	85
55	100	21	0.40	0.40	1.49	57	61
60	110	22	0.38	0.40	1.60	69	73
65	113	24	0.37	0.40	1.61	79	83
65	127	28	0.42	0.40	1.44	90	101
70	150	30	0.40	0.40	1.49	116	133
75	130	27	0.38	0.40	1.59	92	97
80	150	28	0.38	0.40	1.57	115	117
85	150	28	0.38	0.40	1.57	115	117
90	190	36	0.38	0.40	1.60	225	214
95	180	34	0.36	0.40	1.67	177	181
100	180	38	0.36	0.40	1.67	177	181
105	190	36	0.38	0.40	1.60	225	214
120	215	44	0.37	0.40	1.63	274	265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ

ชนิดของเครื่องจักรกล	อายุเป็นชั่วโมงการทำงาน
เครื่องมือวัดและเครื่องมือที่ใช้ไม่บ่อยนัก ตัวอย่างเช่น เครื่องมือสำหรับห้องทดลอง อุปกรณ์สำหรับประตูลื่น	500
เครื่องยนต์ เครื่องบิน	500-2000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานช่วงเวลาดำเนินๆ หรือทำงานเป็นพักๆ ตัวอย่างเช่น เครื่องมือต่างๆ รอกยกของในโรงงาน เครื่องจักรที่ทำงานโดยใช้มือบังคับ เครื่องจักรกลการเกษตร บันจันที่ใช้ในงานประกอบ เครื่องขนถ่าย บันจันที่ใช้ในงานหล่อ เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานบ้าน	4000-8000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานเป็นพักๆ แต่มีความสำคัญต่องานที่ทำมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรตำรอกของโรงคั่วกาแฟ อุปกรณ์ลำเลียงในสายงานผลิต ลิฟท์ บันจันยกสินค้าทั่วไป เครื่องมือกลที่ใช้ไม่บ่อยนัก	8000-12000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ไม่ได้ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดเฟืองทดสำหรับงานทั่วไป	12000-20000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรมทั่วไป บันจันที่ใช้ยกของตลอดเวลา เครื่องเป่าลม เพลาส่งกำลัง	20000-30000
เครื่องจักรที่ใช้งานต่อเนื่อง (ทำงาน 24 ชั่วโมง) ตัวอย่างเช่น เครื่องแยกของ เครื่องอัดอากาศ บีม เพลาส่งกำลัง ลูกกลิ้งของสายพานลำเลียง รอกในเหมืองแร่ มอเตอร์ไฟฟ้า	40000-60000
เครื่องมือที่ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง และการทำงานมีความสำคัญมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ โรงไฟฟ้า บีมในเหมืองแร่ สถานีส่งน้ำประปา เครื่องจักรในเรือเดินสมุทร	100000-200000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.6 ตัวประกอบใช้งาน

k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ตาราง ก.7 ค่าตัวประกอบ k_2

หน้าตัดสายพาน	k_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.8 ขนาดสายพานลิ้มและล้อสายพานลิ้ม ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 256-1962(E)

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_1		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 ± 0.8	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2	
t_{min}		7	11	14	18	24	28	33	
32°	φ สำหรับ เส้นผ่าน ศูนย์กลาง พิสัย d_p	≤ 63	-	-	-	-	-	-	
34°		-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-	-	
36°		63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 630	
38°		-	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630	
b_2	จำนวน ร่องบน ล้อสาย พาน	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
$d_{p_{min}}$		28	50	80	125	200	355	500	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.9 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “Z” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับ

สายพานยาว $L_p = 824$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	2000	2400	2850	3200	3600
50	1.00	0.13	0.20	0.22	0.25	0.30	0.35	0.44	0.50	0.56	0.60	0.65
	1.05	0.13	0.21	0.23	0.26	0.31	0.36	0.46	0.52	0.59	0.63	0.68
	1.20	0.14	0.22	0.24	0.28	0.34	0.39	0.49	0.56	0.64	0.69	0.74
	1.50	0.15	0.23	0.26	0.29	0.35	0.41	0.52	0.60	0.68	0.73	0.79
	≥ 3.00	0.15	0.24	0.26	0.30	0.36	0.42	0.54	0.62	0.71	0.77	0.83
56	1.00	0.16	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.58	0.66	0.75	0.81	0.87
	1.05	0.17	0.26	0.29	0.33	0.40	0.47	0.60	0.68	0.77	0.84	0.90
	1.20	0.17	0.27	0.31	0.35	0.42	0.49	0.63	0.73	0.82	0.89	0.97
	1.50	0.18	0.28	0.32	0.36	0.44	0.51	0.66	0.76	0.86	0.94	1.02
	≥ 3.00	0.18	0.29	0.32	0.37	0.45	0.53	0.68	0.78	0.89	0.97	1.05
63	1.00	0.20	0.32	0.35	0.41	0.49	0.57	0.74	0.84	0.96	1.04	1.12
	1.05	0.20	0.32	0.36	0.42	0.50	0.59	0.75	0.87	0.98	1.07	1.16
	1.20	0.21	0.34	0.38	0.43	0.52	0.61	0.79	0.91	1.03	1.12	1.22
	1.50	0.22	0.35	0.39	0.45	0.54	0.63	0.82	0.94	1.07	1.17	1.27
	≥ 3.00	0.22	0.35	0.39	0.46	0.55	0.65	0.84	0.97	1.10	1.20	1.31
71	1.00	0.24	0.39	0.43	0.50	0.61	0.71	0.91	1.05	1.19	1.30	1.40
	1.05	0.25	0.39	0.44	0.51	0.62	0.72	0.93	1.07	1.22	1.32	1.43
	1.20	0.25	0.41	0.45	0.52	0.64	0.75	0.97	1.12	1.27	1.38	1.50
	1.50	0.26	0.42	0.47	0.54	0.65	0.77	0.99	1.15	1.31	1.43	1.55
	≥ 3.00	0.26	0.42	0.47	0.55	0.67	0.78	1.01	1.17	1.34	1.46	1.58
80	1.00	0.29	0.46	0.52	0.60	0.73	0.85	1.11	1.28	1.45	1.57	1.70
	1.05	0.29	0.47	0.53	0.61	0.74	0.87	1.13	1.30	1.48	1.60	1.73
	1.20	0.30	0.48	0.54	0.63	0.76	0.89	1.16	1.34	1.53	1.66	1.80
	1.50	0.30	0.49	0.55	0.64	0.78	0.91	1.19	1.37	1.57	1.70	1.85
	≥ 3.00	0.31	0.50	0.56	0.65	0.79	0.93	1.21	1.40	1.59	1.74	1.88
90	1.00	0.34	0.55	0.62	0.71	0.87	1.02	1.32	1.52	1.73	1.87	2.01
	1.05	0.34	0.56	0.62	0.72	0.88	1.03	1.34	1.54	1.75	1.90	2.05
	1.20	0.35	0.57	0.64	0.74	0.90	1.06	1.37	1.58	1.80	1.95	2.11
	1.50	0.36	0.58	0.65	0.75	0.92	1.08	1.40	1.62	1.84	2.00	2.16
	≥ 3.00	0.36	0.59	0.66	0.76	0.93	1.09	1.42	1.64	1.87	2.03	2.20
100	1.00	0.39	0.63	0.71	0.82	1.01	1.18	1.53	1.76	1.99	2.15	2.31
	1.05	0.39	0.64	0.72	0.83	1.02	1.19	1.55	1.78	2.01	2.18	2.34
	1.20	0.40	0.65	0.73	0.85	1.04	1.22	1.58	1.82	2.06	2.23	2.40
	1.50	0.41	0.66	0.74	0.86	1.05	1.24	1.61	1.85	2.10	2.28	2.45
	≥ 3.00	0.41	0.67	0.75	0.87	1.07	1.25	1.63	1.88	2.13	2.31	2.49

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	424	449	474	494	524	554	584	624	654	704	734	824
N_1	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00
L_p	924	1024	1144	1274	1424	1624						
N_1	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17						

ความยาวคิดที่ใช้ $L_p = L_i + 22(\text{mm})$

L_i	375	380	400	425	450	475	500	520	530	560	575	600
	630	670	710	730	750	775	800	820	850	875	900	950
	980	1000	1060	1105	1120	1170	1180	1230	1250	1300	1320	1400
	1450	1500	1525	1580	1600	1680	1700	1730	1800	1830	1900	2000
	2080	2240	2480									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.10 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลีม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการจับ	ชนิดของอุปกรณ์จับ					
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤10	10-16	>16	≤10	10-16	>16
<p>ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่ใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการจับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ</p>	<p>มอเตอร์กระแสสลับ : normal torque , squirrel cage , synchronous and split phase.</p> <p>มอเตอร์กระแสตรง : shunt wound</p> <p>เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm</p>			<p>มอเตอร์กระแสสลับ : high torque , high slip , repulsion-induction , single phase , series wound and slip ring.</p> <p>มอเตอร์กระแสตรง : series wound and compound wound.</p> <p>เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน คลัตช์</p>		
<p><u>งานเบา :</u> เครื่องกวบนของเหลว , เครื่องเป่าลม , เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบหอยโข่ง , พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW , สายพานลำเลียงงานเบา</p>	1	1.1	1.2	1	1.1	1.3
<p><u>งานปานกลาง :</u> สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช , เครื่องผสมของชั้นเหนียว , พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW , เครื่องกำเนิดไฟฟ้า , เพลาเมน , เครื่องชักผ้า , เครื่องมือกล</p> <p>Punches Presses shears ,</p>	1.1	1.1	1.3	1.2	1.3	1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องพิมพ์ , positive displacement rotary pumps , เครื่องเขย่า						
<u>งานหนัก :</u> เครื่องทำอิฐ , bucket elevators , exciters , เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบลูกสูบ , สายพานลำเลียง , hammer mills , paper mill beaters , positive displacement blowers , เครื่องบด , เครื่องเลื่อย , เครื่องจักรกลงานไม้ และเครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
<u>งานพิเศษ :</u> Crushers (Gyratory-Jaw - Roll) , mills (Ball -Rod-Tube) , รอกไฟฟ้า rubber calenders-extruders-mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

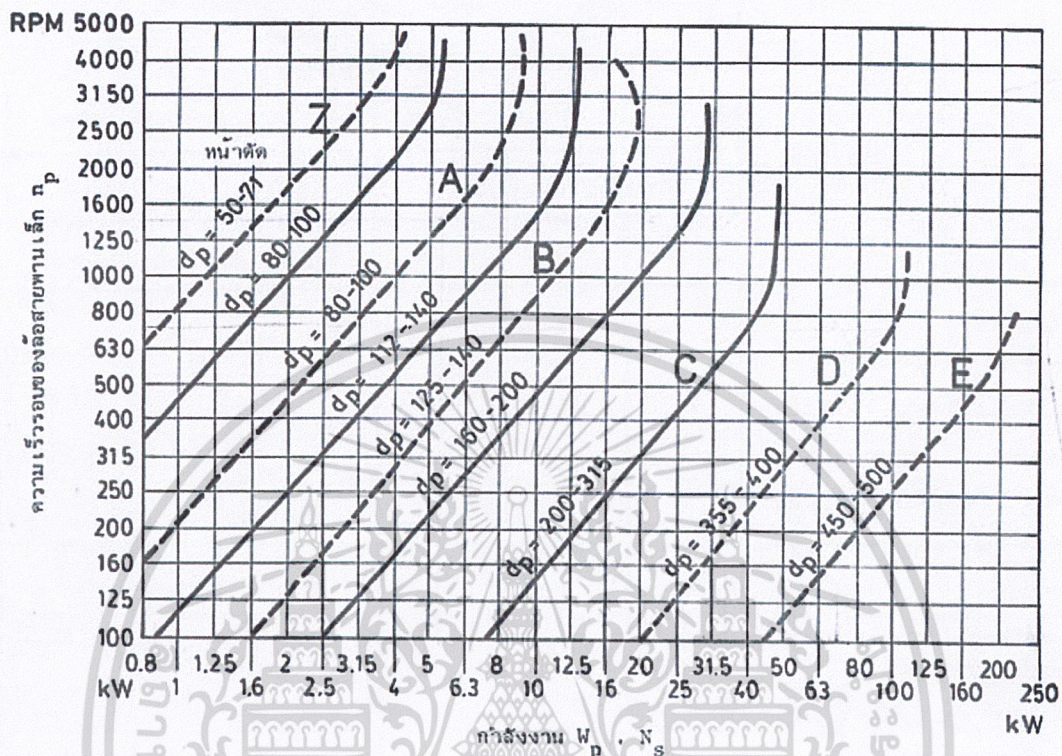
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.11 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ้ม

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

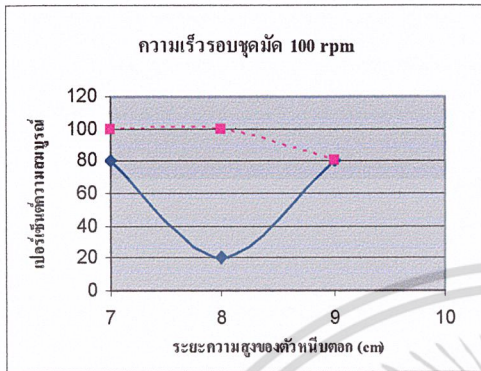
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ก.12 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ้ม

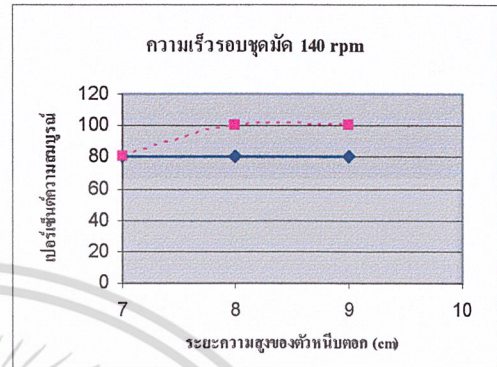


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

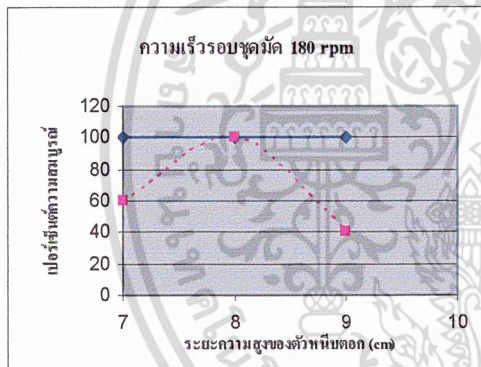
ภาคผนวก ข



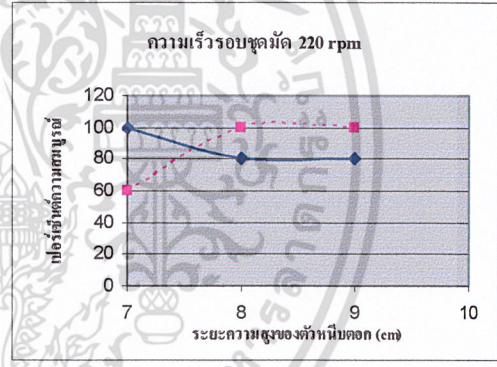
รูปที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบตอกกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมีด 100 rpm



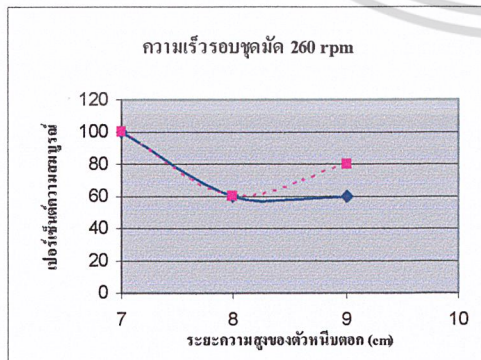
รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบตอกกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมีด 140 rpm



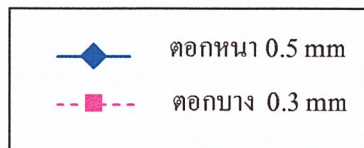
รูปที่ ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบตอกกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมีด 180 rpm



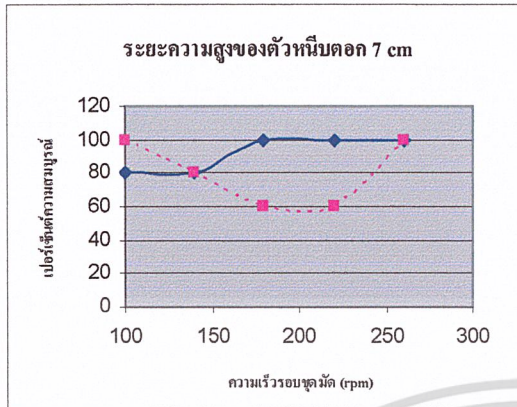
รูปที่ ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบตอกกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมีด 220 rpm



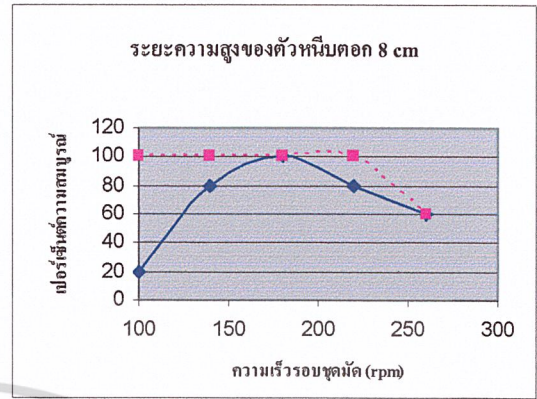
รูปที่ ข.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของตัวหนีบตอกกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบชุดมีด 260 rpm



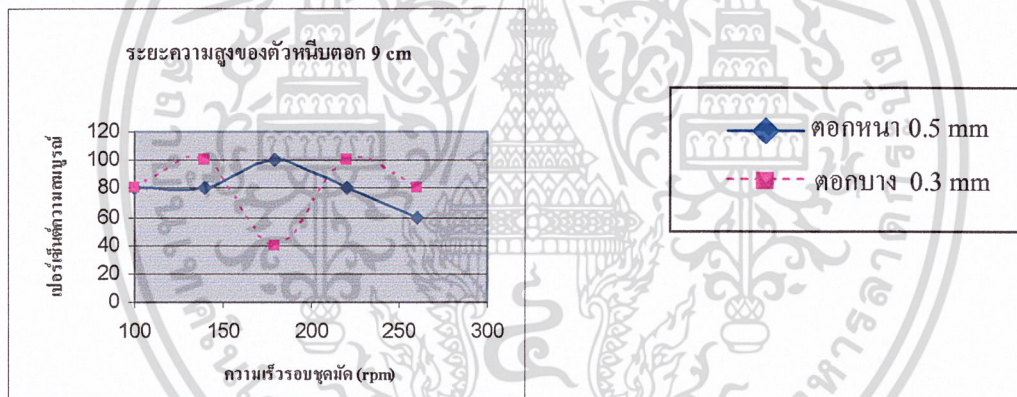
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบชุดมีดกับเปอร์เซ็นต์ค่าความสมบูรณ์ ที่ระยะความสูงของตัวหนีบคอก 7 cm

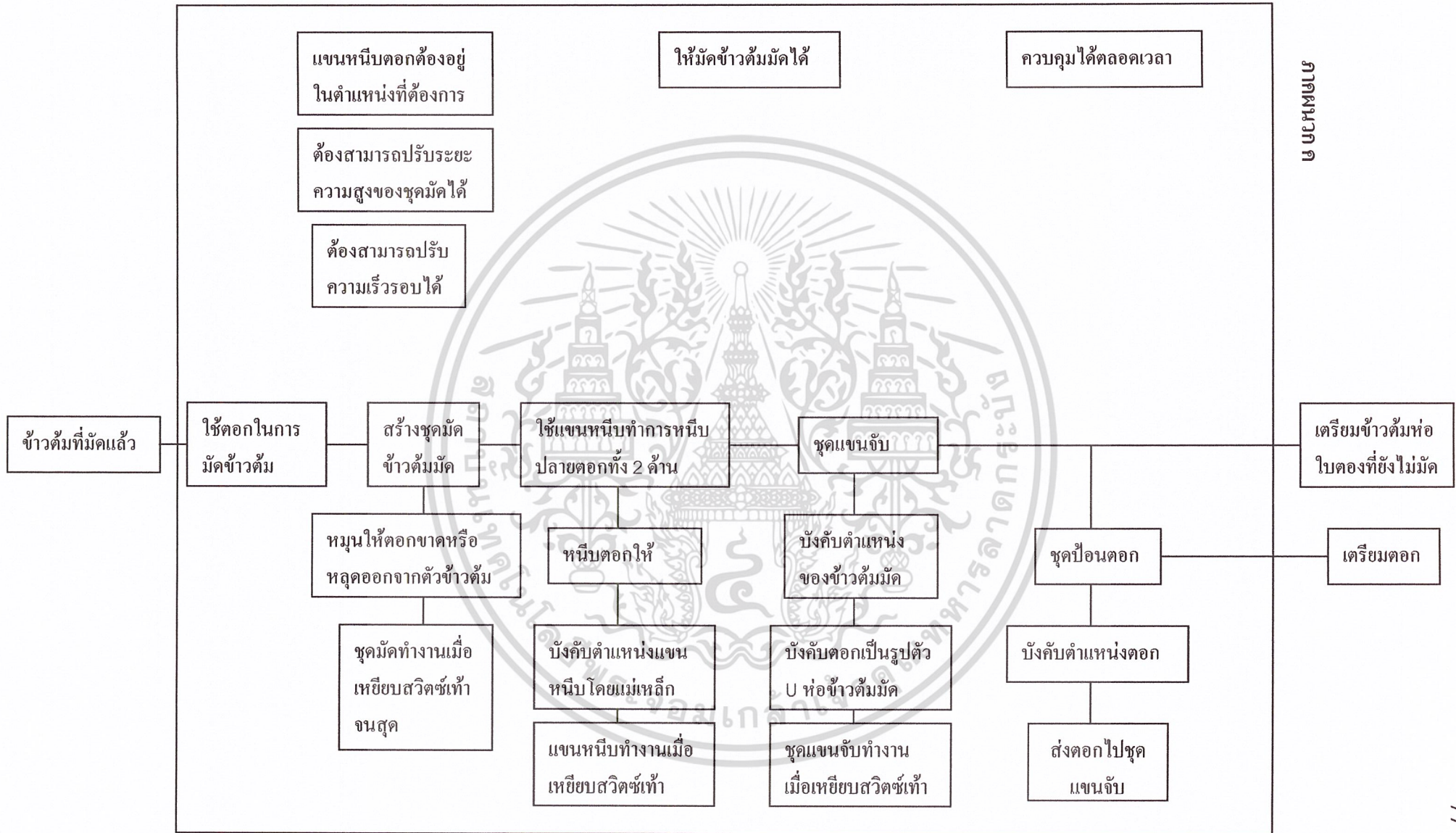


รูปที่ ข.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบชุดมีดกับเปอร์เซ็นต์ค่าความสมบูรณ์ ที่ระยะความสูงของตัวหนีบคอก 8 cm



รูปที่ ข.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบชุดมีดกับเปอร์เซ็นต์ค่าความสมบูรณ์ ที่ระยะความสูงของตัวหนีบคอก 9 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฟังก์ชันการทำงานของเครื่องมัดข้าวต้มมัด

กิตติกรรมประกาศ

ด้วยความอนุเคราะห์ของทุกๆ คน โครงการนี้จึงสำเร็จลงได้ด้วยดีขอขอบพระคุณ

- ❁ อาจารย์เกษญา ชัยโสม และอาจารย์สมักร รักแม่ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำที่ดี ๆ กระตุ้นให้เรามีความกระตือรือร้น ห่วงใยเราตลอดเวลาไม่เว้นวันหยุดราชการ
- ❁ รศ. ศาทีป รัตนภาสกร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการปฏิบัติงานตลอด 24 ชั่วโมง
- ❁ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน สำหรับคำแนะนำ ดิชม ต่างๆ
- ❁ พี่แมน สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำ และคำติชม ในการสร้างเครื่อง
- ❁ พี่น้ำ ที่ให้ยืมอุปกรณ์ในการทดลอง
- ❁ พี่ต๋องน้องชั้นปีที่ 3 และเพื่อน ๆ ชั้นปีที่ 4 ทุกคน ที่ช่วยทานข้าวต้มมัด
- ❁ พี่หนุ่ม พี่ฟลุ๊ค สำหรับความคิดดี ๆ และความช่วยเหลือทั้งแรงกาย แรงใจ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่เฝ้าก้ำกัใจ ก้ำกักาย ก้ำกัทรพย์ ทำให้งานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี
ขอบคุณญาติพี่น้องที่ให้ความห่วงใยตลอดเวลา ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ทุ่มเทสุดหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. เบญจมาศ ศิลาชัย, 2534, กลัวย, ประชาชน, หน้า 4-7, 62-66, 101-107.
2. ไพฑลีน บัวอ่อน, 2532, การแปรรูปข้าวเหนียวพันธุ์เขียวงูเพื่อการส่งออก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 4.
3. อมราภรณ์ วงษ์พิภ, 2547, ข้าวต้มมัด ข้าวเหนียวปิ้ง, สำนักพิมพ์แม่บ้าน, หน้า 6, 8, 13, 18.
4. วรวิทย์ อิงภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2536, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1, ซีเอ็ดยูเคชั่น, หน้า 55-56, 88-89, 228-231, 235-238, 255-265.
5. วรวิทย์ อิงภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2536, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2, ซีเอ็ดยูเคชั่น, หน้า 154-156, 161, 284-289.
6. FERDINAND, P., RUSSELL, E. and JOHNSTON, JR., 1992, **MECHANICS OF MATERIALS**, MCGRAW-HILL, pp. 116-117.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้