ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เครื่องสับพืช

Plant Chopper

นายศุภชัย แก้ววงษ์

นายอนุรักษ์ ใจรักษ์

นายอนุวัตร หมื่นยงค์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2544

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่รับ 18 พ.ย. 2546

เลขทะเบียน 4700024

เลขเรียกหนังสือ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน	: เครื่องสับพืช Plant Chopper
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายศุภชัย แก้ววงษ์ รหัส 41361379 นายอนุรักษ์ ใจรักษ์ รหัส 41361452 นายอนุวัตร หมื่นยงค์ รหัส 41361460
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	: อาจารย์สุรัตน์ ปัญญาแก้ว อาจารย์รัตนา สอนขำ
ภาควิชา	: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

....ประธานกรรมการ

(อาจารย์รัตนา สอนขำ)

....กรรมการ

(อาจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

....กรรมการ

(อาจารย์ปัญญวัณ ลำเพาพงศ์)

หัวข้อโครงงาน : เครื่องสับพืช

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายศุภชัย แก้ววงษ์ รหัส 41361379
นายอนุรักษ์ ใจรักษ์ รหัส 41361452
นายอนุวัตร หมื่นยงค์ รหัส 41361460

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์สุรัตน์ ปัญญาแก้ว
อาจารย์รัตนา สอนขำ

ภาควิชา : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2544

บทคัดย่อ

เครื่องสับพืชเป็นชนิดที่มีหัวสับแบบทรงกระบอก ขนาดรัศมีวัดจากศูนย์กลางเพลาถึงปลายมีดได้ 200 มิลลิเมตร ความกว้างการสับ 300 มิลลิเมตรใช้กับใบมีด 4 ใบ และ 2 ใบ วางใบมีดเอียง 45 องศา กับแนวระดับ เครื่องยนต์ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซินสูบเดียวยี่ห้อ Honda ขนาด 5.2 แรงม้า

ทำการทดลองสับต้นมันสำปะหลังที่มีความชื้น 63.9%(w.b.) ความเร็วรอบหัวสับตั้งแต่ 350 ถึง 800 rpm ใช้แรงงานคนป้อนต้นมันสำปะหลังเข้าเครื่องสับพืช ที่ความเร็วรอบหัวสับ 800 rpm ได้อัตราการสับสูงสุด 95.3 kg/hr และ 82.7 kg/hr เมื่อใช้ใบมีด 2 ใบ และ 4ใบ ตามลำดับ อัตราการสับต้นมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ต้นมันสำปะหลังที่ป้อนเข้าเครื่องถูกสับขาดทั้งหมด เหลือเพียงส่วนที่ติดมือในเวลาที่ทำการป้อนไม่สามารถทำการตัดได้ ใบมีด 4 ใบสับต้นมันสำปะหลังได้ละเอียดมากกว่าใบมีด 2 ใบ แต่อัตราการสับต้นมันสำปะหลังเมื่อใช้ใบมีด 4 ใบ น้อยกว่าใบมีด 2 ใบที่ความเร็วรอบหัวสับเดียวกัน

Project Title	: Plant Chopper		
Name	: Mr. Supachai	kaew-wong	Code 41361379
	Mr. Anurak	Jairak	Code 41361452
	Mr. Anuwad	Meunyong	Code 41361460
Project Advisor	: Mr. Surat	Panyakaew	
	Miss Rattana	Sonkam	
Department	: Mechanical Engineering		
Academic	: 2001		

Abstract

The plant chopper is a cylinder-type cutterhead, which has 200 mm radius measured from shaft center to blade,tip 300 mm chopping width and used with 2 and 4 knife blades placing 45° degree from horizontal The power requirement for the chopper was a 5.2 hp gasoline engine (singer head cylinder) of Honda

The test was done with cassava stems of 63.9 % moisture content . The cutterhead speed was 350 – 800 rpm. Plant has manually feeded into the chopper. At the cutterhead speed of 800 rpm, the 2 blade and 4 blade had a chopping capacity of 95.3 kg/hr and 82.7 kg/hr respectively. Chopping capacity of cassava stem increased as cutterhead speed increased. Almost part of the cassava feed into the chopper were all cut except some handed part. The 4-blade cutterhead could chop cassava stem finer than the 2-blade, but the chopping capacity of the 4-blade cutterhead was less than the 2-blade at the same cutterhead speed.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินโครงงาน ขอแสดงความขอบคุณ ต่อบุคคล และนิติบุคคลที่มีส่วนช่วยทำให้การทำโครงงานสำเร็จได้ด้วยดี อันได้แก่

1. บริษัท เค. แมชชีน จำกัด ที่อนุญาตให้คณะผู้ดำเนินโครงงานไปเยี่ยมชมโรงงาน
2. นายสมศักดิ์ คนากุล ที่ช่วยในการประกอบชุดใบมีด ให้สำเร็จด้วยความเรียบร้อย
3. ครูช่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือ แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการสร้างเครื่อง ตลอดจนขณะทำการทดลอง ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี
4. ครูช่างภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และครูช่างภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่มีความอนุเคราะห์ให้ยืมอุปกรณ์ ที่จำเป็นในการดำเนินโครงงาน
5. อาจารย์สุรัตน์ ปัญญาแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่เป็นผู้ผลักดันให้โครงงานนี้เกิดขึ้น และให้คำปรึกษาตลอด
6. อาจารย์รัตนา สอนขำ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ช่วยชี้แนะ ข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะดำเนินโครงงาน
7. บิดา มารดา พี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่ช่วยเป็นกำลังใจให้คณะผู้ดำเนินโครงงานสามารถดำเนินโครงงานจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญกราฟ	ฌ
ลำดับสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 พืช	3
2.2 อุปกรณ์การตัด	5
2.3 ลักษณะการตัด	6
2.4 การเคลื่อนที่ของใบมีดและการป้อน	11
2.5 ประเภทหัวสับ	12
2.6 แนวการคิดแรง ความเค้นที่เกิดในต้นพืช	15
2.7 หลักการคำนวณชิ้นส่วนต่าง ๆ	17
2.8 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์ที่ใช้งานอยู่ในประเทศไทย	25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบ การดำเนินการสร้าง และการทดลอง 28
3.1 ส่วนประกอบของเครื่อง 28
3.2 การออกแบบ 30
3.3 การดำเนินการสร้าง 42
3.4 การดำเนินการทดลอง 44
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 45
4.1 อัตราการสับของเครื่องสับพืช 45
4.2 ลักษณะของวัสดุที่ถูกสับ 46
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 47
5.1 สรุปผลการทดลอง 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 47
เอกสารอ้างอิง 48
ภาคผนวก 49
ภาคผนวก ก ตารางประกอบการคำนวณคาน 50
ภาคผนวก ข ตารางประกอบการคำนวณเพลา 57
ภาคผนวก ค ตารางประกอบการคำนวณสลักเกลียว 59
ภาคผนวก ง ตารางประกอบการคำนวณสายพานลิ่ม 64
ภาคผนวก จ บันทึกผลการทดลอง 79
ภาคผนวก ฉ แบบเขียนเครื่องสับพืช 87
ประวัติผู้ทำโครงงาน 96

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงาน 1

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สดที่ผลิตจำหน่ายในประเทศไทย 26

ตาราง ก.1 คุณสมบัติของหน้าตัดคาน 51

ตาราง ก.2 โมเมนต์และระยะโก่งของคาน 53

ตาราง ก.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม 55

ตาราง ข.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969 58

ตาราง ข.2 ค่าตัวประกอบความล้า 58

ตาราง ค.1 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ-เกลียวธรรมดา 60

ตาราง ค.2 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ-เกลียวละเอียด 61

ตาราง ค.3 คุณสมบัติทางกลของสลักเกลียว หมุดเกลียว และสตัด 63

ตาราง ง.1 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตามมาตรฐาน 65

ตาราง ง.2 ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง d_p ของล้อสายพานลิ่มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R 253-1962(E) 66

ตาราง ง.3 ตัวประกอบใช้งาน 67

ตาราง ง.4 ค่าตัวประกอบ k_2 67

ตาราง ง.5 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม 68

ตาราง ง.6 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม* 70

ตาราง ง.7 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " Y " ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว L_p = 319 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180 mm 71

ตาราง ง.8 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " Z " ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว L_p = 824 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180 mm 72

ตาราง ง.9 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " A " ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว L_p = 1732 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180 mm 73

ตาราง ง.10 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " B " ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว L_p = 2282 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180 mm 74

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตาราง ง.11 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " C " ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว L_p = 3811 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180 mm 75
ตาราง ง.12 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " D " ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว L_p = 6380 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180 mm 76
ตาราง ง.13 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " E " ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว L_p = 7184 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180 mm 77
ตาราง จ.1 ผลการทดลองใช้เครื่องสับพืชสับต้นมันสำปะหลังที่ความชื้น 63.9 % (w.b.) 79
ตาราง จ.2 ความชื้นของต้นมันสำปะหลัง 83
ตาราง จ.3 ผลจากการทดลองใช้เครื่องทดสอบหาแรงสูงสุดที่ทำให้พืชชนิดต่างๆเกิดความเสียหาย 84

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบหลักของพืช 3

รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของ Cell wall 4

รูปที่ 2.3 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบมีด 5

รูปที่ 2.4 แสดงการตัดแบบ Solid cut 6

รูปที่ 2.5 แสดงการตัดแบบ Chip forming cut, brittle material 6

รูปที่ 2.6 แสดงการตัดแบบ Plastic cut 7

รูปที่ 2.7 แสดงการตัดแบบ Solid cut after compression 7

รูปที่ 2.8 แสดงการตัดแบบ Cut in local tension 8

รูปที่ 2.9 แสดงการตัดแบบ Wedging cut 8

รูปที่ 2.10 แสดงการตัดแบบ Chip forming cut, Ductile material 9

รูปที่ 2.11 แสดงการตัดแบบ Bending cut 9

รูปที่ 2.12 แสดงการตัดแบบ Tearing cut 10

รูปที่ 2.13 แสดงการตัดแบบ Scraping cut 10

รูปที่ 2.14 แสดงการตัดแบบ Slicing cut 11

รูปที่ 2.15 แสดงการเคลื่อนที่ของหัวสับแบบต่าง ๆ 12

รูปที่ 2.16 หัวสับแบบ Flywheel type 13

รูปที่ 2.17 หัวสับแบบ Cylinder type 13

รูปที่ 2.18 แสดงใบมีดแบบ Rotary cutter, cylinder type 14

รูปที่ 2.19 แสดง Cutting force ที่กระทำบนพืชและใบมีด 15

รูปที่ 2.20 แสดงแรงขอบและแรงลิ่ม ในรูปทั่ว ๆ ไป 15

รูปที่ 2.21 แสดงทิศทางของแรง F_X, F_Y, F_Z 16

รูปที่ 2.22 แสดงแรงหนุน(Support Force)ที่เกิดจากต้นพืช 16

รูปที่ 2.23 แสดงเพลาภายใต้แรงต่างๆ 19

รูปที่ 2.24 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม 24

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของชุดหัวสับ 28

รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้าง 29

รูปที่ 3.3 แสดงการวางใบมีด 30

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งแรงกระทำบนใบมีด 31

รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งของแรงที่กระทำบนเพลาและสายพานลิ่ม 37

รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องสับพืชที่สร้างเสร็จแล้ว 42

รูปที่ 3.7 แสดงการติดตั้งใบมีดกับโครงเครื่องสับพืช 43

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบหัวสับและอัตราการสับต้นมันสำปะหลังที่มีความชื้น 63.9 %(w.b.) 45

รูปที่ 4.2 ต้นมันสำปะหลังที่ถูกสับด้วยเครื่องสับพืชที่จำนวนใบมีด 2 ใบ 46

รูปที่ 4.3 ต้นมันสำปะหลังที่ถูกสับด้วยเครื่องสับพืชที่จำนวนใบมีด 4 ใบ 46

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A_s	พื้นที่รับความเค้น	mm^2
b	ความกว้างของใบมีด	mm
c	ระยะจากแกนสะเทิน (neutral axis) ไปยังผิวนอกสุด	mm
C_m	ตัวประกอบความล้าเนื่องมาจากการดัด	-
C_t	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด	-
C_{max}	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพานมากที่สุด	mm
C_{min}	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพานน้อยที่สุด	mm
D_p	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานใหญ่	mm
d	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก	mm
d_i	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของเพลา	mm
d_p	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกของเพลา	mm
F_c	แรงวิกฤติ	N
F_i	แรงดึงขั้นต้นในสายพาน	N
F_R	แรงลัพธ์	N
h	ความหนาของใบมีด	mm
I	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่	mm^4
K	รัศมีไจเรชั่น	mm^4
L	ความยาวจริงของเพลา	mm
L_g	ความสูงของศูนย์กลางของต้นพืช	mm
L_C	ความสูงในการตัด	mm
L_p	ระยะพิตช์	mm
L_e	ความยาวสมมูล	mm
M	โมเมนต์ดัด	Nmm
m_w	อัตราทด	-
N_a	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส (สายพาน)	-
N_s	ตัวประกอบใช้งาน (สายพาน)	-

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
N_l	ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (belt length correction factor)	-
N_k	จำนวนใบมีด	ใบ
n	ความเร็วรอบล้อสายพานเล็ก	rpm
n_k	ความเร็วรอบของใบมีด	rpm
P_R	กำลังที่สายพานลิ่มหนึ่งเส้นส่งได้	kW
V_b	ความเร็วสายพาน	mm/s
V_F	ความเร็วในการป้อนพืช	mm/s
V_K	ความเร็วใบมีด	mm/s
V_{max}	แรงเฉือนสูงสุด	N
W_p	กำลังขับ	kW
z	จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม	เส้น
φ	มุมหลบ	องศา
ψ	มุมขอบ	องศา
λ	มุมเอียงของใบมีด	องศา
β	มุมลิ่มของใบมีด	องศา
σ_{td}	ความเค้นใช้งาน	N/mm^2
σ_a	ความเค้นดึงหรือกด	N/mm^2
σ_b	ความเค้นดัด	N/mm^2
σ_e	ความเค้นสมมูล	N/mm^2
σ_u	ความเค้นครากสูงสุด	N/mm^2
σ_y	ความเค้นดัดสูงสุด	N/mm^2
τ_d	ความเค้นเฉือนใช้งาน	N/mm^2
τ_{xy}	ความเค้นเฉือน	N/mm^2

ลำดับสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
α	ตัวประกอบของการโก่งงอ	-

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตรกรรม ได้แก่ การทำนา การทำไร่ การทำสวนผักและผลไม้ การเลี้ยงสัตว์ และการทำประมง เป็นต้น ในการทำการเกษตรนั้นต้องมีการเก็บเกี่ยว การตัดตกแต่ง เพื่อให้ได้ผลิตผลทางการเกษตรที่มากขึ้น เช่น ในการเก็บเกี่ยวข้าวนั้น เกษตรกรต้องการเพียงผลผลิตคือเมล็ดข้าวเพื่อนำไปจำหน่าย จะเหลือฟางข้าวที่จะถูกนำไปเผา หรือนำไปเลี้ยงสัตว์ หากเป็นไร่มันสำปะหลัง จะมีการเก็บแต่ส่วนหัวมันสำปะหลังที่อยู่ใต้ดิน โดยการขุดขึ้นมา แล้วจึงตัดหัวมันสำปะหลังออกไป ทิ้งส่วนลำต้นไว้ เศษพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวเหล่านี้ยังมีประโยชน์ คือสามารถนำไปทำปุ๋ยหมัก หรือวัสดุคลุมดินได้ หากมีเครื่องมือที่ช่วยผ่อนแรงในการสับเศษต้นพืช ทำให้เศษพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวมีประโยชน์มากขึ้น

ทางคณะผู้ดำเนินงานโครงงานจึงมีความคิดที่จะสร้างเครื่องมือ ที่สามารถสับพืชที่มีลักษณะคล้ายต้นมันสำปะหลัง คือลำต้นมีความแข็งเปราะ เพื่อเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1 ออกแบบและสร้างเครื่องสับพืชที่ลำต้นมีความแข็งเปราะ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆเช่น การทำปุ๋ยหมัก และการทำวัสดุคลุมดิน

2. เพื่อเป็นเครื่องทุ่นแรงให้แก่เกษตรกร

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1 ออกแบบเครื่องสับพืชที่มีขนาดกะทัดรัด

2 สร้างเครื่องสับพืชที่ใช้กับลำต้นที่มีความแข็งเปราะ เช่น มันสำปะหลัง ต้นข้าวโพด เป็นต้น

3 สร้างเครื่องสับพืชที่มีอัตราการสับไม่ต่ำกว่า 80 kg/hr

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงาน

กิจกรรม	2544							2545				
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
ศึกษาข้อมูล												
ออกแบบ												
สร้าง												
ทดลอง												
ปรับปรุง												
นำเสนอโครงงาน												

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1 ได้เครื่องสับพืชที่สามารถสับพืชลำต้นแข็งเปราะ

2 ได้เครื่องสับพืชที่มีอัตราการสับไม่ต่ำกว่า 80 kg/hr

3 เกษตรกรมีเครื่องสับพืช ช่วยผ่อนแรงในการสับพืช

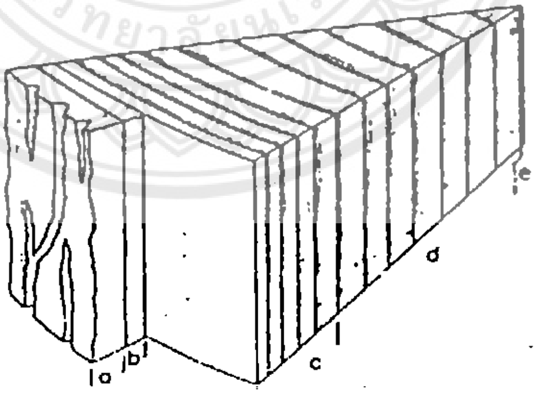
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 พืช

2.1.1 องค์ประกอบหลักของพืช

ในลำต้นของต้นพืชโดยทั่ว ๆ ไปนั้น มีส่วนประกอบหลัก ๆ ดังนี้

- Dead bark (a) คือ ชั้นเปลือกที่แห้ง ไม่มีสารอาหารลำเลียงมาหล่อเลี้ยงอีก
- Living bark (b) คือ ชั้นเปลือกอยู่ถัดจาก ชั้น Dead bark เป็นชั้นเปลือกที่มีสารอาหารหล่อเลี้ยงอยู่
- Sapwood (c) คือ เปลือกที่อยู่ถัดจากชั้น Living bark
- Heartwood (d) คือ เปลือกที่อยู่ถัดจากชั้น Sapwood
- Pith (e) คือ แกนกลางของต้นพืช

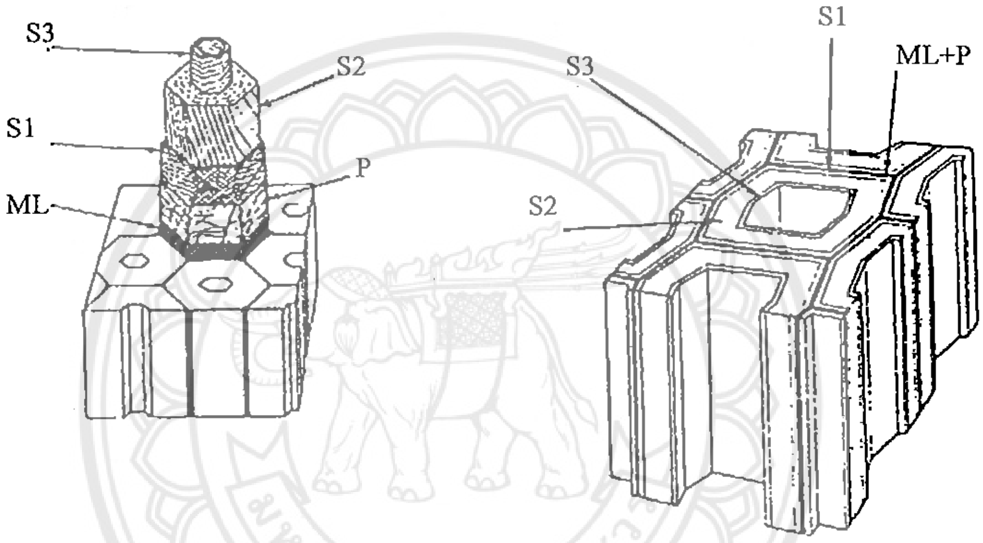


รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบหลักของต้นพืช

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.1.2 โครงสร้างผนังเซลล์ (Structure of The cell wall)

ในต้นพืชมีองค์ประกอบที่สำคัญคือเซลล์แต่ละเซลล์จะแยกจากเซลล์ที่อยู่ใกล้ โดยมี Middle lamella กั้น จากนั้นก็จะมีผนังชั้นแรก(Primary wall) และผนังชั้นที่สอง(Secondary wall) โดยที่ผนังชั้นที่สองจะจำกัดความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของโครงสร้างก่อนที่จะเกิดการเสียหาย ผนังชั้นแรก(Primary wall) และ middle lamella จำกัดความแข็งแรงในการเสียหาย



ML = Middle lamella

P = Primary wall

S1 = Secondary wall = outer layer

S2 = Secondary wall = middle layer

S3 = Secondary wall = inner layer

รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของ Cell wall

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material, Sverker Persson)

2.1.3 คุณสมบัติของพืช

คุณสมบัติทั่วไปของพืชเหมือนกับวัสดุทางวิศวกรรมอื่นได้แก่ ความต้านการดึง ความต้านทานการดัดงอ ความต้านแรงเฉือน โมดูลัสความยืดหยุ่น เป็นต้น คุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับผนังเซลล์(Cell wall) ของพืชแต่ละชนิด และความชื้นในต้นพืชนั้น

2.2 อุปกรณ์การตัดพืช

ส่วนประกอบของ อุปกรณ์ในการตัด โดยทั่วไปมี 2 ส่วน คือ ใบมีดและแท่นรองตัด

2.2.1 ใบมีด

ส่วนประกอบของใบมีดมีดังนี้

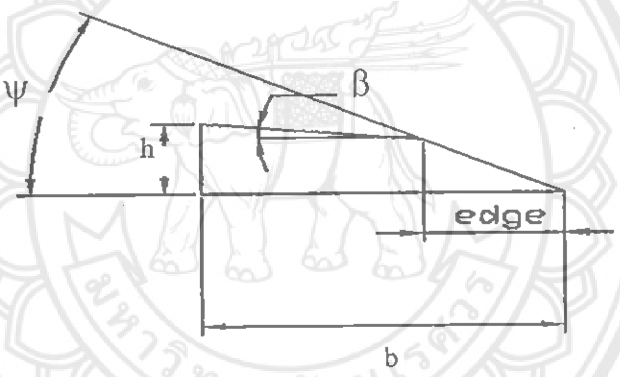
1 Blade Width ความกว้างของใบมีด (b)

2 Edge ขอบมีด

3 Edge Angle มุมขอบ (ψ)

4 Wedge Angle มุมลิ่มของใบมีด (β)

5 Blade Thickness ความหนาใบมีด (h)



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบมีด

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.2.2 แท่นรองตัด

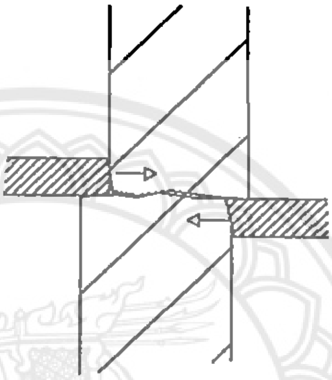
สำหรับรองรับพืชเพื่อให้การตัดทำได้ง่ายขึ้น แท่นรองตัดนั้นมีทั้งแบบเคลื่อนที่ไม่ได้ และแบบเคลื่อนที่ได้ ตำแหน่งจะอยู่ด้านตรงข้ามกับใบมีด

2.3 ลักษณะการตัดพืช

ลักษณะการตัดพืชมีหลายลักษณะดังนี้

2.3.1 Solid cut

เป็นการตัดพืชที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นในการรับแรงกดสูง ความต้านแรงเฉือนเท่ากันทุกทิศทางและความเร็วสัมพัทธ์ของพืชกับมีดมีค่าน้อย

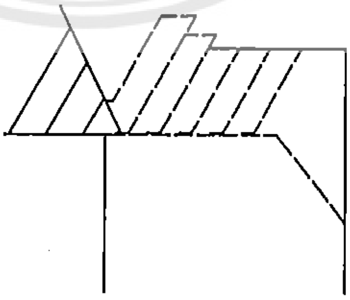


รูปที่ 2.4 แสดงการตัดแบบ Solid cut

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.2 Chip-forming cut , brittle material , in shear

คล้ายกับการตัดแบบ Solid cut การเสียหายของพืชเกิด ตามความโค้งและความลาดเอียงของผิวที่ประมาณ 45 องศากับระนาบของการตัดที่ต้องการ

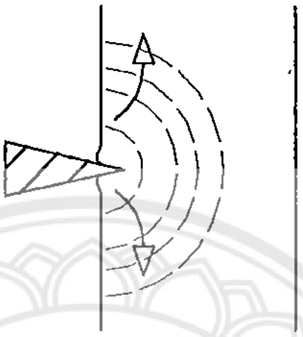


รูปที่ 2.5 แสดงการตัดแบบ Chip forming cut, brittle material

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.3 Plastic cut

เมื่อปลายมีดออกแรงกดต้นพืชจะก่อรูปร่างเป็นคลื่นภายในต้นพืช ขยายรัศมีเป็นวงกว้าง จากจุดที่มีดกระทำการตัด เกิดเมื่อวัสดุมีความชื้นมาก และใบมีดมีความคมมาก ดังรูปที่ 2.6

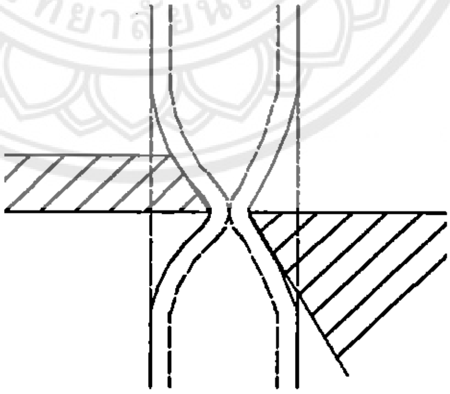


รูปที่ 2.6 แสดงการตัดแบบ Plastic cut

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.4 Solid cut after compression

พืชซึ่งมีลักษณะหน้าตัดคล้ายท่อ หรือพืชที่มีแกนอ่อน เกิดการอัดก่อนที่โครงสร้างของพืชจะเสียหาย แรงตัดจะเพิ่มขึ้น ระหว่างการเลื่อนมีด

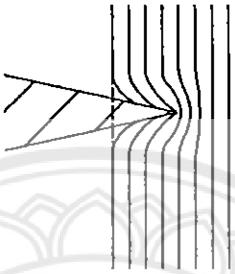


รูปที่ 2.7 แสดงการตัดแบบ Solid cut after compression

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.5 Cut in local tension

เกิดกับพืชที่มีโครงสร้างเรียงตัวกันเป็นเส้นใย ทำให้เกิดการตัดดังรูปที่ 2.8

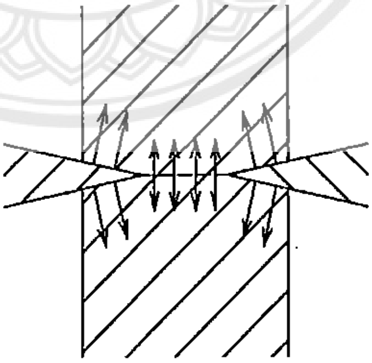


รูปที่ 2.8 แสดงการตัดแบบ Cut in local tension

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.6 Wedging cut

ถ้าใบมีดสร้างให้รูปร่างเหมือนลิ่มบาง ๆ และความเสียดทานบนใบมีดมีน้อย แรงตั้งฉากกับการเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในพืช ทำให้มีดฉีกพืชออกในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของใบมีด

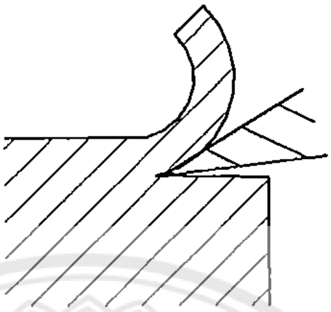


รูปที่ 2.9 แสดงการตัดแบบ Wedging cut

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.7 Chip forming cut ,Ductile material

การตัดที่ทำให้พืชมีการม้วน ดังรูปที่ 2.10 เกิดกับพืชที่มีความยืดหยุ่นของโครงสร้างผนังเซลล์มาก

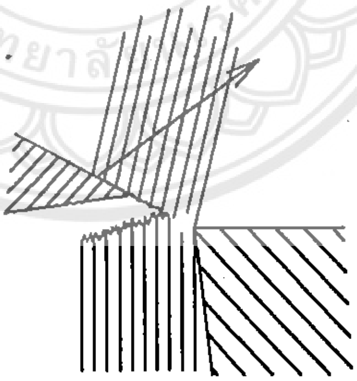


รูปที่ 2.10 แสดงการตัดแบบ Chip forming cut, Ductile material

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.8 Bending cut

เมื่อมีช่องว่างระหว่างมีดกับแท่นรองตัดมาก ใบมีดจะออกแรงตัดพืช ทำให้เกิดการขาดของพืชด้วยโมเมนต์

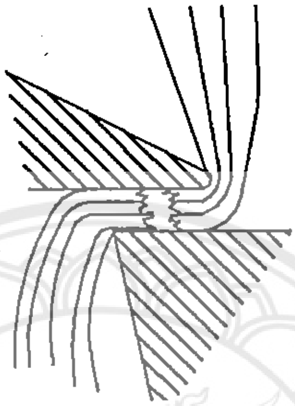


รูปที่ 2.11 แสดงการตัดแบบ Bending cut

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.9 Tearing cut

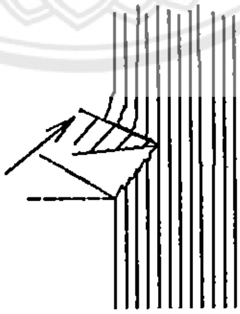
การตัดเกิดในกรณีที่มีช่องว่างระหว่างมีดกับแท่นรองตัดมาก และก้านพืชที่ตัดมีขนาดบาง ใบมีดจะดันให้พืชขาดออกจากกันดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงการตัดแบบ Tearing cut
(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.10 Scraping cut

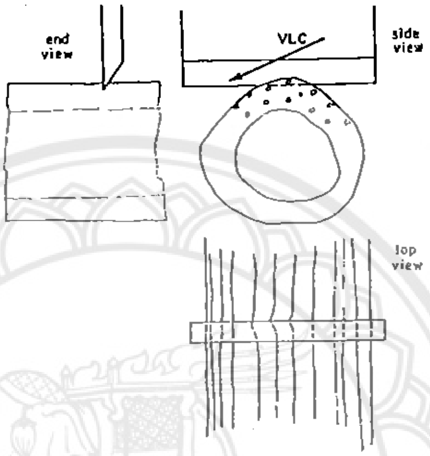
เป็นการตัดที่ใบมีดเลื่อนเฉียงไปตามผิวโดยเพิ่มแรงตัดในแนวตั้งฉากกับพืช



รูปที่ 2.13 แสดงการตัดแบบ Scraping cut
(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.3.11 Slicing cut

เป็นการตัดที่เกิดในลักษณะที่ใบมีดตัดเฉียงตามระนาบ ดังรูปที่ 2.14 มุมที่ใช้ในการตัดลักษณะนี้อยู่ที่ 45 องศา ถึง 90 องศา



รูปที่ 2.14 แสดงการตัดแบบ Slicing cut

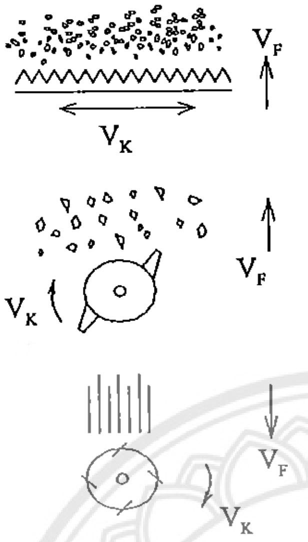
(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.4 การเคลื่อนที่ของใบมีดและการป้อน

การเคลื่อนที่ใบมีด และการป้อน มีอยู่ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1 . แบบ Sickle bar: การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบชักไปมาในแนวเชิงเส้น เคลื่อนที่เข้าหาพืชในแนวตั้งฉากกับการชักใบมีด

2 . แบบ Rotary cutter: การเคลื่อนที่ของมีดแบบหมุนเป็นวงกลม แล้วเคลื่อนใบมีดไปตัดวัสดุหรือป้อนพืชเข้ามาหาการหมุน พืชจะถูกตัดตามแนวรัศมีของใบมีดที่หมุนเป็นวงกลม



a) การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Sickle bar

b) การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary หมุนเคลื่อนที่เข้าหาวัสดุตัด

c) การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary วัสดุตัดป้อนเข้าหาใบมีด

รูปที่ 2.15 แสดงการเคลื่อนที่ของหัวสับแบบต่าง ๆ

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.5 ประเภทหัวสับ

ประเภทของหัวสับที่ใบมีดหมุนรอบแกนสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

2.5.1 หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel type) รูปร่างของหัวสับมีลักษณะจานกลม ใบมีดติดอยู่ในแนวรัศมี โดยปกติจะมีใบมีด 4 – 6 ใบ ดังแสดงในรูปที่ 2.16 เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับประเภทนี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ บางแบบที่เป็นประเภทใช้งานหนัก (heavy duty) อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางหัวสับถึง 1.25 m และมีใบมีดได้ 2, 5 หรือ 10 ใบ สำหรับเครื่องเก็บเกี่ยวหญ้าในแปลง (forage harvester) บนหัวสับประเภทนี้จะมีใบพัด 3 หรือ 4 ใบ ติดอยู่รอบเส้นรอบวงของหัวสับทำหน้าที่เหวี่ยงวัสดุที่ถูกสับแล้วขึ้นไปทางด้านบนตามท่อส่งและตกลงในรถพ่วงสำหรับบรรทุก

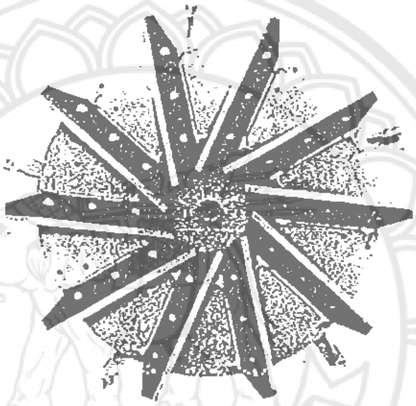
2.5.2 หัวสับชนิดทรงกระบอก (Cylinder type) รูปร่างของหัวสับประเภทนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกดังแสดงในรูปที่ 2.17 โดยปกติจะมีใบมีด 6 ใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 38 – 46 cm (15 – 18 นิ้ว) หรือหากมีใบมีด 9 ใบ จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 61 cm (24 นิ้ว) หัวสับชนิดทรงกระบอกที่ทำงานในลักษณะสับเหวี่ยง (direct throw) ต้องการความเร็วตามเส้นรอบวง (peripheral speed) อยู่ระหว่าง 1676 – 1829 m/min (5500 – 6000 rpm) เพื่อที่จะเหวี่ยงวัสดุที่ถูกสับแล้วไปยังรถพ่วงด้านหลังได้แต่ถ้าหากมีพัดลมเป่าช่วยต้องการความเร็วรอบตามเส้นรอบ

วง (peripheral speed) เพียง 1067 – 1433 m/min (3500 – 4700 rpm) ความเร็วรอบหัวสับชนิดทรงกระบอกเฉลี่ยทั่วไปมีค่าประมาณ 1000 rpm

หัวสับ (Cutterhead) ไม่ว่าจะมีลักษณะแบบใดก็ตามจะมีคุณสมบัติเหมือนกันดังนี้

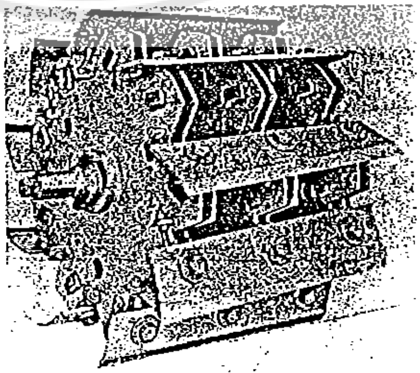
1 การติดตั้งใบมีดหรือรูปร่างของใบมีดจะทำให้เกิดการตัดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับจากมุมใดมุมหนึ่งของใบมีดไปยังด้านตรงข้าม ทั้งนี้เพื่อลดแรงบิดที่จะต้องใช้

2 ใบมีดสามารถถอดออกได้เพื่อเพิ่มความยาวในการสับ แต่ใบมีดที่เหลือจะต้องมีระยะห่างเท่าๆกันเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ของหัวสับ



รูปที่ 2.16 หัวสับแบบ Flywheel Type

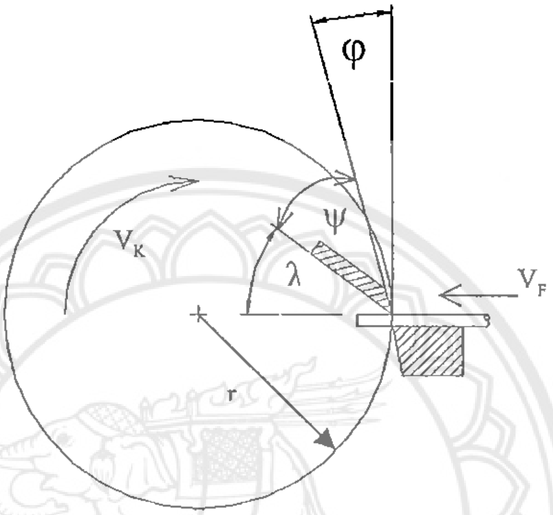
(ที่มา : รายงานวิจัยการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและอาหารสดอเนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์. ภรต กุญชร ณ อยุธยา, สุวิทย์ บุญยวานิชกุล และ อดุล วรรณจนา)



รูปที่ 2.17 หัวสับแบบ Cylinder Type

(ที่มา : รายงานวิจัยการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและอาหารสดอเนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์. ภรต กุญชร ณ อยุธยา, สุวิทย์ บุญยวานิชกุล และ อดุล วรรณจนา)

ในการสร้างเครื่องสับพืชได้เลือกใช้ใบมีดแบบ Cylinder type โดยชุดใบมีดหมุนอยู่กับที่แล้วป้อนพืชเข้าหา ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงใบมีดแบบ Rotary cutter, cylinder type
(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker persson)

จากความเร็วของใบมีดตามเส้นรอบวง(V_K) กับความเร็วในการป้อนวัสดุ(V_F) จะทำให้สามารถหามุมหลบของใบมีด ซึ่งมุมหลบ มีไว้ป้องกันไม่ให้หลังใบมีดดันวัสดุส่วนที่ยังไม่ถูกตัดย้อนสวนทางการป้อนวัสดุ มุมหลบ (φ) จากสมการต่อไปนี้

$$\varphi = \sin^{-1}\left(\frac{V_F}{V_K}\right) \qquad (2.1)$$

$$\varphi = \sin^{-1}\left(\frac{L}{2\pi r / N_k}\right) \qquad (2.2)$$

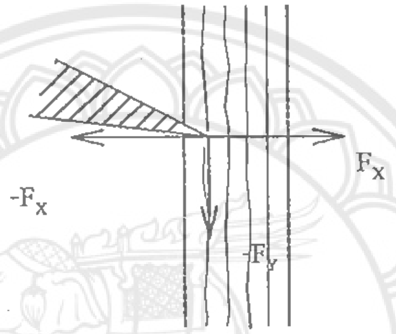
จาก Sverker persson(1987) จะมีมุมขอบ (ψ) ของใบมีดแบบ Cylinder type อยู่ในช่วง 15 - 45 องศา และ มุมเอียงใบมีด(λ) อยู่ในช่วง 23 - 62 องศา

2.6 แนวการคิดแรง ความเค้นที่เกิดในต้นพืช

ในการทำโครงงานเครื่องสับพืชนี้ได้มีการใช้แนวคิดพื้นฐานดังนี้

2.6.1 แรงตัด (Cutting force)

แรงตัด เป็นผลคูณของความเค้นบนพืชที่ทำโดยใบมีด กับพื้นที่ที่ความเค้นกระทำอยู่ จากรูป 2.19 แรงตัดคือ F_X และต้นพืชก็จะมีแรงปฏิกิริยากระทำกับใบมีดในทิศทางตรงข้าม

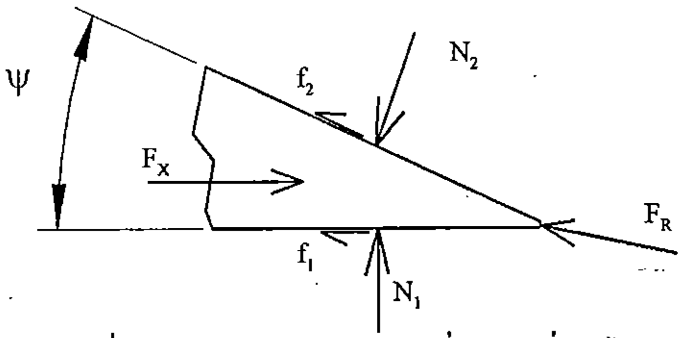


รูปที่ 2.19 แสดง Cutting force ที่กระทำบนพืชและใบมีด

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.6.2 แรงขอบและแรงลิ่ม (Edge force and wedge forces)

แรงขอบตัดโดยเกิดความเค้นสูงในวัสดุบริเวณที่สัมผัสกับขอบ แรงลิ่มกระทำบนด้านของวัสดุที่ถูกดันให้เปิด โดยทั่ว ๆ แรงขอบและแรงลิ่มแสดงดังรูปที่ 2.20

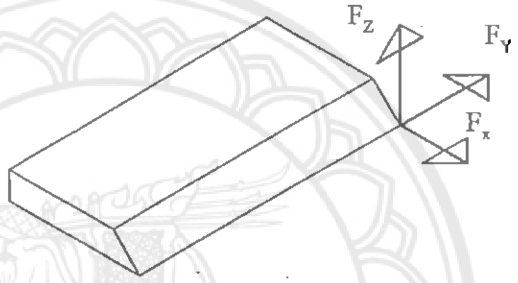


รูปที่ 2.20 แสดงแรงขอบและแรงลิ่มในรูปทั่ว ๆ ไป

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.6.3 แรงด้านข้างในอุปกรณ์ Later force

หากให้แรงในทิศทางการเคลื่อนที่ของใบมีดเป็นแรง F_X แรงประกอบ กระทำในแนวตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของมีดคือ F_Y , F_Z จะไม่ช่วยในการตัด แต่จะเป็นแรงที่สามารถทำให้เกิดความเสียหายของใบมีดด้วยการตัด และการโก่งงอได้

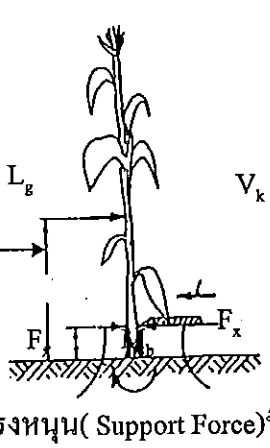


รูปที่ 2.21 แสดงทิศทางของแรง F_X , F_Y , F_Z

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.6.4 แรงหนุน Support force

แรงหนุนสำหรับวัสดุ เท่ากับแรงจากใบมีดกระทำกับต้นพืชที่ไม่มีแท่นรองตัดดังรูปที่ 2.22 เป็นการตัดแบบอิสระ คือการตัดโดยที่ไม่มีแท่นรองตัด แต่อาศัยแรงตัดของใบมีดอย่างเดียวซึ่งใช้วิธีนี้กับการตัดพืชที่เป็นต้นสูงขึ้นมาจากพื้น



รูปที่ 2.22 แสดงแรงหนุน(Support Force)ที่เกิดจากต้นพืช

(ที่มา : Mechanic of cutting plant material , Sverker Persson)

2.7 หลักการคำนวณชิ้นส่วนต่าง ๆ

2.7.1 คาน ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจำนวนมากรับแรงในแนวดิ่ง ลักษณะเช่นเดียวกับคานทั่วไป ฉะนั้นจึงใช้ความเค้นดัด(Bending stress) และการโก่งของคาน(Deflection) เป็นข้อจำกัดในการออกแบบ ความเค้นดัดสูงสุดเกิดที่ผิวนอกสุดของคาน ณ ตำแหน่งที่โมเมนต์ดัด(Bending moment) มีค่าสูงสุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} \quad N/mm^2 \tag{2.3}$$

โดยที่ M คือโมเมนต์ดัด , N.mm

c คือ ระยะจากแกนสะเทิน (neutral axis) ไปยังผิวนอกสุด , mm

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ , mm^4

สำหรับค่า I ของหน้าตัดบางชนิด ดูได้จากตาราง ก.1 ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดและการโก่งตัวของคานดูได้จากตาราง ก.2

2.7.2 เพลา เป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด และจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งานดังนี้

-เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุน และใช้ในการส่งกำลัง

-แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น

-สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head stock spindle)

-สตัปชาฟต์ (Stub shaft) บางครั้งเรียก เฮดชาฟต์ (Head shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

-เพลาแนว (Line shaft), เพลาส่งกำลัง(Power transmission) หรือเพลาหลัก(Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

-แจ็คชาฟต์ (Jacshaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์(Counter shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาหลัก

เพลาอ่อน(Flexible shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งงอได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยลวดเคเบิล (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

2.7.2.1 วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลาทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.7.2.2 ขนาดของเพลา

ขนาดของเพลา เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป สามารถดูได้จากตาราง ข.1

การพิจารณาในการออกแบบ- การคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งเที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้เป็นต้น นั่นคือ เพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริงที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดเพลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3° ต่อความยาวเพลา 1 m สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มีมุมบิดได้ถึง 1 ต่อความยาวเพลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา ในกรณีเพลา-ลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5° ตลอดความยาวของเพลา

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่ง เพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (Clearance)

ระหว่างล้อสายพาน เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดแบริงสำหรับรองรับสาย-พานให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบ (Contract ratio) ของเฟืองลดลงด้วย ทำให้การส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบริ่งมารองรับเพลาก็เช่นกันจำเป็นจะต้องเลือกแบริงชนิดที่ยอมให้มีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะโก่งของเพลาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบริงแบบธรรมดาหรือแบริงแบบปรับแนวได้เอง (self-aligning bearing) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าการโก่งเป็นสำคัญ

ระยะโก่งดังกล่าวนี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่งได้ดังนี้ คือ

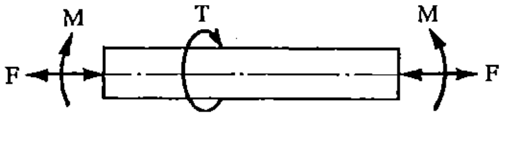
สำหรับเพลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบริงไม่ควรเกิน 0.08 mm/m

สำหรับเพลาที่มีเฟืองตรง (Spur Gear) คุณภาพดีอยู่ด้วย ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.125 mm และความลาดเอียงของเพลา ณ ตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า 0.0286°

สำหรับเพลาที่มีเฟืองดอกจอก (Bevel gear) คุณภาพดีติดอยู่ ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่เฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.075 mm

2.7.2.3 การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME

วิธีการนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด โดยไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลาในรูปที่ 2.23 ให้เพลาเป็นแบบกลมกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลามีดังต่อไปนี้ คือ



รูปที่2.23 แสดงเพลาภายใต้แรงต่าง ๆ

ความเค้นดึง หรือกด $$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad \text{N/mm}^2 \qquad (2.4)$$

ความเค้นดัด $$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \text{ N/mm}^2 \tag{2.5}$$

ความเค้นเฉือน $$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \text{ N/mm}^2 \tag{2.6}$$

กรณีที่เป็นแรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอ (Bucking)ได้ ดังนั้นสมการที่ (2.4) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \text{ N/mm}^2 \tag{2.7}$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการคำนวณของ ASME ใช้วิธีแบบสถิตยศาสตร์ จึงต้องมีตัวประกอบความล้า(fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

ถ้าให้ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องมาจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

สมการที่ (2.5) และสมการที่ (2.6) จึงเป็น

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32C_m Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \text{ N/mm}^2 \tag{2.8}$$

และ $$\tau_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \text{ N/mm}^2 \tag{2.9}$$

ความเค้นกด หรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \tag{2.10}$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[\tau_{xy}^2 + \left[\frac{\sigma}{2} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2.11}$$

แทนค่าสมการที่ (2.7) , (2.8) , (2.9) และ (2.10) ลงในสมการ (2.11) แล้วจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} \left[\left[(C_t T)^2 + \frac{\alpha F d(1+K^2)}{8} + C_m M \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2.12}$$

โดยที่ $K = d_i/d$

กรณีที่ไม่มีแรง F กระทำอยู่ด้วย สมการที่ (2.12) จะลดรูปเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2.13}$$

หรือในกรณีของเพลาตัน $K = d_i/d = 0$ เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (2.13) ก็จะได้สมการดังนี้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau} \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2.14}$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาดูได้จากตาราง ข.2 สำหรับตัวประกอบของการโก่งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ค่า ดังนี้

$$\alpha = 1 \text{ เมื่อ F เป็นแรงดึง} \tag{2.15}$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0.0044(L/k)} \quad \text{เมื่อ } \frac{L}{k} \le 115 \tag{2.16}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y (L/k)^2}{\pi^2 n E} \quad \text{เมื่อ } \frac{L}{k} > 115 \tag{2.17}$$

โดยที่ $n = 1.00$ เมื่อปลายเป็นแบบ SS

n = 2.25 เมื่อปลายเป็นแบบ CC

n = 1.60 เมื่อปลายเพลาถูกขึ้นเป็นบางส่วน(partially restrained)

L = ความยาวจริงของเพลา

นอกจากนี้โค้ด(Code) ของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่าเพลาซึ่งมีใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไปควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$\tau_d = 55\ N/mm^2$ สำหรับเพลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

$\tau_d = 41\ N/mm^2$ สำหรับเพลาที่มีร่องลิ่ม

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะ หรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการที่ (2.18) โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณคือ

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \text{ หรือ } \tau_d = 0.18\sigma_u \ N/mm^2 \tag{2.18}$$

2.7.3 การยึดด้วยสลักเกลียว

การยึดรอยต่อด้วยสลักเกลียวอาจแบ่งตามภาวะการประกอบ และการรับแรง ออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

- ไม่มีความเครียด หรือไม่มีแรงดึงก่อนการใช้งาน
- มีความเครียดหรือมีแรงดึงก่อนการใช้งานโดยไม่มีแรงภายนอกในแนวแกน
- มีความเครียด รับแรงภายนอกในแนวแกน
- มีความเครียด รับแรงเฉือนจากภายนอก
- มีความเครียด รับแรงเยื้องศูนย์

ในการคำนวนหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียวชนิดนี้จะใช้สมมติฐานดังนี้

- ให้แรงกระทำในแนวแกนของสลักเกลียวเท่านั้น
- ความเค้นที่เกิดขึ้นกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่หน้าตัดของเกลียว

พื้นที่หน้าตัดวิกฤติที่สุดของสลักเกลียวอยู่ที่บริเวณโคนเกลียว ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดของเกลียว แต่ในทางปฏิบัติมักนิยมคิดพื้นที่รับความเค้นจริง ซึ่งเรียกว่าพื้นที่รับความเค้น (Stress area) ซึ่งมีค่ามากกว่าพื้นที่ที่หาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดของเกลียวเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะส่วนของเนื้อเกลียวก็ช่วยในการรับแรงด้วย การหาขนาดสลักเกลียวในกรณีนี้หาได้จากสมการ(2.19)

$$\sigma_{td} = \frac{F}{A_s} \text{ N/mm}^2 \quad (2.19)$$

โดยที่ σ_{td} คือ ค่าความเค้นใช้งาน, N/mm^2

A_s คือ พื้นที่รับความเค้น, mm^2

เมื่อทราบค่า A_s สามารถหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของเกลียวโดยเลือกจากตาราง ตาราง ค.1 หรือ ตาราง ค.2

2.7.4 สายพานลิ่ม

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียว กับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย มีแรงดึงค่อนข้างต่ำและเหมาะกับการใช้งาน ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อยจะส่งกำลังได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพานและในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย

การขับด้วยสายพานลิ่ม มีข้อดี คือ เงียบ สะอาดและสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนี้ยังมีขนาดกระทัดรัด มีประสิทธิภาพ และแบริงของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้แพร่หลายในทางอุตสาหกรรมทั่วไป

2.7.4.1 ขนาดของสายพาน และล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตซ์ (Pitch width)และความหนาของสายพานโดยใช้อักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (narrow V-belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน รวมทั้งขนาดต่าง ๆ ดูจากตาราง ง.1 และตาราง ง.2

2.7.4.2 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ่ม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิ่มจะใช้ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้ เลือก

ขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรเล็กกว่าค่าที่กำหนดในตาราง ง.1 แต่ข้อควรระวังคือ ขณะใช้งานตามปกติความเร็วของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ่มสำหรับการส่งกำลังอาจใช้รูปที่ 2.24 แต่กำลังส่งจริงต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่ม

จำนวนเส้นของสายพานลิ่มหาได้จากสมการ (2.20)

$$z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_l} \text{ เส้น} \qquad (2.20)$$

โดยที่ z = จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม, เส้น

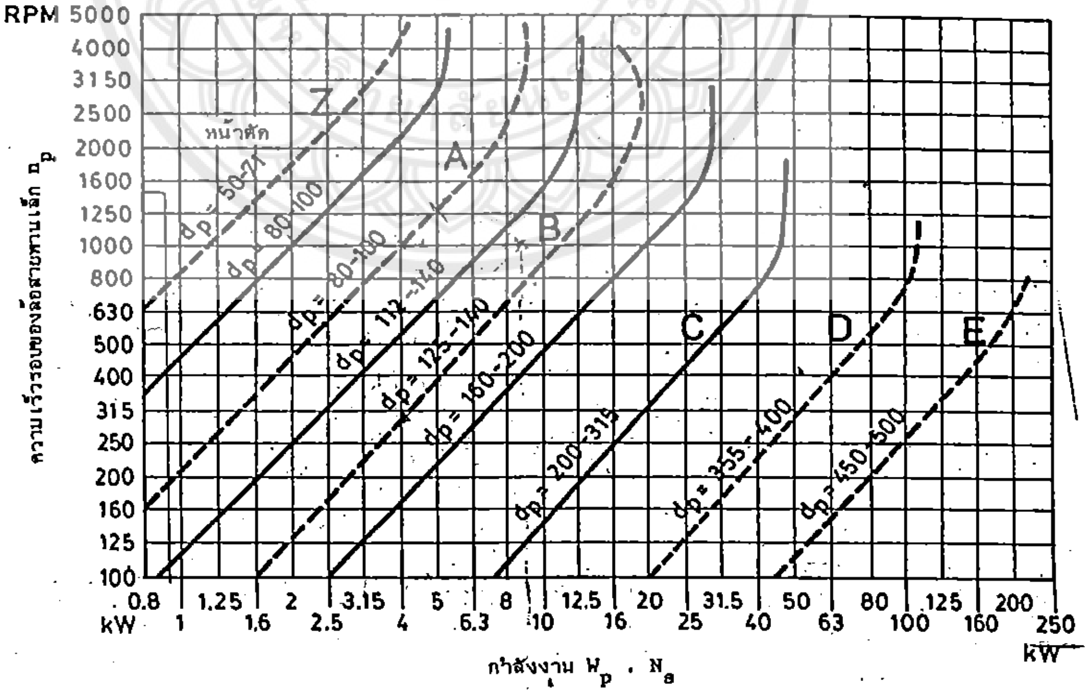
W_P = กำลังงานที่ต้องการส่ง, kW

N_s = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตาราง ง.5

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตาราง ง.6

N_l = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพานหาค่าได้จากตาราง ง.7 – ง.13

P_R = กำลังที่สายพานลิ่มหนึ่งเส้นส่งได้ หาค่าได้จากตาราง ง.7-ง.13



รูปที่ 2.24 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม
(ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล , ดร วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน)

2.8 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์ที่ใช้งานอยู่ในประเทศไทย

เครื่องสับพืชอาหารสัตว์ชนิดที่ใช้งานอยู่กับที่นั้นได้มีผู้ดำเนินการพัฒนาและมีโรงงานในประเทศผลิตจำหน่ายอยู่บ้างแล้วโดยมีรายละเอียดดังนี้

ภรต กุญชร ณ อยุธยา และคณะ (2533) ได้พัฒนาเครื่องสับฟางเพื่อใช้สำหรับสับฟางข้าวที่ผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดข้าวซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญคือ ชุดป้อนฟาง ประกอบด้วยถาดและลูกกลิ้งยางทรงกระบอกตัน 2 อัน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.3 mm ยาว 255 mm หมุนสวนทางกันโดยมีระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งคงที่ 5.0 mm เพื่อจับยึดฟางและดึงป้อนเข้าสู่เครื่อง หัวสับเป็นแบบทรงกระบอก (Cylinder type) ประกอบด้วยแท่นต้านทานการตัดหรือเขียง (Countershear) และใบมีด 6 ใบ ติดอยู่บนหัวสับ ใบมีดทำด้วยแหนบรถยนต์มีขนาด 68x295x10 mm และเอียงทำมุม 10° ช่องทางออกของฟางที่ถูกสับแล้ว เป็นช่องอยู่ข้างใต้หัวสับ รองรับฟางที่ถูกสับแล้วให้ไหลลงสู่ด้านล่างต่อไป เครื่องสับฟางนี้มีสมรรถนะสับฟางได้ 97-135 kg/hr ที่ความเร็วรอบ 200-300 rpm ฟางที่สับได้มีขนาดสั้นกว่า 5 mm เฉลี่ย 80% ความต้องการกำลัง 0.8 kW

ภรต กุญชร ณ อยุธยา และคณะ (2533) ได้ปรับปรุงเครื่องสับฟางเพื่อใช้สับพืชอาหารสัตว์สดโดยมีส่วนประกอบที่แตกต่างไปจากเครื่องสับฟางคือ ชุดป้อนต้นพืชเป็นลูกกลิ้งเหล็กเซาะเป็นร่องเล็ก ๆ ตามความยาว 2 อัน ลูกกลิ้งจะบีบอัดให้ลำต้นพืชที่แข็งแตกและใบมีดสับมีจำนวน 5 ใบ เครื่องสับพืชอาหารสดนี้ที่ความเร็วรอบหัวสับ 300 rpm สามารถสับต้นข้าวโพดสดและผักตบชวาสดได้ 365 kg/hr และ 91 kg/hr ตามลำดับ และได้ขนาดความยาวที่ได้จากการตัด 5.6 และ 5.7 mm ตามลำดับ

ธนา พานิช (2538) ได้ให้โรงงานในท้องถิ่นปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสดต้นแบบของ ภรต กุญชร ณ อยุธยา และคณะ ให้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้นโดยลดจำนวนใบมีดให้เหลือ 3 ใบปรับปรุงชุดป้อนวัสดุให้ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งป้อนวัสดุได้โดยใช้สปริงควบคุม และติดล้อเพื่อการเคลื่อนย้ายในระยะทางใกล้ๆได้

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ (2538) ได้พัฒนาเครื่องหั่นย่อยซากพืชเพื่อให้เป็นอาหารสัตว์ โดยมีกลไกเป็นใบมีดติดอยู่กับดุมใบพัด (หัวสับเป็นชนิด Flywheel) ใช้หั่นหญ้าเนเปียร์ ต้นข้าวโพด ต้นอ้อย ผักตบชวาตากแห้ง 1 วันและฟางข้าวมัดเรียงเป็นกำ ระบบป้อนสามารถปรับความเร็วของ

การป้อนได้ ทำให้ปรับความยาวของการตัดได้ สามารถตัดได้สั้นที่สุด 10 mm ใบมีดจำนวน 3 ใบ ยาว 260 mm ความเร็วรอบในการตัด 1,000 rpm ใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้า สมรรถนะการตัด 1,800-2,000 kg/hr โดยมีราคาไม่รวมมอเตอร์ไฟฟ้า 40,000 บาท นอกจากนี้แล้ว ได้ปรับปรุงเครื่องหั่นย่อยซากพืชเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เพื่อหั่นฟางข้าวโดยเฉพาะ โดยใบมีดเอียงเป็นมุมอยู่ที่ขอบของดุมใบมีด (หัวสับเป็นชนิด flywheel) สามารถหั่นย่อยฟางข้าวที่พับม้วนไม่เป็นระเบียบให้มีความยาวสม่ำเสมอ 2.5-5 cm ตามความเร็วรอบของชุดใบมีดโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลัง ราคาไม่รวมเครื่องยนต์ประมาณ 25,000 บาท

ภรต กุญชร ณ อยุธยา และคณะ (2541) ได้ปรับปรุงเครื่องสับพืชอเนกประสงค์เพื่อสับต้นสับปะรด โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ โครงหัวสับเป็นชนิดทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 240 mm ชุดยึดใบมีดจำนวน 6 ชุด ทำจากเหล็กแหนบรถยนต์ 59x310x12 mm เอียง 10 $^{\circ}$ กับแนวระดับ ถาดรับวัสดุรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ด้านข้างทั้งสองพับขอบเป็นมุมฉากสูง 90 mm ตรงกลางถาดกั้นเป็นช่องขนาดกว้าง 200 mm ลูกกลิ้งป้อนวัสดุทำด้วยท่อเหล็กความดันสูง 320 mm ลูกกลิ้งอันใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 91 mm ลูกกลิ้งอันเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 57 mm สมรรถนะการสับต้นสับปะรดมีค่ามากที่สุด 130.29 kg/hr ที่ความเร็วรอบหัวสับ 301 rpm ความต้องการกำลังเมื่อสับต้นสับปะรดมีค่ามากที่สุด 3.03 kW (4.06 hp)

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ (2545) ได้พัฒนาเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ชุดใบมีด ประกอบด้วย ใบมีดจำนวน 4 ใบ ทำจากเหล็กกล้าคุณภาพสูง โดยมีความยาวแนวคมใบมีด 460 mm มุมคม 30° ยึดติดกับแผ่นเหล็กลักษณะทำมุมไขว้กัน 18° และลักษณะใบมีดรับ แอ่นโค้งเข้าหาแนวกึ่งกลางยาว 380 mm ผิวคมด้านบนแหงนทำมุม 10° มีชุดระบบลูกกลิ้งป้อน ลักษณะทรงกระบอกยาว 380 mm 2 อัน โดยลูกกลิ้งอันบนมีลักษณะเป็นสันครีบ และมีคันโยกคานแขนยึดแกนเพลาลูกกลิ้งอันบน เพื่อช่วยยกลูกกลิ้งอันบนในช่วงตอนเริ่มป้อนโคนทางปาล์มน้ำมันเข้าเครื่อง เครื่องหั่นย่อยทางปาล์มนี้มีอัตราการทำงาน 1500-2500 kg/hr ที่ความเร็วรอบ 2400 rpm

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์สดที่ผลิตจำหน่ายในประเทศไทย (ที่มา : รายงานวิจัย การพัฒนาและการปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารแห้งและสดอเนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์, ภรต กุญชร ณ อยุธยา และคณะ)

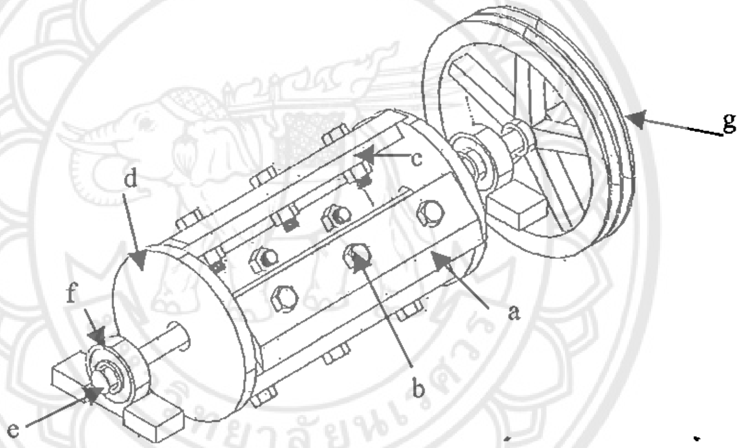
ผู้ผลิต	วัสดุที่จะสับ	ชนิดของหัวสับ	ราคา (บาท)	ที่อยู่
1. โรงงานศุภชัย	ต้นข้าวโพด	ทรงกระบอก(cylinder) ใบมีด 4 ใบ	25,000	118/6-10 ถนนแสงชูโต ต. ท่าล้อ อ. ท่าม่วง จ. กาญจนบุรี โทร. 034-611283, 034-6112200
2. โรงงานศุภชัย	ต้นข้าวโพด	จานกลม (flywheel) ใบมีด 2 ใบ	9,000	
3. ปราณบุรีมอเตอร์	หญ้าหรือต้นข้าวโพด	ทรงกระบอก(cylinder) ใบมีดยาว 20 cm (8 นิ้ว) ไม่ทราบจำนวนใบมีด	10,500	ผู้แทนจำหน่าย ร้านเพื่อนโคบาล หน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม โทร 034-351831

บทที่ 3
การออกแบบ การดำเนินการสร้าง และการทดลอง

3.1 ส่วนประกอบของเครื่อง

ส่วนประกอบเครื่องสับพืช

3.1.1 ชุดหัวสับ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้



a ใบมีด

b นอตยึดใบมีด

c แท่นรองใบมีด

d ฝาข้างยึดแท่นรองใบมีด

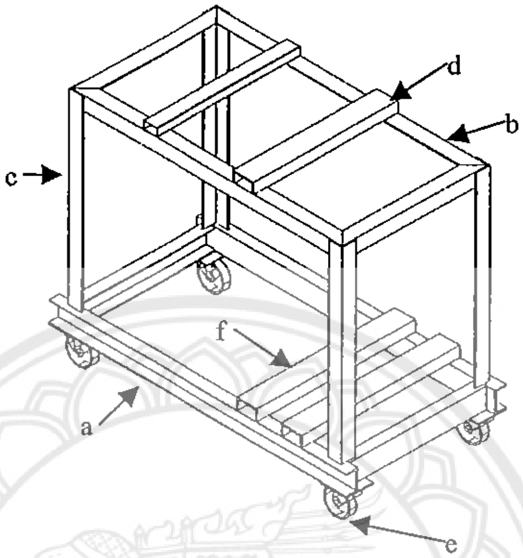
e เพลา

f แบริง

g ล้อสายพาน

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของชุดหัวสับ

3.1.2 โครงสร้าง สำหรับรองรับนำหนักชุดใบมีด มีส่วนประกอบ คือ



a ฐานล่าง

b คานบน

c ขาต่อระหว่างคานบนกับฐานล่าง

d แท่นรองตัด

e ลูกล้อ

f คานรับน้ำหนักเครื่อง

รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้าง

3.2 การออกแบบ

ข้อกำหนดเบื้องต้น

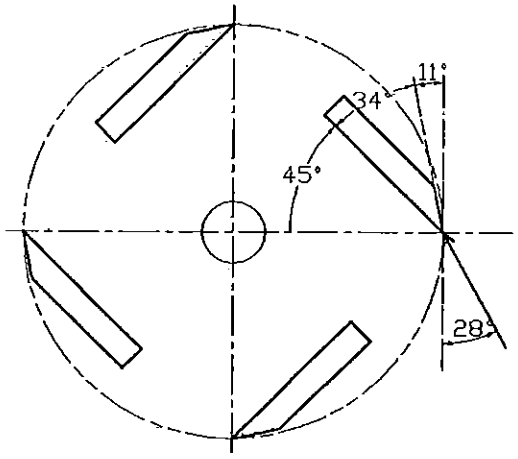
1. สามารถทำการเคลื่อนย้ายได้
2. ใช้อุปกรณ์น้อยชิ้น
3. ใช้หัวสับแบบทรงกระบอก
4. บำรุงรักษาง่าย
5. มีความปลอดภัย

ข้อกำหนดทางเทคนิค

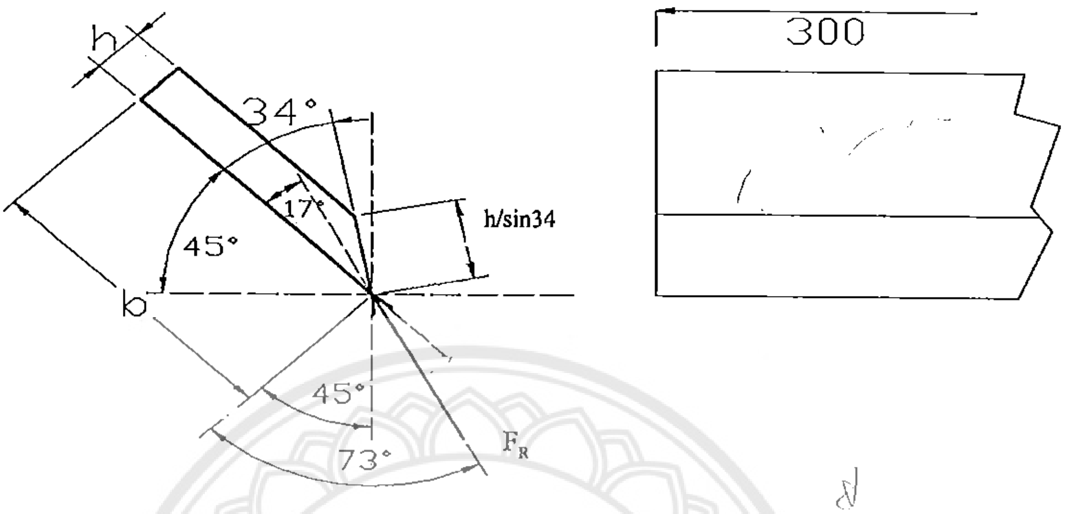
1. ความยาวของใบมีด 300 mm
2. มุมเอียงของใบมีด 45 องศา มุมหลบ 11 องศา และมุมขอบ 34 องศา
3. อัตราส่วนความหนา ต่อความกว้าง เป็น 1 : 6
4. เลือกใช้ค่าความปลอดภัย 5
5. จากตาราง ก.3 เลือกใช้เหล็ก AISI 1050 N ซึ่งมีคุณสมบัติคือ

   $\sigma_y = 427.5\ N/mm^2$ $\sigma_u = 751.5\ N/mm^2$
6. จากตาราง ข.3 ใช้แรงสูงสุด F = 665 N
7. ต้องการความเร็วรอบหัวสับสูงสุด $n_k = 800$ rpm
8. เครื่องยนต์เบนซินยี่ห้อ ฮอนด้า ขนาด 5.2 แรงม้า ความเร็วรอบ 1500 rpm

3.2.1 คำนวณหาขนาดใบมีด



รูปที่ 3.3 แสดงการวางใบมีด



รูป 3.4 แสดงตำแหน่งแรงกระทำบนใบมีด

จากสมการที่ (2.3) ; $\sigma_b = \dfrac{Mc}{I}$ N/mm^2

จากตาราง ก. 2 ; คิดลักษณะการติดใบมีด เป็นแบบปลายยึดแน่นสองข้าง

จะได้ แรงเฉือนสูงสุด $V_{max} = \dfrac{F_R \cos 73}{2}$ (3.1)

โมเมนต์สูงสุด $M = \dfrac{F_R \cos 73 \times 300}{8}$ (3.2)

จาก สมการ(3.2) ; $M = \dfrac{665 \times \cos 73 \times 300}{8} = 7291$ Nmm

$c = \dfrac{h}{2}$ mm (3.3)

จาก b = 6h ; $I = \dfrac{bh^3}{12} = \dfrac{h^4}{2}$ mm^4 (3.4)

แทนค่า M_{max} , c และ I ในสมการ (2.3) ;

จะได้ $$\sigma_b = \frac{7291\times(h/2)}{(h^4/2)} = \frac{7291}{h^3} \text{ N/mm}^2 \quad (3.5)$$

สมการความเค้นเฉือน; $$\tau = \frac{V_{max}}{A} \text{ N/mm}^2 \quad (3.6)$$

โดย $$A = 300\times\frac{h}{\sin 34} \text{ mm}^2 \quad (3.7)$$

$$V_{max} = 665 \sin 17 \quad (3.8)$$

แทนค่า V_{max} และ A ในสมการ (3.6) ;

$$\tau = \frac{665\sin 17\times\sin 34}{300\times h} = \frac{0.36}{h} \text{ N/mm}^2 \quad (3.9)$$

จากข้อกำหนด ; $\sigma_y = 427.5$ N/mm^2

สมการ ; $$\tau_y = 0.577\times\sigma_y \text{ N/mm}^2 \quad (3.10)$$

$$= 0.577\times 427.5$$

$$= 246.67 \text{ N/mm}^2$$

สมการ; $$\frac{1}{N} = \left[\left[\left(\frac{\tau}{\tau y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_y}\right)^2\right]\right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.11)$$

$$\frac{1}{5}=\left[\left(\frac{0.36}{246.67h}\right)^2+\left(\frac{7291}{427.5\times h^3}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$0.04^2=\frac{2.1\times 10^{-6}}{h^2}+\frac{291}{h^6}$$

ได้ สมการ $0.04h^6-(2.1\times 10^{-6})h^4-291=0$ (3.12)

เนื่องจาก $(2.1\times 10^{-6})h^4$ มีค่าน้อยมาก จึงไม่นำมาคิด

จะได้ $h=4.4$ mm

ในการสร้างใช้ความหนา $(h)=13$ mm ; ความกว้าง$(b)=13\times 6=78$ mm

เลือกขนาดความกว้างในการสร้าง $(b)=80$ mm

3.2.2 การคำนวณหาขนาด สลักเกลียว ยึดใบมีด

กำหนดให้

1 จากตาราง ค.3 ใช้สลักเกลียวขั้นคุณสมบัติ 4.6 ซึ่งจะได้ $\sigma_y=240$ N/mm^2

2. ต้องการใช้สลักเกลียวยึด 3 ตัว

3. เลือกใช้ค่าความปลอดภัย $N=5$

สมการ; $\tau_d=\dfrac{0.577\times\sigma_y}{N}$ N/mm^2 (3.13)

แทนค่า $\tau_d=\dfrac{0.577\times 240}{5}=27.696$ N/mm^2

สมการ; $\tau_d=\dfrac{F}{A_s}$ N/mm^2 (3.14)

$$A_s=\frac{665\times\sin 73^\circ}{27.696}=23.32\ \text{mm}^2$$

คิดที่สลักเกลียวหนึ่งตัวจะได้; $A_s = \frac{23.32}{3} = 7.77\ mm^2$

จากตาราง ค.1; ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 4 mm ในการสร้างใช้สลักเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 mm จำนวน 3 ตัว ต่อใบมีด 1 ใบ

3.2.3 การคำนวณหาขนาดสายพานลิ่ม

กำลังที่ต้องการส่ง (W_p) คือ 3.9 kW ล้อสายพานเล็กที่ความเร็วรอบ (n)= 2500 rpm ไปยังล้อสายพานใหญ่ที่ความเร็วรอบ(n_k) = 800 rpm กำลังที่จะส่ง (W_p) = 3.9 kW
จากตาราง ง.5; เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน มีความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm มีการทำงานที่น้อยกว่า 10 ชั่วโมง และใช้กับงานจักรกลไม้ ได้ตัวประกอบใช้งาน N_s=1.2

ดังนั้น $W_p \times N_s = 3.9 \times 1.2 = 4.68$ kW

จากรูปที่ 2.24 ; จะได้ขนาดของสายพานหน้าตัด A

เนื่องจากเครื่องจักรทางการเกษตรนิยมใช้สายพานหน้าตัด B ผู้ดำเนินโครงการจึงเลือกใช้สายพานหน้าตัด B เพราะ หาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดและเป็นที่นิยมใช้มากกว่า
ตาราง ง.2 ; เลือกขนาดล้อสายพานเล็ก (d_p) ขนาด 80 mm เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด

สมการอัตราทด ; $$m_w = \frac{n}{n_k} \tag{3.15}$$

$$= \frac{2500}{800} = 3.1$$

เมื่อขนาดล้อสายพานเล็ก (d_p) คือ 80 mm และมีอัตราทด 3.1 จะได้ขนาดของล้อสายพานใหญ่คือ

$$D_p = 3.1 \times 80 = 248 \text{ mm}$$

จากตาราง ง.2 ; เลือกใช้ล้อสายพานใหญ่ $D_p = 250$ mm
การคำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน

$$C_{max} = 2 \times \left(D_p + d_p\right) \tag{3.16}$$

$$= 2 \times (250 + 80) = 660 \text{ mm}$$

$$C_{min} = 0.7 \times (D_p + d_p) \tag{3.17}$$

$$= 0.7 \times (250 + 80)$$

$$= 231 \text{ mm}$$

ทดลองใช้ $C = 600$ mm

หาความยาวพิตซ์โดยประมาณจากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57 \times \left(D_p + d_p\right) + \frac{\left(D_p - d_p\right)^2}{4C} \tag{3.18}$$

$$= 2 \times 600 + 1.57 \times \left(250 + 80\right) + \frac{(250 - 80)^2}{4 \times 600}$$

$$= 1730 \text{ mm}$$

จากตารางที่ ง.10 ; ความยาวพิตซ์ที่มีใช้ $L_p = L_i + 43$ mm

$$L_p = 1730 + 43$$

$$= 1773 \text{ mm}$$

ระยะระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จาก

$$C = P + \sqrt{(P^2 - Q)} \quad (3.19)$$

$$P = 0.25 \times L_p - 0.393(D_p + d_p) \quad (3.20)$$

$$= 0.25 \times 1773 - 0.393 \times (250 + 80) = 314$$

$$Q = 0.125 \times (D_p - d_p)^2 \quad (3.21)$$

$$= 0.125 \times (250 - 80)^2 = 3612.5$$

แทนค่า P และ Q ในสมการ (3.19) ; $C = 314 + \sqrt{(310^2 - 3612.5)} = 622$ mm

ส่วนโค้งสัมผัส $\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{250 - 80}{618} = 0.273$

จากตารางที่ ง.6 ; ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส $N_a \approx 0.96$

จากตารางที่ ง.10 ; ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน $N_l \approx 1.00$

และสำหรับล้อสายพานเล็กขนาด 80 mm ; $m_w = 3.1$ และ $n = 2500$ rpm

จากตารางที่ ง.10 ; ทำการประมาณค่าจะได้ $P_R = 2.57$ kW ต่อเส้น

จากสมการ (2.20) ; $z = \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l}$ เส้น

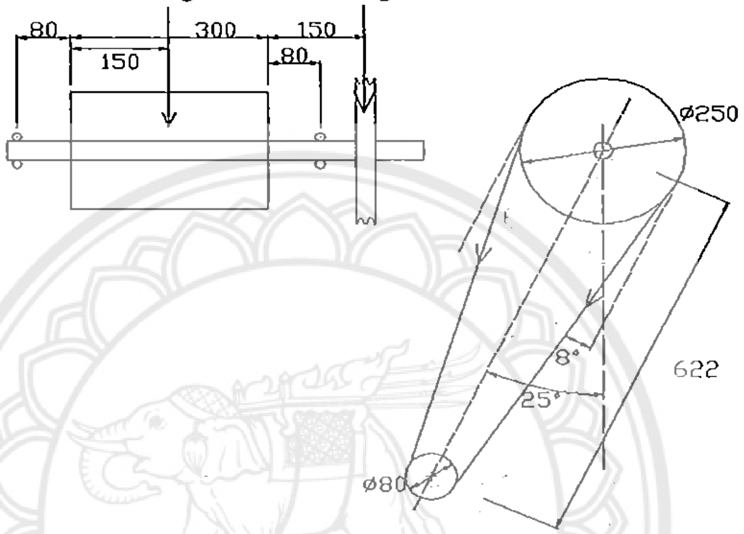
$$= \frac{3.9 \times 1.2}{2.57 \times 0.96 \times 0.94} = 2.00 \text{ เส้น}$$

ดังนั้น จึงเลือกใช้สายพานขนาดหน้าตัด B จำนวน 2 เส้น

3.2.4 การคำนวณขนาดเพลา

สิ่งที่กำหนดคือ 1 น้ำหนักของชุดใบมีด 4 ใบ รวมฝายึดใบมีดเท่ากับ 20 กิโลกรัม หรือ 196.2 N

2 น้ำหนักมู่เล่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร เท่ากับ 3 กิโลกรัม



รูป 3.5 รูปแสดงตำแหน่งของแรงที่กระทำบนเพลา และสายพานลิ่ม

พิจารณาแรงที่สายพาน; กำหนด $F_1 = 3F_2$ $n_k = 800$ rpm $D_p = 250$ mm

สมการ; $$T = \frac{W_p}{2\times\pi\times n_k} \quad \text{N.mm} \qquad (3.26)$$

$$= \frac{3.9\times10^6}{2\times\pi\times\left(\frac{800}{60}\right)} = 46553 \quad \text{N.mm}$$

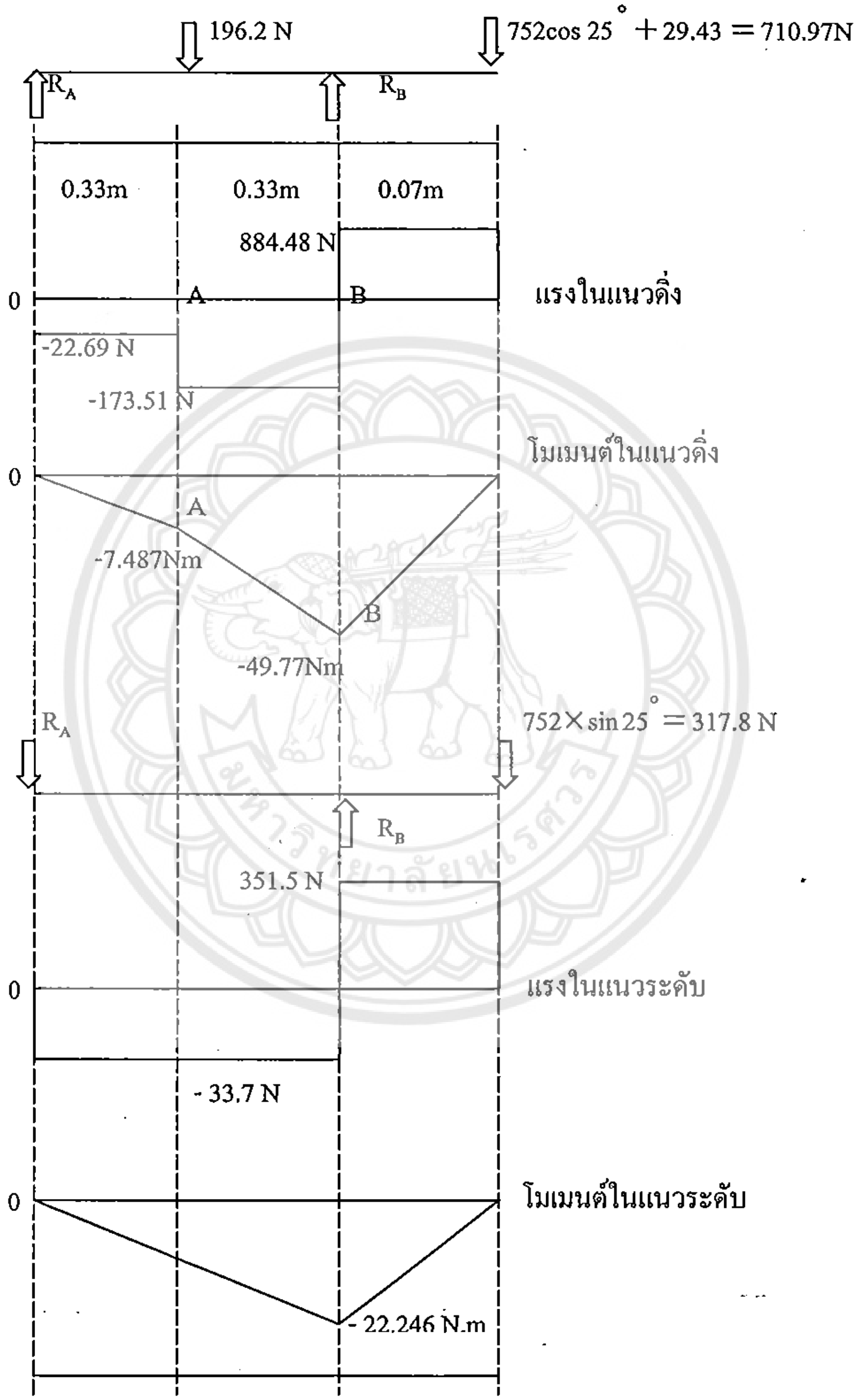
$$T = (F_1 - F_2).\cos8^\circ\times\left(\frac{D_p}{2}\right) \quad \text{N.mm} \qquad (3.27)$$

$$46553 = (3F_2 - F_2).\cos8^\circ\times\left(\frac{250}{2}\right) \quad \text{N.mm}$$

ได้ $F_1 = 564$ N , $F_2 = 188$ N ดังนั้นรวมแรงที่กระทำต่อเพลา F = 564+188 = 752 N

และน้ำหนักของเพลา $3\times9.81 = 29.43$ N

วิเคราะห์แรงและโมเมนต์



การคำนวณแรงและโมเมนต์

ในแนวดิ่ง

โมเมนต์รอบ $R_B = 0$; $R_A \times 0.66 - 710.97 \times 0.07 + 196.2 \times 0.33 = 0$ (3.28)

$$R_A = 22.69 \text{ N}$$

โมเมนต์รอบ $R_A = 0$; $R_B \times 0.66 - 196.2 \times 0.33 - 710.97 \times 0.73 = 0$ (3.29)

$$R_B = 884.48 \text{ N}$$

โมเมนต์ที่จุด A ; $M_{AV} = 22.69 \times 0.33 \times 1000 = 7487.7$ N.mm

โมเมนต์ที่จุด B ; $M_{BV} = (196.2 \times 0.33 - 22.69 \times 0.66) \times 1000 = 49770.6$ N.mm

ในแนวระดับ

โมเมนต์รอบ $R_A = 0$; $R_B \times 0.66 - 317.8 \times 0.73 = 0$ (3.30)

$$R_B = 351.5 \text{ N}$$

โมเมนต์รอบ $R_B = 0$; $R_A \times 0.66 - 317.8 \times 0.07 = 0$ (3.31)

$$R_A = 33.7 \text{ N}$$

โมเมนต์ที่จุด B ; $M_{BH} = (317.8 \times 0.07) \times 1000 = 22246$ Nmm

จากกราฟและการคำนวณพบว่า โมเมนต์เกิดสูงสุดที่จุด B

$$M_B = \sqrt{M_{BV}^2 + M_{BH}^2} \tag{3.32}$$

$$= \sqrt{49770.6^2 + 22246^2}$$

$$= 54516 \quad \text{Nmm}$$

และโมเมนต์บิดเนื่องจากการส่งกำลังจากสายพาน ; $T = 46564$ Nmm

จากตารางที่ ข.2 ;เพลาหมุนและเป็นแรงกระตุกอย่างแรง ; $C_m = 2$, $C_t = 2$

เพลาไม่มีร่องลิ่ม ; $\tau_d = 55 \quad \text{N/mm}^2$

จากสมการ (2.14) $$d^3 = \frac{16}{\pi \times \tau}\left[(C_t \times T)^2 + (C_m \times M)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

แทนค่า $$= \frac{16}{\pi \times 55}\left[(2 \times 46553)^2 + (2 \times 54516)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \quad d = 24 \text{ mm}$$

จากตารางที่ ข. 1 ; เลือกเพลาตามมาตรฐาน ขนาด25 mm แต่ในการสร้างจะใช้เพลาขนาด 32 mm เพราะมีขายที่ร้านขายเหล็กทั่วไป

3.2.5 การคำนวณขนาดของเครื่องต้นกำลัง

จากสมการ

$$T = F \times r \tag{3.33}$$

เมื่อรัศมีของหัวสับ $r = 100$ mm

ผลต่างของแรงที่เกิดในสายพาน $F = 376$

$\therefore$ $T = 37600$ Nmm

คำนวณหากำลังที่ใช้ขับชุดใบมีดจาก

$$W_p = 2\pi n_k T \tag{3.34}$$

โดยความเร็วรอบในการหมุนหัวสับ $n_k = 800$ rpm

กำลังที่ใช้ในการขับชุดใบมีด $W_p = 3.15$ kW

$= 4.2$ hp

$\therefore$ ในการสร้างใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 5.2 hp

3.3 การดำเนินการสร้าง

ในการดำเนินการสร้างเครื่องสับพืช มีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ โครงสร้างที่รองรับน้ำหนัก และส่วนที่เป็น ชุดใบมีด

3.2.1 โครงสร้าง นั้นมีการดำเนินการสร้างดังนี้

1 ส่วนฐาน ทำจากเหล็กหน้าตัดรูปตัวซี ขนาด 40×75 มิลลิเมตร ความยาว 1100 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้นและความยาว 500 มิลลิเมตรจำนวน 2 ชิ้น นำมาเชื่อมต่อกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2 คานที่รองรับน้ำหนักของชุดใบมีดทำจาก เหล็กฉาก ขนาด 50×50 มิลลิเมตร ความยาว 530 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น และความยาว1000 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น เชื่อมต่อกันเป็นรูปสี่-เหลี่ยมผืนผ้า

3 เชื่อมต่อส่วนฐานกับ คานที่รองรับน้ำหนักของชุดใบมีด ด้วยเหล็กฉากขนาด 50×50 มิลลิเมตร ความยาว 700 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้น

4 คานรองรับน้ำหนักเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นต้นกำลังทำด้วยเหล็กรางขนาด 40×75 มิลลิเมตร ยาว 530 มิลลิเมตรวางขนาน ห่างกันเป็นระยะ 90 มิลลิเมตร

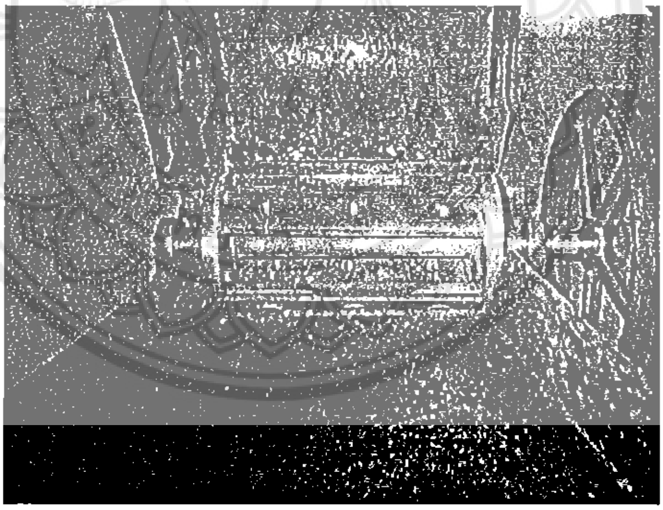
5 ทำแท่นรองตัดด้วยเหล็กราง ขนาด 40×75 มิลลิเมตร ความยาว 530 มิลลิเมตร

6 ติดลูกล้อเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร จำนวน 4 ล้อติดที่มุมด้านล่างทั้ง 4 ของโครงสร้าง เมื่อได้โครงสร้างของเครื่องเรียบร้อยแล้ว จึงนำส่วนทางเข้าและทางออกเศษวัสดุมาประกอบติดกับโครงสร้างนี้

รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องสับพืชที่สร้างเสร็จแล้ว

3.3.2 ชุดใบมีด มีการดำเนินการสร้าง คือ

นำเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 32 มิลลิเมตร กลึงให้สามารถสวมใส่ฝายึดด้านข้างของชุดใบมีด ฝายึดทำจากเหล็กแผ่นหนา 20 มิลลิเมตรตัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 170 มิลลิเมตร เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร เชื่อมต่อกับเพลาด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า จากนั้นนำแท่นยึดใบมีด ขนาด 15×50 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้นที่ได้ทำการเจาะรูและทำเกลียวขนาด 13 มิลลิเมตร 3 รู มาเชื่อมติดกับฝายึด ด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า ในตำแหน่งเอียงทำมุม 45 องศากับแนวระดับ จากนั้นนำใบมีด ที่ทำจากเหล็กแหนบ นำไปตีจนได้ความคมตามที่ต้องการ แล้วจึงทำการเจาะรูขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร ตามตำแหน่งที่จะยึดติดกับแท่นยึด โดยใช้นอตยึดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร และใส่แหวนสปริงก่อนทำการขันให้แน่นเพื่อป้องกันการคลายตัวของนอต จากนั้นนำชุดใบมีดมาต่อกับโครง โดยยึดกับแบริงที่มีขนาดรูสวม 25 มิลลิเมตร จำนวน 2 อันจากนั้นจึงนำส่วนฝาครอบที่ทำโดยเหล็กแผ่น ตัดเป็นรูปครึ่งวงกลม ยึดติดกับโครงด้วยบานพับ ครอบชุดใบมีดเพื่อป้องกันอันตรายขณะทำงาน



รูปที่ 3.7 แสดงการติดตั้งใบมีดกับโครงเครื่องสับพืช

3.4 การดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลองเครื่องนั้น มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบอัตราการตัดของเครื่องสับพืช โดยใช้มันสำปะหลังเป็นพืชทดลองเนื่องจากหาง่ายพบได้ทั่วไป ในการทดลองได้ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ยี่ห้อ Honda ขนาด 5.2 Hp มีอายุการใช้งานมาแล้ว ประมาณ 4 ปี

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	จำนวน
1 ต้นมันสำปะหลัง	10 kg
2 เครื่องสับพืช	1 เครื่อง
3 เครื่องวัดความเร็วรอบ	1 เครื่อง
4 เครื่องชั่งน้ำหนัก	1 เครื่อง
5 นาฬิกาจับเวลา	1 เรือน
6 เตาอบ	1 เครื่อง
7 ถุงกระดาษ	3 ถุง

มีขั้นตอนในการดำเนินการทดลองมีดังนี้

1. นำต้นมันสำปะหลังที่ต้องการทดลอง ชั่งน้ำหนักก่อนการทดลอง
2. ติดเครื่องยนต์ เร่งเครื่องให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ โดยวัดจากเครื่องวัดความเร็วรอบ
3. ทำการป้อนต้นมันสำปะหลังที่ต้องการตัด พร้อมกับจับเวลาในการป้อน
4. เมื่อป้อนต้นมันสำปะหลังจนหมดจำนวนที่ชั่ง ให้ทำการรวบรวมมันสำปะหลังที่ถูกสับมาทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
5. ทำการทดลองซ้ำที่ความเร็วเดิมอีก 2 ครั้ง
6. ทำการเปลี่ยนความเร็วรอบของหัวสับ โดยการเร่งความเร็วรอบของเครื่องเพื่อให้ได้ความเร็วรอบหัวสับที่ต้องการตั้งแต่ 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750 และ 800 rpm แล้วทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 5
7. เก็บตัวอย่างของต้นมันสำปะหลังที่ถูกสับใส่ถุงกระดาษ เพื่อทำการหาความชื้นโดยการอบตัวอย่างที่เก็บในถุงกระดาษด้วยเครื่องอบที่ความร้อน 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ASAE S358.2

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 อัตราการสับของเครื่องสับพืช

อัตราการสับของเครื่องสับพืชในการสับต้นมันสำปะหลังที่มีความชื้น 63.9 % (w.b.) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 อัตราการสับแปรผันตรงกับความเร็วรอบหัวสับ โดยเมื่อมีจำนวนใบมีด 2 ใบที่ความเร็วรอบหัวสับ 350 rpm และ 800 rpm ได้อัตราการสับคือ 64.3 kg/hr และ 95.3 kg/hr ตามลำดับ และเมื่อมีจำนวนใบมีด 4 ใบที่ความเร็วรอบหัวสับ 350 rpm และ 800 rpm ได้อัตราการสับคือ 56.9 kg/hr และ 82.7 kg/hr ตามลำดับ

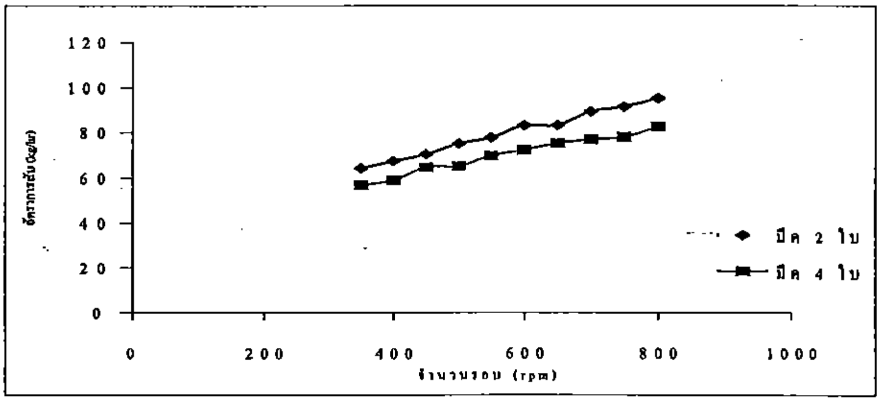
ความสัมพันธ์ของความเร็วหัวสับและอัตราการสับในช่วงที่ทำการทดลองสามารถแสดงโดยสมการเส้นตรงดังนี้

$y = 39.953 + 0.0693x$ และ $R^2 = 0.9923$ สำหรับใบมีด 2 ใบ

$y = 38.096 + 0.0558x$ และ $R^2 = 0.982$ สำหรับใบมีด 4 ใบ

โดยที่ x = ความเร็วรอบหัวสับ (cutterhead speed), rpm

y = อัตราการสับ (capacity), kg/hr

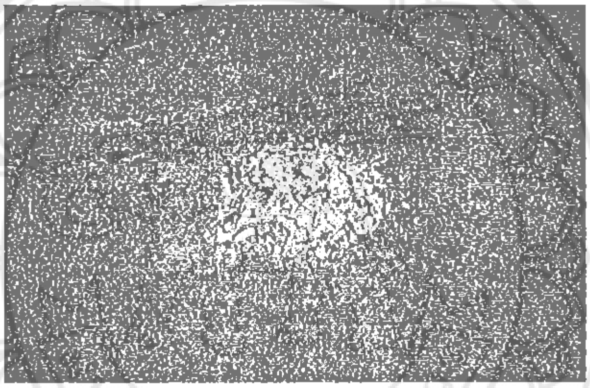


รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของหัวสับและอัตราการสับต้นมันสำปะหลังที่มีความชื้น 63.9%(w.b.)

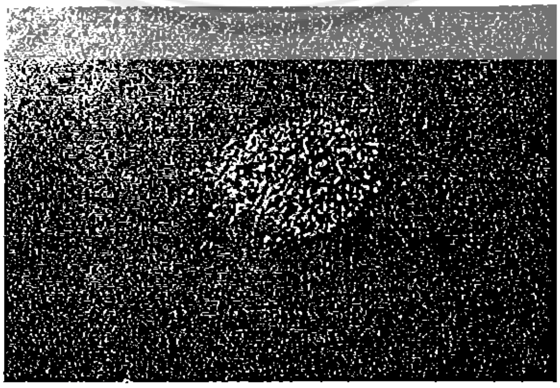
จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของอัตราการสับจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของหัวสับที่เพิ่มขึ้น และที่ความเร็วรอบเดียวกันที่จำนวนใบมีด 2 มีอัตราการสับสูงกว่าที่จำนวนใบมีด 4 ใบ

4.2 ลักษณะของวัสดุที่ถูกสับ

จากการสังเกตต้นมันสำปะหลัง หลังจากถูกสับแล้วดังแสดงในรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ขนาดของต้นมันสำปะหลังที่ถูกสับด้วยใบมีด 4 ใบมีขนาดเล็กกว่าจำนวนใบมีด 2 ใบ



รูปที่ 4.2 ต้นมันสำปะหลังที่ถูกสับด้วยเครื่องสับพืชที่มีจำนวนใบมีด 2 ใบ



รูปที่ 4.3 ต้นมันสำปะหลังที่ถูกสับด้วยเครื่องสับพืชที่มีจำนวนใบมีด 4 ใบ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1 อัตราการสับต้นมันสำปะหลังเมื่อมีจำนวนใบมีด 2 ใบ เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบหัวสับที่เพิ่มขึ้นและมีอัตราการสับสูงสุด 95.3 kg/hr ที่ความเร็วรอบหัวสับ 800 rpm อัตราการสับต้นมัน-สำปะหลังเมื่อมีจำนวนใบมีด 4 ใบ เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบหัวสับที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน และมีอัตราการสับสูงสุด 82.7 kg/hr ที่ความเร็วรอบหัวสับ 800 rpm

2 ที่จำนวนใบมีด 2 ใบสับได้อัตราการสับสูงกว่าจำนวนใบมีด 4 ใบที่ความเร็วรอบหัวสับเดียวกัน และที่ความชื้นเดียวกัน

3 ขนาดของต้นมันสำปะหลังที่ถูกสับด้วยใบมีด 4 ใบมีขนาดเล็กกว่าจำนวนใบมีด 2 ใบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การติดตั้งลูกกลิ้งในการป้อนพืช โดยต่อเฟืองทดกำลังจากเครื่องยนต์มายังลูกกลิ้ง เพื่อให้สามารถทำการป้อนพืชได้ง่าย และเป็นการป้องกันอันตรายให้กับผู้ปฏิบัติงานอีกทางหนึ่ง

2. ทิศทางในการป้อนต้นมันสำปะหลัง ควรป้อนทางด้านที่เป็นยอดของต้นมันสำปะหลังเข้าเครื่องสับพืช เนื่องจากความอ่อนทางด้านยอดของต้นมันสำปะหลัง ไม่ทำให้เกิดการสะท้านที่มือ เวลาทำการป้อน

3. พืชที่ถูกตัดมาใหม่ จะมีความชื้นมากทำให้การสับทำได้ง่ายกว่าพืชที่ถูกตัดมาแล้วหลายวันดังนั้นหากใช้งานเครื่องสับพืช จึงควรใช้กับพืชที่ถูกตัดใหม่ ๆ จึงจะสับได้ง่าย

4. เครื่องสับพืชที่สร้างขึ้นนี้มีการทำงานที่ทำให้เกิดเสียงดังมาก ผู้ที่ใช้งานจึงควรมีเครื่องป้องกันเสียงดังครอบหูขณะทำงาน

5. การป้อนต้นมันสำปะหลังเข้าเครื่องสับพืชนี้ยังมีอันตราย จึงควรระมัดระวังในการป้อนพืชไม่ให้มือเข้าใกล้ชุดใบมีดมากเกินไป

เอกสารอ้างอิง

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ. เครื่องหั่นย่อยทางปาล์มน้ำมัน. น.ส.พ.กสิกร, กรกฎาคม – สิงหาคม, หน้า 65 – 68, 2545

ภรต กุญชร ณ อยุธยา, สุวิทย์ บุณยวานิชกุล และ อดุล วรรณจนา. รายงานวิจัยการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและสดอเนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 2539

ภรต กุญชร ณ อยุธยา และสุวิทย์ บุณยวานิชกุล. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและสดอเนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์ (ปีที่ 2). ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 2541

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541

ASAE Standards, 1989. ASAE S358.2, Moisture measurement – Forages, page 471

Persson ,Sverker. Mechanic of cutting plant material. Michigan : American Society of Agricultural Engineering, 1987

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางประกอบการคำนวณคาน

ตาราง ก.1 คุณสมบัติของหน้าตัดคาน

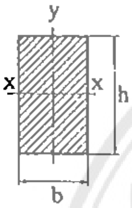
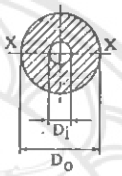
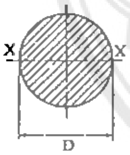
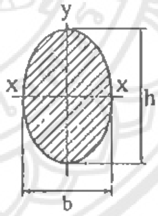
I_x คือโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน x-x

J คือโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วรอบแกนศูนย์ถ่วง

$Z = I/c$ คือโมดูลัสหน้าตัดของรูปเหลี่ยมรอบแกน x-x

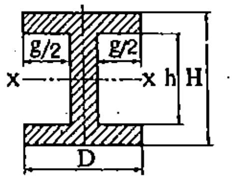
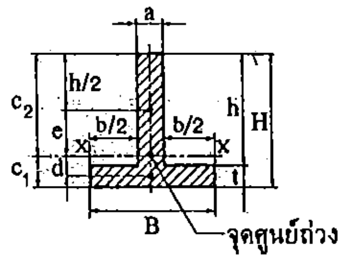
$Z' = J/c$ คือโมดูลัสหน้าตัดเชิงขั้ว

$k = \sqrt{I/A}$ คือรัศมีไจเรชั่น

 $I_x = \frac{bh^3}{12}$ $Z_x = \frac{bh^2}{6}$ $k_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$ $Z = \frac{2b^2h}{9}$ (สำหรับการบิด)	 $I_x = \frac{\pi}{64}(D_o^4 - D_i^4)$ $Z_x = \frac{\pi}{32}\left[\frac{D_o^4 - D_i^4}{D_o}\right]$ $k_x = \sqrt{\frac{D_o^2 + D_i^2}{16}}$ $J = \frac{\pi}{32}(D_o^4 - D_i^4)$ $Z'_x = \frac{\pi}{16}\left[\frac{D_o^4 - D_i^4}{D_o}\right]$
 $I_x = \frac{\pi D^4}{64}$ $Z_x = \frac{\pi D^3}{32}$ $k_x = \frac{D}{4}$ $J = \frac{\pi D^4}{32}$ $Z = \frac{\pi D^3}{16}$	 $I_x = \frac{\pi bh^3}{64}$ $Z_x = \frac{\pi bh^2}{32}$ $k_x = \frac{h}{4}$; $k_y = \frac{b}{4}$ $J = \frac{\pi bh}{64}(h^2 + b^2)$ $Z' = \frac{\pi b^2 h}{16}$ (สำหรับการบิด) $A = \pi bh/4$

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ก.1 คุณสมบัติของหน้าตัดคาน (ต่อ)

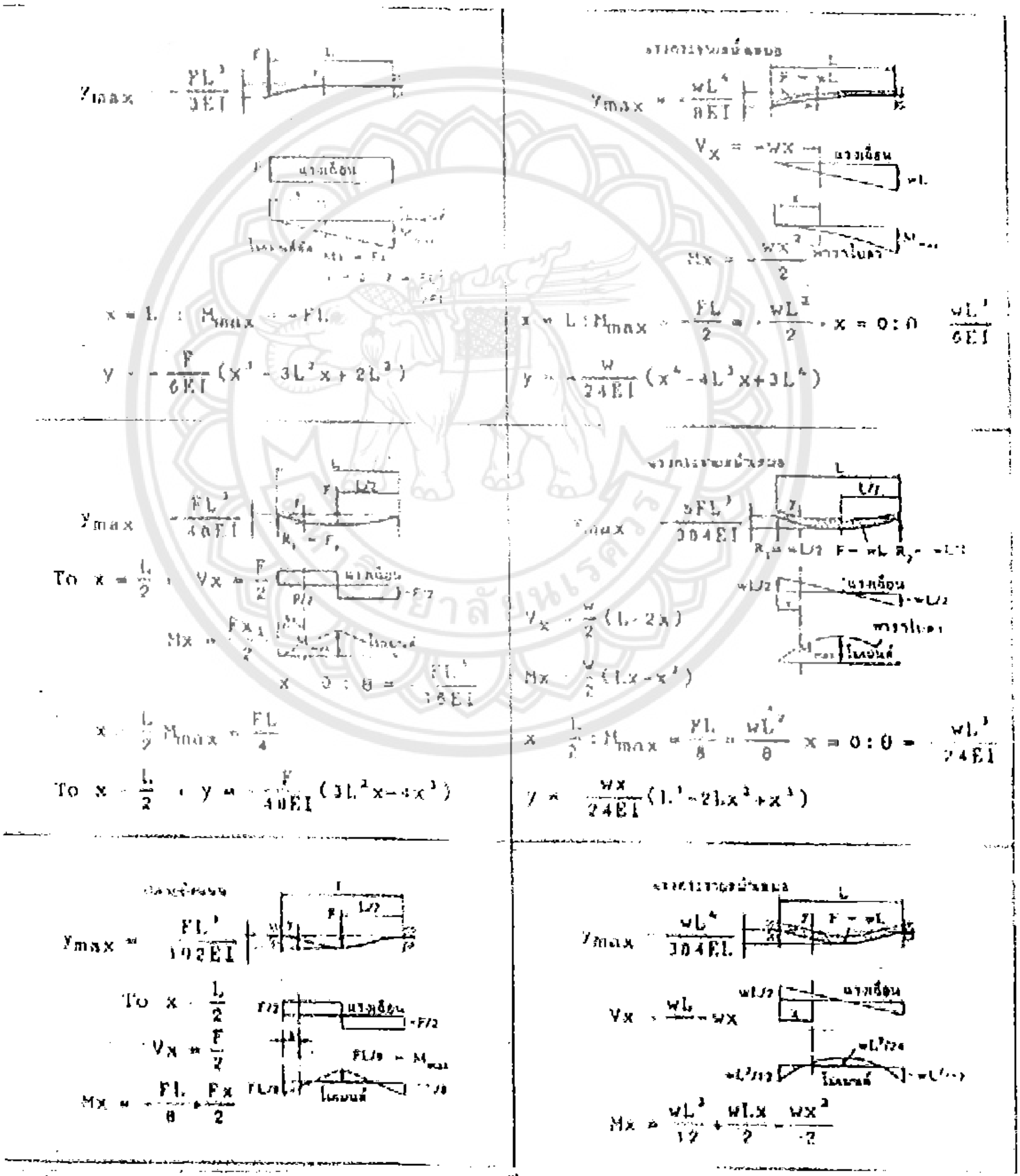
 $I_x = \frac{1}{12}(GH^3 - gh^3)$ $Z_x = \frac{GH^3 - gh^3}{6H}$ $k_x = \sqrt{\frac{1}{12}\left(\frac{GH^3 - gh^3}{GH - gh}\right)}$	 $c_1 = \frac{aH^2 + bt^2}{2(aH + bt)}$, $c_2 = H - c_1$ $I_x = \frac{Bt^3}{12} + (Bt)d^2 + \frac{ah^3}{12} + (ah)e^2$ พื้นที่ = $Bt + a(H - t)$; $k = \sqrt{I/A}$

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

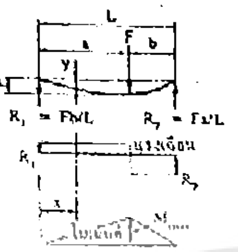
ตาราง ก.2 โมเมนต์และระยะโก่งของคาน

F คือแรงกระทำ	I คือโมเมนต์ความเฉื่อย
w คือแรงกระทำต่อหน่วยความยาว	y คือระยะโก่ง
F = wL ; คือความยาว	θrad คือความลาด
E คือโมดุลัสความยืดหยุ่น	



ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ก.2 โมเมนต์และระยะโก่งของคาน (ต่อ)



$$M_{max} = \frac{Fab}{L}$$

To x = a:

$$V_x = \frac{Fb}{L}$$

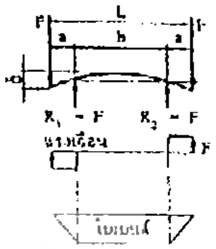
$$M_x = \frac{Fbx}{L}$$

$$y_{max} = \frac{Fb}{3EIL}\left[\frac{a(L+B)}{3}\right]^{3/2}, \quad a > b$$

ที่ $x = \sqrt{\frac{a(L+B)}{3}}$ จากปลายด้านซ้าย

$$0 < x < a : y = \frac{-Fbx}{6EIL}(L^2 - b^2 - x^2)$$

$$a < x < L : y = -\frac{Fa(L-x)}{6EIL}\left[L^2 - a^2 - (L-x)^2\right]$$



$0 < x < a$:

$$V_x = -F,$$

$$M_x = -Fx$$

$a < x < a+b$:

$$M = M_{max}$$

$$= Fa$$

$$y_{ctr} = \frac{Fab}{8EI}$$

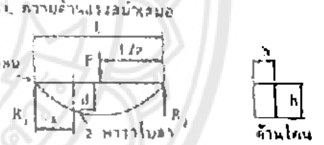
$$y_{end} = \frac{Fa^2}{3EI}\left[a + \frac{3b}{2}\right]$$

$$\delta = \frac{Fa}{EI}\left[3L^2/4 - a^2\right]$$

$$M_x = Fx = \frac{\sigma I}{c} \quad \text{สำหรับ } \sigma = \text{คงที่}$$

$$d^2 = \frac{6F}{b\sigma}x = \frac{x}{L}h^2$$

ที่ $x = 0$: $y_{max} = -\frac{6FL^3}{bEh^3}$



$$R_1 = \frac{F}{2}, \; M_x = \frac{Fx}{2} = \frac{\sigma I}{c} \quad \text{สำหรับ } \sigma = \text{ค่าคงที่}$$

$$d^2 = \frac{3F}{b\sigma}x = \frac{x}{L}h^2$$

ที่ $x = \frac{L}{2}$: $y_{max.} = -\frac{FL^3}{2Ebh^3}$

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ก.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongation In 2 In. (%)	Reduction in Area (%)	Hardness BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
1020	HR	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR&turned	72	44	31	63	140	–
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	–
	N	76	51	32	61	149	–
1040	HR	91	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	–
	N	85	50	28	55	170	60
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	–
1050	HR	105	67	15	–	–	–
	CD	114	104	9	–	–	54
	A	92	43	24	40	187	–
	N	109	62	20	39	217	–
1095	HR	142	83	18	38	295	–
	A	95	38	13	21	192	–
	N	147	73	10	14	293	–
1118	HR	75	50	35	55	140	–
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	207	–
3140	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	–
4130	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HRA	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	–
4340	HRA	101	69	21	45	207	45
	CDA	110	99	16	42	223	50
	N	185	126	11	41	363	–

ที่มา : ASME Handbook-Material Properties, McGraw-Hill, 1954 ; Ryerson Data Book, Joseph T.Ryerson and Sons, Inc., 1965.

ตาราง ก.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม (ต่อ)

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. In 2 in. %	Reduction In Area, %	Hardness, BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
4620	HR	85	63	28	64	183	58
	CD	101	85	22	60	207	64
	A	74	54	31	60	149	55
	N	83	53	29	67	174	-
4640	CDA	117	95	15	43	235	55
	A	98	63	24	51	179	55
	N	123	87	19	51	248	-
5120	CD	92	77	20	55	187	65
	CDA	87	70	23	60	179	65
5140	CDA	105	88	18	52	212	60
52100	HRA	100	81	25	57	192	45
	HRN	185	139	13	20	363	-
6150	CDA	111	95	14	44	223	45
	N	136	89	22	61	269	-
8620	HR	89	65	25	63	192	60
	CD	102	85	22	58	212	63
	A	78	56	31	62	149	-
	N	92	52	26	60	183	-
8640	CD	140	120	11	38	277	-
	CDA	107	90	14	45	217	60
8740	HRA	95	64	25	55	190	56
	CDA	107	96	17	48	223	66
	N	135	88	16	48	269	-
9255	HRA	113	71	22	41	229	45
	N	135	84	20	43	269	-
E9310	HR	115	75	22	58	241	45
	A	119	64	17	42	241	-
	N	132	83	19	58	269	-
9440	HR	123	80	18	47	241	-
	HRA	93	59	26	53	183	-
	N	110	72	25	58	223	-

ที่มา : ASME Handbook-Material Properties, McGraw-Hill, 1954 ; Ryerson Data Book, Joseph T.Ryerson and Sons, Inc., 1965.

หมายเหตุ :
HR รีดร้อน
HRA รีดร้อนและแอนนีล
CD รีดเย็น
CDA รีดเย็นและแอนนีล
HRN รีดร้อนและนอร์มัลไล
A แอนนีล
N นอร์มัลไล

ภาคผนวก ข

ตารางประกอบการคำนวณเพลา

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตาราง ข.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969

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	

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ข.2 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-1.2	1.5-2.0
เพลาหมุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-1.3

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ภาคผนวก ค

ตารางประกอบการคำนวณสลักเกลียว

ตาราง ค.1 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ-เกลียวธรรมดา

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ ช่องที่ 1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ ช่องที่ 2	ระยะพิตช์ P	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ $d_2 = D_2$	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย [illegible]	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย D_1	พื้นที่รับความเค้น (A_s) mm^2
1.00		0.25	0.830	0.693	0.729	0.456
1.20		0.25	1.038	0.093	0.929	0.730
1.60		0.35	1.373	1.170	1.221	1.270
2.00		0.40	1.740	1.509	1.567	2.070
2.50		0.45	2.208	1.948	2.013	3.390
3.00		0.50	2.675	2.387	2.459	5.030
	3.50	0.60	3.110	2.764	2.850	6.700
4.00		0.70	3.545	3.141	3.242	8.780
	4.50	0.75	4.013	3.580	3.680	11.300
5.00		0.80	4.400	4.019	4.134	14.200
6.00		1.00	5.360	4.773	4.917	20.100
8.00		1.25	7.183	6.466	6.647	36.600
	(9)	1.25	8.108	7.466	7.647	40.100
10.00		1.50	9.026	8.160	8.376	58.000
	(11)	1.50	10.026	9.160	9.376	72.300
12.00		1.75	10.863	9.853	10.106	84.300
	14.00	2.00	12.701	11.546	11.835	115.000
16.00		2.00	14.701	13.546	13.835	157.000
	18.00	2.50	16.376	14.933	15.294	192.000
20.00		2.50	18.376	16.933	17.294	245.000
	22.00	2.50	20.376	18.933	19.294	303.000
24.00		3.00	22.051	20.319	20.752	353.000
	27.00	3.00	25.051	23.319	23.752	459.000
30.00		3.50	27.727	25.706	26.211	561.000
	33.00	3.50	30.727	28.706	29.211	694.000
36.00		4.00	33.402	31.093	31.670	817.000
	39.00	4.00	36.402	34.093	34.670	976.000
42.00		4.50	39.077	36.479	37.129	1120.000
	45.00	4.50	42.077	39.479	40.129	1300.000
48.00		5.00	44.752	41.866	42.587	1470.000
	52.00	5.00	48.752	45.866	46.587	1760.000
56.00		5.50	52.428	49.252	50.046	2030.000
	60.00	5.50	56.428	53.252	54.046	2360.000
64.00		6.00	60.103	56.639	57.505	2680.000
	68.00	6.00	64.103	60.639	61.505	3080.000

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ค.2 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ-เกลียวละเอียด

สัญลักษณ์ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง x ระยะพิตช์ P)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ ประมาณ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย ประมาณ	พื้นที่รับความเค้น (A_s) mm²
M8×1	7.35	6.773	39.2
M10×1	9.35	8.773	64.5
M12×1	11.35	10.773	96.1
M16×1	15.35	14.773	178.0
M20×1	19.35	18.773	285.0
M24×1	23.35	22.773	418.0
M30×1	29.35	28.773	663.0
M12×1.25	11.026	10.16	88.1
M16×1.5	15.026	14.16	167.0
M20×1.5	19.026	18.16	272.0
M24×1.5	23.026	22.16	401.0
M30×1.5	29.025	28.16	642.0
M36×1.5	35.026	34.16	940.0
M42×1.5	41.026	40.16	1290.0
M48×1.5	47.026	46.16	1710.0
M56×1.5	55.026	54.16	2340.0
M64×1.5	63.026	62.16	3080.0
M72×1.5	71.026	70.16	3910.0
M80×1.5	79.026	78.16	4850.0
M20×2	18.701	17.546	258.0
M24×2	22.701	21.546	384.0
M30×2	28.701	27.546	621.0
M36×2	34.701	33.546	915.0
M42×2	40.701	39.546	1260.0
M48×2	46.701	45.546	1670.0
M56×2	54.701	53.546	2300.0
M64×2	62.701	61.546	3030.0
M72×2	70.701	69.546	3860.0
M80×2	78.701	77.546	4790.0
M90×2	88.701	87.546	6100.0
M100×2	98.701	97.546	7560.0
M110×2	108.701	107.546	9180.0
M125×2	123.701	122.546	11900.0

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ค.2 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ-เกลียวละเอียด (ต่อ)

สัญลักษณ์ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ × ระยะพิตช์ P)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย d_1	พื้นที่รับความเค้น (A_s) mm^2
M30×3	28.051	26.319	581.0
M36×3	34.051	32.319	865.0
M42×3	40.051	38.319	1210.0
M48×3	46.051	44.319	1600.0
M56×3	54.051	52.319	2220.0
M64×3	62.051	60.319	2940.0
M72×3	70.051	68.319	3760.0
M80×3	78.051	76.319	4680.0
M100×3	98.051	96.319	7420.0
M125×3	123.051	121.319	11700.0
M140×3	138.051	136.319	14800.0
M160×3	158.051	156.319	19400.0
M42×4	39.402	37.093	1150.0
M48×4	45.402	43.093	1540.0
M56×4	53.402	51.093	2140.0
M64×4	61.402	59.093	2850.0
M72×4	69.402	67.093	3560.0
M80×4	77.402	75.093	4470.0
M90×4	87.402	85.093	5840.0
M100×4	97.402	95.093	7280.0
M125×4	122.402	120.093	11500.0
M140×4	137.402	135.093	14600.0
M160×4	157.402	155.093	19200.0
M180×4	177.402	175.093	24400.0
M72×6	68.103	64.639	3460.0
M80×6	76.103	72.639	4340.0
M90×6	86.103	82.639	5590.0
M100×6	96.103	92.639	7000.0
M110×6	106.103	102.639	8560.0
M125×6	121.103	117.639	11200.0
M140×6	136.103	132.639	14200.0
M160×6	156.103	152.639	18700.0
M180×6	176.103	172.639	23900.0

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ค.3 คุณสมบัติทางกลของสลักเกลียว หมุดเกลียว และสตัด

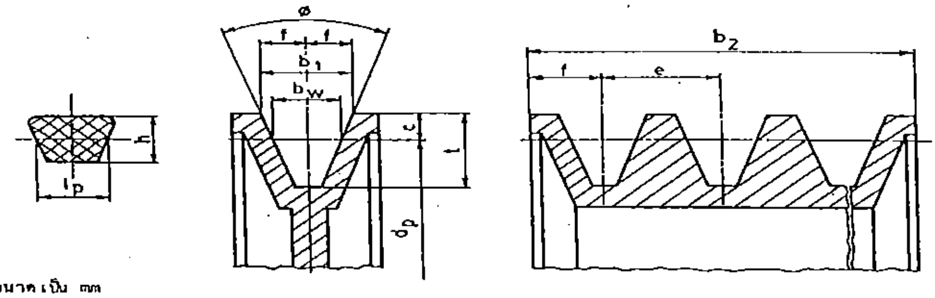
คุณสมบัติทางกล	ชั้นคุณสมบัติ											
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
ความต้านแรงดึง ต่ำสุด (N/mm²)	340	400		500		600			800	1000	1200	1400
สูงสุด (N/mm²)	490	550		700		600			1000	1200	1400	1600
ความต้านแรงดึงครากต่ำสุด (N/mm²)	200	240	320	300	400	360	480	-	-	-	-	
ความเค้นพิสูจน์ 0.2% ต่ำสุด (N/mm²)	-	-	-	-	-	-	-	540	640	900	1000	1260
การยืดหลังจากขาด %	25	25	14	20	10	16	8	12	12	9	8	7

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ภาคผนวก ง

ตารางประกอบการคำนวณสายพานลิ่ม

ตาราง ง.1 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตามมาตรฐาน



ขนาดเป็น mm

หน้าตัดสายพาน			Y	Z	A	B	C	D	E
l_p			5.3	8.5	11	14	19	27	32
h			4	6	8	11	14	19	25
b_w			5.3	8.5	11	14	19	27	32
b_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		≤ 63	–	–	–	–	–	–
34°	สำหรับ เส้นผ่าน		–	63 – 80	90 – 118	140 – 190	224 – 315	–	–
36°	ศูนย์กลาง		63	–	–	–	–	≤ 500	≤ 630
38°	พิตช์ d_p		–	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630
b_2	จำนวนร่องบนล้อสายพาน	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

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานลิ่มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R 253-1962(E)

ขนาดเป็น mm

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

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.3 ตัวประกอบใช้งาน

k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.4 ค่าตัวประกอบ k_2

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

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.5 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม

ตัวประกอบการใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ : normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase. มอเตอร์กระแสตรง : shunt wound. เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring. มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound. เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน คลัตช์		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	>16	≤10	10-16	>16
งานเบา : เครื่องกวนของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังอัดสูงถึง 7.5 kW , สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทราย หรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของข้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลาเมน, เครื่องซักผ้า, เครื่องมือกล Punches Presses – shears, เครื่องพิมพ์ positive displacement rotary pump, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.5 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม (ต่อ)

ตัวประกอบการใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ : normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase. มอเตอร์กระแสตรง : shunt wound. เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring. มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound. เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน คลัตช์		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	>16	≤10	10-16	>16
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบลูกสูบ,สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเลื่อย และเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
งานหนักพิเศษ : Crushers (Gyratory-Jaw-Roll), mills(Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber calenders-extruders-mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.6 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม*

$\frac{D_p - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส $\alpha \approx$	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

*ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.7 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “ Y ” ต่อเส้น P_R (เป็น kW)
สำหรับสายพานยาว $L_p = 319$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180$

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1600	2000	2400	2850	3200
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
25	1.00	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12
	1.05	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13
	1.20	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
	1.50	0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
	≥3.00	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.15
28	1.00	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16
	1.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16
	1.20	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17
	1.50	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
	≥3.00	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.10	0.12	0.15	0.17	0.18
31.5	1.00	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.20
	1.05	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.19	0.20
	1.20	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21
	1.50	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.15	0.17	0.20	0.22
	≥3.00	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20	0.22
35.5	1.00	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.19	0.22	0.24
	1.05	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.25
	1.20	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26
	1.50	0.04	0.07	0.08	0.09	0.12	0.14	0.15	0.18	0.21	0.24	0.26
	≥3.00	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27
40	1.00	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.20	0.23	0.27	0.29
	1.05	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	0.27	0.30
	1.20	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31
	1.50	0.05	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31
	≥3.00	0.05	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25	0.29	0.32
45	1.00	0.06	0.10	0.11	0.12	0.15	0.18	0.19	0.24	0.27	0.32	0.35
	1.05	0.06	0.10	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.35
	1.20	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.33	0.36
	1.50	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.20	0.25	0.29	0.33	0.37
	≥3.00	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.25	0.29	0.34	0.37
50	1.00	0.07	0.11	0.12	0.14	0.17	0.21	0.22	0.27	0.32	0.36	0.40
	1.05	0.07	0.11	0.12	0.14	0.18	0.21	0.23	0.27	0.32	0.37	0.40
	1.20	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.41
	1.50	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
	≥3.00	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.22	0.24	0.29	0.33	0.39	0.42

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	284	299	319	354	358	377	419	444	469	519	559	869
N_1	0.97	0.98	1.00	1.02	1.03	1.04	1.06	1.07	1.08	1.11	1.13	1.25

ความยาวพิกัดที่ใช้ $L_p = L_i + 15$ mm

L_i	250 600	265 850	270	280	300	335	339	400	425	450	500	540

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.8 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “Z” ต่อเส้น P_R (เป็น kW)
สำหรับสายพานยาว L_p = 824 mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180$

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	2000	2400	2850	3200	3600
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
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						

ความยาวพิกัดที่มีใช้ $L_p = L_i + 22$(mm)

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

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.9 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " A " ต่อเส้น P_R (เป็น kW)

สำหรับสายพานยาว $L_p = 1732$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180$

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	≥3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1,89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	≥3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1,16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	≥3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	≥3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	≥3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	≥3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	≥3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1632	1732	1832	2032
N_1	0.81	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	1.01	1.03
L_p	2272	2532	2832	3182	4032	5032						
N_1	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ความยาวพิกัดที่มีใช้ $L_p = L_i + 30$(mm)

L_i	483 780 925 1168 1448 1750 2150 3000	535 787 950 1180 1475 1780 2200 3050	560 800 965 1200 1500 1800 2240 3150	580 813 975 1220 1525 1854 2285 3250	600 825 1000 1250 1550 1900 2360 3550	630 838 1016 1270 1575 1980 2435 3650	655 850 1041 1300 1600 2000 2475 4000	670 855 1060 1320 1625 2030 2500	690 875 1090 1346 1651 2057 2650	710 889 1105 1372 1676 2083 2730	730 900 1120 1400 1700 2100 2800	750 914 1143 1422 1725 2120 2840

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.10 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " B " ต่อเส้น P_R (เป็น kW)

สำหรับสายพานยาว $L_p = 2282$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180$

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n(rpm)										
		700	800	950	1000	1200	1450	1800	2000	2400	2850	3200
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
112	1.00	1.23	1.36	1.55	1.60	1.83	2.07	2.37	2.51	2.74	2.89	2.93
	1.05	1.27	1.41	1.60	1.66	1.90	2.16	2.48	2.63	2.88	3.06	3.12
	1.20	1.36	1.50	1.71	1.78	2.04	2.33	2.69	2.87	3.16	3.39	3.49
	1.50	1.42	1.58	1.80	1.87	2.15	2.46	2.85	3.05	3.38	3.65	3.78
	≧3.00	1.47	1.63	1.86	1.94	2.22	2.56	2.97	3.18	3.54	3.84	3.99
125	1.00	1.56	1.73	1.98	2.06	2.35	2.69	3.10	3.30	3.62	3.84	3.91
	1.05	1.60	1.78	2.03	2.11	2.42	2.77	3.20	3.41	3.76	4.01	4.10
	1.20	1.69	1.87	2.14	2.23	2.56	2.94	3.41	3.65	4.04	4.34	4.47
	1.50	1.75	1.95	2.23	2.32	2.67	3.08	3.58	3.83	4.26	4.60	4.76
	≧3.00	1.80	2.00	2.29	2.39	2.75	3.17	3.69	3.96	4.41	4.79	4.97
140	1.00	1.94	2.16	2.47	2.57	2.95	3.38	3.91	4.16	4.57	4.85	4.92
	1.05	1.98	2.20	2.52	2.63	3.02	3.47	4.01	4.28	4.71	5.02	5.11
	1.20	2.06	2.30	2.63	2.74	3.16	3.63	4.22	4.51	4.99	5.35	5.48
	1.50	2.13	2.37	2.72	2.83	3.27	3.77	4.39	4.70	5.21	5.61	5.78
	≧3.00	2.17	2.42	2.78	2.90	3.35	3.86	4.50	4.83	5.37	5.80	5.98
160	1.00	2.43	2.71	3.11	3.24	3.72	4.27	4.94	5.26	5.75	6.04	6.06
	1.05	2.47	2.76	3.16	3.29	3.79	4.36	5.04	5.37	5.89	6.21	6.25
	1.20	2.55	2.85	3.27	3.41	3.93	4.53	5.25	5.61	6.17	6.54	6.62
	1.50	2.62	2.92	3.36	3.50	4.04	4.66	5.42	5.79	6.39	6.80	6.91
	≧3.00	2.66	2.98	3.42	3.57	4.12	4.76	5.54	5.92	6.55	6.99	7.12
180	1.00	2.92	3.25	3.73	3.89	4.47	5.13	5.91	6.28	6.80	7.04	6.93
	1.05	2.96	3.30	3.79	3.95	4.54	5.22	6.02	6.39	6.94	7.21	7.12
	1.20	3.04	3.39	3.90	4.06	4.68	5.39	6.23	6.63	7.22	7.54	7.49
	1.50	3.10	3.47	3.99	4.16	4.79	5.52	6.39	6.81	7.44	7.80	7.78
	≧3.00	3.15	3.52	4.05	4.22	4.87	5.62	6.51	6.94	7.60	7.99	7.99
200	1.00	3.39	3.79	4.35	4.53	5.20	5.96	6.83	7.21	7.73	7.82	7.50
	1.05	3.44	3.83	4.40	4.59	5.27	6.04	6.93	7.33	7.87	7.99	7.69
	1.20	3.52	3.93	4.51	4.70	5.41	6.21	7.14	7.57	8.15	8.32	8.06
	1.50	3.58	4.00	4.60	4.79	5.52	6.35	7.31	7.75	8.37	8.58	8.36
	≧3.00	3.63	4.05	4.66	4.86	5.60	6.44	7.43	7.88	8.52	8.77	8.56
224	1.00	3.96	4.41	5.06	5.27	6.05	6.90	7.84	8.23	8.64		
	1.05	4.00	4.46	5.12	5.33	6.12	6.98	7.94	8.35	8.79		
	1.20	4.08	4.55	5.23	5.45	6.26	7.15	8.15	8.58	9.07		
	1.50	4.14	4.63	5.32	5.54	6.37	7.29	8.32	8.76	9.29		
	≧3.00	4.19	4.68	5.38	5.60	6.45	7.38	8.44	8.89	9.44		

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	942	1042	1142	1292	1442	1642	1842	2042	2282	2592	2842	3192
N_1	0.81	0.84	0.86	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00	1.03	1.05	1.07
L_p	3592	4042	4542	5042	5642	6342						
N_1	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23						

ความยาวพิคช์ที่ใช้ $L_p = L_1 + 43$ (mm)

L_1	615	650	670	710	725	750	762	775	800	825	838	850
	875	889	900	925	950	965	975	990	1000	1017	1030	1050
	1060	1075	1090	1120	1150	1175	1180	1200	1215	1225	1250	1300
	1320	1350	1372	1400	1422	1450	1500	1525	1550	1575	1600	1625
	1650	1676	1700	1725	1750	1761	1800	1850	1900	1950	1981	2000
	2030	2060	2083	2108	2120	2160	2200	2240	2286	2300	2360	2400
	2450	2465	2500	2540	2650	2667	2700	2800	2840	2950	3000	3050
	3150	3250	3350	3450	3550	3658	3750	4000	4200	4250	4394	4500
	4572	4750	5000	5300	5600	6000	6300	6700	7000	7100		

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.11 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " C " ต่อเส้น P_R (เป็น kW)

สำหรับสายพานยาว L_p = 3811 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		700	800	950	1000	1100	1200	1300	1450	1800	2000	2400
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
180	1.00	3.65	4.04	4.57	4.73	5.05	5.34	5.62	5.99	6.64	6.87	6.99
	1.05	3.76	4.16	4.71	4.88	5.22	5.53	5.81	6.20	6.91	7.17	7.35
	1.20	3.97	4.39	4.99	5.18	5.54	5.88	6.20	6.63	7.44	7.76	8.06
	1.50	4.13	4.58	5.21	5.41	5.80	6.16	6.50	6.97	7.86	8.23	8.62
	≥3.00	4.25	4.71	5.37	5.58	5.98	6.36	6.72	7.21	8.16	8.56	9.02
200	1.00	4.50	4.98	5.65	5.86	6.27	6.64	6.99	7.45	8.27	8.55	8.67
	1.05	4.60	5.10	5.80	6.01	6.43	6.82	7.18	7.67	8.54	8.86	9.03
	1.20	4.81	5.34	6.08	6.31	6.76	7.18	7.57	8.10	9.08	9.45	9.74
	1.50	4.98	5.52	6.30	6.54	7.01	7.46	7.87	8.44	9.50	9.92	10.30
	≥3.00	5.09	5.66	6.46	6.71	7.20	7.66	8.09	8.68	9.80	10.25	10.70
224	1.00	5.49	6.09	6.92	7.18	7.68	8.14	8.57	9.13	10.09	10.38	10.36
	1.05	5.60	6.21	7.07	7.34	7.85	8.32	8.76	9.35	10.36	10.68	10.72
	1.20	5.81	6.45	7.35	7.63	8.17	8.68	9.15	9.78	10.89	11.28	11.43
	1.50	5.97	6.64	7.57	7.87	8.43	8.96	9.45	10.12	11.31	11.75	11.99
	≥3.00	6.09	6.77	7.73	8.03	8.61	9.16	9.67	10.36	11.61	12.08	12.39
250	1.00	6.55	7.27	8.26	8.57	9.16	9.70	10.19	10.84	11.86	12.10	11.76
	1.05	6.66	7.39	8.41	8.72	9.32	9.88	10.39	11.06	12.13	12.41	12.12
	1.20	6.86	7.62	8.69	9.02	9.65	10.24	10.77	11.49	12.66	13.00	12.83
	1.50	7.03	7.81	8.91	9.25	9.91	10.52	11.08	11.82	13.08	13.47	13.39
	≥3.00	7.14	7.94	9.07	9.42	10.09	10.72	11.29	12.07	13.38	13.80	13.79
280	1.00	7.74	8.59	9.75	10.11	10.79	11.40	11.96	12.65	13.63	13.72	
	1.05	7.85	8.71	9.90	10.26	10.96	11.59	12.15	12.87	13.90	14.02	
	1.20	8.06	8.95	10.18	10.56	11.28	11.94	12.54	13.30	14.43	14.62	
	1.50	8.22	9.13	10.40	10.79	11.54	12.22	12.84	13.64	14.85	15.08	
	≥3.00	8.34	9.27	10.56	10.96	11.72	12.42	13.06	13.88	15.15	15.42	
315	1.00	9.10	10.08	11.42	11.83	12.58	13.26	13.85	14.55	15.29	15.06	
	1.05	9.21	10.20	11.56	11.98	12.75	13.44	14.04	14.77	15.56	15.37	
	1.20	9.41	10.44	11.84	12.27	13.08	13.80	14.43	15.20	16.09	15.96	
	1.50	9.58	10.63	12.06	12.51	13.33	14.08	14.73	15.54	16.51	16.43	
	≥3.00	9.69	10.76	12.22	12.67	13.52	14.28	14.95	15.78	16.81	16.76	
355	1.00	10.60	11.72	13.22	13.67	14.48	15.19	15.77	16.40	16.59		
	1.05	10.70	11.84	13.36	13.82	14.65	15.37	15.97	16.62	16.87		
	1.20	10.91	12.07	13.64	14.11	14.97	15.72	16.35	17.05	17.40		
	1.50	11.08	12.26	13.86	14.35	15.23	16.00	16.66	17.39	17.82		
	≥3.00	11.19	12.39	14.02	14.51	15.42	16.20	16.87	17.63	18.12		

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	1461	1661	1861	2061	2301	2561	2861	3211	3611	3811	4061	4561
N_1	0.81	0.84	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.97	0.98	1.00	1.02	1.04
L_p	5061	5661	6361	7161	8061	10061						
N_1	1.07	1.09	1.12	1.15	1.18	1.23						

ความยาวพิกัดที่ใช้ $L_p = L_i + 52$ (mm)

L_i	1000	1090	1180	1210	1250	1295	1320	1400	1500	1524	1600	1700
	1727	1800	1900	2000	2057	2159	2286	2360	2450	2500	2560	2670
	2685	2800	2840	2965	3000	3050	3150	3250	3350	3454	3550	3658
	3750	4000	4020	4115	4390	4500	4572	5000	5300	5600	6000	6300
	6700	7100	7500	7650	8000	8500						

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.12 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " D " ต่อเส้น P_R (เป็น kW)

สำหรับสายพานยาว $L_p = 6380$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180$

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	450	500	550	600	700	800	950	1000	1100	1200
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
315	1.00	8.22	8.99	9.72	10.41	11.07	12.27	13.34	14.66	15.02	15.61	16.03
	1.05	8.45	9.24	10.00	10.72	11.40	12.67	13.79	15.19	15.58	16.23	16.70
	1.20	8.89	9.73	10.54	11.32	12.06	13.44	14.67	16.23	16.68	17.43	18.02
	1.50	9.24	10.13	10.98	11.80	12.58	14.05	15.36	17.06	17.55	18.39	19.06
	≥3.00	9.48	10.40	11.29	12.14	12.95	14.48	15.86	17.65	18.16	19.07	19.80
355	1.00	10.32	11.31	12.24	13.14	13.99	15.55	16.92	18.60	19.05	19.78	20.27
	1.05	10.55	11.56	12.52	13.45	14.32	15.94	17.37	19.13	19.61	20.40	20.95
	1.20	10,99	12,05	13.07	14,05	14.98	16.71	18.25	20.17	20.71	21.61	22.27
	1.50	11.34	12.44	13.51	14.53	15,50	17.32	18.94	21.00	21.58	22.57	23.31
	≥3.00	11.58	12.72	13.82	14.87	15.87	17.75	19.44	21.59	22.20	23.24	24.05
400	1.00	12.64	13.86	15.02	16.13	17.17	19.09	20.75	22.73	23.24	24.03	24.49
	1.05	12.87	14.11	15.30	16.43	17.51	19.48	21.20	23.26	23.80	24.65	25.16
	1.20	13.30	14.61	15.85	17.04	18.17	20.25	22.08	24.31	24.90	25.86	26.48
	1.50	13.65	15.00	16.29	17.52	18.69	20.86	22.77	25.13	25.77	26.82	27.53
	≥3.00	13.90	15.27	16.59	17.86	19.06	21.29	23.27	25.72	26.39	27.49	28.27
450	1.00	15.16	16.63	18.02	19.34	20.59	22.84	24.75	26.92	27.44	28.16	28.41
	1.05	15.39	16.88	18.30	19.65	20.92	23.23	25.20	27.45	28.00	28.77	29.08
	1.20	15.83	17.37	18.85	20.25	21.58	24.00	26.07	28.49	29.10	29.98	30.40
	1.50	16.17	17.77	19.29	20.73	22.10	24.61	26.77	29.32	29.97	30.94	31.45
	≥3.00	16.42	18.04	19.59	21.07	22.47	25.04	27.26	29.91	30.58	31.62	32,19
500	1.00	17.63	19.32	20.93	22.44	23.86	26.38	28.46	30.64	31.10	31.59	31.45
	1.05	17.85	19.58	21.21	22.75	24.20	26.77	28.90	31.18	31.66	32.20	32.12
	1.20	18.29	20.07	21.76	23.36	24.86	27,54	29.78	32.22	32.76	33.41	33.44
	1.50	18.64	20.46	22.20	23.84	25.38	28.15	30.48	33.05	33.63	34.37	34.48
	≥3.00	18.89	20.74	22.50	24.18	25.75	28,58	30.97	33.63	34.25	35.05	35.22
560	1.00	20.51	22.46	24.30	26.01	27.59	30.34	32.49	34.45	34.74	34.70	
	1.05	20.73	22.72	24.58	26.32	27.93	30.74	32.94	34.99	35.30	35.32	
	1.20	21.17	23.21	25.13	26.92	28.59	31.51	33.82	36.03	36.40	36.53	
	1.50	21.52	23.60	25.56	27.40	29.11	32.12	34.52	36.86	37.27	37.49	
	≥3.00	21.77	23.88	25.87	27.74	29.48	32.55	35.01	37.44	37.88	38.17	
630	1.00	23.77	25.99	28.05	29.94	31.67	34.54	36.59	37.90	37.82		
	1.05	23.99	26.24	28.33	30.25	32.00	34.93	37.03	38.43	38.38		
	1.20	24.43	26.73	28.88	30.86	32.66	35.70	37.91	39.48	39.48		
	1.50	24.78	27.12	29.31	31.34	33.18	36.31	38.61	40.30	40.35		
	≥3.00	25.03	27.40	29,62	31.68	33.55	36.74	39.10	40.89	40.97		

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	3230	3630	4080	4580	5080	5680	6380	7180	7580	8080	8500	9080
N_1	0.86	0.89	0,91	0.93	0.96	0.98	1.00	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08
L_p	9580	10080	11280	12580	14080	16080						
N_1	1.10	1.11	1.14	1.17	1,20	1.22						

ความยาวพิกัดที่มีใช้ $L_p = L_1 + 75$ (mm)

L_1	2500 5000 9500	2650 5300 10000	2800 5330 11200	3000 5600 12500	3150 6000	3250 6300	3350 6700	3550 7100	3658 7500	3750 8000	4000 8500	4500 9000

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ตาราง ง.13 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "E" ต่อเส้น P_R (เป็น kW)

สำหรับสายพานยาว $L_p = 7184$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180$

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	950
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
450	1.00	17.52	19.09	20.55	21.91	23.16	24.30	25.32	26.22	27.00	27.64	28.52
	1.05	17.95	19.57	21.09	22.50	23.81	25.00	26.08	27.03	27.86	28.56	29.55
	1.20	18.80	20.52	22.15	23.66	25.07	26.37	27.55	28.61	29.55	30.35	31.55
	1.50	19.46	21.27	22.98	24.58	26.07	27.45	28.72	29.86	30.88	31.77	33.13
	≥3.00	19.94	21.81	23.57	25.23	26.78	28.22	29.55	30.75	31.83	32.78	34.26
500	1.00	21.14	23.05	24.83	26.48	27.99	29.35	30.56	31.61	32.50	33.21	34.09
	1.05	21.57	23.54	25.37	27.07	28.63	30.05	31.31	32.42	33.36	34.13	35.11
	1.20	22.42	24.49	26.43	28.23	29.90	31.42	32.79	34.00	35.04	35.92	37.12
	1.50	23.08	25.24	27.26	29.15	30.90	32.50	33.96	35.25	36.38	37.34	38.70
	≥3.00	23.56	25.77	27.85	29.80	31.61	33.27	34.78	36.14	37.33	38.34	39.83
560	1.00	25.38	27.67	29.79	31.74	33.50	35.07	36.43	37.58	38.51	39.20	39.84
	1.05	25.81	28.15	30.33	32.33	34.15	35.77	37.19	38.39	39.37	40.12	40.86
	1.20	26.65	29.10	31.38	33.49	35.41	37.14	38.66	39.97	41.06	41.91	42.86
	1.50	27.32	29.85	32.22	34.41	36.41	38.22	39.83	41.22	42.39	43.33	44.45
	≥3.00	27.79	30.39	32.81	35.06	37.12	38.99	40.66	42.11	43.34	44.33	45.57
630	1.00	30.17	32.86	35.32	37.55	39.53	41.24	42.68	43.82	44.65	45.15	45.12
	1.05	30.60	33.34	35.86	38.14	40.17	41.94	43.43	44.62	45.51	46.07	46.14
	1.20	31.44	34.29	36.91	39.30	41.44	43.31	44.90	46.20	47.19	47.86	48.14
	1.50	32.11	35.04	37.75	40.22	42.44	44.39	46.07	47.46	48.53	49.28	49.73
	≥3.00	32.59	35.57	38.34	40.87	43.15	45.16	46.90	48.34	49.48	50.28	50.85
710	1.00	35.44	38.51	41.28	43.73	45.84	47.58	48.93	49.88	50.39	50.45	
	1.05	35.87	39.00	41.82	44.32	46.48	48.28	49.69	50.69	51.26	51.37	
	1.20	36.71	39.94	42.87	45.48	47.75	49.65	51.16	52.27	52.94	53.16	
	1.50	37.38	40.70	43.71	46.40	48.75	50.73	52.33	53.52	54.28	54.58	
	≥3.00	37.85	41.23	44.30	47.05	49.46	51.50	53.16	54.41	55.22	55.58	
800	1.00	41.09	44.50	47.50	50.05	52.14	53.72	54.75	55.22			
	1.05	41.52	44.98	48.04	50.65	52.78	54.42	55.51	56.03			
	1.20	42.36	45.93	49.09	51.81	54.05	55.78	56.98	57.61			
	1.50	43.03	46.68	49.92	52.72	55.05	56.87	58.15	58.86			
	≥3.00	43.50	47.22	50.52	53.37	55.76	57.64	58.98	59.75			
900	1.00	47.00	50.65	53.75	56.23	58.05	59.18					
	1.05	47.43	51.14	54.28	56.82	58.70	59.88					
	1.20	48.27	52.09	55.34	57.98	59.96	61.25					
	1.50	48.94	52.84	56.17	58.90	60.97	62.33					
	≥3.00	49.41	53.37	56.76	59.55	61.68	63.10					

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	4834	5084	5384	5684	6084	6384	6784	7184	7585	8084	8584	9084
N_1	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05
L_p	9584	10084	11284	12584	14084	16084						
N_1	1.06	1.07	1.10	1.12	1.15	1.18						

ความยาวพิตช์ที่มีใช้ $L_p = L_i + 82$ (mm)

L_i	3000 11200	3350 12500	4000	5000	5600	6000	6300	7100	7500	8000	9000	10000

ที่มา : ออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,2 ,วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน

ภาคผนวก จ

บันทึกผลการทดลอง

ตาราง จ.1 ผลการทดลองใช้เครื่องสับพืชสับต้นมันสำปะหลังที่ความชื้น 63.9 % (w.b.)

จำนวนใบมีด (ใบ)	rpm	ครั้งที่	น้ำหนัก (kg)	เวลาที่ใช้ (s)	อัตราการสับ (kg/hr)
2	350	1	0.750	43.9	61.5
		2	0.780	42.7	65.8
		3	0.785	43.2	65.5
				เฉลี่ย	64.3
	400	1	0.820	43.6	67.7
		2	0.795	42.9	66.8
		3	0.805	42.6	68.0
				เฉลี่ย	67.5
	450	1	0.780	40.7	69.1
		2	0.820	40.3	73.3
		3	0.750	39.1	69.0
				เฉลี่ย	70.5
	500	1	0.825	38.9	76.3
		2	0.815	39.0	75.2
		3	0.790	38.5	73.8
				เฉลี่ย	75.1
	550	1	0.850	38.6	79.2
		2	0.835	38.1	78.9
		3	0.840	40.1	75.4
				เฉลี่ย	75.4

ตาราง จ.1 ผลการทดลองใช้เครื่องสับพืชสับต้นมันสำปะหลังที่ความชื้น 63.9 % (w.b.) (ต่อ)

จำนวนใบมีด (ใบ)	rpm	ครั้งที่	น้ำหนัก (kg)	เวลาที่ใช้ (s)	อัตราการสับ (kg/hr)
2	600	1	0.860	38.0	81.6
		2	0.870	38.1	82.1
		3	0.895	37.5	86.0
				เฉลี่ย	83.2
	650	1	0.790	35.2	80.8
		2	0.820	35.5	83.1
		3	0.815	34.2	85.9
				เฉลี่ย	83.3
	700	1	0.835	34.4	92.3
		2	0.865	34.9	91.2
		3	0.865	34.0	91.0
				เฉลี่ย	89.4
	750	1	0.850	33.2	92.3
		2	0.805	31.8	91.2
		3	0.855	33.8	91.0
				เฉลี่ย	91.5
	800	1	0.855	32.6	94.4
		2	0.865	31.8	97.8
		3	0.825	31.8	93.5
				เฉลี่ย	95.3

ตาราง จ.1 ผลการทดลองใช้เครื่องสับพืชสับต้นมันสำปะหลังที่ความชื้น 63.9 % (w.b.) (ต่อ)

จำนวนใบมีด (ใบ)	rpm	ครั้งที่	น้ำหนัก (kg)	เวลาที่ใช้ (s)	อัตราการสับ (kg/hr)
4	350	1	0.735	46.5	56.9
		2	0.725	45.6	57.3
		3	0.740	47.0	56.6
				เฉลี่ย	56.9
	400	1	0.750	44.2	61.0
		2	0.725	45.1	57.9
		3	0.715	44.3	58.1
				เฉลี่ย	59.0
	450	1	0.750	42.6	63.4
		2	0.800	43.7	66.0
		3	0.750	41.7	64.8
				เฉลี่ย	64.7
	500	1	0.730	40.0	65.7
		2	0.745	41.2	65.2
		3	0.725	40.2	65.0
				เฉลี่ย	65.3
	550	1	0.770	39.1	71.0
		2	0.780	40.0	70.2
		3	0.765	40.2	68.6
				เฉลี่ย	69.9

ตาราง จ.1 ผลการทดลองใช้เครื่องสับพืชสับต้นมันสำปะหลังที่ความชื้น 63.9 % (w.b.) (ต่อ)

จำนวนใบมีด (ใบ)	rpm	ครั้งที่	น้ำหนัก (kg)	เวลาที่ใช้ (s)	อัตราการสับ (kg/hr)
4	600	1	0.780	38.5	72.9
		2	0.775	39.5	70.6
		3	0.800	38.9	74.0
				เฉลี่ย	72.5
	650	1	0.805	38.8	74.7
		2	0.855	39.7	77.6
		3	0.800	39.0	73.6
				เฉลี่ย	75.4
	700	1	0.800	37.4	77.0
		2	0.795	37.4	76.6
		3	0.800	37.0	77.8
				เฉลี่ย	51.5
	750	1	0.800	36.7	78.5
		2	0.800	36.9	78.0
		3	0.855	39.5	77.9
				เฉลี่ย	78.1
	800	1	0.790	35.1	81.0
		2	0.775	34.6	80.6
		3	0.900	37.4	86.6
				เฉลี่ย	82.7

ตาราง จ. 2 ความชื้นของต้นมันสำปะหลัง

ครั้งที่	น้ำหนักสุทธิ (g)	ความชื้น (% w.b.)
1	65.0	63.7
2	46.6	65.2
3	59.4	62.7
	เฉลี่ย	63.9

ตาราง จ.3 ผลจากการทดลองหาแรงสูงสุดที่ทำให้พืชชนิดต่างเกิดความเสียหาย ทดสอบจากเครื่อง impression test สถานที่ : อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา วันที่ 20 พฤศจิกายน 2544

ลำดับที่	ขนาด (mm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	ความยาว (cm)	แรงสูงสุด (N)	Stress (N/cm^2)
			กิ่งมะม่วง		
1	25.20	4.99	21.20	591.11	118.52
2	25.50	5.11	20.50	620.67	121.53
3	19.80	3.08	21.50	206.89	67.19
4	21.18	3.52	22.00	665.00	188.75
5	22.90	4.12	19.50	162.56	39.47
			กระถิน		
1	21.10	3.50	15.50	280.78	80.30
2	17.10	2.30	20.00	147.78	64.35
3	19.00	2.84	20.00	220.94	77.79
4	18.00	2.54	20.80	88.67	34.85
5	20.20	3.20	17.30	221.67	69.17
			กิ่งส้มโอ		
1	20.38	13.05	11.00	369.44	28.31
2	18.46	10.71	14.80	221.67	20.71
3	22.14	15.40	19.80	458.11	29.75
4	22.26	15.57	17.50	295.56	18.99
5	23.48	17.32	15.00	546.78	31.57

ตาราง จ.3 ผลจากการทดลองหาแรงสูงสุดที่ทำให้พืชชนิดต่างเกิดความเสียหาย (ต่อ)

ทดสอบจากเครื่อง impression test สถานที่ : อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา

วันที่ 20 พฤศจิกายน 2544

ลำดับที่	ขนาด (mm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	ความยาว (cm)	แรงสูงสุด (N)	Stress (N/cm^2)
ขี้เหล็ก					
1	17.52	9.64	15.40	399.00	41.38
2	17.60	9.73	17.20	458.11	47.08
3	17.20	9.29	19.20	206.89	22.26
4	19.93	12.48	16.00	428.56	34.34
5	17.97	10.14	18.20	251.22	24.76

ตาราง จ.3 ผลจากการทดลองหาแรงสูงสุดที่ทำให้พืชชนิดต่างเกิดความเสียหาย (ต่อ)

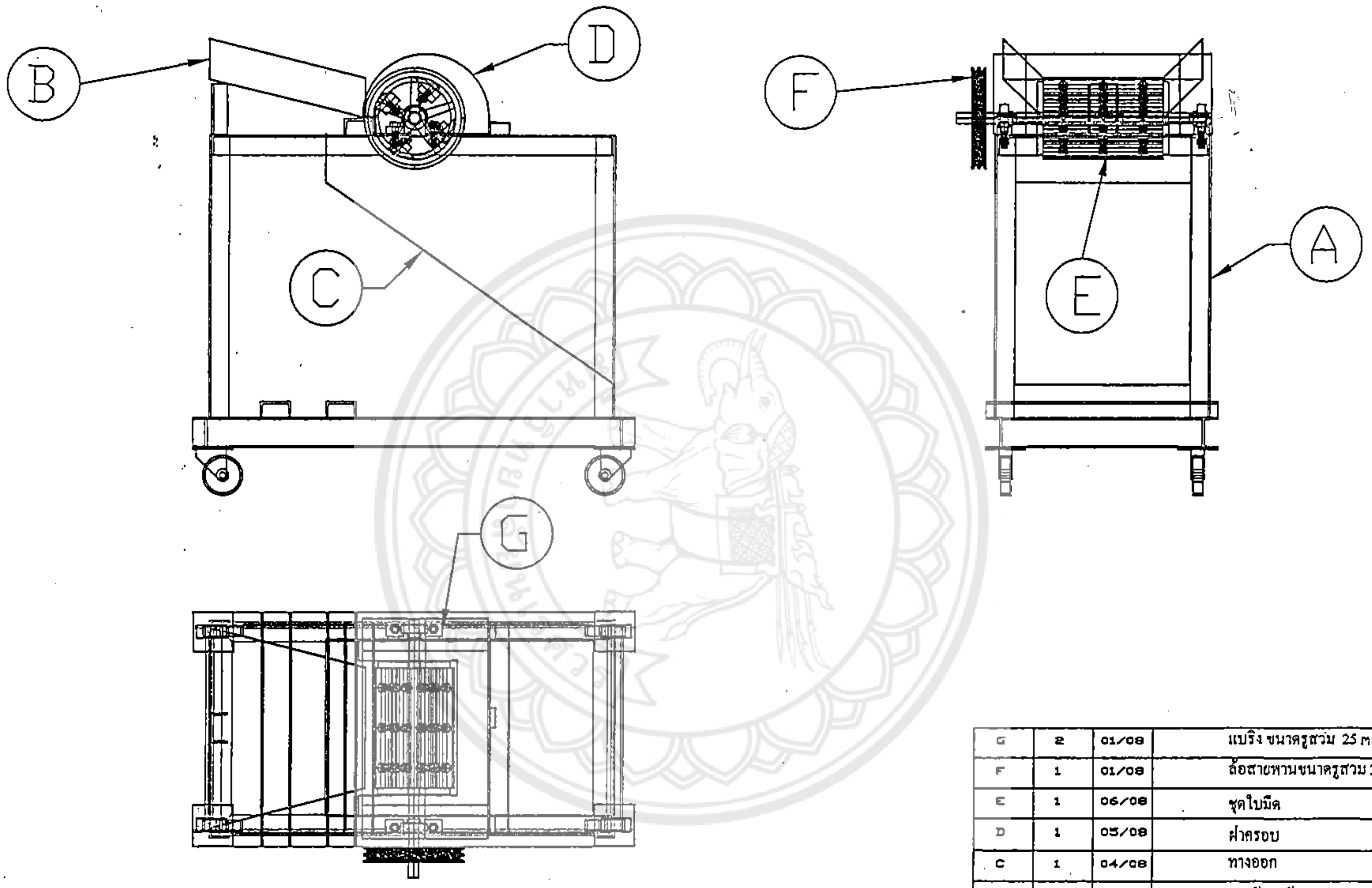
ทดสอบจากเครื่อง impression test สถานที่ : อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา

วันที่ 17 กันยายน 2545

ลำดับที่	ขนาด (mm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	ความยาว (cm)	แรงสูงสุด (N)	Stress (N/cm^2)
ต้นมันสำปะหลัง					
1	14.20	1.58	14.80	117.54	74.22
2	15.80	1.96	15.20	122.36	62.41
3	16.30	2.09	16.50	100.26	48.05
4	14.70	1.70	15.50	80.49	47.43
5	15.10	1.79	15.00	75.42	42.12

ภาคผนวก ฉ

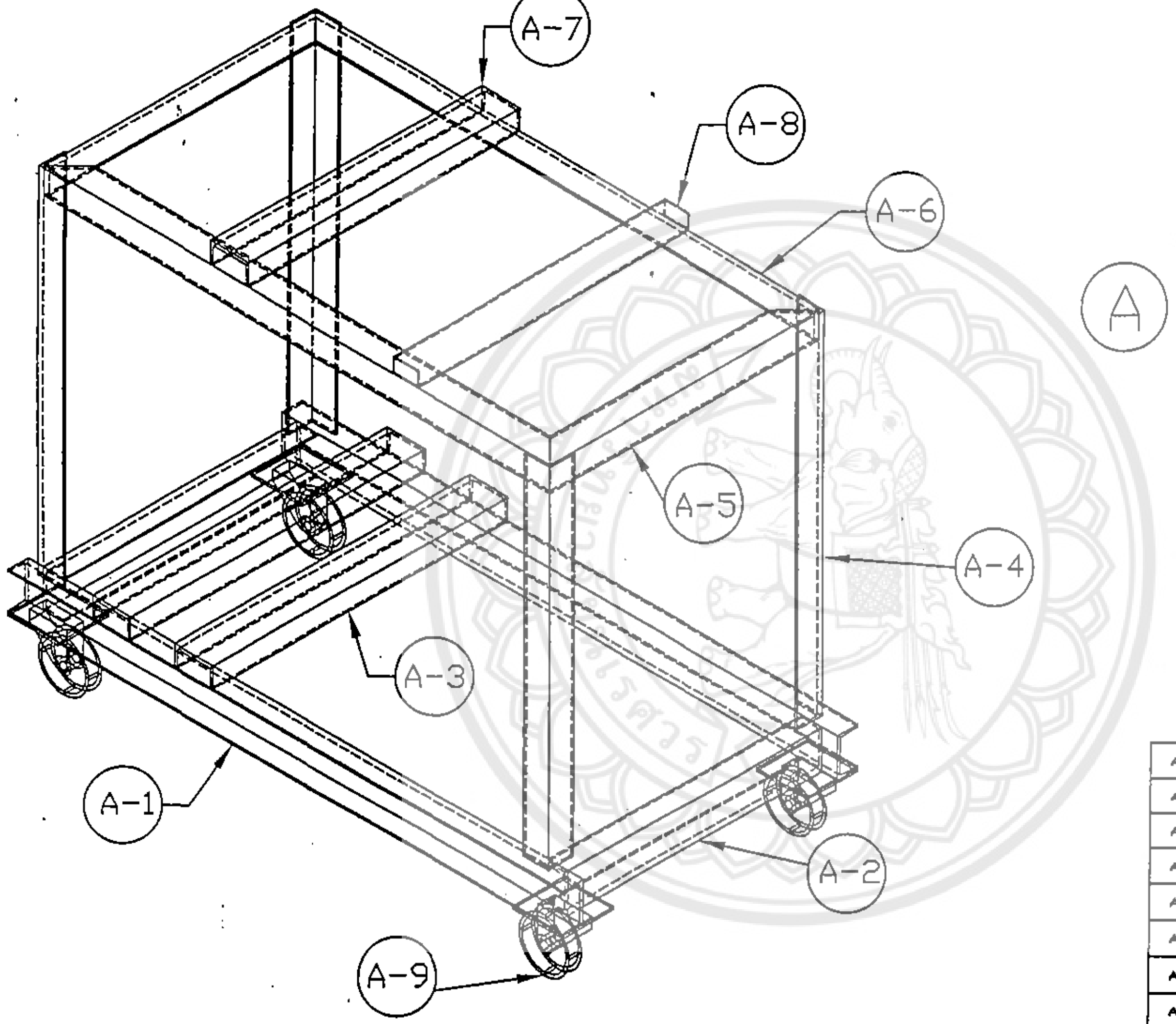
แบบเขียนเครื่องสับพืช



NOTE : All dimension are in millimeters

ITEM	QTY	PLATE	DESCRIPTION
G	2	01/08	แบริ่ง ขนาดรูสวม 25 mm
F	1	01/08	ล้อสายพานขนาดรูสวม 25 mm
E	1	06/08	ชุดใบมีด
D	1	05/08	ฝาครอบ
C	1	04/08	ทางออก
B	1	PLATE	ทางป้อนเข้า
A	1	02/08	โครงสร้าง

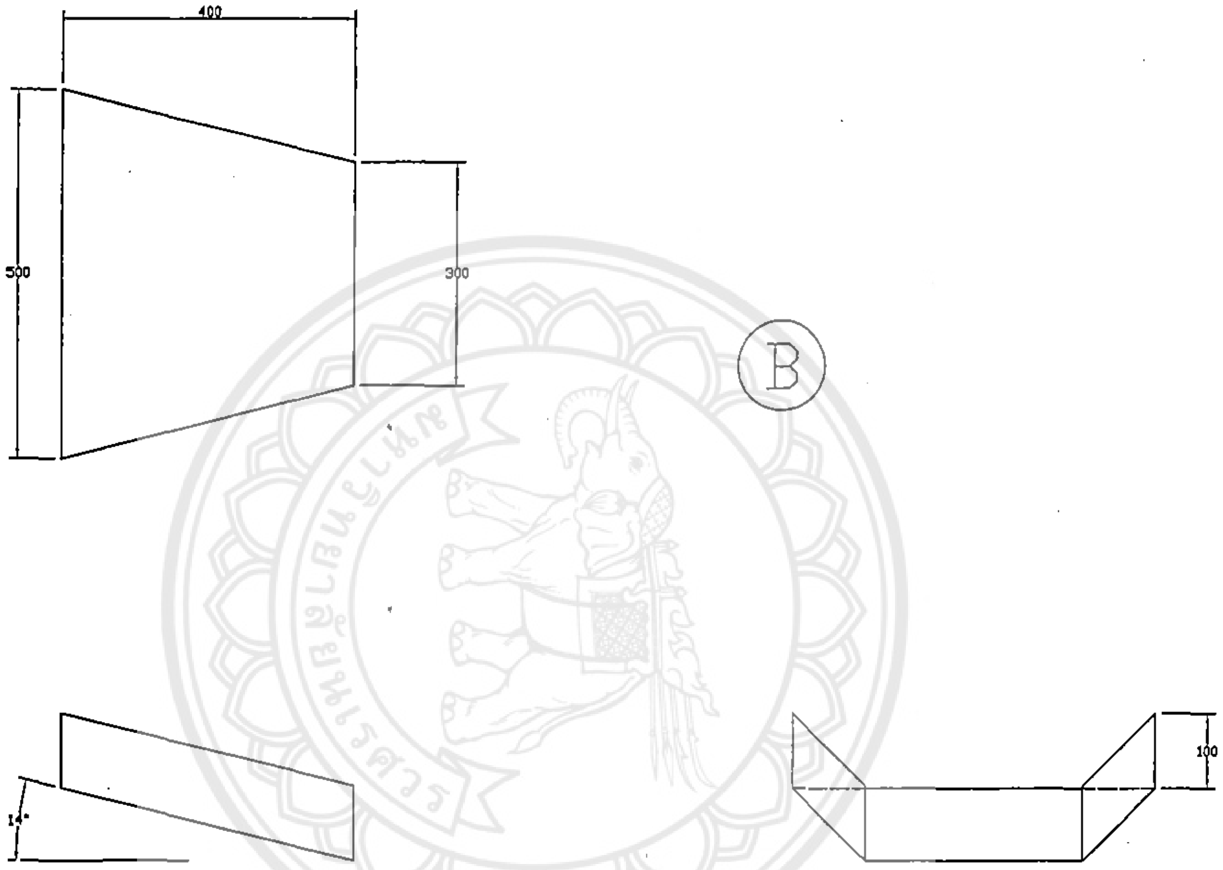
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	เครื่องสับ	SCALE : 1 : 15	DATE : 16/10/45
	PROJECT : เครื่องสับพืช	DRAW BY : ANURAK JAIRAK	PLATE : 01/08



NOTE : All dimension are in millimeters

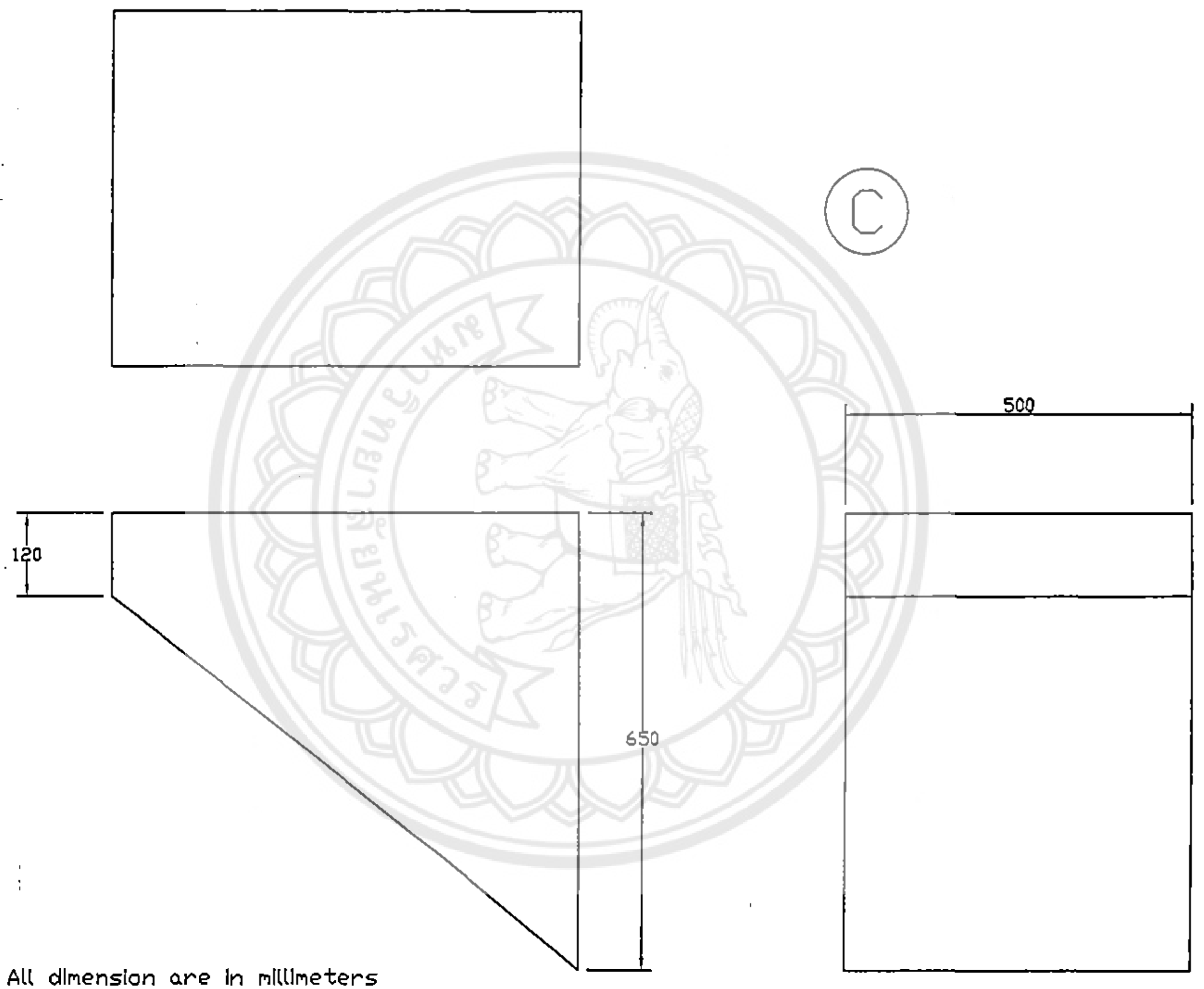
ITEM	QTY	PLATE	DESCRIPTION
A-9	4	02/08	ล้อเหล็ก ϕ100 mm
A-8	1	02/08	เหล็กกล่อง ขนาด 20x50 mm ยาว 530 mm
A-7	1	02/08	เหล็กหน้าตัด C ขนาด 40x75 mm ยาว 530 mm
A-6	2	02/08	เหล็กฉาก ขนาด 50x50 mm ยาว 1000 mm
A-5	2	02/08	เหล็กฉาก ขนาด 50x50 mm ยาว 530 mm
A-4	4	02/08	เหล็กฉาก ขนาด 50x50 mm ยาว 700 mm
A-3	2	02/08	เหล็กหน้าตัด C ขนาด 40x75 mm ยาว 530 mm
A-2	2	02/08	เหล็กหน้าตัด C ขนาด 40x75 mm ยาว 500 mm
A-1	2	02/08	เหล็กหน้าตัด C ขนาด 40x75 mm ยาว 11000 mm

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	โครงสร้าง	SCALE : 1 : 10	DATE : 16/10/45
	PROJECT : เครื่องสับพืช	DRAWN BY : ANURAK JAIRAK	PLATE : 02/08



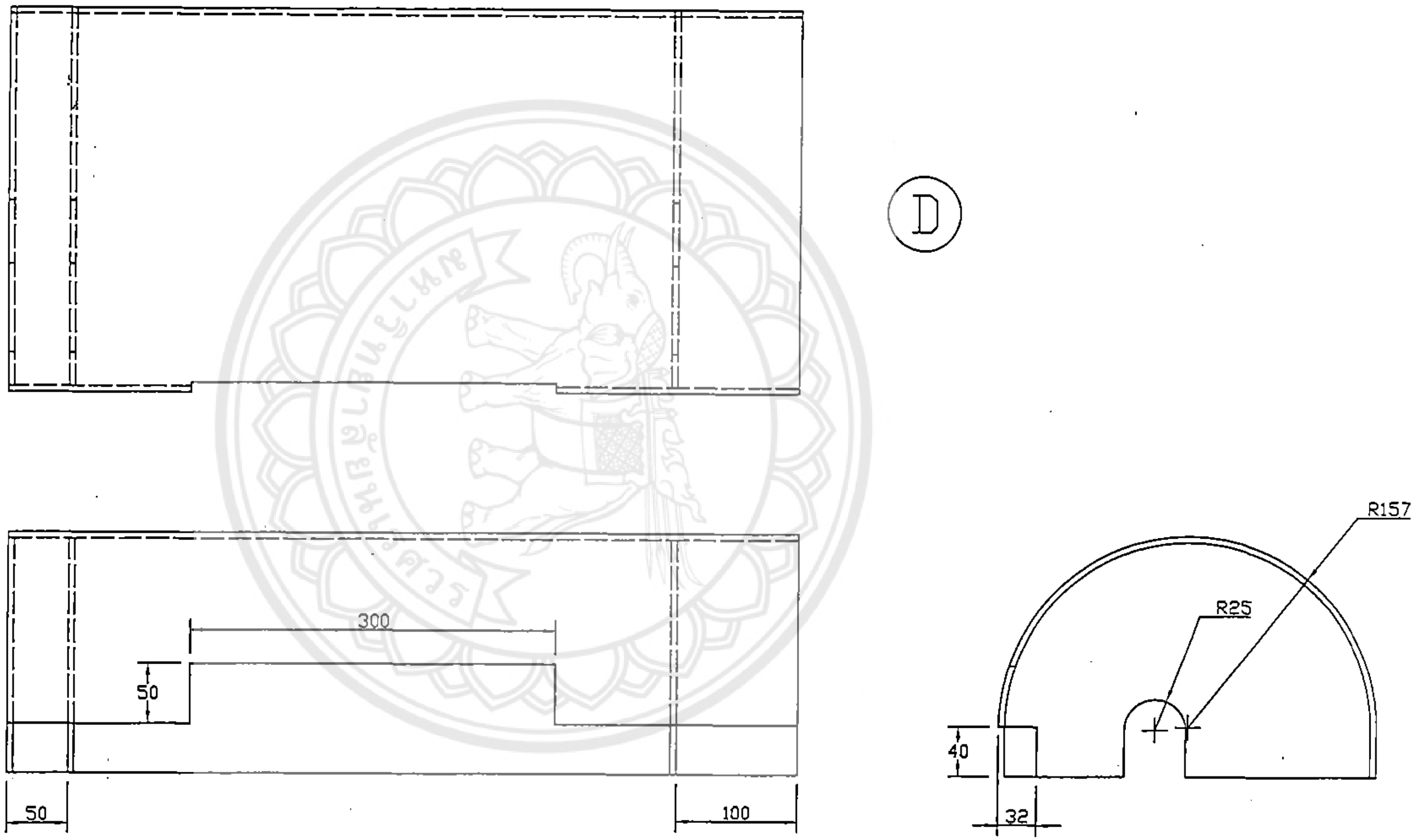
NOTE : All dimension are in millimeters

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ทางป้อนเข้า	SCALE : 1 : 10	DATE : 16/10/45	PLATE : 03/08
	PROJECT : เครื่องสับพืช	DRAW BY : ANURAK JAIRAK		



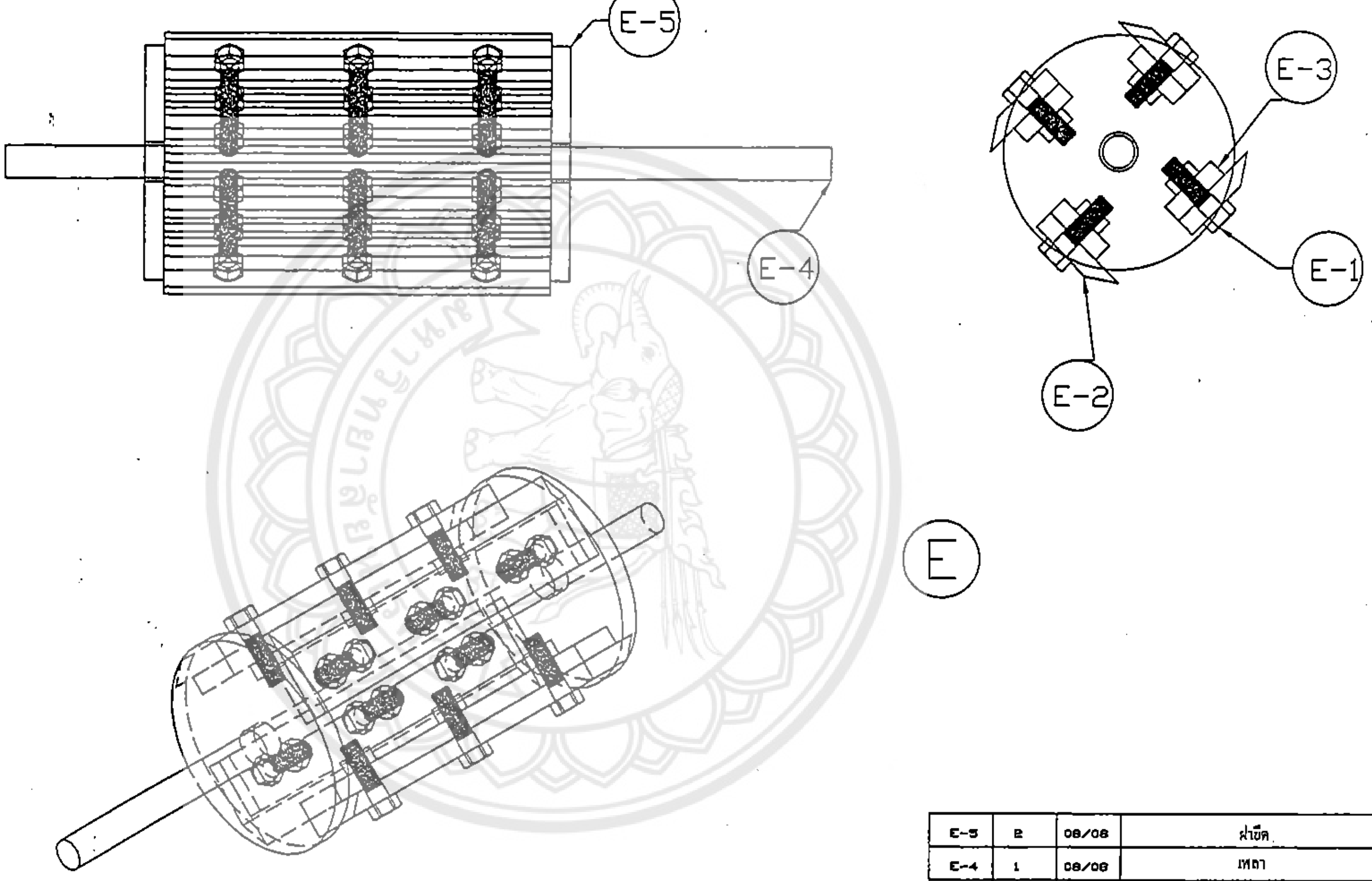
NOTE : All dimension are in millimeters

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ทางออก	SCALE : 1 : 10	DATE : 16/10/45	PLATE : 04/08
	PROJECT : เครื่องสับพืช	DRAW BY : ANURAK JAIRAK		



NOTE : All dimension are in millimeters

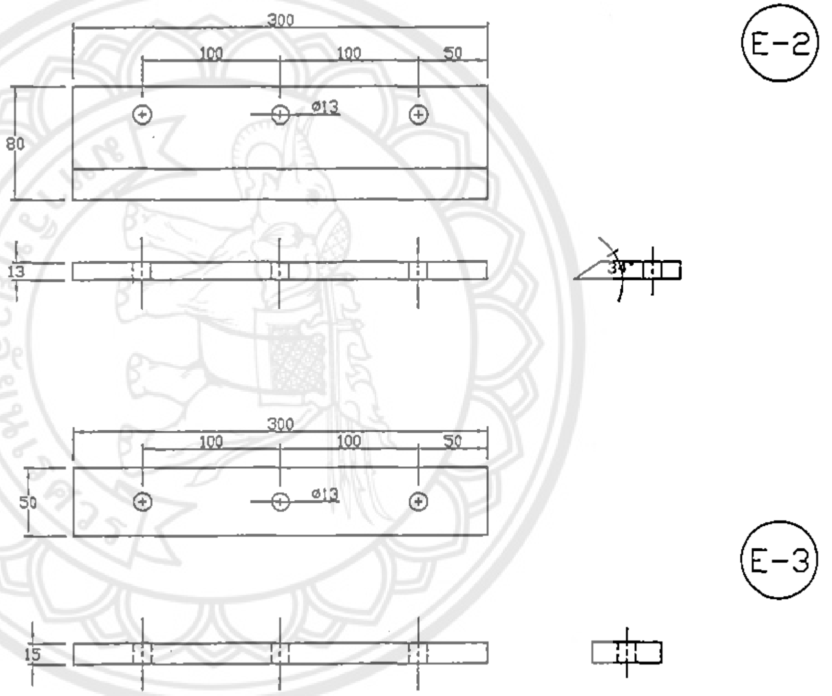
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ฝาครอบ	SCALE : 1 : 5	DATE : 16/10/45	PLATE : 05/08
	PROJECT : เครื่องสับพืช	DRAW BY : ANURAK JAIRAK		



NOTE : All dimension are in millimeters

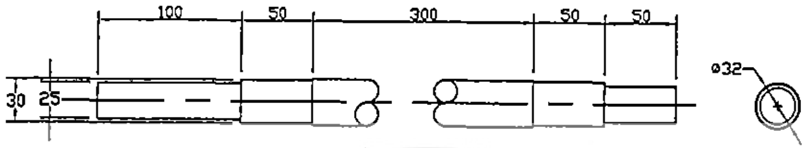
ITEM	QTY	PLATE	DESCRIPTION
E-5	2	08/08	ฝาปิด
E-4	1	08/08	เพลา
E-3	4	06/08	แท่นรอง
E-2	4	06/08	ใบมีด
E-1	5	05/08	นอตขนาด ϕ 13 mm

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ชุดใบมีด	SCALE : 1 : 5	DATE : 16/10/45 / PLATE: 06/08
	PROJECT : เครื่องสับพืช	DRAWN BY : ANURAK JAIRAK	

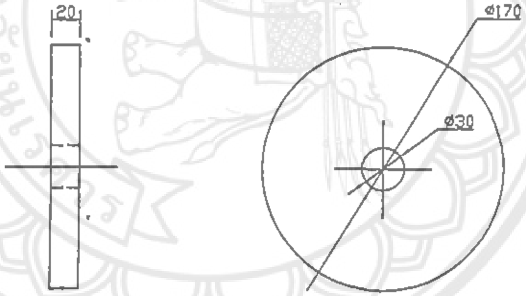


NOTE : All dimension are in millimeters

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ใบมีดและแท่นรอง	SCALE : 1 : 5	DATE : 16/10/45	PLATE : 07/08
	PROJECT : เครื่องสับพืช	DRAW BY : ANURAK JAIRAK		



E-4



E-5

NOTE : All dimension are in millimeters

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	เพลาและฝายึด	SCALE : 1 : 5	DATE : 16/10/45	PLATE : 08/08
	PROJECT : เครื่องสับพืช	DRAW BY : ANURAK JAIRAK		

ประวัติผู้ทำโครงงาน

1. นายศุภชัย แก้ววงษ์
เกิดวันที่ 29 เดือน กันยายน พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด 205 หมู่ 1 ต. แม่ดาว อ. แม่สอด จ. ตาก 63110

ประวัติการศึกษา	ชั้นประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านแม่ดาวใต้
	ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านแม่ดาวกลางมิตรภาพที่ 26
	ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสรรพวิทยาคม

2. นายอนุรักษ์ ใจรักษ์
เกิดวันที่ 6 เดือน เมษายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด 36/3 หมู่ 10 ต. วัดพริก อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65230

ประวัติการศึกษา	ชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 5	โรงเรียนวัดท่าโรงตะวันตก
	ชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 6	โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันออก
	ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
	ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม

3. นายอนุวัตร หมื่นยงค์
เกิดวันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด 10/1 หมู่ 4 ต. วัดขวาง อ. โพทะเล จ. พิจิตร 66130

ประวัติการศึกษา	ชั้นประถมศึกษา	โรงเรียนครุฑบัณฑิตพิทยา
	ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนตะพานหิน
	ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนตะพานหิน