



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027895

๒ ก.ค. 2534



ปฏิทินพันธบัตรการศึกษา 2533

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตัดผักตบชวา



1. นายพรพิพัฒน์ หุตะพรประ เสริฐ
2. นายสถาพร เพชรศรี

เลขหมึก	T 330b2 พด
เลขทะเบียน	027895
วัน, เดือน, ปี	12 ก.ค. 34

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายพิชิต กิตตินนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายอานาย บัณเภา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027895

เครื่องตัดผักตบชวา(CHOPPER FOR WATER HYACINTH)

พรพินันท์ หตะพรประเสริฐ

สถาพร เพชรศรี

อ. อำนวย ปิ่นงา อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. นิธิดี กิตตินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

ปริศยานี้เป็นฉบับนี้ ได้เรียบเรียงขึ้นจากผลงานประดิษฐ์เครื่องตัดผักตบชวาให้เป็น  
 ขึ้น ขนาดตามจุดประสงค์ที่จะนำไปใช้ โดยเน้นให้สามารถสร้างได้ง่าย มีราคาถูก สะดวกใน  
 การปฏิบัติงาน และบำรุงรักษาได้ง่าย มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ โครงสร้างของเครื่อง กว้าง  
 800 มิลลิเมตร ยาว 820 มิลลิเมตร สูง 1200 มิลลิเมตร ชุดใบมีดตัด ROLLER CUTTER  
 ซึ่งเป็นชุดที่เคลื่อนที่กับชุด CUTTER BAR ซึ่งเป็นชุดที่อยู่กับที่ ใบมีด กว้าง 60 มิลลิเมตร ยาว  
 110 มิลลิเมตร ชุดทรงกำลังมี มุเล่ย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร และส่วพาน วิ  
 มีการส่งกำลังโดยเครื่องยนต์รถไถเดินตาม ขนาด 7 แรงม้า ชุดป้อนผักตบชวา มี HOPPER ซึ่ง  
 มีขนาดกว้าง 745 มิลลิเมตร ยาว 810 มิลลิเมตร ความสามารถในการป้อน 6 กิโลกรัม  
 โดยมี ROLLER เป็นตัวช่วยดึงผักตบชวาไปสู่ชุดใบมีดตัด ชุดส่งผักตบชวาออกมีรางเหล็กโค้งเล็ก  
 น้อย การปฏิบัติงานใช้คนป้อนผักตบชวาทีละ 1 ชุด ( 6 กิโลกรัม) สามารถเลือกความเร็ว  
 รอบของใบมีดที่จะตัดผักตบชวาให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือตั้งแต่ 437.5 รอบ/นาที ขึ้น  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไปว่าจากการทดสอบ พบว่า ที่ความเร็วรอบของชุดใบมีดตัด 625 รอบ/นาที ได้ขนาดการตัด  
 โดยเฉลี่ย 0.8 เซนติเมตร และประสิทธิภาพ 97 % เหมาะสมที่สุด

1  
CHOPPER FOR WATER HYACINTH

PORNPIPAT HUTAPORNPRASERT

SATHAPORN PETCHSRI

PICHIT KITTINON ADVISOR

AUMNUAY PANNGA ADVISOR

ABSTRACT

THE DESIGN OF CHOPPER WATER HYACINTH FOR THE USEFUL OF  
PURPOSED SIZE

THE CONCEPTS OF DESIGN ARE OPERATION AND CONSTRUCTION  
EASILY , LOW COST AND RARELY MAINTENANCE

THE STRUCTURE IS 800 , 820 ,1200 mm IN WIDTH ,LENGTH,HIGHT  
RESPECTIVELY . THE CUTTER OF ROLLER WITH CUTTER BAR IS WIDTH (60 mm)  
, LENGTH (110 mm). THE TRANSMISSION IS CONSISTS OF PULLEY (160 mm  
DIAMETER) AND V-BELT . IT IS TRANSMITTED BY 7 Hp. ENGINE OF TRACTOR .

WATER HYACINTHS ARE FEEDED IN BY HOPPER (745 mm WIDTH ,  
810 mm LENGTH) . THE CAPACITY OF FEEDING IS 6 Kg WHICH ROLLER WILL  
SENT THEM INTO CUTTER . THEY ARE SENT OUT BY STEEL RAIL . IN THE  
OPERATION , WATER HYACINTH IS FEEDED 6 Kg PER 1 TIMES . AND WE CAN  
CHOOSE rpm OF CUTTER 437.5 rpm AND UPS. FROM THE EXPERIMENT IS FOUND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
THAT WE USE 625 rpm (CUTTER) THE MACHINE CAN CUT WATER HYACINTH 0.8  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
cm AVERAGE AND 97 % EFFICIENCY OPTIMUNLY.

## สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แหล่งน้ำที่สามารถค้นพบฝักตบชวา	4
1.2 โครงสร้างฝักตบชวา	4
2.1 เครื่องหันแบบที่ 1	7
2.2 เครื่องหันแบบที่ 2	9
2.3 เผลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ	12
2.4 ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยสายพานแบบ OPEN DRIVE	17
2.5 ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยสายพานแบบ CROSSED DRIVE	18
2.6 ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยสายพานแบบ QUARTER TURN DRIVE	18
2.7 การขับเคลื่อนด้วยสายพานแสดงการขับเคลื่อนโดยใช้ล้อช่วย	19
2.8 ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยสายพานแบบ REVERSE DRIVE	19
2.9 การขับเคลื่อนด้วยสายพานแบบ OPEN DRIVE	20
2.10 แรงในสายพาน	21
2.11 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	25
2.12 แรงบนสายพานลิ่ม	28
2.13 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม	34
2.14 การเชื่อมไฟฟ้า	36
2.15 รอยเชื่อมชนิดต่างๆ	37
2.16 รอยเชื่อมมุม	37
2.17 รอยเชื่อมรับแรงมีสมมาตร	41
2.18 รอยเชื่อมมุม	42
2.19 รอยเชื่อมรับแรงตัด	43

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญรูปภาพ	(ข)
สารบัญตาราง	(ค)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	7
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	56
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	75
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	102
กิตติกรรมประกาศ	107
เอกสารอ้างอิง	108



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบาทรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แหล่งน้ำที่สามารถค้นพบผักตบชวา	4
1.2 โครงสร้างผักตบชวา	4
2.1 เครื่องหันแบบที่ 1	7
2.2 เครื่องหันแบบที่ 2	9
2.3 เพลที่อยู่ภายใต้แรงต่างๆ	12
2.4 ลักษณะการขับด้วยสายพานแบบ OPEN DRIVE	17
2.5 ลักษณะการขับด้วยสายพานแบบ CROSSED DRIVE	18
2.6 ลักษณะการขับด้วยสายพานแบบ QUARTER TURN DRIVE	18
2.7 การขับด้วยสายพานแสดงการขับโดยใช้ล้อช่วย	19
2.8 ลักษณะการขับด้วยสายพานแบบ REVERSE DRIVE	19
2.9 การขับด้วยสายพานแบบ OPEN DRIVE	20
2.10 แรงในสายพาน	21
2.11 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	25
2.12 แรงบนสายพานลิ่ม	28
2.13 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม	34
2.14 การเชื่อมไฟฟ้า	36
2.15 รอยเชื่อมชนิดต่างๆ	37
2.16 รอยเชื่อมมุม	37
2.17 รอยเชื่อมรับแรงมีสมมาตร	41
2.18 รอยเชื่อมมุม	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ขนาดระบุตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969 (mm)	11
2.2 ตัวประกอบความล้า	15
2.3 ขนาดสายพานลิ่มและล้อยสายพานตามมาตรฐาน	26
2.4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ $d_p$ ของล้อยสายพานลิ่มตามมาตรฐาน	27
2.5 ตัวประกอบบาชังงาน	32
2.6 ค่าตัวประกอบ $k_2$	33
2.7 ตัวประกอบบาชังงาน $N_S$ สำหรับสายพานลิ่ม	35
2.8 สัญลักษณ์แสดงความต้านทานแรงดึงต่ำสุด	39
2.9 สัญลักษณ์แสดงส่วนยึด	39
2.10 สัญลักษณ์แสดงการต้านทานแรงกระแทก	40
3.1 ขนาดลิ่มมาตรฐานที่ใช้กับเพลานขนาดต่างๆ	64
3.2 มิติมาตรฐานและแรงประ เมีนของ ไรลิ่งแบร์ริง	66
3.3 มิติมาตรฐานและแรงประ เมีนของ ไรลิ่งแบร์ริง	67
3.4 มิติมาตรฐานและแรงประ เมีนของ ไรลิ่งแบร์ริง	68
3.5 ขนาดสายพานลิ่มและล้อยสายพานลิ่มตามมาตรฐาน	70
3.6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ $d_p$ ของล้อยสายพานลิ่มตามมาตรฐาน	71

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.20 แสดงการอบวัสดุชิ้นงานาให้อ่อน	47
2.21 แสดงการลดความเค้นวัสดุชิ้นงาน	48
2.22 แสดงการอบชุบแข็ง	49
2.23 แสดงการทามาร์เทมเปอร์ริง	52
2.24 แสดงการท้อสเทมเปอร์ริง	53
2.25 แสดงรอยแตกของวัสดุชิ้นงานที่เป็นมุมแหลม	55
2.26 แสดงรอยแตกของวัสดุชิ้นงานที่เป็นมุมแหลมและหน้าบางไม่เท่ากัน	55
3.1 รูปแสดงการคำนวณขนาดเพลลา	56
3.2 รูปแสดงการหาแรง	57
3.3 ภาพการคำนวณ	58
3.4 ภาพการคำนวณ	59
3.5 ภาพการคำนวณ	59
3.6 ขอบเขตของมิติของแบริงต่างๆ	65
3.7 ภาพถ่ายเครื่องตัดผักตบชวา	72
4.1 ภาพถ่ายประกอบแสดงการประกอบเครื่องก่อนใช้งาน	82
4.2 ภาพถ่ายประกอบแสดงการทดสอบน้ำมันด้วยเครื่องมือทดสอบ	82
4.3 ลักษณะของผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 250 rpm	93
4.4 ลักษณะของผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 312.5 rpm	94
4.5 ลักษณะของผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 375 rpm	95
4.6 ลักษณะของผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 437.5 rpm	96
4.7 ลักษณะของผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 500 rpm	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่รักรับผิดชอบใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง และจะส่งคืนเอกสารทุกครั้งที่มีคนนำไปใช้

## สารบาทรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 ลักษณะ ของผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 625 rpm	98
4.9 ลักษณะ ของผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 750 rpm	99



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

น้ำของโลกของเรา นั้นนับเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง และเราพบว่า 3 % ของน้ำทั้งหมด เป็นน้ำเค็ม ส่วนที่เหลือเป็นน้ำจืด เลที่เราสามารถพบเห็นได้ในรูป ธารน้ำแข็ง , ภูเขา น้ำแข็งที่อยู่ตามขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ เป็นต้น

น้ำนับเป็นแหล่งทรัพยากรอันมีค่าที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้ในการบริโภคของ มนุษย์ และสัตว์ , เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ ใช้ในด้านกิจกรรมนันทนาการ ต่างๆ ใช้ในทางอุตสาหกรรม เป็นต้น

แต่เราพบว่าในปัจจุบันปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของการบริหารทรัพยากรทางน้ำคือ พืช น้ำบางประเภทที่ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น การขัดขวางการไหลเวียนของน้ำ หรือเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำชนิดต่างๆ เป็นต้น

ปัญหาต่างๆข้างต้นนี้เราสามารถพบได้ในประเทศแถบร้อนเช่น BANGLADESH , SUDAN , ZAIRE , GUYANA , LAOS , CAMBIA รวมทั้ง ไทย ด้วย ทั้งนี้เพราะสภาพอากาศ แถบนี้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำพวกนี้เป็นอย่าง ซึ่งจะเห็นได้จาก อัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มจาก 2 ต้นเป็น 1,200 ต้นภายในระยะเวลา 130 วัน ตัวอย่างที่สำคัญของพืชน้ำเหล่านี้ได้แก่ ผักตบชวา

### การศึกษาเกี่ยวกับผักตบชวา

ผักตบชวาจัดได้ว่าเป็นพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามากที่สุดในโลก ตลอดเวลาหนึ่งศตวรรษที่ผ่านมาพืชชนิดนี้สามารถแพร่กระจายในประเทศต่างๆกว่า 50 ประเทศในเขตร้อนและกึ่งร้อนทั่วโลกนั้นไม่มีที่ใดเลยที่จะเอาชนะพืชชนิดนี้ได้ ในทางตรงกันข้าม ผักตบชวาได้สร้างความลำบาก

และก่อให้เกิด ปัญหานานับประการแก่วงการต่างๆที่ใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ การที่ผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สามารถที่จะ ครอบงำพื้นที่ได้ทั้งที่มนุษย์พยายามกำจัด เพราะ ผักตบชวามีความสามารถพิเศษ

หลายอย่าง เช่นผักตบชวามีกำลังผลิตสูงมาก มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงมาก เพราะในแต่ละใบสามารถที่จะกางรับแสงได้เต็มที่ และใบยังใช้แทนใบเรือเพื่อรับลมสำหรับลอยตามกระแสลม และบางครั้งอาจลอยทวนกระแสน้ำขึ้นน้ำไปได้ ถึงแม้ผักตบชวาจะเป็นพืชจมน้ำที่ลอยน้ำได้ (FLOATING PLANT) แต่ถ้าน้ำแห้งลง ผักตบชวาก็สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพที่น้ำแห้งลงได้โดยการหยั่งรากลงในโคลน ดินที่เคยใหญ่โตจะลดขนาดลง เหลือเป็นดินแคระมีก้านใบเพียง 1-2 เซนติเมตร ซึ่งปกติแล้วในขณะที่มีน้ำอย่างบริบูรณ์ จะยาวถึง 90 เซนติเมตร เมื่อกิ่งหน้าน้ำผักตบชวาก็จะรอดตายและหลุดลอยจากต้น แล้วเริ่มแตกใบใหม่แล้วค่อยเจริญเติบโตเหมือนปกติ นอกจากนี้ผักตบชวายังสามารถทนอยู่ในน้ำเค็มได้ในระยะเวลาสั้นๆ จากการที่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการนี้เอง ทำให้ผักตบชวากระจายไปอย่างกว้างขวาง และทำความเดือดร้อนให้แก่มนุษย์มากมาย มนุษย์ก็ได้แต่เพียงควบคุมไม่สามารถกำจัดได้อย่างเด็ดขาด

#### โครงสร้างของผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืชที่เจริญเติบโตที่ผิวน้ำ ต้นผักตบประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญได้แก่

1. ราก
2. ลำต้น
3. ใบผักตบชวา
4. ก้านใบ
5. ก้านยึดระหว่างต้น

ผักตบชวาเป็นพืชที่ไม่โต ขนาดของต้นแต่ละต้นนั้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนั้น ผักตบชวาเป็นวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็วมาก และยังเป็นตัวที่ทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำที่สำคัญในปัจจุบัน ดังนั้น เราจึงต้องพยายามกำจัดวัชพืชชนิดนี้

โครงสร้างแต่ละส่วนของผักตบชวาที่สำคัญได้แก่

ราก รากผักตบชวาเป็นรากพอยส์ตา อ่อนนุ่ม ไม่มีลักษณะ เส้นใยผสมอยู่

ขาดง่าย สำหรับต้นที่สมบูรณ์ขนาดความยาวของรากประมาณ 7-8 นิ้ว รากจะยึดติดกับโคลนดินซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า มีลักษณะอ่อนเช่นกัน จึงไม่เป็นอุปสรรคในการที่จะหันหน้าให้ขาดละ เอียด  
ไม่มีการเผยแพร่ หงสน ยกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องขออนุญาตทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลาตัน ลาตันผักตบชวาจะอ่อนมีลักษณะ เป็นหัวไม่มีเส้นใย ความสามารถ ในการทนแรง ฉีกฉีกน้อย สำหรับต้นที่สมบูรณ์และโตเต็มที่ ลาตันจะมีลักษณะ ที่ค่อนข้างกลม เส้นผ่า ศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้ว จึงไม่เป็นอุปสรรคในการหันให้ละ เอียด

ก้านใบ เป็นส่วนที่ยกใบให้โผล่ขึ้นเหนือน้ำ ลักษณะ ของก้านใบนั้นจะกลม ยาว และเรียวยาวจากลาตันใบใบ โครงสร้างของก้านที่ยังสดอยู่นั้น ช่างงานจะมีโพรงอากาศเล็กอยู่ ติดต่อกันตลอดทั้งก้าน เส้นใยที่แข็งแรงจะมีน้อย แต่ถ้าช่อกิ่งที่ผักตบชวาแห้ง หรือถูกน้ำขึ้นมา จากใต้น้ำตากแดดไว้ประมาณ 4-5 ช.ม. โพรงอากาศภายในจะมีการคายอากาศออก ทากให้เนื้อ เยื่อส่วนนี้จะมีการรัดตัว ทากให้เส้นใยมีลักษณะ เหนียวขึ้นอย่างมาก ถ้าหากทำการทดสอบโดยดึง ตามแนวยาว ก็ยากที่จะทากให้ส่วนนี้ขาด ดังนั้นการใช้มีดตัด จึงควรระวังขณะที่ตัดผักตบชวาที่ยังสดอยู่ และ ใบมีดตัดต้องตัดเป็นแนว ฉีกฉีกด้วย

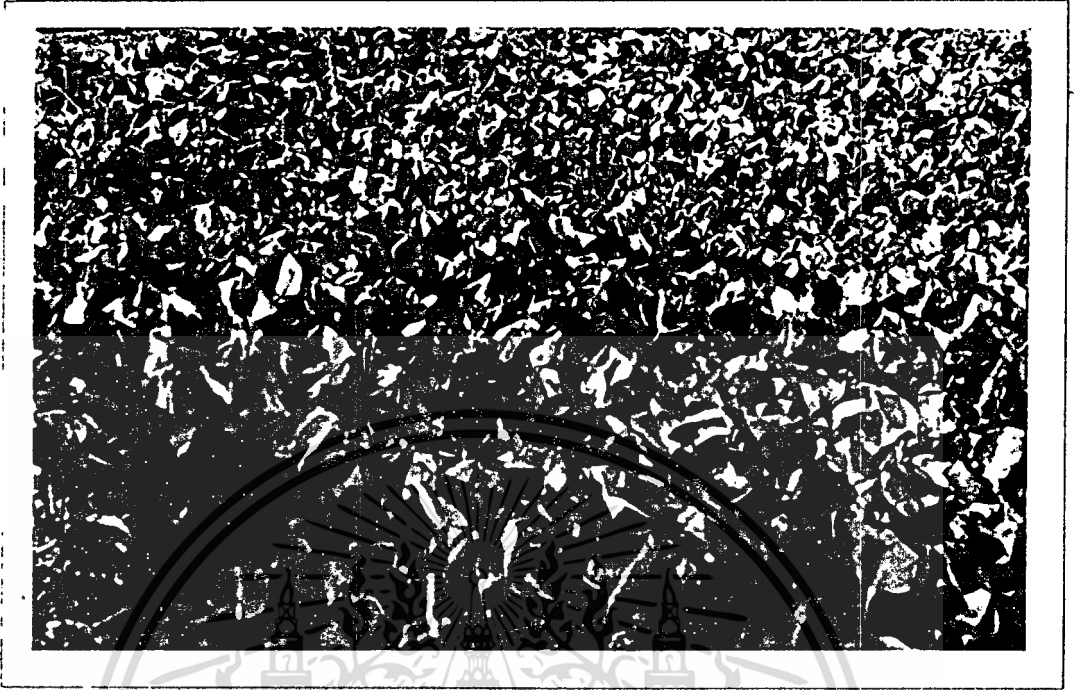
ใบผักตบชวา เป็นแผ่นบางประกอบด้วยก้านใบแตก เป็นสาขามากมาย ซึ่งก้านใบ มีลักษณะ เป็นเส้นใย แต่เส้นใยไม่เหนียวเหมือนก้านใบ จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการตัดเช่นกัน

ก้านยึดระหว่างต้น มีลักษณะ เดียวกับก้านใบ แต่จะแข็งกว่าก้านใบ โพรงอากาศ เล็กภายในจะน้อยกว่า เส้นใยภายในจะ ไม่เหนียวเหมือนก้านใบ สามารถหันให้ละ เอียดได้โดย ใช้น้ำมีดตัดตามแนว ฉีกฉีก

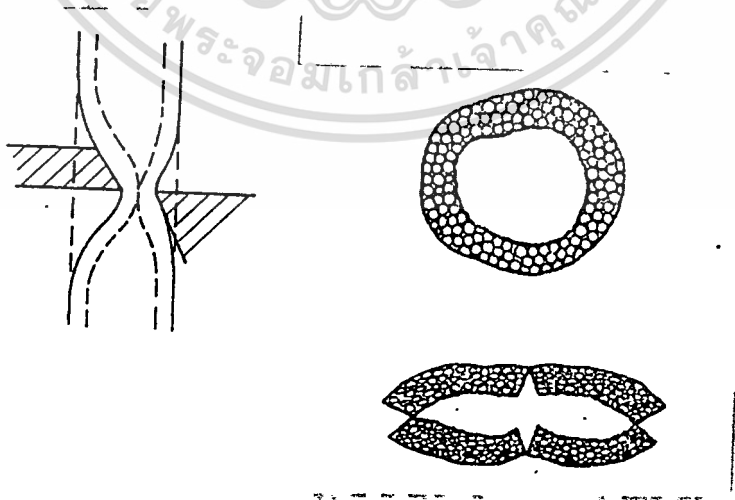
#### การแพร่กระจายของผักตบชวา

ถิ่นเดิมของผักตบชวาแถบ อเมริกาใต้ ประเทศบราซิล แต่ในระยะเวลาไม่ถึง 100 ปี พืชนี้ก็กระจายไปทั่วโลก เท่าที่บันทึกไว้เป็นหลักฐานพบว่านักธุรกิจชาวญี่ปุ่น ได้นำไปแสดงใน นิทรรศการผ้าฝ้าย (COTTON STATE EXPOSITION) ณ เมืองนิวยอร์ก สิ้นส์ รัฐหลุยส์เซียน่า สหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ. 2427 แล้วแจกเป็นของขวัญระลึกแก่บุคคลสำคัญที่มาเที่ยวงาน หลังจากนั้นเพียง 11 ปี แม่น้ำเซนต์จอนท์ ในรัฐฟลอริดา เกิดมีผักตบชวาวายาวถึง 100 ไมล์ และคลุมบริเวณห่างจากฝั่งไป 200 ฟุต ทากให้เกิดอุปสรรคต่อการสัญจรไปมา จนถึงกับมีการร้อง เหยื่อไปยังรัฐสภาเพื่อขอความช่วยเหลือในด้านการกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แหล่งน้ำที่สามารถค้นพบผักตบชวา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแ่รูปที่ 1.2 โครงสร้างผักตบชวา เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี พ.ศ. 2424 ชาวต่างชาติปกครองประเทศอินโดนีเซียได้นำฝักคบบชวานทวีปยุโรป  
เข้ามายังประเทศอินโดนีเซีย เมื่อแรกนำเข้ามาก็นำมาปลูกไว้ที่ สวนพฤกษชาติในเมืองบอก  
ต่อจากนั้นไม่นานก็แพร่กระจายไปตามลุ่มน้ำต่างๆอย่างรวดเร็ว

### สาเหตุที่ต้องกำจัดฝักคบบชวา

ฝักคบบชวาทำให้เกิดปัญหาแก่งการที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำดังต่อไปนี้

1. การชลประทาน จากการศึกษาที่ฝักคบบชวาขึ้นหนาแน่นทำให้ การพัฒนาแหล่งน้ำไม่  
ได้ผลตามเป้าหมาย เนื่องจากพบฝักคบบชวาจะลดการไหลของน้ำลง 40 % นอกจากนี้ส่วนต่างๆ  
ของฝักคบบชวาที่จมลงใต้น้ำทำให้เกิดอุปสรรคกับการระบายน้ำของผาย, ประตูระบายน้ำ และอื่นๆ  
ทำให้ทางเดินของน้ำเกิดขึ้นเร็วกว่าปกติ และ เกิดน้ำท่วมในหน้าน้ำได้

2. การเกษตร ฝักคบบชวาที่เจริญในนาข้าวจะ เบียดและทับถมข้าวจนหักล้ม บดบัง  
แสงสว่างแยงอาหาร ธาตุ และน้ำ ตลอดจนที่อาศัยของศัตรูที่ทำความเสียหายให้แก่ข้าว และ  
จากการที่เราไม่สามารถพัฒนาแหล่งน้ำไม่ได้ผลเต็มที่เนื่องจากฝักคบบชวา เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบ  
กระเทือนต่อการกลไกกรรมที่ต้อง ใช้การชลประทานช่วย

3. การประมง ถ้าฝักคบบชวาขึ้นอย่างหนาแน่น ในแหล่งน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาจะทำ  
ให้เกิดอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เนื่องจากทำให้ลดปริมาณแสงสว่าง นอกจากนี้ยัง  
ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน การระบายน้ำไม่สะดวก การจับสัตว์น้ำเป็นไปไม่ได้โดยลำบาก

4. การไฟฟ้าพลังน้ำ ฝักคบบชวาที่เคยขึ้นอย่างหนาแน่นในอ่างเก็บน้ำ จะทำให้  
อ่างเก็บน้ำตื้นเขินแยงพื้นที่ในการกักเก็บน้ำ ทำให้มีปริมาณลดลง หรืออาจทำให้เครื่อง  
กำเนิดไฟฟ้าอุดตัน ตลอดจนเป็นสาเหตุในการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงขึ้น

5. การสาธารณสุข ฝักคบบชวาสามารถเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ต่างๆที่เป็นพาหะ  
ของโรค ดังนี้

- หอยใบที่เนี่ย ซึ่งเป็นพาหะนำโรคใบไม้ชนิด

- ลูกน้ำของยุงโรคเท้าช้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
- เป็นที่อาศัยของสัตว์ร้าย เช่น งูพิษ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุตบแต่งและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การคมนาคมทางน้ำ เป็นอุปสรรคที่สำคัญที่กีดขวางการสัญจรทางน้ำ

คลองบางแห่ง

7. การท่องเที่ยว ทาลายความสวยงามของแหล่งน้ำนั้นๆ

8. การเศรษฐกิจและสังคม ต้องใช้จ่ายงบประมาณในการกำจัดผักตบชวาแทนที่จะนำมาใช้พัฒนาส่วนอื่นที่จำเป็น

การกำจัดผักตบชวา

กรรมวิธีเกี่ยวกับการกำจัดผักตบชวาที่นิยมใช้ทั่วไปมีดังนี้

1. การกำจัดด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช (CHEMICAL CONTROL):

วิธีนี้นิยมกันมากในประเทศที่พัฒนาแล้ว เพราะ เป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด และรวดเร็ว มีประสิทธิภาพสูง เมื่อเทียบกับวิธีกำจัดวิธีอื่น

2. การควบคุมโดยชีววิธี (BIOLOGICAL CONTROL)

คือการใช้ศัตรูตามธรรมชาติของผักตบชวาเป็นตัวควบคุมการระบาดของผักตบชวาเอง จุดประสงค์เพื่อการควบคุมการระบาดของวัชพืชน้ำมิให้เกิดความเสียหาย

3. วิธีกำจัดทางกล (MACHINICAL CONTROL)

การกำจัดโดยวิธีนี้ เป็นการนำเครื่องมือหรือเครื่องจักรช่วยในการกำจัดผักตบชวา โดยการถก ลาก ตึง และนำมากำจัด ตัด บด หรือหั่น ซึ่งวิธีนี้สามารถทำได้ง่าย สะดวก และไม่ทำให้น้ำเน่าเสียเป็นพิษแต่อย่างใด

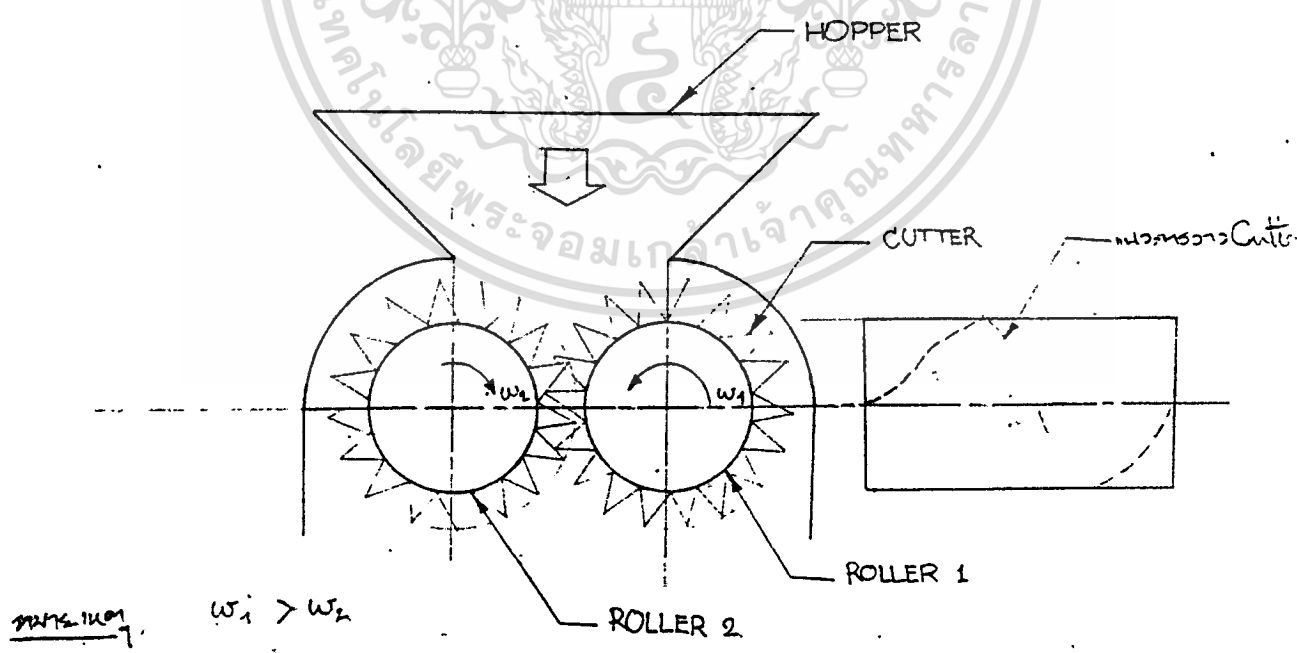
บทที่ 2

ทฤษฎีหรือหลักการ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบเครื่องหัน

1. แบบที่ 1

จากการที่ได้ศึกษาเครื่องจักรกลเลขตร 1 และ 2 ได้แนวความคิดจากเรื่อง เครื่องสีข้าวจากการกระเทาะเปลือกโดยมีโรลเลอร์ 2 ตัว หมุนเข้าหากันแต่ความเร็วรอบของโรลเลอร์แต่ละตัวไม่เท่ากัน ซึ่งก่อให้เกิดการเสียดสีที่ทาให้เปลือกข้าวกระเทาะออกได้ และตรงจุดนี้ได้ความคิดที่ว่า ถ้าใช้หลักการนี้มาสร้าง เครื่องหันโดยติดใบมีดรอบโรลเลอร์จะ ได้หรือไม่ดังรูปที่ 2.1



พจนานุกรม

## หลักการทํางาน

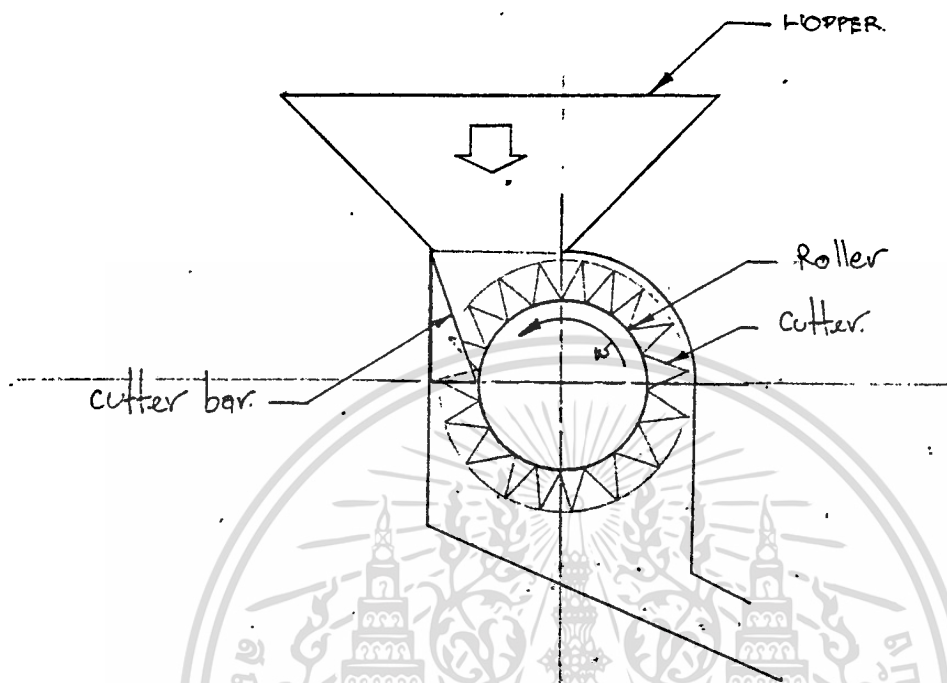
เพลลาของ ROLLER ทั้งสองตัวยึดติดกับคานแข็งแรงทั้งสองด้านและด้านนอกของเพลลาตัวที่ 1 จะมี PULLEY สายพานซึ่งต่อมาจากเครื่องยนต์ ส่วนอีกด้านของเพลลาทั้งสอง จะมีเฟืองตรงถ่ายทอดกำลังจากเฟืองตัวที่ 1 ไปเพลลา 2 โดย DIAMETER เฟือง 1 เล็ก กว่าเฟือง 2 สามเท่า เพื่อให้  $W_1 > W_2$

ผักตบชวาที่จะหันก้านทางด้าน HOPPER บล่อยาให้ตกลงไปโดน CUTTER เพื่อจะหัน โดยที่ชุด CUTTER 1 เป็นตัวหัน ส่วนชุด CUTTER 2 จะเป็น BAR รับ จากการตีความความเป็นไปได้พบว่าปัญหาที่ตามมาคือ

1. ต้องใช้จำนวนใบมีดมาก
2. ต้องใช้เฟืองถ่ายทอดกำลังขนาดใหญ่ทำให้สิ้นเปลืองและยุ่งยาก
3. การหันอาจไม่ละเอียดตามต้องการ

## 2. แบบที่ 2

จากการได้ศึกษาแบบที่ 1 มานั้น พบว่าการสร้างมีขั้นตอนในการทํางานมากจึงได้มีการศึกษาแบบที่ 2 โดยที่มี ROLLER ชุดที่ 1 และใบมีดตัดเหมือนเดิมทุกอย่าง แต่ ROLLER ตัวที่ 2 จะไม่มี แต่จะใช้ใบ CUTTER ยึดติดกับที่เป็น BAR รับแทน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องหินแบบที่ 2

#### หลักการทํางาน

ROLLER ติดใบมีดมีอยู่ 1 ชุด และ CUTTER BAR ซึ่งอยู่กับที่ 1ชุด เผลาของ ROLLER ยึดติดกับคานแข็งแรง โดยมี BALL BARING รองรับ ติด PULLEY สายพานวี ที่ เผลาเพื่อต่อเข้ากับชุดกำลังขับ ROLLER จะจับใบมีดตัด 800-900 RPM.

จากการศึกษาความเป็นไปได้ จะมีปัญหาน้อยกว่าแบบแรกมาก การสร้างจะง่าย กว่าไม่ยุ่งยาก การทํางานและการ FEED ฝักตบก็เป็นเหมือนแบบแรก จึงเลือกใช้แบบนี้

#### หลักการของ เครื่องหินมัดคชวา

1. ชุดใบมีด
2. ชุดบ่อนผักตบชวา
3. ชุดส่งถ่ายกาก้าง
4. ชุดลาเสียงผักตบออก

#### หลักการทำงานของ เครื่อง

1. เมื่อนำชุดต้นกาก้าง (รถไถเดินตาม) มาต่อเข้ากับชุดเครื่องที่หน้าผักตบชวา การส่งถ่ายกาก้างทำได้โดยใช้สายพาน B120 ต่อจากมูเลย์ซ์ของเครื่องยนต์ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร เข้ากับมูเลย์ซ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร
2. เดินเครื่องยนต์รถไถเดินตาม ให้มีความเร็วรอบที่ 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200 รอบ/นาที จะมีการส่งกาก้างไปที่เครื่องที่หน้าผักตบชวา โดยผ่านชุดส่งถ่ายกาก้าง คือ จากมูเลย์ซ์ขับ ไปยังมูเลย์ซ์ตาม ซึ่งจะลดความเร็วรอบให้เหลือ 10/16 เท่า
3. จากมูเลย์ซ์ตามที่ติดอยู่ที่แกนเพลลา จะมีผลให้เพลลาหมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 10/16 เท่าของความเร็วของเครื่องยนต์ด้วย ทำให้โรลเลอร์ที่เป็นส่วนหนึ่งของชุดบ่อนผักตบชวา และเป็นที่ยึดของใบมีด หมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากับความเร็วรอบของเพลลา ซึ่งทำให้ผักตบชวาถูกนำเข้าไปในส่วนของการตัดและนำออกมาเมื่อตัดเสร็จแล้ว
4. เมื่อโรลเลอร์ หมุนไปด้วยความเร็วรอบต่างๆ จะทำให้ชุดใบมีดที่หมุนตามโรลเลอร์ไปด้วย เกิดมีความเร็วขึ้นที่ชุดใบมีด ส่วนที่เป็น ROLLER CUTTER ทำให้เกิดการเสียดกันระหว่าง ROLLER CUTTER กับ CUTTER BAR ซึ่งเป็นส่วนของชุดใบมีดเป็นผลให้ผักตบชวาถูกการเฉือนขาดออกได้
5. เมื่อชุดใบมีดที่หน้าผักตบชวาเรียบร้อยแล้ว ชุดลาเสียงผักตบชวา จะทำการลาเสียงผักตบชวาที่ตัดแล้วออกไป โดยมี ROLLER และ ROLLER CUTTER เป็นตัวช่วยดันผักตบชวาออกมาตามราง เหล็กที่ทาสีขึ้นมา เพื่อให้ผักตบชวาไหลออกมาอย่างเป็นระเบียบ และทิศทางแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ที่เพลลา (การออกแบบเครื่องจักรกล เล่มที่ 1) อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. การออกแบบเพลา (SHAFT)

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือ แรงดัดหรือแรงหลายอย่างรวมกัน ก็ได้ การคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วยด้วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเพราะ ความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน นอกจากนั้นเพลาจะต้องมีความแข็งแกร่ง (RIGIDITY) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลา ให้อยู่ในขีดจำกัดที่เหมาะสม ระยะโก่ง (DEFLECTION) ของเพลา ก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลาเช่นเดียวกัน

### 1.1 วัสดุเพลา

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศได้กำหนดมาตรฐานของ เพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (NOMINAL SIZE) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของ แบริ่ง ที่ใช้รองรับเพลาด้วย (ดูตารางที่ 2.1 ประกอบ)

ตาราง 2.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969 (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	

## 1.2 การพิจารณาในการออกแบบ

ในทางปฏิบัติ จะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3 องศา ต่อความยาวเพลา 1 เมตร สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 1 องศาต่อความยาวเพลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลา

ระยะโก่ง (DEFLECTION) โดยทั่วไปแล้วผู้ออกแบบจะถือค่านี้เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งแรงทางด้านระยะโก่งได้คือ

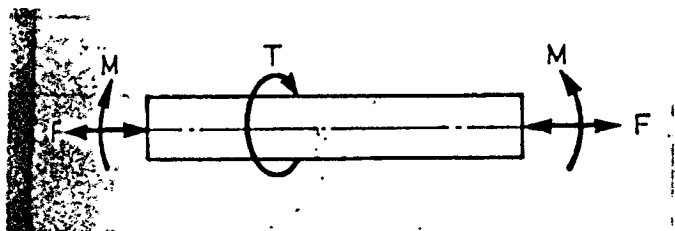
- สำหรับเพลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบร็ง ควรจะไม่เกิน  $0.08 \text{ mm/m}$

- สำหรับเพลาที่มีเฟืองตรง (SPUR GEAR) คุณภาพที่อยู่ ระยะโก่งตำแหน่งที่มีเฟืองชบกันไม่ควรเกิน  $0.125 \text{ mm}$  และความลาดเอียงของเพลาตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า  $0.0286$  องศา

- สำหรับเพลาที่มีเฟืองดอกจอก (BEVEL GEAR) คุณภาพที่ดีอยู่ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่เฟืองชบกันไม่ควรเกิน  $0.075 \text{ mm}$

## 1.3 การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME

วิธีการนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (STATIC DESIGN METHOD) ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลา ตามรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ **รูปที่ 2.3 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ** และเผยแพร่หรือแจกจ่ายเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เพลมาเป็นเพลากลมหรือเพลากลาง เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน หรือ  
ภายนอก เท่ากับ  $d_i$  และ  $d$  ความเค้นต่างๆที่เกิดขึ้นบนเพลามีดังนี้คือ

ความเค้นดึงหรือกด

$$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad (1.1)$$

ความเค้นดัด

$$\sigma_b = \frac{MC}{I} = \frac{32 Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (1.2)$$

ความเค้นเฉือน

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16 Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (1.3)$$

งานกรณีที่เปเป็นแรงกด อาจจะมีการก่งงอ (BUCKLING) ดังนั้นสมการ

(1.1) จึงกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4 \alpha F}{(d^2 - d_i^2)} \quad (1.4)$$

เพลส่วนมากอาจอยู่ภายใต้ความดันที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะ เพลหมุนอยู่  
ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลจึงเกิด  
การเสียหายเนื่องจากความล้าเสียหายส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (FATIGUE  
FACTOR) มาเกี่ยวข้องด้วย  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$C_m$  = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

$C_t$  = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

จากสมการ (1.2) และ (1.3) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32 C_m M_d}{\pi (d^4 - d_i^4)} \tag{1.5}$$

และ

$$\tau_{xy} = \frac{16 C_t T_d}{\pi (d^4 - d_i^4)} \tag{1.6}$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึง โดยรวม  $\sigma = \sigma_a + \sigma_b$  (1.7)

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau_{max} = [\tau_{xy}^2 + (\sigma/2)^2]^{1/2} \tag{1.8}$$

แทนค่าสมการ (1.4) (1.5) (1.6) และ (1.8) จะได้

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau (1-k^4)} \left[ (C_t T)^2 + [(\alpha F d (1+k)^2)/8 + C_m M]^2 \right]^{1/2} \tag{1.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 ตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	$C_m$	$C_t$
- เพลายู้งิ่ง		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
- เพลาหมุน		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

สำหรับตัวประกอบโค้งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ค่าดังนี้

$$= 1 \quad \text{เมื่อ } F \text{ เป็นแรงดึง}$$

$$= \frac{1}{1 - 0.004 \frac{4L}{k}} \quad \text{เมื่อ } L/k \leq 115$$

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

$$\pi^2 n E$$

โดยที่  $n = 1.00$  เมื่อกลายเป็นแบบยึดทั้งสองด้าน

ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \quad (1.11)$$

$$Gd^4$$

ถ้าเป็นเพลากลมกลาง

$n = 2.25$  เมื่อปลายเป็นแบบสล้อยทั้งสองด้าน

$n = 1.60$  เมื่อปลายเพลาถูกขึ้นเป็นบางส่วน

$L =$  ความยาวจริงของเพลา

นอกจากนี้ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่า เพลาซึ่งมีรอยร้าวในเพลาธรรมดาทั่วไป จะมีค่าความเค้นเฉือนงานดังนี้

$\tau_d = 55 \text{ N/mm}^2$  สำหรับเพลาที่ไม่มีร่องลึ้ม

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

#### 1.4 ความแข็งแรงทางด้านบิด

สำหรับเพลาที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น rad จะหาค่าได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \quad (1.10)$$

สำหรับเพลากลมตัน  $J = (\pi/32)d^4$  ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิด เป็นองศาได้

ดังนี้คือ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \quad (1.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งถ้าเป็นเพลากลมกลวง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

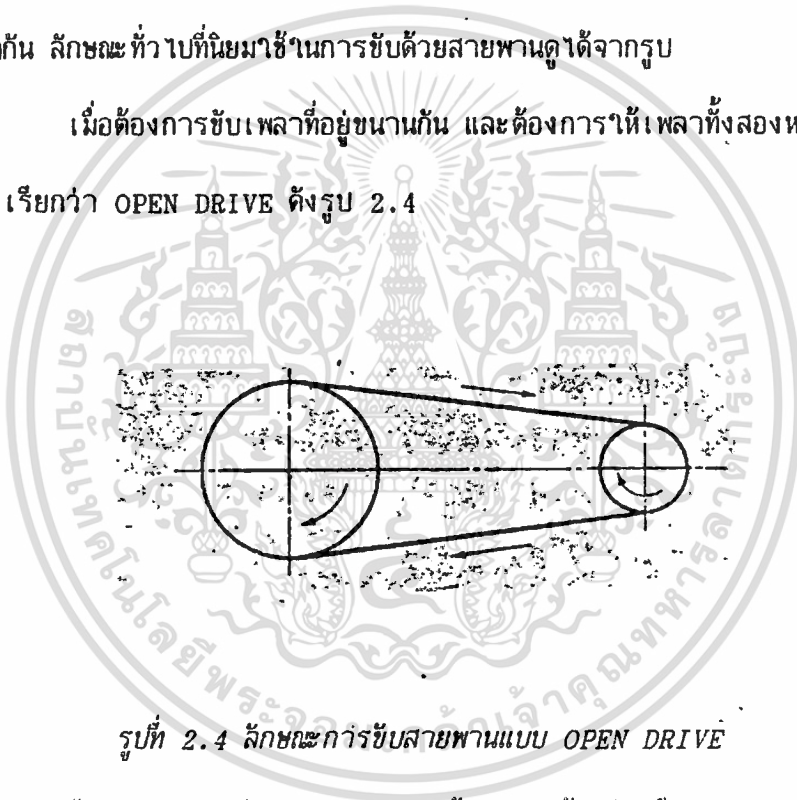
$$\Theta = \frac{584}{(1-K^4)} Gd^4 \quad (1.12)$$

สายพาน (การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2)

### 1. ลักษณะแรงขับด้วยสายพาน

เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขับของสายพานได้ต่าง ๆ กัน ลักษณะทั่วไปที่นิยมใช้ในการขับด้วยสายพานดูได้จากรูป

เมื่อต้องการขับเฟลาที่อยู่ขนานกัน และต้องการให้เฟลาทั้งสองหมุนอยู่ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า OPEN DRIVE ดังรูป 2.4

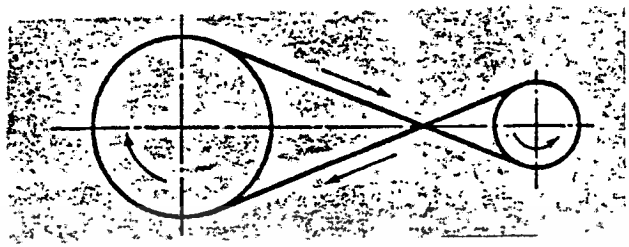


รูปที่ 2.4 ลักษณะการขับสายพานแบบ OPEN DRIVE

ถ้าเฟลาอยู่ห่างกันมาก ควรจะให้สายพานด้านล่างตึง (TIGHT) และด้านบนหย่อน (SLACK) แต่ถ้าต้องการให้เฟลาหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน ซึ่งเรียกว่า CROSSED DRIVE ดังรูป 2.5

แต่การขับด้วยวิธีนี้ จุดที่สายพานไขว้กันจะทำให้สายพานตึง ทำให้สายพานเกิดการสึกหรอมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันมิให้สายพานสึกหรอมากเกินไป จึงควรให้ล้อยางอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 20 เท่าของความกว้างสายพาน และทำงานด้วยความเร็วสายพานไม่เกิน 15 เมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยสายพานแบบ *CROSSED DRIVE*

การขับเคลื่อนแบบ *QUARTER TURN DRIVE* ใช้เมื่อเพลาทั้งสองตั้งฉากกัน และเพื่อป้องกันมิให้สายพานหลุดออกจากร่อง *PULLEY* ควรทำร่องให้ลึกกว่าที่กำหนดดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยสายพานแบบ *QUARTER TURN DRIVE*

เมื่อต้องการอัตราทดมากของการขับเคลื่อนแบบ *OPEN DRIVE* ก็ไม่สามารถขับเคลื่อนได้

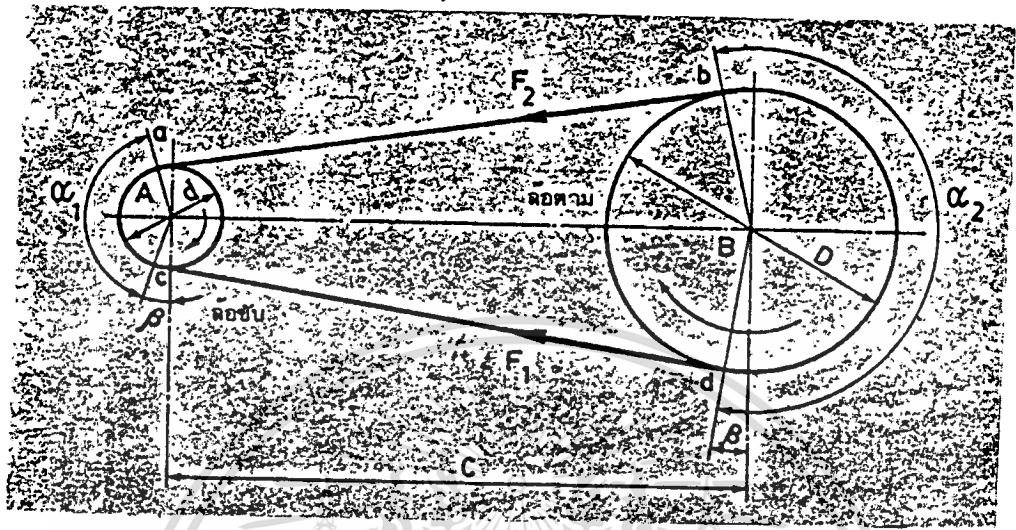
เพราะ *ARC OF CONTACT* บนล้อสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป หรือไม่สามารถทำให้สายพานตึง

โดยวิธีอื่น ก็อาจทำได้โดยใช้ล้อช่วย (*IDLER*) ดังรูป 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลศาสตร์ของสายพานแบน



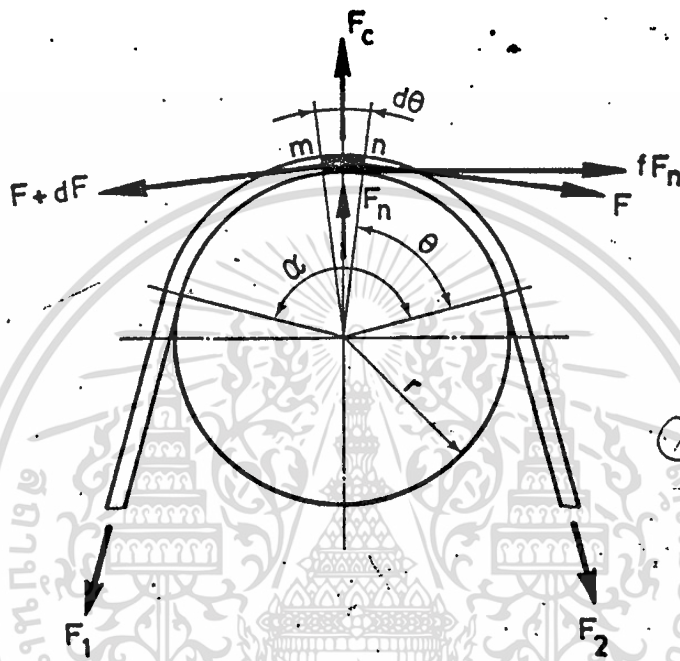
รูปที่ 2.9 การขับเคลื่อนสายพานแบบ OPEN DRIVE

จากรูป 2.9 จะเห็นได้ว่าสายพานจะเกิดการยึดจากล้อสายพานหนึ่ง ไปยังล้อสายพานอีกล้อหนึ่ง ขณะที่สายพานหยุดนิ่งแรงดึงในสายพานจะเท่ากันตลอดทั้งเส้น เมื่อเพลาที่ติดอยู่กับล้อสายพาน A เริ่มหมุน จะเกิดโมเมนต์บิดตามลูกศร แต่จะเกิดแรงต้านที่ล้อตาม คือสายพาน B ทำให้สายพานช่วง c ถึง d เกิดแรงดึง และสายพานจะดึง ส่วนสายพานช่วง a-b จะหย่อน เมื่อแรงดึงในสายพานช่วง c-d เพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ  $F_1$  (แรงดึงในด้านตึง) และแรงดึงในสายพานช่วง a-b ลดลงจนมีค่าเท่ากับ  $F_2$  (แรงดึงระยะหย่อน) แรงดึงเหล่านี้จะมีทิศทางตรงกันข้าม ตามแนวของสายพานจึงทำให้ล้อของสายพาน B หมุนในทิศทางตามลูกศรด้วยแรงดึง  $F$  ซึ่งสมการ

$$F = F_1 - F_2 \tag{2.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง  $F_1$  และ  $F_2$  ขึ้นอยู่กับค่าส่วนโค้งสัมผัสของสายพาน สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างสายพานกับผิวหน้าล้อสายพาน และแรงหนีศูนย์กลางภายในสายพาน ซึ่งจะวิเคราะห์หาค่าได้ดังนี้



รูปที่ 2.10 แรงในสายพานแบน

พิจารณาสายพานแบนความยาว  $m-n$  ดังรูป รองรับมุมที่จุดศูนย์กลาง  $d\theta$  แรงที่กระทำกับสายพานยาว  $m-n$  จะประกอบไปด้วย

แรงดึง  $F$  และ  $F + dF$  ในสายพาน แรงปฏิบัติ  $F_n$  เนื่องจากการสัมผัสกันระหว่างสายพานและล้อสายพาน แรงเสียดทาน  $fF_n$  และแรงหนีศูนย์กลาง  $F_c$

ถ้าสายพานมีน้ำหนัก  $w$  N/mm<sup>3</sup> มีพื้นที่หน้าตัด  $A$  mm<sup>2</sup> และถ้าล้อสายพานมีรัศมี  $r$  mm ดังนั้น น้ำหนักของสายพานยาว  $m-n$  คือ  $wAr d\theta$  และ

$$F_c = mr\omega^2 = (wAr d\theta)r\omega^2/g = wAv^2 d\theta/g \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $\omega$  = ความเร็วเชิงมุมของล้อยางเป็น rad/s

$v$  = ความเร็วสายพานเป็น mm/s

$g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกเป็น mm/s<sup>2</sup>

เนื่องจาก  $d\theta$  เป็นมุมเล็กมากจึงอาจประมาณได้ว่า  $\cos \theta = 1$  และ

$\sin \theta = \theta$  rad ดังนั้นเมื่อรวมแรงในแนวระดับจะได้

$$fF_n = dF$$

และรวมแรงในแนวตั้งจะได้

$$F_c + F_n = (F + 1/2dF)d\theta \quad (2.3)$$

เอา  $F_n$  ออกจากสมการนี้จะได้

$$dF = f(F + 1/2dF)d\theta - fF_c = (F + 1/2dF - wAv^2/g)fd\theta \quad (2.4)$$

หรือ

$$\frac{dF}{F + 1/2dF - wAv^2/g} = fd\theta \quad (2.5)$$

$$F + 1/2dF - wAv^2/g$$

อินทิเกรตสมการนี้ จาก  $\theta = 0$  ถึง  $\alpha =$  และจาก  $F = F_2$  ถึง  $F = F_1$

จะได้

$$\ln \frac{F_1 - wAv^2/g}{F_2 - wAv^2/g} = \alpha f \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้  $F_2 - wAv^2/g$  และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$F_1 - F_c = e^{\alpha} f \quad (2.7)$$

$$F_2 - F_c$$

โดยที่  $F_c =$  แรงหนีศูนย์กลาง  $= \omega a v^2 / g$  เป็น N

$\alpha =$  มุมสัมผัส (ANGLE OF CONTACT) เป็น rad

$f =$  ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

กำลังที่ส่งได้โดยสายพานแบนคือ

$$W_p = (F_1 - F_2)v = Fv \quad (2.8)$$

โดยที่  $v =$  ความเร็วของสายพานเป็น m/s

การคำนวณหามุมสัมผัส แล้วความยาวสายพาน  $L$  ในแต่ละกรณีหาได้โดย

ใช้สมการดังต่อไปนี้

สำหรับสายพานแบบ OPEN DRIVE

$$\alpha_1 = -2 \sin^{-1} \left( \frac{D-d}{2C} \right) \text{ rad}$$

2C

$$\alpha_2 = +2 \sin^{-1} \left( \frac{D-d}{2C} \right) \text{ rad}$$

2C

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

2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L = [4C^2 - (D - d)^2]^{1/2} + 1/2(D\alpha_1 + d\alpha_2)$$

โดยที่ C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพาน

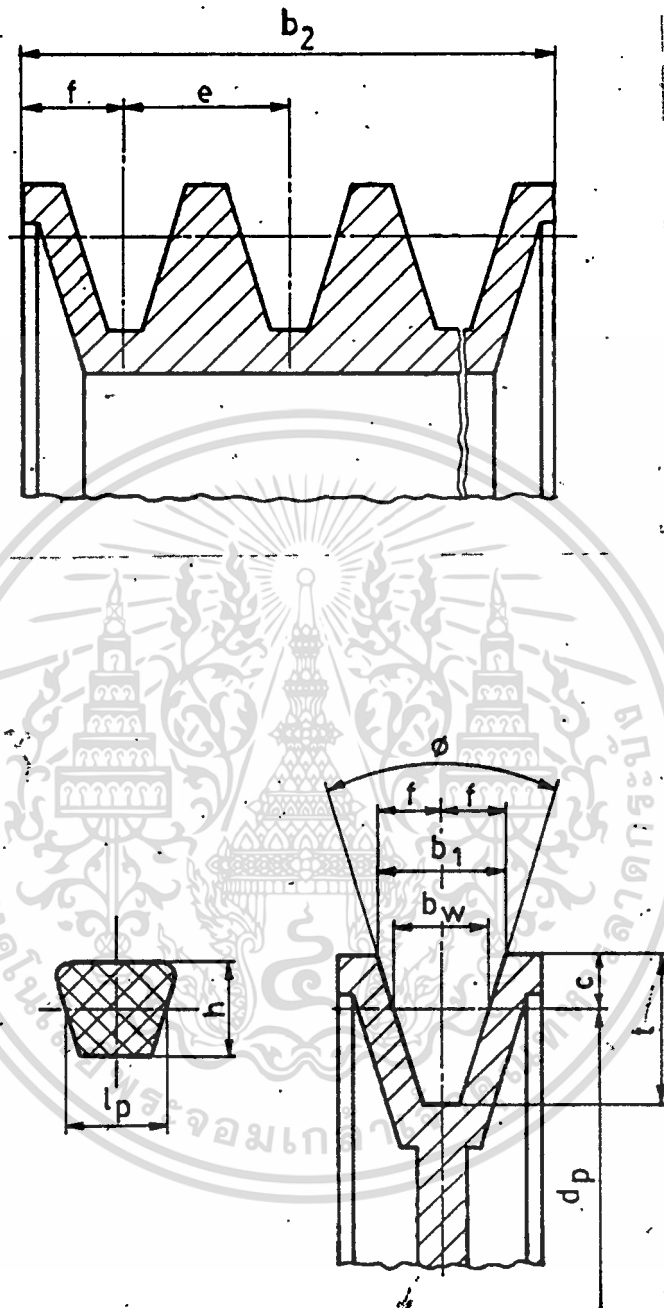
### 3. สายพานลิ่ม (V-BELT)

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลัง ได้ค่อนข้างมากโดยใช้แรงดึงขั้นต่ำ ในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลของการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียกว่าร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่ามีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขั้นต่ำค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุดเมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลของการอัดแน่นทำหน้าที่เป็นเบรคได้ด้วย

การขับด้วยสายพานลิ่ม v-belt มีข้อดีคือ ใช้งานสะดวกและสามารถรับแรงกระตุกได้ แบริงของเพลไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1

#### 3.1 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่มมีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้น การกำหนดขนาดจึงกำหนดโดยใช้ความกว้าง PITCH WIDTH และความหนาของสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (NARROW V-BELT) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y, Z, A, B, C, D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึง สายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน ดูได้จากรูป 2.11



รูปที่ 2.11 หน้าตัดสายพานลิ้มและล้อสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ขนาดสายพานลึ้ม และลื้อสายพานลึ้มตามมาตรฐาน

ISO/R 52-1957 (E) ISO/R 256-1962 (E)

ขนาดสายพาน	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		
$b_v$	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	$8 \pm 0.3$	$12 \pm 0.3$	$15 \pm 0.3$	$19 \pm 0.4$	$25.5 \pm 0.5$	$37 \pm 0.6$	$44.5 \pm 0.7$		
f	$6 \pm 0.5$	$8 \pm 0.6$	$10 \pm 0.6$	$12.5 \pm 0.8$	$17 \pm 1$	$24 \pm 2$	$29 \pm 2$		
$t_{min}$	7	11	14	18	24	28	33		
32°	$\phi$	$\leq 63$	-	-	-	-	-		
34°	สำหรับ	-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-		
36°	เส้นผ่าน	63	-	-	-	$\leq 500$	$\leq 630$		
38°	ศูนย์กลาง	-	$> 80$	$> 118$	$> 190$	$> 315$	$> 500$		
	คิตซ์ $d_p$	-	$> 80$	$> 118$	$> 190$	$> 315$	$> 500$		
$b_2$	จำนวน ร่องบน ลื้อสาย พาน	1	12	16	20	25	34	48	58
		2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
		3	28	40	50	63	85	122	147
		4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
		5	44	64	80	101	136	196	236
		6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
		7	60	88	110	139	187	270	325
		8		100	125	158	212.5	307	369.5
		9		112	140	177	238	344	411
		10		124	155	196	263.5	381	458.5
		11		136	170	215	289	418	503
		12		148	185	234	314.5	455	547.5
$d_{pmin}$	28	50	80	125	200	355	500		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

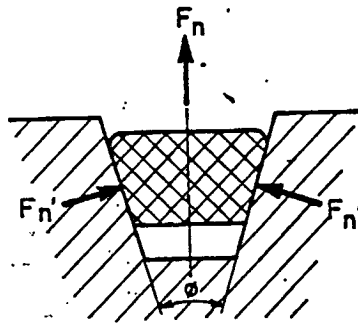
ตาราง 2.4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์  $d_p$  ของล้อยาสายพานลิ้มตามมาตรฐาน

ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R 253-1962(E) ขนาดเป็น มม

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	

3.2 กลศาสตร์ของสายพานลิ้ม

ในการขับเคลื่อนสายพานลิ้ม แรงปฏิกิริยาระหว่างสายพานกับล้อยาสายพาน จะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส ดังรูป ให้  $F_n$  เป็นแนวปฏิกิริยานแนวตั้งฉาก ระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับร่องบนล้อยาสายพาน



รูปที่ 2.12 แรงบนสายพานลึ้ม

สมการบนล้อยสายพานลึ้ม

$$2fF_n' = dF \quad (2.2.1)$$

แรงปฏิกิริยารวมของแรง  $F_n'$  ทั้งสองแรงคือ

$$F_n = 2F_n' \sin(\phi/2)$$

หรือ

$$F_n' = \frac{F_n}{2 \sin(\phi/2)} \quad (2.2.2)$$

$$2 \sin(\phi/2)$$

แทนค่า  $F_n'$  จะได้

$$\frac{fF_n}{2 \sin(\phi/2)} = dF \quad (2.2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม  $\sin(\phi/2)$  เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเมื่อรวมแรงในแนวดิ่งจะได้

$$F_c + F_n = (F + 1/2 dF)d\theta \quad (2.2.4)$$

เอา  $F_n$  ออกจากสมการทั้งสองจะได้

$$dF = \frac{f}{\sin(\phi/2)} (F + 1/2 dF)d\theta - \frac{f}{\sin(\phi/2)} F_c$$

$$dF = \frac{f}{\sin(\phi/2)} (F + 1/2 dF - \frac{wAv^2}{g})d\theta \quad (2.2.5)$$

$$\frac{dF}{F + 1/2 dF - \frac{wAv^2}{g}} = \frac{f}{\sin(\phi/2)} d\theta \quad (2.2.6)$$

อินทิเกรตสมการนี้จาก  $\theta = 0$  ถึง  $\alpha$  และจาก  $F = F_2$  ถึง  $F = F_1$

จะได้

$$\ln \frac{F - wAv^2/g}{F_2 - wAv^2/g} = e^{f/\sin(\phi/2)} \quad (2.2.7)$$

หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ  $F_1 - F_c$  การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำลังที่ส่ง โดยสายพานลึ่มหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = z(F_1 - F_2)v \quad (2.2.8)$$

โดยที่

$v$  = ความเร็วของสายพานเป็น m/s

$z$  = จำนวนสายพาน

ความยาวพิชชี่โดยประมาณของสายพานลึ่มหาค่าได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + (D_p - d_p)^2/4C \quad (2.2.9)$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานหาได้โดยใช้สมการ

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

โดยที่

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

$$q = 0.125 (D_p - d_p)^2$$

### 3.3 การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นในสายพานลึ่ม

การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นจะช่วยทำให้การขับด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นไม่เพียงพอ จะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลง เนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นมากเกินไป จะทำให้ขอบสายพานยึดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบร้งที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไปเนื่องด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงขึ้นต้นให้เหมาะสมกับใช้

แรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน

จากสมการ 2.1 แรงดึงของสายพานขณะส่งกำลังคือ

$$F = F_1 - F_2 = W_p/v \quad (2.2.3.1)$$

ทำให้แรงดึงแรงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F \frac{e^{\alpha f'} + 1}{e^{\alpha f'} - 1} \quad (2.2.3.2)$$

แรงหนีศูนย์กลาง เนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = wAv^2/g \quad (2.2.3.3)$$

แรงลัพธ์ เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางคือ

$$F_R = 2 * z * F_c \sin(\alpha/2) \quad (2.2.3.4)$$

ดังนั้นแรงดึงขึ้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนกับแรง

ลัพธ์ เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง ขณะส่งกำลัง

$$F_i = F_w + F_r \quad (2.2.3.5)$$

ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกน จากสมการ

$$F_w = k_1 * F \sin(\alpha/2) \quad (2.2.3.6)$$

โดยที่  $k_1$  เป็นตัวประกอบข้างาน ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงาน หาค่า  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ได้จากดาวรังอื่น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตาราง 2.5 ตัวประกอบใช้งาน

$k_1$	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ในกรณีที่ข้อโดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางคงที่ หรือ ไม่มีอุปกรณ์ที่ ทำให้เกิดแรงดึง ในสายพานตลอดเวลา ก็จำเป็นต้องเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วย

$$F_R = 2 * z * F_C \sin(\alpha/2)$$

$$= 2 * z * [(wAv^2)/g] \sin(\alpha/2)$$

เขียนนำหน้าได้เป็น

$$F_R = z * k_2 * v^2 \sin(\alpha/2)$$

ดังนั้นแรงดึงขึ้นต้นในสายพานจึง เท่ากับ

$$F_i = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin(\alpha/2) \quad (2.2.3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.6 ค่าตัวประกอบ  $k_2$ 

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

### 3.4 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ้ม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลัง โดยสายพานลิ้ม จะใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ ของล้อสายพาน  $d_p$  เป็นพื้นฐาน

ในการเลือกขนาดของล้อสายพานบริษัทได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานที่โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง แต่ข้อควรระวังคือ ระยะเวลาในการทำงานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณ ของสายพานลิ้ม ของการส่งกำลังอาจทำได้ดังรูปที่ 2.13

การเลือกขนาดของสายพานลิ้ม จะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ้มที่ต้องการใช้งานจากกำลังที่ต้องการขับ และตัวประกอบที่ต้องใช้แก้ไขต่างๆ จำนวนเส้นของสายพานลิ้มอาจหาได้จากสมการ

$$z = \frac{W_p * N_g}{P_R * N_a * N_e} \quad (2.2.3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$z$  = จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม

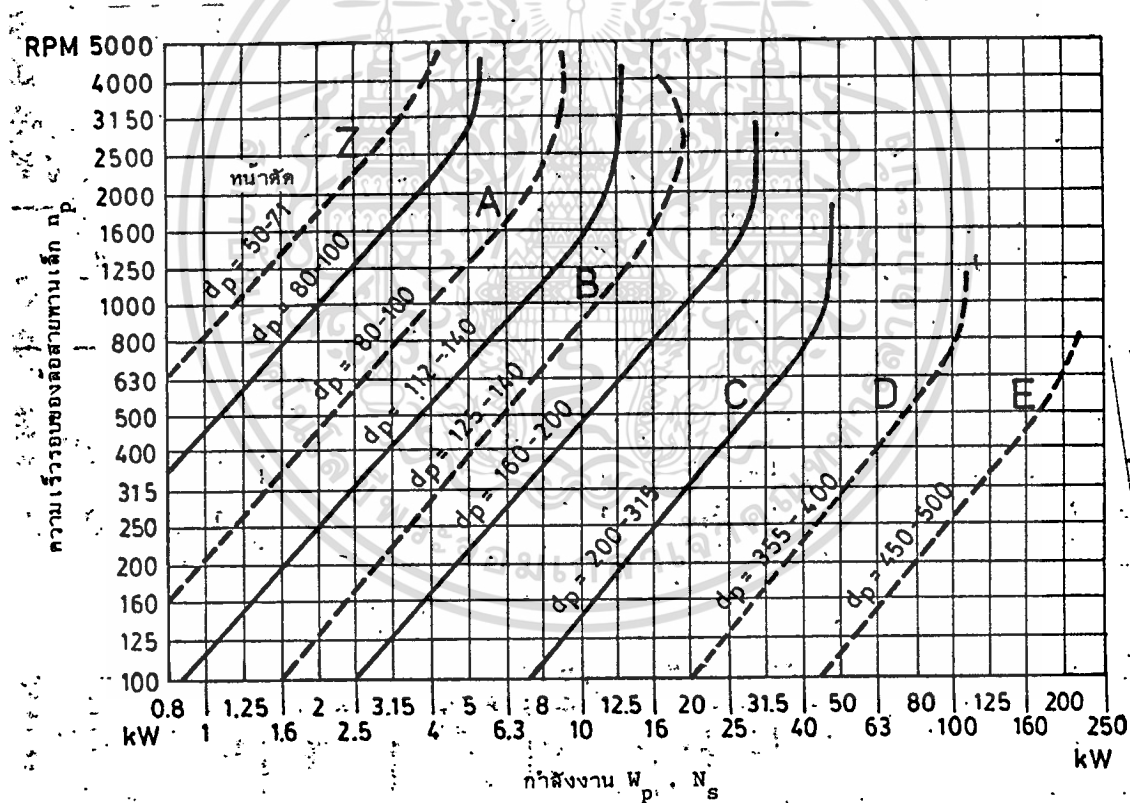
$W_p$  = กำลังงานที่ต้องการส่ง

$N_s$  = ตัวประกอบใช้งาน

$N_a$  = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

$N_e$  = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

$P_R$  = กำลังที่สายพานลิ่มหนึ่ง เส้นส่งได้



รูปที่ 2.13 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ตัวประกอบใช้งาน  $N_s$  สำหรับสายพานลิ้ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
	มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase.			มอเตอร์กระแสสลับ: high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring.		
	มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound			มอเตอร์กระแสตรง: series wound และ compound wound.		
คำอธิบายเพิ่มเติม คำขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	> 16	≤ 10	10-16	> 16
คำประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่ใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase. มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound เครื่องยนต์ลิ้นคาลายภายในที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			มอเตอร์กระแสสลับ: high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring. มอเตอร์กระแสตรง: series wound และ compound wound. เครื่องยนต์ลิ้นคาลายภายใน ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เหลาเมน คลัตช์		
งานเบา :						
เครื่องกวาดของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบทอย-ไชิ่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง :						
สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของขี้เหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เหลาเมน, เครื่องชักผ้า, เครื่องมือกล PUNCHES Presses - shears, เครื่องตีพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก :						
เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเฉื่อย 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	1.8

## การเชื่อมต้อ (WELDED JOINT)

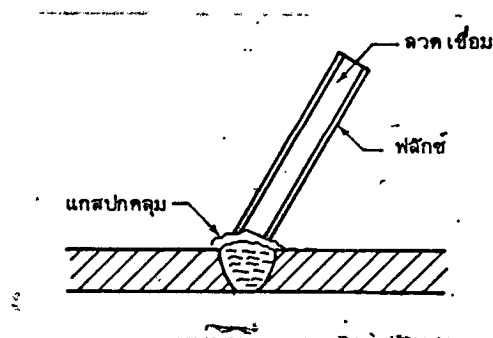
การเชื่อมต้อ (WELDED JOINT) เป็นวิธีการต่อชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนต่างๆ สำหรับรอยเชื่อมที่รับแรงสูง นิยมใช้วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า ( ARC WELDING ) การเชื่อมด้วยแก๊ส ( GAS WELDING ) และการเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า ( RESISTANT WELDING )

ปัญหาการออกแบบรอยเชื่อมต้อ ที่พบบ่อยเสมอคือ การที่ไม่สามารถหาความแข็งแรงของรอยเชื่อมได้อย่างใกล้เคียง เหมือนเช่นการคำนวณเกี่ยวกับความแข็งแรงของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอื่นๆ ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับรอยเชื่อมทั้งหมดจึง เป็นวิธีประมาณค่าความเค้นอย่างหยาบเท่านั้น

### 1. วิธีการเชื่อม

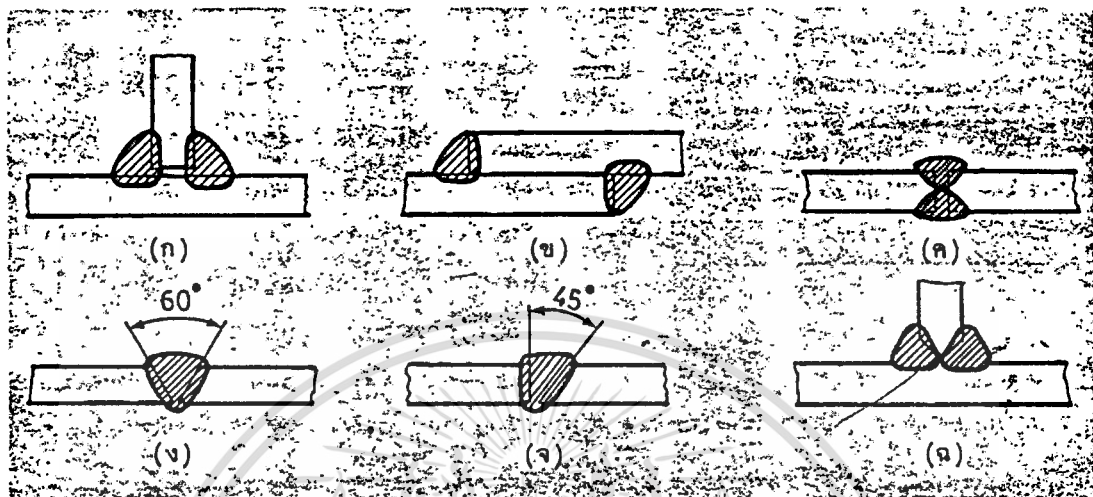
#### การเชื่อมด้วยไฟฟ้า (ARC WELDING)

การเชื่อมวิธีนี้ทำไป เรียกว่า การเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อม (ELECTRODE) เป็นตัวนำไฟฟ้า และในขณะที่เดียวกันโวลท์ลวดเชื่อมก็จะละลายลงไปใน รอยที่ต้องการเชื่อมด้วย ดังรูปข้างล่างนี้ ลวดเชื่อมจะห่อหุ้มด้วยสารชนิดหนึ่ง เรียกว่า FLUX ซึ่งจะระเหยกลายเป็นแก๊สขณะเชื่อม แก๊สนี้จะช่วยป้องกันมิให้เกิด OXIDATION ที่รอยเชื่อม ซึ่งเป็นการช่วยให้คุณภาพของรอยเชื่อมดีขึ้น



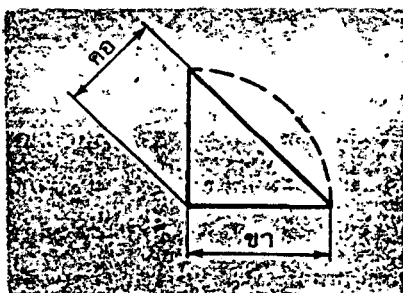
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบรูปที่ 2.14 การเชื่อมไฟฟ้า เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ชนิดของรอยเชื่อม



รูปที่ 2.15 รอยเชื่อมชนิดต่างๆ

ชนิดของรอยเชื่อมที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นการเชื่อมมุม (FILLET WELD) และการเชื่อมต่อชน (BUTT WELD) รูป ก และ ข เป็นการเชื่อมมุมความหนาของรอยเชื่อมมุม ไม่จำเป็นต้องเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ และโดยปกติแล้ว ผิวบนของรอยเชื่อมมุมจะมีลักษณะดังเส้นประดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องย้่าอิงแก่เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 รอยเชื่อมมุม

ส่วนเกินตามเส้นประนี้เรียกว่า ส่วนเสริม (REINFORCEMENT) ซึ่งถ้าหากไม่ต้องการให้มีก็สามารถตัดไปออกได้ ขนาดของรอยเชื่อมมุมจะบอกด้วยขนาดของขา (LEG) ว่ายาวเท่าใด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักจะเชื่อมให้มีขนาดความยาวของขาเท่ากัน ส่วนของคอ (THROAT) เป็นขนาดที่จะใช้ในการคำนวณ

### 3. การใช้ข้อลวดเชื่อม

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐานของลวดเชื่อม สำหรับการเชื่อมไฟฟ้า ตามมาตรฐาน ISO 544 เป็น มม มีดังนี้คือ

1 , 1.25 , 1.6 , 2 , 2.5 , 2.15 , 4 , 5 , 6.3 , 8 , 10  
และ 12.5

ในการบอกความแข็งแรง ของลวดเชื่อม จะบอกด้วยสัญลักษณ์แสดงคุณสมบัติ

5 ประการคือ

- ความต้านทานแรงดึงต่ำสุด
- ส่วนยึดเมื่อทดสอบแรงดึง
- ความต้านทานแรงกระแทก (IMPACT STRENGTH)

สัญลักษณ์ตามตารางแสดงถึงค่าต่ำสุดที่ลวดเชื่อมควรจะมีอยู่

ตารางที่ 2.8 สัญลักษณ์แสดงความต้านทานแรงดึงครั้งสุดท้าย

สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึง N/mm <sup>2</sup>	สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึง N/mm <sup>2</sup>
0	-	3	470
Z	< 340	4	510
Y	340	5	550
1	400	6	590
2	430		

ตารางที่ 2.9 สัญลักษณ์แสดงส่วนยืด

สัญลักษณ์	ส่วนยืด %	สัญลักษณ์	ส่วนยืด %
0	-	3	22
Z	< 14	4	26
1	14	5	30
2	18		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 สัญลักษณ์แสดงการต้านทานแรงกระแทก

สัญลักษณ์	ความต้านทาน กระแทก J	สัญลักษณ์	ความต้านทาน กระแทก J
0	-	3	90
Z	< 30	4	120
1	30	5	150
2	60		

ในการคำนวณเกี่ยวกับรอยเชื่อม จะใช้ค่าความต้านทานแรงดึงคราก แทนที่จะเป็นความต้านทานแรงดึงสูงสุดที่โลหะของลวดเชื่อมจะรับได้ ในทางปฏิบัติผู้ออกแบบจะทราบค่าความต้านทานแรงดึงครากของลวดเชื่อมชนิดต่างๆที่จะนำมาใช้ สำหรับการเชื่อมต่อไปนี้จะใช้ค่า

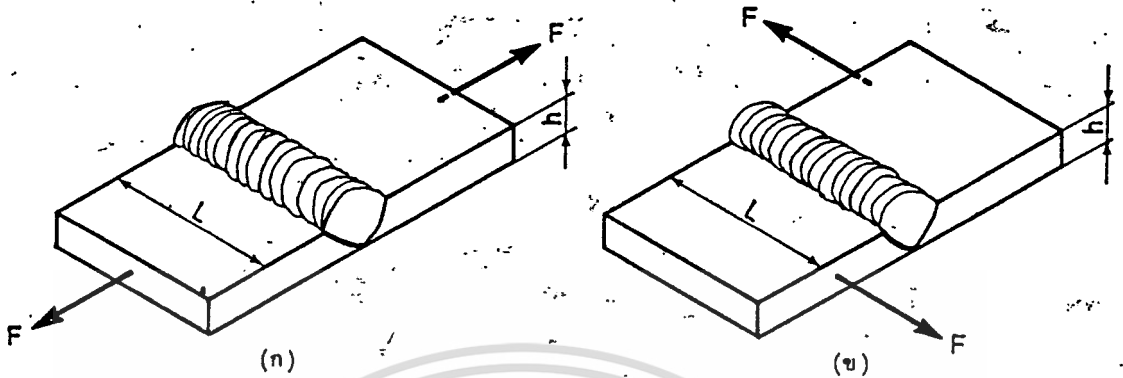
$$\sigma_y = 0.82 \sigma_u \quad (3.1)$$

ส่วนค่าความต้านทานแรงเฉือนครากใช้ค่า

$$\tau_y = 0.6 \sigma_y \quad (3.2)$$

#### 4. รอยเชื่อมรับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 รอยเชื่อมรับแรงมีสมมาตร

จากรูปแสดงถึงรอยเชื่อมต่อชนที่รับแรงดึงและแรงเฉือน โดยปกติแล้วลวดเชื่อมจะมีความต้านแรงไม่น้อยกว่าความต้านแรงของแผ่นโลหะที่จะนำมาเชื่อมต่อกัน ดังนั้นประสิทธิภาพของรอยเชื่อมต่อจึงอยู่ในระดับเข้าใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแรงที่รอยเชื่อมสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F = \frac{\sigma_y L h}{N} \quad (3.3)$$

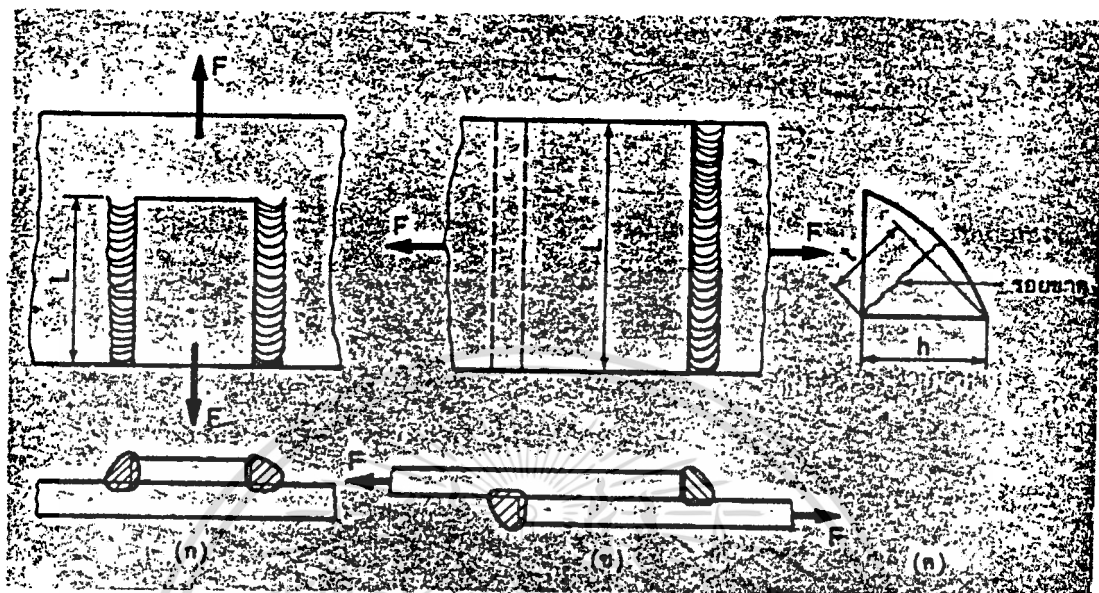
โดยที่  $N$  เป็นค่าความปลอดภัย

ในการที่รอยต่อชนรับแรงเฉือนดังรูป 25 แรงที่รอยเชื่อมสามารถรับได้คำนวณได้

จากสมการ

$$F = \frac{\tau_y L h}{N} \quad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 รอยเชื่อมมุม

งานกรรณที่รอยเชื่อมมุมรับแรงเฉือนดังรูป ก รอยเชื่อมมักขาดในแนวคอดังรูป ค ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้คำนวณคือ พื้นที่ที่รอยเชื่อมที่คอด

$$t = h(\cos 45) = 0.707h \quad (3.5)$$

ดังนั้น แรง  $F$  ที่รอยเชื่อม ก คารับได้คือ

$$F = \tau_y * 2tL \quad (3.6)$$

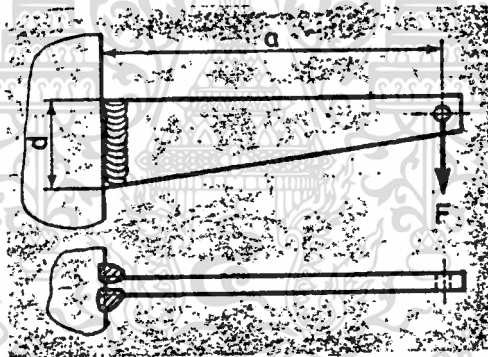
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการฉีกของรูป ข แรงกระทำกับแนวตั้งฉากกับแนวรอยเชื่อมดังนั้นจะเกิดความเค้นดึง และความเค้นเฉือนขึ้นในรอยเชื่อม นอกจากนี้การที่แรงมีได้กระทำอยู่ในแนวแรงเดียวกัน ยังก่อให้เกิดความเค้นดัดขึ้นอีก การวิเคราะห์รอยเชื่อมอย่างละเอียดจะกระทำได้ยากมาก และก็ไม่ได้สูตรที่เหมาะสมแก่การใช้งานอีกด้วย

ในทางปฏิบัติ จะสมมติให้รอยเชื่อมขาดที่คอ ก็ยังคงใช้สมการ 3.6

ค่าความปลอดภัยใช้กับแรงอยู่นิ่ง  $N = 3.75$  ถ้ามีแรงกระตุกก็เพิ่มค่าความปลอดภัยขึ้นอีก

### 5. การตัดในรอยเชื่อม



รูปที่ 2.19 รอยเชื่อมรับแรงตัด

สำหรับรอยเชื่อมดังรูปจะเกิดทั้งความเค้นดึง เนื่องจากโมเมนต์ดัด และความเค้นเฉือนตรง (DIRECT SHEAR) ขึ้นในรอยเชื่อม ในการคำนวณก็จะสมมติให้การแตกหักเกิดขึ้นที่ต่อเสมอ และยังสมมติให้รอยเชื่อมเป็นเส้น WELL LINE อีกด้วย เพื่อความสะดวกในการหาโมเมนต์ความเฉื่อยของรอยเชื่อมในกรณีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ความเค้นเฉือน แปลงเป็น  $\tau$  และ  $F/A$  จึงถึงเจ้าของเอกสารทุก (3.7) การนำไปใช้

$$\text{ความเค้นดัด} \quad \sigma = Mc/I \quad (3.8)$$

$$\text{โดยที่} \quad A = \text{พื้นที่ของคอ}$$

$$M = Fa$$

$$c = d/2$$

$$I = \text{โมเมนต์ความเฉื่อยเปิดตารางหาได้}$$

$$I = tI_u = 0.707h I_u$$

สำหรับการเชื่อมโยมาใช้ความเค้นเฉือนสูงสุดในการคำนวณ

$$\tau_{\max} = [\tau^2 + (\sigma/2)^2]^{1/2} \quad (3.9)$$

การอบชุบ (กรรมวิธีการผลิต)

คำว่า HEAT TREATMENT ซึ่งแปลเป็นภาษาไทยว่า การอบชุบเพื่อเปลี่ยนอบลงคุณสมบัติของโลหะ ไม่ได้หมายความว่า การชุบให้โลหะแข็งตัวเพื่อไปใช้งานอย่างเดียว แต่จะมีความหมายคลุมไปถึงกรรมวิธีทุกอย่างที่ใช้ความร้อนเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโลหะ ดังนั้นการอบชุบจึงมีอยู่มากมายหลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะที่สำคัญๆ เพื่อจะทราบดีว่าเข้าใจถึงหลักการในการอบชุบ

การอบชุบเหล็กด้วยความร้อน คือกระบวนการให้ความร้อนและลดความร้อนแก่เหล็ก

เพื่อเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงคุณสมบัติของ เหล็กนั้นให้เหมาะสมกับสภาพที่จะนำไปใช้งาน เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า หากท่านมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เหนียวขึ้น ด้านทานการสึกหรอ แข็งขึ้น ด้านทนต่อแรงกระแทกใช้

เป็นต้น บางครั้งการอบชุบเหล็กด้วยความร้อนจะทำให้เหล็กนั้นอ่อนลง เพื่อง่ายแก่การคอบ แต่ง  
 15 กิ่ง การอบชุบเหล็กด้วยความร้อน จึง เป็นกรรมวิธีที่มีความสำคัญวิธีหนึ่ง และใช้กัน  
 อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมโลหะ ซึ่งใช้ทำชิ้นส่วนของ เครื่องจักร เครื่องยนต์ เครื่องมือ  
 และอุปกรณ์ต่างๆ

## 1. คุณสมบัติของธาตุต่างๆที่สำคัญ เมื่อผสมลง ไปในเหล็กที่ทำการอบชุบ

### 1.1 คาร์บอน

เป็นธาตุที่สำคัญที่สุดที่ต้องมีผสมไว้ในเนื้อเหล็ก มีคุณสมบัติที่ทำให้เหล็กแข็ง  
 หลังจากผ่านกระบวนการอบชุบด้วยความร้อน และใช้เป็นตัวไล่ซัลเฟอร์ที่ไม่ต้องการในเนื้อ  
 เหล็กออกขณะที่หลอม ทำให้เหล็กอบชุบแข็งง่ายขึ้น เนื้อ เป็นตัวลดอัตราการเย็นตัว ทำให้เหล็ก  
 ทนแรงดึง ได้มากขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการขยายตัวของเหล็ก เมื่อถูกความร้อน แต่จะลดคุณสมบัติ  
 ในการเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อน

### 1.2 อะลูมิเนียม

เป็นธาตุที่นิยมใช้เป็นตัวไล่แก๊สมากที่สุด ผสมเล็กน้อยในเหล็กทำให้เนื้อโลหะ  
 แข็งขึ้น ใช้ผสมลงในเหล็กที่จะนำไปผ่านกระบวนการอบชุบแข็งโดยวิธี ใดก็ตาม ทั้งนี้เนื่อง  
 จากอะลูมิเนียมสามารถรวมตัวกับไนโตรเจนเป็นสารที่แข็งแรงมาก ใช้ผสมลงในเหล็กที่ทนความร้อน  
 บางชนิด เพื่อให้ต้านทานต่อการตกสะเก็ดได้ดีขึ้น

### 1.3 โครเมียม

ทำให้เหล็กอบชุบได้ง่ายขึ้น เพราะลดอัตราการเย็นตัวลงอย่างมาก  
 สามารถชุบในน้ำมันหรือในอากาศได้ เพิ่มความแข็งแรงให้เหล็ก แต่ลดความทนทานต่อแรงกระ  
 แหกลง โครเมียมที่ผสมในเหล็กจะรวมตัวกับคาร์บอนเป็นสารประกอบพวกคาร์ไบด์ซึ่งแข็งแรงมาก  
 ดังนั้นจึงทำให้เหล็กทนทานต่อแรงเสียดสี บริเวณที่เป็นรอยคมไม่สึกง่าย ทำให้เหล็กเกิดเป็น  
 สนิมได้ยาก เพิ่มความแข็งแรงของเหล็กที่ใช้ในงานที่อุณหภูมิสูง เพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อน  
 ของสารต่างๆได้ดีขึ้น

### 1.4 ทังสเตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งสงวนลิขสิทธิ์ของเอกสารฉบับนี้ไว้ด้วย

ผลมทั้งสเดนมีความแข็งมากหลังจากการอบชุบ จึงใช้ทาพวกเครื่องม้อมีคมต่างๆทาให้เหล็กเหนียวขึ้น และป้องกันไม่ให้เหล็กเกิดเนื้อหยาบ เพิ่มความทนทานต่อการเสียดสีของเหล็ก

### 1.5 โมลิบดีนัม

ปกติมักใช้ผสมรวมกับธาตุอื่นๆ เป็นตัวลดอัตราการเย็นตัว ทาให้ออบชุบง่ายขึ้น ป้องกันการเปราะขณะอบคืนตัว ทาให้เหล็กมีเนื้อละเอียด เพิ่มความทนทานต่อแรงดึงแก่เหล็กมากขึ้น สามารถรวมกับคาร์บอนเป็นคาร์ไบด์ได้ง่ายมาก ดังนั้นจึงปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กให้ได้ดีขึ้น เพิ่มความต้านต่อการกัดกร่อนแก่เหล็ก

### 1.6 แวนดาเนียม

ทาให้ทนต่อความร้อนได้ดี เพิ่มความแข็งแรงให้กับเหล็ก โดยไม่ทาให้คุณสมบัติการเชื่อมการดึงยึดเสียหาย ทาให้เหล็กมีเนื้อละเอียด รวมตัวกับคาร์บอนเป็นคาร์ไบด์ได้ง่าย จึงทาให้ทนทานต่อการสึกกร่อน มักจะผสมในเหล็กทนความร้อนและเหล็กไฮสปีด

### 1.7 นิกเกิล

เป็นตัวที่เพิ่มความทนทานต่อแรงกระแทกของเหล็ก ดังนั้นจึงใช้ผสมในเหล็กที่จะนำไปชุบแข็งที่ผิว ใช้ผสมกับโครเมียมทาให้เหล็กทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี ไม่เป็นสนิมง่าย ทนความร้อนได้ดี

### 1.8 โคบอลต์

ไม่ทาให้เกิดสารคาร์ไบด์ แต่สามารถป้องกันไม่ให้เหล็กเกิดเนื้อหยาบที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงช่วยปรับปรุงให้เหล็กมีความแข็งและแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง ด้วยเหตุนี้จึงใช้ผสมในเหล็กที่ทนความร้อน และเหล็กไฮสปีด

### 1.9 ซิลิคอน

ใช้เป็นตัว OXIDISING AGENT ทาให้เหล็กแข็งและทนทานต่อการขัดสีได้ดีขึ้น เพิ่มค่าแรงดึงที่จุดย่นของเหล็กให้สูงขึ้นมาก ดังนั้นจึงใช้ผสมในการทำเหล็กสปริง ช่วยทาให้เหล็กทนทานต่อการตกสะเก็ดที่อุณหภูมิสูงได้ดี จึงใช้ผสมในเหล็กทนความร้อน

### 1.10 ฟอสฟอรัสและซิลิเฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางผู้จัดทำไว้

ต้องพยายามให้มีน้อยที่สุด

## 2. องค์ประกอบที่สำคัญของวัสดุชิ้นงานที่ทำการอบชุบ

2.1 ปริมาณธาตุอย่างเพียงพอ ที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็ก เพราะว่าความแข็งของเหล็กเพิ่มขึ้นเมื่อ ปริมาณของธาตุถ่านที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็กเพิ่มขึ้น แต่การยึดตัวลดลง

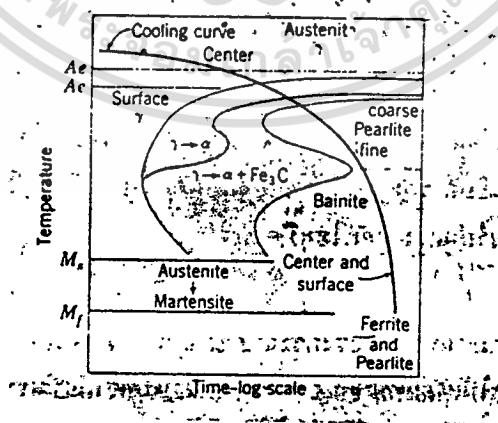
2.2 ระดับอุณหภูมิที่ทำการโครงสร้างภายในของเหล็ก เปลี่ยนเป็นโครงสร้างแบบ ออสเตไนต์

2.3 อัตราการเย็นตัวหลังจากเหล็กที่มีโครงสร้างภายในเป็น ออสเตไนต์

## 3. การอบชุบ (HEAT TREATMENT) ที่สำคัญมีดังนี้

### 3.1 การอบให้อ่อน (ANNEALING)

เพื่อให้เหล็กกล้าง่ายต่อการนำแปดตกแต่ง ไลกลิ้ง กรรมวิธีมีดังต่อไปนี้ เเผาเหล็กให้ร้อนขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงระดับอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส เหนือระดับอุณหภูมิวิกฤตขั้นสุด แล้วเผาแช่อยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ความร้อนแผ่กระจายตลอดชิ้นงาน หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆภายในเตา จนถึงระดับอุณหภูมิห้อง คูภาพที่ 28 ประกอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.20 แสดงการอบวัสดุชิ้นงานให้อ่อน

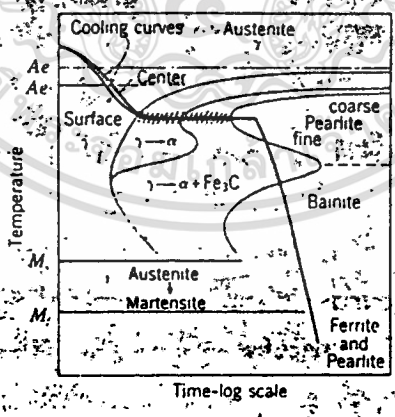
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแบบลงเนื้อที่ และต้องขออนุญาตเจ้าของลิขสิทธิ์เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำ ANNEALING มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นภายในเนื้อโลหะ ที่ผ่านกรรมวิธีหล่อขึ้นรูปด้วยวิธี HOT และ COLD WORKING มา
2. เพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติของโลหะให้สม่ำเสมอ
3. เพื่อลดแก๊สที่บ่อนอยู่ในเนื้อโลหะให้น้อยลง เพราะแก๊สที่บ่อนอยู่นี้จะทำให้โลหะมีความเหนียวต่ำ

3.2 การลดความเค้น (STRESS RELIEVING)

เพื่อช่วยลดการบิดงอภายหลังการชุบแข็ง กระทำโดยการเผาเหล็กจนถึงระดับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤตเริ่มต้นประมาณ 50-100 องศาเซลเซียส แล้วเผาแซ่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ความร้อนแผ่กระจายตลอดชิ้นงาน หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นในเตาจนถึงระดับอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นในอากาศ



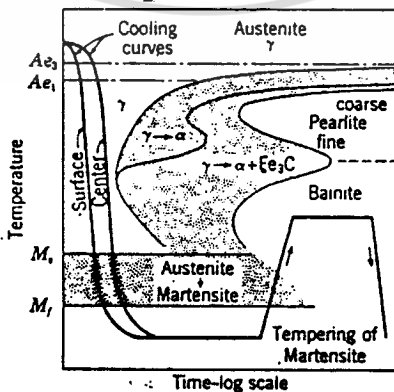
รูปที่ 2.21 แสดงการลดความเค้นวัสดุชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิได้อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลหะทุกชนิดภายหลังจากการทำ COLD WORK แล้วมักจะมี ความเครียดเกิดขึ้น ภายใต้อโครงสร้างของโลหะ ทำให้เพิ่มทั้งความแข็งและทนต่อแรงดึง แต่ความเหนียวจะ กลับลดลงมาก ทำให้เปราะและแตกง่ายเมื่อนำไปใช้งาน หรือถ้าจำเป็นต้องทำ COLD WORK ในชิ้นต่อไป จะทำได้ยาก เพราะในโลหะมีความแข็งเพิ่มขึ้น ต้องใช้พลังงานมากขึ้น จึงจะทำการแปรรูปในชิ้นต่อไปได้ เพื่อลดหรือทำลายความเครียดนี้ให้น้อยลง หรือหมดไป จะนำโลหะ มาเผาที่อุณหภูมิสูงปานกลางประมาณ 200-400 องศาเซลเซียส ความเครียดในโลหะจะลดน้อย หรือหมดขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ การลดความเครียดนี้บางที่เรียกว่า PROCESS ANNEALING กล่าวคือ เป็นการอบให้อ่อนระหว่างการทำ COLD WORK จากขั้นหนึ่ง ไปอีกขั้นหนึ่ง

### 3.3 การชุบแข็ง (HARDENING)

เพื่อให้เหล็กมีความแข็งด้านทนต่อการสึกหรอ กระทำโดยการ เผา เหล็กให้ร้อนจนถึงระดับอุณหภูมิเหนืออุณหภูมิวิกฤตสิ้นสุดประมาณ 50 องศาเซลเซียส แล้วเผา แช่ไว้ที่ระดับอุณหภูมินี้จนกระทั่งความร้อนกระจายทั่วทั้งชิ้นงาน และโครงสร้างภายในเปลี่ยนเป็น ออสเตนิต์ จึงนำชิ้นงานออกจากเตาไปทำการชุบลงในสารชุบ ซึ่งทำให้อัตราการเย็นตัว เป็นไป อย่างรวดเร็ว เพื่อที่จะทำให้เหล็กมีโครงสร้างภายในเปลี่ยนเป็นแบบมาร์เทนไซต์ ดังภาพที่ 2.22 ประกอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.22 แสดงการชุบแข็ง

การชุบแข็ง (HARDENING) เพื่อให้ได้ความแข็งเพียงอย่างเดียว โลหะจะถูกเผาที่อุณหภูมิสูงจนเปลี่ยนเป็นแบบหนึ่ง และจะนำมาทำให้เย็นได้เร็วด้วยวิธีชุบน้ำหรือในน้ำมัน ทำให้โลหะไม่สามารถจะ เปลี่ยนโครงสร้างมาอยู่ในสภาพสมดุลได้ เป็นเหตุให้โครงสร้างภายหลังการชุบ เป็นโครงสร้างใหม่ที่เป็นแบบไม่สมดุล ซึ่งส่วนมากจะมีความแข็งสูง การชุบแข็งส่วนใหญ่ใช้กับเหล็กกล้าที่มีธาตุคาร์บอนเกินกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์ และโลหะผสมระหว่างทองแดงกับอลูมิเนียมบางชนิด

อุณหภูมิที่ใช้ชุบแข็งเหล็ก จะใช้ประมาณ 800-850 องศาเซลเซียส ในตอนนี้ เหล็กจะ เปลี่ยนโครงสร้างเป็น ออสเทนไนต์ และเมื่อชุบน้ำเหล็ก จะให้โครงสร้างเป็น มาร์เทนไนต์ ซึ่งมีความแข็งสูงแต่เปราะ

สำหรับโลหะผสมทองแดงกับอลูมิเนียม โดยมีอลูมิเนียม 10 เปอร์เซ็นต์ ชุบแข็งที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส จะได้โครงสร้างที่มีลักษณะคล้าย MARTENSITE ของเหล็กเหมือนกัน แต่เป็นโครงสร้างที่มีความแข็งสูง

การอบชุบผิวแข็ง คือ การทำให้ผิวของเหล็กมีความแข็งด้วยการเพิ่มปริมาณธาตุคาร์บอนหรือธาตุไนโตรเจนให้มากขึ้น แต่ถ้าเหล็กนั้นมีปริมาณของธาตุคาร์บอนหรือไนโตรเจนเพียงพอ ก็สามารถนำไปอบชุบด้วยความร้อนเลยก็ได้ เหล็กมีผิวที่แข็งแรง ความแข็งที่เหมาะสมการใช้งานนั้นแตกต่างกันไป ตามปริมาณของธาตุคาร์บอนไนโตรเจนว่ามีมากและถูกดูดซึมลึกเท่าไรด้วย ผิวของชิ้นงานที่ได้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าเดิมมาก เพราะผิวของชิ้นงานจะทนต่อการสึกหรอ ทนแรงฉีกขาดได้สูง เช่น ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์กลไกเมื่อผ่านการชุบแข็งที่ผิวของเหล็กแล้วจะมีความทนทาน อายุการใช้งานสูง ชิ้นงานนี้จะมีราคาถูก เพราะสามารถนำเหล็กธรรมดาเข้ามาตัดแปลงได้

การที่เราต้องการให้เหล็กแข็ง เฉพาะที่ผิวนั้น เนื่องจากต้องการให้ชิ้นงานมีความเหนียวตรงกลาง • และมีความแข็งแรงเหมาะกับการใช้งานตามบริเวณผิวของเหล็กนั้น

### 3.4 การอบคืนตัว (TEMPERING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารนี้ไว้ทั้งหมดที่มีการนำไปใช้

ความเปราะ เพื่อให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้น. ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จึงนำเหล็กที่ชุบแข็งแล้วมาอบคืนตัว โดยการเผาเหล็กที่ร้อนจนถึงระดับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต ซึ่งจะเป็นระดับอุณหภูมิที่เท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของ เหล็กแล้ว เผาแช่ไว้ที่ระดับอุณหภูมินั้นชั่วระยะเวลาหนึ่ง ต่อจากนั้น บล่อยาให้เย็นตัวลง เพื่อปรับให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ เหมาะกับที่จะนำไปใช้งานในแต่ละสภาพ

### วิธีการอบและบล่อยาให้เย็นในอากาศธรรมดา

เป็นวิธีการอบเผาเหล็กที่ร้อนขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงระดับอุณหภูมิตามที่ต้องการ และบล่อยาให้เย็นตัวในอากาศ ระดับอุณหภูมิในการเผาแช่ขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็ก สำหรับเหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ 0.85 % ต้องการระดับอุณหภูมิประมาณ 780 องศาเซลเซียส วิธี NORMALIZING วิธีนี้เหมาะสำหรับการจัดโครงสร้างของเหล็กให้เป็นระเบียบ ภายหลังจากเผาตีแล้ววาง โครงสร้างให้อยู่ในสภาพปกติ เพื่อที่จะอบชุบครั้งที่ 2 เนื่องจากการอบชุบครั้งแรกไม่ถูกต้อง

โลหะภายหลังการชุบแข็งมักจะมี ความแข็งแรงสูงแต่จะเปราะแตกหักได้ง่ายในขณะใช้งาน เพื่อเป็นการแก้ข้อเสียนี้ จำเป็นต้องนำมาเผาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นการคืนตัวสู่สภาพเดิม แต่จะไม่กระทำให้กลับคืนสภาพเดิมทั้งหมด จะคืนตัวเพียงบางส่วนเท่านั้น ทำให้โลหะภายหลังหดคืนตัวมีความเหนียวเพิ่มขึ้น แต่ความแข็งแรงจะลดลงเล็กน้อย ตัวอย่างเช่น เหล็กภายหลังชุบแข็งแล้วจะได้ MARTENSITE แต่เมื่ออบคืนตัว ความแข็งแรงของ MARTENSITE จะลดลง และจะคืนตัวบางส่วนขึ้นอยู่กับเวลา และอุณหภูมิที่อบคืนตัว ทำให้ได้โครงสร้างใหม่ที่มีความเหนียว และความแข็งแรงปานกลาง

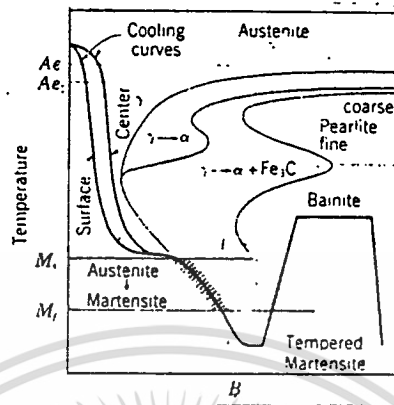
### 3.5 มาร์เทมเปอร์ริง (MARTEMPERING)

เป็นวิธีการอบชุบเหล็กด้วยความร้อนอีกวิธีหนึ่ง เหมาะสำหรับใช้กับชิ้นงานที่มีความหนาหลายๆ เช่น แม่พิมพ์ เพื่อช่วยในการลดการบิดงอของชิ้นงาน เนื่องมาจากสาเหตุการเย็นตัวไม่เท่ากันระหว่างผิวนอกของชิ้นงานและภายในใจกลางของชิ้นงาน การอบแบบมาร์เทมเปอร์ริงจะให้ความแข็งแรงประมาณ 55-60 RC มีวิธีการดังต่อไปนี้ หลังจากให้ความ

ร้อนแก่ชิ้นงานจนทำให้ชิ้นงานเกิดโครงสร้างแบบออสเทนไนต์แล้ว จากนั้นลดระดับอุณหภูมิลงมา เอกสารนี้เป็นเอกสารทสจวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่า ก่อนที่จะทำให้เกิดโครงสร้างมาร์เทมเปอร์ริง เริ่มต้นและ เผาแช่ที่ระดับอุณหภูมินี้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง

ต่อจากนั้นหากให้เย็นตัวในอากาศ ก็จะได้โครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์ ดังภาพที่ 2.23 ประกอบ

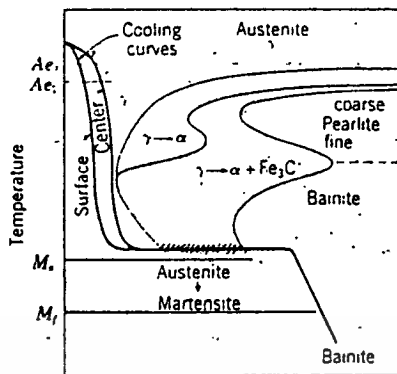


รูปที่ 2.23 แสดงการที่มาร์เทนเบิร์ก

### 3.6 ออสเทมเปอร์ริง (AUSTEMPERING)

เป็นวิธีการอบชุบเหล็กด้วยความร้อนอีกวิธีหนึ่ง เช่นกัน เหมาะสำหรับชิ้นงานบางๆ ที่ต้องการความแข็งแรงเหนียว มีวิธีการดังต่อไปนี้ หลังจากให้ความร้อนแก่ชิ้นงานจนทำให้ชิ้นงานเกิดโครงสร้างแบบออสเตนิตแล้ว ต่อจากนั้นลดระดับอุณหภูมิลงมา เพื่อที่จะทำให้ชิ้นงานเปลี่ยนโครงสร้างมาเป็นแบบเบไนท์แล้ว เฝ้าอยู่ที่ระดับอุณหภูมินี้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อที่จะทำให้เกิดโครงสร้างแบบเบไนท์มากที่สุด ต่อจากนั้นปล่อยให้เย็นในอากาศ วิธีการแบบนี้จะทำให้คาร์ไบด์ไม่ค่อยมีและมีแรงเครียดเกิดขึ้นน้อย จึงทำให้ขนาดของชิ้นงานไม่เปลี่ยนรูป ดังภาพที่

2.24



ภาพที่ 2.24 แสดงการท้อสเทมเปอร์

#### 4. การทดสอบความแข็งของชิ้นงาน

หลังจากการอบชุบโลหะทุกครั้ง สิ่งที่เราเป็นที่สุดก็คือการทดสอบหาค่าความแข็ง เพื่อให้ได้ความแข็งตามที่ต้องการ ในการทดสอบนั้นนอกจากจะเป็นไปตามเหตุผลดังที่กล่าวมาแล้ว ยังเป็นการวัดค่าความผิดพลาดในวิธีการที่ใช่ หรือความสามารถในการปฏิบัติการในการอบชุบของแต่ละครั้ง

วิธีการทดสอบความแข็งมีหลายวิธี ซึ่งมีทั้งข้อดีข้อเสีย ได้แก่

1. แบบบาช์ตะ โบกู
2. แบบบริเนล (BRINELL)
3. แบบร็อกเวล (ROCK WELL)
4. แบบวิกเกอร์ (VICKER)
5. แบบชอร์ (SHORE OR SCLEROS COPE)

#### 5. การออกแบบชิ้นงานเพื่อป้องกันการแตกหักที่เกิดจากการอบชุบ

ชิ้นงานที่แตกหักเกิดจากการอบชุบ เนื่องจากการออกแบบชิ้นงานไม่ถูกต้อง

โดยทั่วไป มีดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกหนึ่งข้อออกแบบชิ้นงาน เป็นมุมแหลม อาจอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

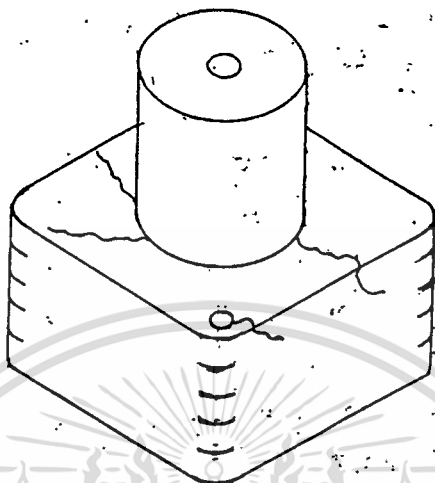
2. งานชิ้นงานเดียวกันออกแบบความหนาบางของชิ้นงานต่างกันมากๆ และอยู่ชิดกัน

### การออกแบบชิ้นงานเป็นมุมแหลม

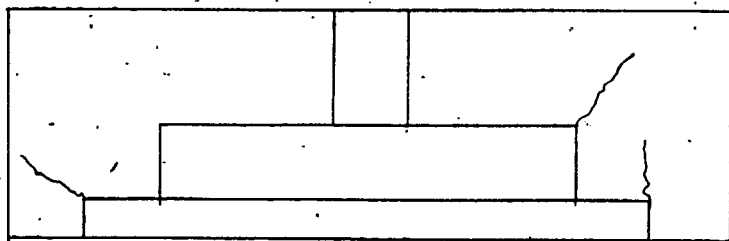
มักจะแตกตรงมุมแหลมในขณะชุบ โดยเฉพาะมุมชันของเหลว เช่น น้ำหรือ น้ำมัน การออกแบบควรจะหลีกเลี่ยงมุมแหลมโดยทำให้เป็นมุมมน หรือถ้าหากเป็นชิ้นงานที่ไม่มีความหนามากนัก ควรจะหลีกเลี่ยงการแตกโดยใช้เหล็กชุบแทนก็ได้เช่นกัน ถ้าหากชิ้นงานที่มีรูปร่างสลับซับซ้อนหรือชิ้นงานที่มีความหนาหลายๆ ส่วนจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการใช้มุมแหลมเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกร้าวในขณะอบชุบได้ง่าย

การออกแบบงานมีความหนาบางมาก ๆ อยู่ชิดกันงานเดียวกัน เมื่อเวลาอบชุบจะทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกร้าว และยังจะทำให้งานชิ้นนั้นมีความแข็งแรงไม่เท่ากันตลอดทั้งชิ้นงานได้ สาเหตุเนื่องจากอัตราการเย็นตัวของชิ้นงานระหว่างส่วนที่หนาและส่วนที่บาง ไม่เท่ากัน และเกิดแรงเค้นขึ้นภายในชิ้นงานระหว่างส่วนที่หนา และส่วนที่บาง ไม่เท่ากัน ทั้งนี้จะรวมไปถึงการเจาะรูที่ชิ้นงานด้วย การเจาะรูระหว่างรูไม่ควรน้อยกว่าความหนาของชิ้นงาน และการเจาะรูไม่ควรชิดขอบของชิ้นงานมากเกินไป โดยทั่วไปก็ไม่ควรชิดขอบของชิ้นงานน้อยกว่าความหนาของชิ้นงานเช่นกัน การแก้ไขสำหรับงานที่มีความหนาบางต่างกันมากๆ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ดังรูปที่ 2.25 และรูปที่ 2.26 เป็นตัวอย่างของงานที่แตกเมื่อทำการชุบ เนื่องจากการออกแบบที่ผิดวิธี ซึ่งได้บอกถึงสาเหตุการแตกและวิธีการแก้ไขแล้วด้วย

(ดูภาพหน้าถัดไป)



รูปที่ 2.25 แสดงรอยแตกของวัสดุชิ้นงานที่เป็นมุมแหลม



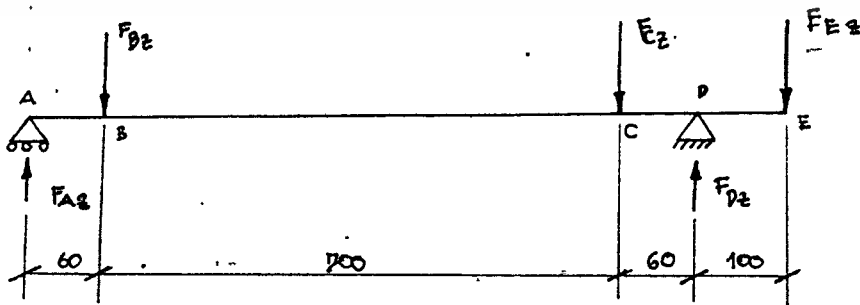
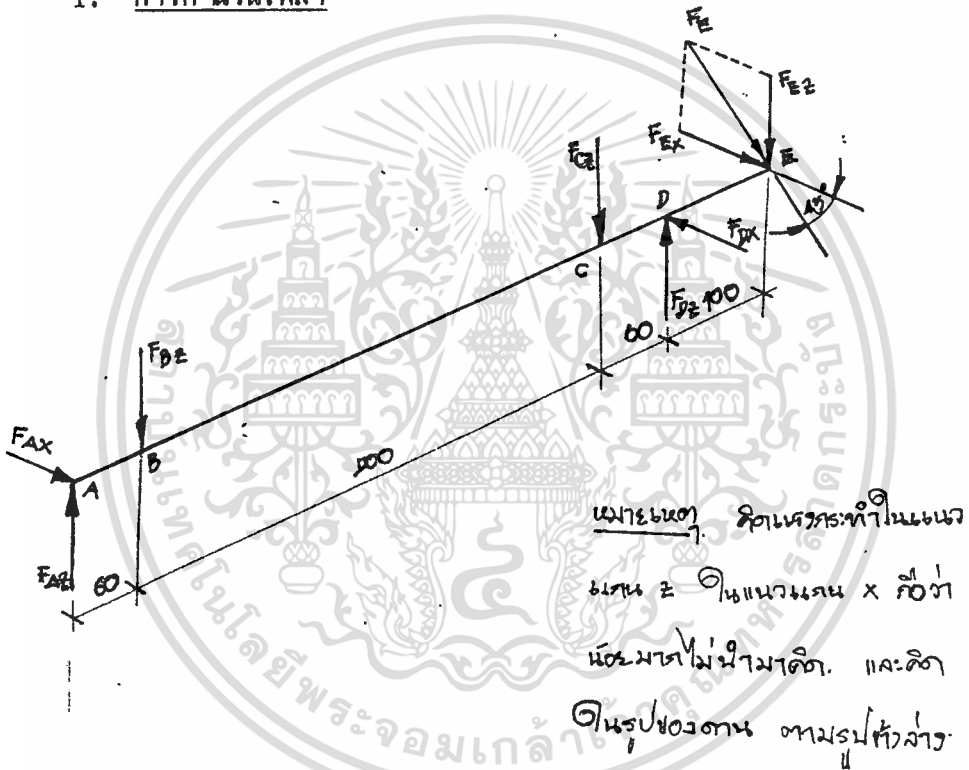
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ รูปที่ 2.26 แสดงรอยแตกของวัสดุชิ้นงานที่เป็นมุมแหลมและทาบข้าง ไม่ทำกัน

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

การคำนวณ

1. การคำนวณเพลา



A = เบ어링 รองรับเพลาไม่ยึดติด.

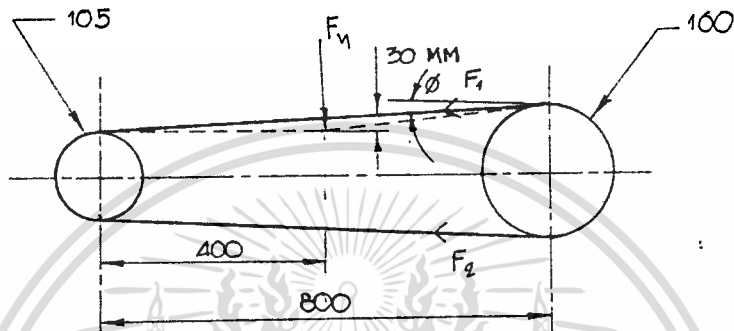
D = เพลาขัดตัวกับ เบ어링

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีรูปที่ 3.1 รูปแสดงการคำนวณขนาดเพลา เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักที่กด = 60 Kg = 600 N. =  $F_{Bz} + F_{Cz}$  ; (นน. ROLLER)

หา  $F_E$  จากขณะที่สายพานยังไม่หมุน มุม  $\phi$  คือมุมที่กระทำให้น้ำหนัก.

วิธีการหาแรงตามรูป



รูปที่ 3.2 รูปแสดงการหาแรง

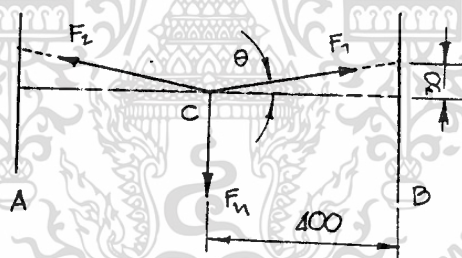
### 1.1 การปฏิบัติ (ทดสอบสายพานเส้นเดียว)

โดยการ LOCK PULLEY ทั้งสองตัวไม่ให้หมุน ดึงสายพานให้ตึงตามต้องการ ใช้เครื่องวัดแรง (ในที่นี้ใช้ชั่งตะขอเกี่ยว) กระชากในแนวตั้งฉาก ตรงจุดกลางให้ได้ระยะ 30 mm อ่านค่าแรง ได้ผลดังนี้

(ดูตารางหน้าถัดไป)

ครั้งที่	$F_n$ (Kg)
1	1.4
2	1.5
3	1.5
mean	
	1.46 Kg

ที่ C;



รูปที่ 3.3

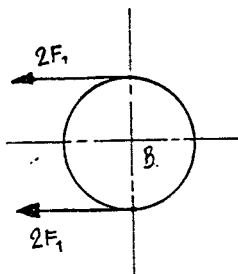
จะได้สมการ

$$2F_1 \sin \alpha = F_n \quad ; \quad F_n = 14.6$$

$$2F_1 \sin(30/150) = 14.6$$

$$F_1 = 36.5 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งจากกรณีนี้ใช้สายพาน 2 เส้นดังรูป อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

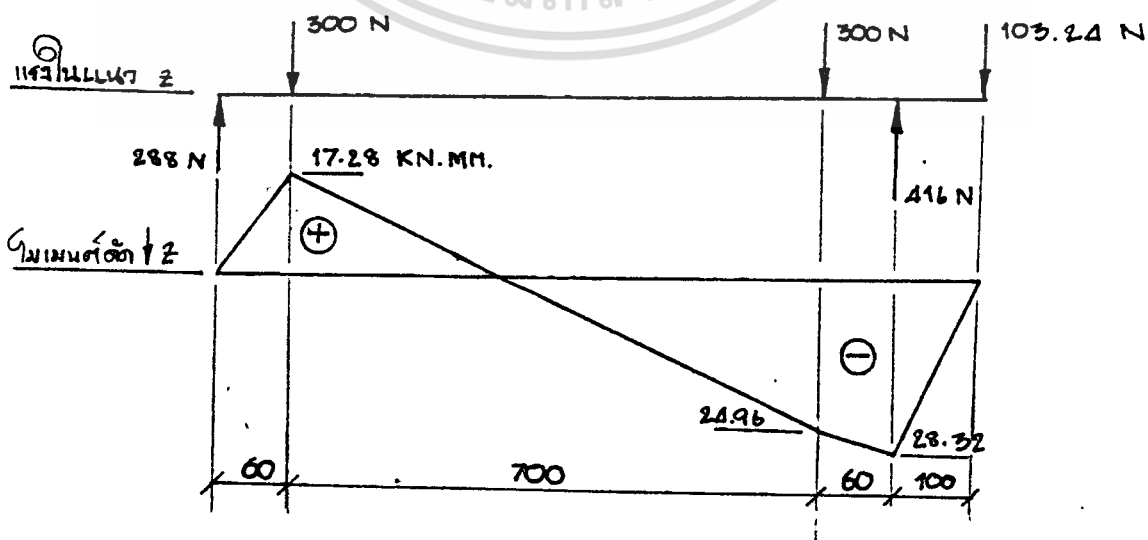


รูปที่ 3.4

รวมแรงที่กระทำกับเพลาคือจุด E จะได้

$$\begin{aligned}
 F_E &= 4F_1 \\
 &= 4(36.5) \\
 &= 146 \text{ N}
 \end{aligned}$$

1.2 ตำแหน่งแรงที่กระทำ (ในทิศทาง z)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหารูปที่ 3.5 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_{Ez} = F_E(\sin 45) \text{ (สายพานทำมุม 45° กับแกน z)}$$

$$= 146(\sin 45)$$

$$F_{Ez} = 103.24 \text{ N}$$

$$F_{Ex} = 103.24 \text{ N}$$

รวมโมเมนต์ที่ A  $= \Sigma M_A = 0$

$$0 = 60F_{Bz} + 760F_{Cz} - 820F_{Dz} + 920F_{Ez}$$

$$F_B = F_C = 300 \text{ N}$$

$$F_{Ez} = 103.24 \text{ N}$$

ดังนั้น

$$0 = (60 \cdot 300) + (760 \cdot 300) - (820F_D) + (920 \cdot 103.24)$$

$$F_{Dz} = 415.83 \text{ N}$$

ถ้า

$$\Sigma F_z = 0 \quad \text{ที่ } F_{Az}$$

จะได้

$$0 = F_{Az} + F_{Bz} + F_{Cz} - F_{Dz} + F_{Ez}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เอาต์เห็นว่าประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$0 = F_{AZ} + 300 + 300 - 415.83 + 103.24$$

$$F_{AZ} = -287.41 \quad \text{N}$$

หมายเหตุ  $F_{Dx}$  ที่แบร์จ A และ D ถือว่า มีผลน้อยมากสำหรับการ  
โก่งของ เพลลา

โมเมนต์ดัดที่แนวดิ่งของ A และ C คือ

$$M_{BV} = 60F_{AZ}$$

$$= 60(288)$$

$$= 17.28 \quad \text{kN.m}$$

$$M_{CV} = -60(146)$$

$$= -24.96 \quad \text{kN.m}$$

$$M_{DV1} = -60(300)$$

$$= -18.00 \quad \text{kN.m}$$

$$M_{DV2} = -100(103.24)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= -10.32 \text{ kN.mm}$$

$$M_{Dy} = -28.32 \text{ kN.mm}$$

จากรูปที่ 6 โมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดที่จุด D

โมเมนต์บิดเนื่องจากการส่งกำลังของสายพาน = 2.2 kg.m

(จากกำลังบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ KUBOTA)

$$T = 22 \text{ N.mm}$$

จากตาราง 2 ตัวประกอบความล้าให้

$$C_m = 2.0$$

$$C_t = 1.5$$

สมมติให้เพลานี้มีร่องลิ่มเพื่อยึด PULLEY และ เพลา ดังนั้น

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

จากสมการ 1.9  $k = 0$  (เพลาดัน)

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} [(C_t T)^2 + (C_m M_D)^2]^{1/2} \text{ (เพลามี-$$

การโค้ง)

$$= \frac{16 \cdot 10^3}{\pi (41)} [(1.5(22))^2 + (2 \cdot 28.32)^2]^{1/2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V^3 = 8.143 \times 10^3$$

$$d = 20.12 \text{ มม}$$

ให้ตัวคูณปลอดภัย มีค่าเท่ากับ 2 จะได้ (แขวงระตูลงระบง).

$$= 2(20.12) \text{ มม}$$

$$d = 40.24 \text{ มม}$$

เพราะฉะนั้นเลือกเพลตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969

$$d = 40 \text{ มม}$$

ตาราง 3.1 ขนาดลิ่มมาตรฐานที่ใช้กับเพลานาต่าง ๆ

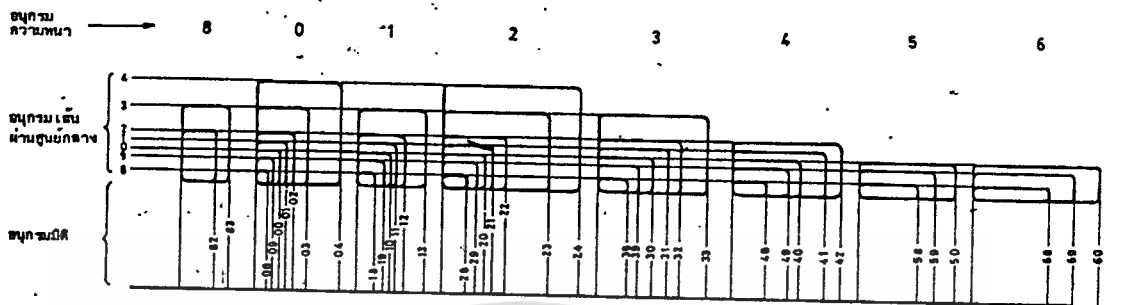
ขนาด เพลานา d มม.	ลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้า	ลิ่มแบน	แซดเทลคี่*	ลิ่มวงเดือน		
	ลิ่มสี่เหลี่ยมจัตุรัส	ISO 2491	DIN	ISO 3912		
	ISO/R 773	ISO 2492	6881			
	ISO/R 774					
	bxi	bxi	bxi	bxi, xR	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
3-4				1.0x1.4x4	1.0	0.6
4-5				1.5x2.6x7	2.0	0.8
5-6				2.0x2.6x7	1.8	1.0
6-7	2x2			2.0x3.7x10	2.9	1.0
7-8	2x2			2.5x3.7x10	2.7	1.2
8-10	3x3			3.0x5.0x13	3.8	1.4
10-12	4x4			3.0x6.5x16	5.3	1.4
12-14	5x5	5x3		4.0x6.5x16	5.0	1.8
14-16	5x5	5x3		4.0x7.5x19	6.0	1.8
16-18	5x5	6x4		5.0x6.5x16	4.0	2.3
18-20	6x6	6x4		5.0x7.5x19	5.5	2.3
20-22	6x6	6x4		5.0x9.0x22	7.0	2.3
22-25	8x7	8x5	8x3.5	6.0x9.0x22	6.5	2.8
25-28	8x7	8x5	8x3.5	6.0x10.0x25	7.5	2.8
28-32	8x7	8x5	8x3.5	8.0x11x28	8.0	3.3
32-38	10x8	10x6	10x4	10.0x13.0x32	10.0	3.3
38-44	12x8	12x6	12x4			
44-50	14x9	14x6	14x4.5			
50-58	16x10	16x7	16x5			
58-65	18x11	18x7	18x5			
65-75	20x12	20x8	20x6			
78-85	22x14	22x9	22x7			
85-95	25x14	25x9	25x7			
95-110	28x16	28x10	28x7.5			
110-130	32x18	32x11	32x8.5			
130-150	36x20	36x12	36x9			
150-170	40x22	40x14				
170-200	45x25	45x16				
200-230	50x28	50x18				
230-260	56x32					
260-290	63x32					
290-330	70x36					
330-380	80x40					
380-440	90x45					
440-500	100x50					

\* ขนาดตามมาตรฐานของประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน

ความยาวของลิ่มที่ควรเลือกใช้ตามมาตรฐานระหว่างประเทศเป็น มม คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท วิศวกรรมเครื่องกล จำกัด ไม่อนุญาติให้ผู้อื่นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 6 8 10 12 14 16 18 20 22 25 28 32 36 40  
 45 50 56 63 70 80 90 100 110 125 140 160 180 200  
 220 250 280 320 360 400

# เลือกใช้ ROLLING REARING จากรูป



รูป 7.9 ขอบเขตของมิติ สำหรับอนุกรมมิติของแบริ่งต่าง ๆ

## รูปที่ 3.6 ขอบเขตของมิติของแบริ่งต่างๆ

เลือกใช้ อนุกรมมิติ (DIMENSION SERIES) 33 จากตาราง 3.3

รูส้อม d = 40 mm SINGLE-ROW DEEP-GROOVE BALL-BEARING

จากการคำนวณเพลาดัน

O.D. = 40 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด d mm	O.D. d <sub>fa</sub> D mm	ขนาด 02										ขนาด 22		ขนาด 32				
		จำนวน B mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		จำนวน B mm	Spherical Roller Bearing		จำนวน B mm	Double-Row Non-Filling Notch Ball Bearing	
			C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C		C <sub>0</sub>	C		C <sub>0</sub>	C
4	13	5	-	-	0.57	1.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	16	5	-	-	0.94	1.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	19	6	0.53	1.94	0.94	1.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	22	7	0.66	2.05	1.35	2.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	0.66	2.05	1.35	2.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	26	8	0.93	2.07	1.96	3.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	30	9	1.34	4.23	1.96	3.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.3	3.56	5.52
12	32	10	1.48	4.30	3.05	5.25	3.27	5.52	-	-	-	-	-	-	-	15.9	5.56	8.10
15	35	11	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.54	-	-	-	-	-	-	-	15.9	6.36	9.03
17	40	12	2.43	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19	-	-	-	-	-	-	-	17.5	8.19	11.30
20	47	14	3.18	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00	-	-	-	-	-	-	-	20.6	11.30	15.17
25	52	15	4.03	9.34	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26	-	-	-	20.6	12.73	16.46
30	62	16	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.08	15.80	9.88	17.67	-	-	-	23.8	18.33	22.87
35	72	17	6.68	12.19	13.66	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.25	-	-	-	27.0	24.92	30.57
40	80	18	8.59	14.82	15.66	22.43	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	34.13	23	43.92	60.52	30.2	28.61	34.17
45	85	19	9.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.79	21.23	27.72	22.29	35.91	23	50.28	63.19	30.2	32.57	38.36
50	90	20	10.55	17.49	19.80	27.01	26.03	32.31	22.74	28.79	23.90	37.56	23	53.40	65.41	30.2	36.18	41.03
55	100	21	13.40	20.60	25.03	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84	25	66.75	81.43	33.3	45.83	50.73
60	110	22	15.53	23.14	30.94	40.36	40.72	48.50	35.55	41.16	37.65	56.07	28	83.21	99.23	36.5	56.51	61.41
65	120	23	17.22	23.85	34.13	44.05	44.95	52.51	41.83	48.95	45.39	66.30	31	99.68	116.60	38.1	62.30	66.75
70	125	24	18.78	26.65	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	51.40	45.39	74.76	31	105.91	121.00	39.7	68.53	72.53
75	130	25	21.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.00	31	111.70	125.50	41.3	75.20	77.00
80	140	26	23.54	30.35	44.50	56.07	62.74	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22	33	129.00	143.70	44.4	81.43	85.00
85	150	28	28.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.75	99.68	36	149.50	166.40	49.2	86.77	87.66
90	160	30	31.77	43.79	60.52	73.87	85.44	92.56	74.31	82.32	91.67	127.27	40	179.80	195.80	52.4	98.34	100.60
95	170	32	36.85	48.95	69.42	83.66	91.67	100.00	77.87	87.66	101.46	139.73	43	221.10	235.80	55.6	127.30	127.30

ตาราง 3.2 ค่ามาตรฐานและแรงรับในขอบที่หล่อแบบซีเมนต์ (C<sub>0</sub>, C เป็น kN)

ขนาด mm	O.D. mm	ขนาด mm	ขนาด D3										ขนาด D3				ขนาด D3						
			Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball-Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		Spherical Roller Bearing		ขนาด mm	Self-aligning Ball Bearing		Spherical Roller Bearing		ขนาด mm	Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Double-Row Nonfilling - Notch Ball Bearing		
			C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C		C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C		C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C	
4	16	0.30	5																				
5	19	0.30	6																				
6																							
7																							
8																							
9																							
10	35	0.61	11	-	-	3.76	6.23																
12	37	1	12	2.36	7.25	4.63	7.48																
15	42	1	13	2.63	7.34	5.43	8.72																
17	47	1	14	3.65	9.66	6.54	10.41																
20	52	1	15	4.00	9.57	7.79	12.24	8.54	13.35	-	-	-	-	19	3.98	11.12	-	-	22.2	-	-	11.97	16.15
25	62	1	17	6.01	13.84	10.64	16.29	12.77	18.78	12.77	22.83	26.70	29.81	21	5.30	14.28	-	-	22.2	7.79	12.24	14.24	19.00
30	72	1	19	7.74	16.46	14.86	21.58	17.09	23.90	17.53	30.08	37.82	42.27	27	10.01	24.12	-	-	25.4	10.64	16.29	19.40	25.19
35	80	1.50	21	9.83	19.36	17.85	25.59	20.56	28.21	23.90	39.29	43.61	48.06	31	12.77	30.35	-	-	30.2	14.86	21.58	27.14	33.33
40	90	1.50	23	12.19	22.74	22.34	31.33	25.68	34.44	28.21	45.83	57.40	60.96	33	15.71	34.49	71.64	90.78	34.9	17.89	25.59	32.66	39.43
45	100	1.50	25	15.93	29.37	29.95	40.58	34.40	44.94	40.18	63.19	76.98	75.65	36	19.89	41.96	91.67	111.25	36.5	22.34	31.33	40.81	48.06
50	110	2	27	17.49	33.42	35.64	47.61	40.94	52.51	49.39	75.65	81.43	85.89	40	23.50	49.39	117.92	140.62	39.7	29.95	40.58	54.73	62.74
55	120	2	29	22.52	39.16	41.63	55.18	48.06	60.52	60.52	92.11	98.12	101.46	43	28.03	57.85	145.07	168.21	44.4	35.64	47.61	64.97	73.42
60	130	2	31	26.61	43.88	48.50	62.74	55.62	69.42	68.97	103.68	111.25	115.70	46	32.93	67.19	171.77	197.13	49.2	41.83	55.18	76.54	84.55
65	140	2	33	29.37	47.61	55.62	71.20	64.08	78.32	76.09	113.92	135.72	137.95	48	38.63	73.87	187.34	214.04	54.0	48.50	62.74	88.55	97.01
70	150	2	35	35.51	57.40	63.19	80.10	72.98	88.11	92.56	133.94	151.30	153.52	51	44.50	84.10	220.27	248.31	58.7	-	-	101.90	109.47
75	160	2	37	38.36	60.96	71.00	87.22	82.32	95.67	113.92	162.42	169.10	173.55	55	46.72	87.22	250.09	277.68	68.3	-	-	130.83	134.35
80	170	2	39	42.23	68.08	80.10	91.78	92.11	103.68	113.92	162.42	191.35	191.35	58	57.85	106.35	286.58	317.73	68.3	-	-	146.40	151.51
85	180	2.50	41	48.50	75.20	89.11	101.90	102.79	112.14	135.72	190.90	-	-	60	61.41	108.13	304.16	339.98	73.0	-	-	142.40	142.84
90	190	2.50	43	54.07	89.89	99.23	109.91	113.92	120.15	148.18	206.92	-	-	64	68.53	117.48	379.14	403.17	73.0	-	-	158.42	153.97

ตาราง 3.3 ค่าพิกัดแรงและแรงรับ (ขนาด) (C<sub>0</sub>, C) (ใน KN)

ตาราง 3.4 มิติมาตรฐานและแรงประเมื่นของโรลลิ่งแบร์ริง (C<sub>0</sub>, C เป็น kN)

ขนาด d mm	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง O												ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง I					
	O.D. D mm	ชนิด หนา mm	ขนาด 10						ขนาด 30						O.D. D mm	ชนิด หนา mm	ขนาด 31	
			ขนาด B mm	Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small-Angle Ball Bearing		ขนาด B mm	Double-Row Cylindrical Roller Bearing		Spherical Roller Bearing		ขนาด B mm	Spherical Roller Bearing				
				C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C		C <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	C		C <sub>0</sub>			C	
4																		
5																		
6																		
7	19	0.30	6	-	1.51	-	-	-	-	16	10.66	16.42						
8	22	0.30	7	-	2.51	-	-	-	-	19	14.06	20.51						
9	24	0.30	7	-	2.60	-	-	-	-	20	19.62	27.01						
10	26	0.30	8	1.96	3.51	-	-	-	-	21	24.07	32.31						
12	28	0.30	8	2.22	3.92	-	-	-	-	23	28.97	37.96						
15	32	0.30	9	2.51	4.29	-	-	-	-	23	31.86	40.27						
17	35	0.30	10	2.78	4.63	-	-	-	-	26	42.45	52.51						
20	42	0.60	12	4.45	7.2F	-	-	-	-	26	46.28	55.62						
25	47	0.60	12	4.94	7.74	-	-	-	-	26	50.28	58.74						
30	55	1	13	6.90	10.19	-	-	-	-	30	66.75	75.65						
35	62	1	14	8.50	12.28	10.90	14.46	-	-	30	66.75	75.20						
40	68	1	15	9.30	12.90	12.37	15.53	-	-	34	82.77	92.56						
45	75	1	16	12.15	16.15	14.95	18.42	-	-	34	89.44	97.01						
50	80	1	16	13.08	16.78	16.73	19.62	-	-	37	103.68	113.03						
55	90	1	18	17.00	21.76	22.12	25.81	-	-	37	111.25	118.81						
60	95	1	18	18.29	22.65	23.36	26.43	-	-	37	119.26	124.15						
65	100	1	18	19.42	23.50	25.81	27.99	-	-									
70	110	1	20	24.39	29.28	31.06	34.18	-	-									
75	115	1	20	26.12	30.39	34.35	36.22	-	-									
80	125	1	22	31.28	36.67	42.01	44.28	-	-									
85	130	1	22	33.55	38.09	44.10	45.39	-	-									
90	140	1.50	24	39.11	44.50	52.51	54.29	-	-									
95	145	1.50	24	41.87	46.72	55.18	55.62	-	-									
100	150	1.50	24	41.87	46.28	57.85	56.96	-	-									

\*-ใช้ขนาด spherical roller สำหรับขนาด 30 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 120 mm  
 \*-ใช้ขนาด spherical roller สำหรับขนาด 31 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 mm  
 \*ขนาด 31 และ 20° ใช้สำหรับเป็นแบบ small angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การคำนวณขนาดสายพาน

จากการทดสอบแรงดึงบนสายพาน

$$F_1 = 36.5 \text{ N}$$

หมายเหตุ การเลือกใช้สายพานเลือกตามขนาดของ PULLEY ของเครื่อง.

ยนต์ซ์บจะ ได้ขนาดของสายพานดังนี้

ขนาดของสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่มตามมาตรฐาน  
ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 256-1962(E)

หน้าตัดสายพาน	B
$L_p$	14
$h$	11
$b_w$	14
$b_y$	16.3
$c$	3.5
$e$	$19 \pm 0.4$
$f$	$12.5 \pm 0.8$
$t_m$	18
$b_2$	44

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์  $d_p$  ของล้อสายพานลิ่ม

ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R 253-1962(E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d_p = 160 \text{ มม}$$

ตารางที่ 3.5 ขนาดสายพานลิ่ม และล้อสายพานลิ่ม ตามมาตรฐาน

ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R 256-1962(E)

หน้าคดสายพาน	Y	Z	A	B	C	D	E	
$l_p$	5.3	8.5	11	14	19	27	32	
h	4	6	8	11	14	19	25	
$b_w$	5.3	8.5	11	14	19	27	32	
$b_l$	6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40	
c	1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	12	
e	$8 \pm 0.3$	$12 \pm 0.3$	$15 \pm 0.3$	$19 \pm 0.4$	$25.5 \pm 0.5$	$37 \pm 0.6$	$44.5 \pm 0.7$	
f	$6 \pm 0.5$	$8 \pm 0.6$	$10 \pm 0.6$	$12.5 \pm 0.8$	$17 \pm 1$	$24 \pm 2$	$29 \pm 2$	
$c_{min}$	7	11	14	18	24	28	33	
32°	$\phi$	$\leq 63$	-	-	-	-	-	
34°	สำหรับ	-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-	
36°	เส้นผ่าน	63	-	-	-	-	$\leq 500$	
38°	ศูนย์กลาง	-	$> 80$	$> 118$	$> 190$	$> 315$	$> 500$	
	คด $d_p$	-	$> 80$	$> 118$	$> 190$	$> 315$	$> 500$	
$b_2$	จำนวน ร่องบน ล้อสาย พาน	1	12	16	20	25	34	48
		2	20	28	35	44	59.5	85
		3	28	40	50	63	85	122
		4	36	52	65	82	110.5	159
		5	44	64	80	101	136	196
		6	52	76	95	120	161.5	233
		7	60	88	110	139	187	270
		8		100	125	158	212.5	307
		9		112	140	177	238	344
		10		124	155	196	263.5	381
		11		136	170	215	289	418
		12		148	185	234	314.5	455
$d_{pmin}$	28	50	80	125	200	355	500	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิทช์  $d_p$  ของล้อสายพานลิ้ม

ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975(E) และ

ISO/R 253-1962(E)

ขนาดเป็น มม

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	

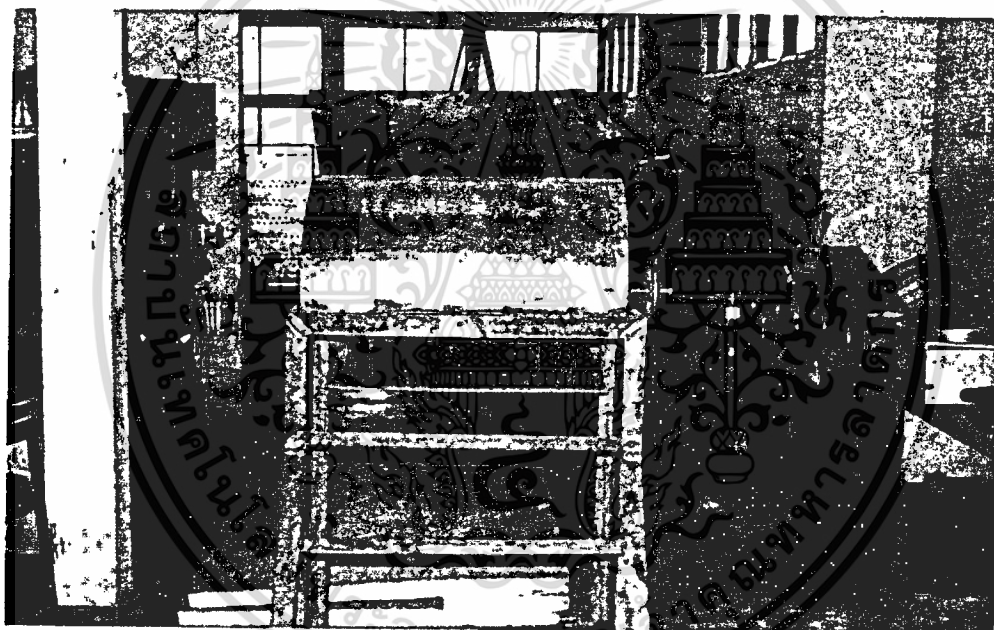
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การสร้าง

### 1. ส่วนประกอบของเครื่องทันผักตบชวา

#### 1.1 โครงเครื่อง

ทำจากเหล็กฉาก ขนาด 50 มม \* 5 มม มีความกว้าง 800 มม ยาว 720 มม สูง 600 มม แสดงไว้ในแบบรูปโครงสร้าง ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7

#### 1.2 เพลาชับ

ทำจากเหล็กเพลาชขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม ยาว 830 มม 1

ท่อน โดยมี แบริ่ง ขนาดรูสาม 40 มม ยึดติดอยู่ที่โครงเครื่องด้วย สกรู ทั้ง 2 ด้าน และมีมุมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สกรวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เลย์สาม เข้าที่ด้านหนึ่ง เพื่อให้เป็นตัวถ่ายเทกำลังจาก เครื่องยนต์โดยมีสายพานเป็นตัวส่งถ่ายกำลัง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแบบสงวนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่โครงพิมพ์การนำไปใช้

### 1.3 ROLLER

ทําจากเหล็กท่อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 270 มม ยาว 600 มม โดยเชื่อมแผ่นเหล็กที่มีความหนา 5 มม และมีรัศมี 250 มม ตัดรูปร่างวงกลมและ เจาะรูเพื่อรองรับเพลาคิดเข้าที่ปลายทั้งสองด้าน

### 1.4 ชุดขับเคลื่อน

ทําจากเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งแล้ว ซึ่งประกอบด้วย SWIVEL CASTER และ FIXED CASTER ขนาดกว้าง 60 มม ยาว 115 มม หนา 5 มม และมีมุมเอียง 60 องศา ซึ่ง SWIVEL CASTER เป็นตัวทําให้เกิดแรงเฉือนในการหัน และ FIXED CASTER เป็นตัวช่วยสนับสนุนผักตบชวาในการหัน และเพิ่มความรวดเร็ว

### 1.5 HOPPER

ทําจากเหล็กแผ่นหนา 5 มม ทําน้ำที่ในการบ่อนผักตบชวาลงในส่วนที่ทำการหัน

### 1.6 ห้องครอบชุดหัน

ทําจากแผ่นเหล็กหนา 5 มม ติดรอบชุดหันทั้ง 4 ด้าน เพื่อทําน้ำที่บังคับผักตบชวาให้อยู่ในบริเวณที่มีการหันเกิดขึ้นเท่านั้น

### 1.7 รางส่งผักตบออก

ทําจากเหล็กแผ่นหนา 5 มม มีลักษณะโค้งเล็กน้อย เพื่อให้ผักตบชวาทิ้งออกทางด้านหน้าอย่างมีระเบียบ และสะดวกต่อการรวบรวม

## 2. ขั้นตอนการทำงาน

2.1 ตัดเหล็กท่อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 27 ซม ยาว 60 ซม ตะไบขอบให้เรียบ

2.2 ตัดเหล็กแผ่นหนา 0.5 ซม และตัดเหล็กประกบ เจาะรู เพื่อรองรับเพลาคิด

รับเพลาคิด

2.3 นำเหล็กแผ่นตามข้อ 2.2 จับเข้ากับแท่งกลึง เพื่อตั้งศูนย์ให้กลม เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางในข้อท่อ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สวมแผ่นเหล็กตามข้อ 2.3 ปิดหัวท้ายของท่อโดยการสวมอัด และ  
เชื่อมรอบท่อตลอดแนว

2.5 สวมเพลลาเข้าไปใน โรลเลอร์

2.6 สร้าง โครงสร้างของ เครื่อง โดยการ เชื่อมเหล็กจากขนาดตามแบบที่ 1

2.7 ติด SWIVEL CASTER และ FIXED CASTER ที่ฐานโครงตามแบบที่ 1

2.8 ติด แบริ่งที่เพลลา และยึดติดกับโครงสร้างด้วย สกรู

2.9 ตัดเหล็กทาบมิด ขนาดตามแบบที่ 2

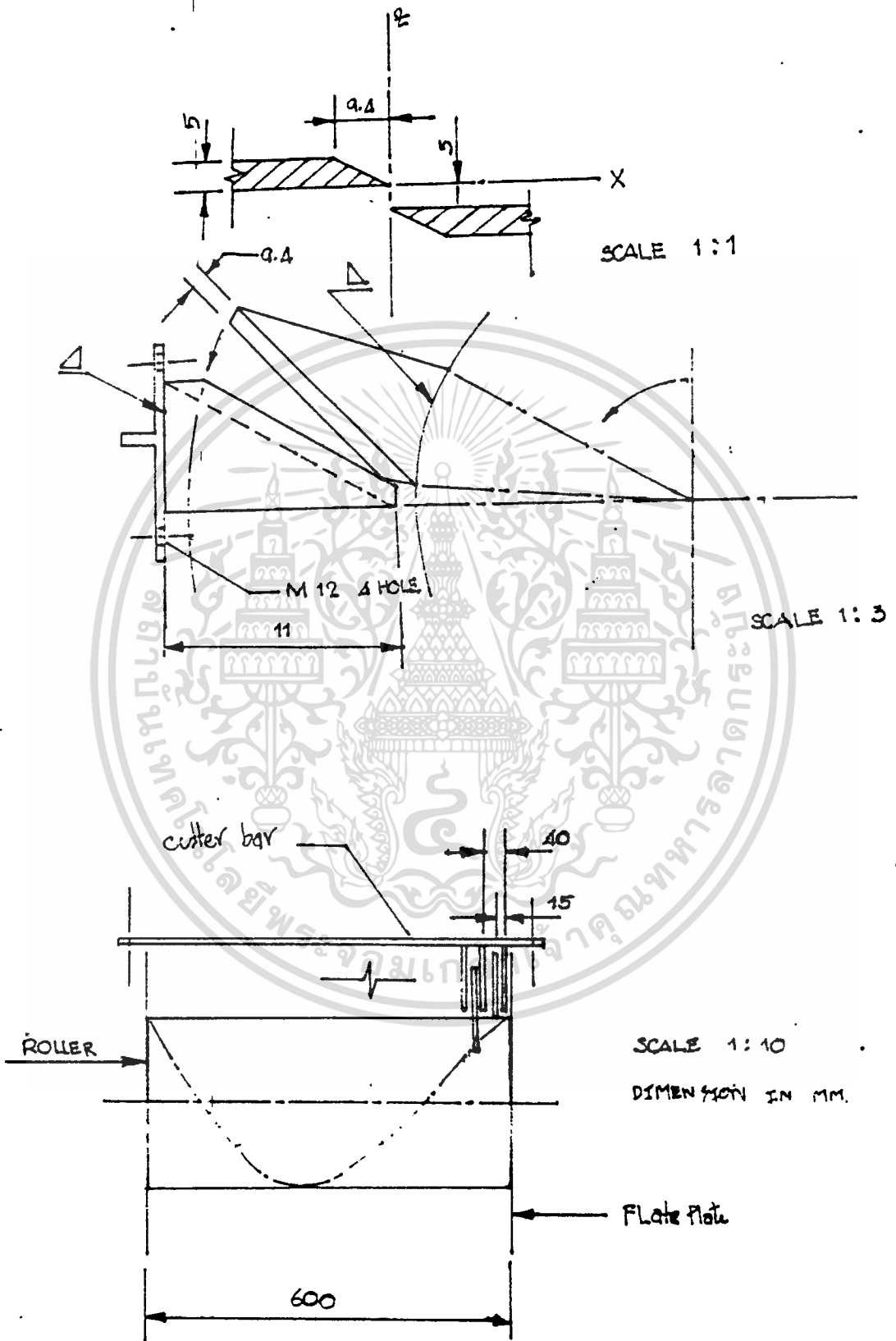
2.10 เชื่อมขอบใบมีดโดยลวดเชื่อมแข็ง หลังจากนั้นทำการเจียรระโนรอยเชื่อม  
ให้เป็นลักษณะของคมมีด โดยตามุมของคมมีดตามแบบที่ 2

2.11 เชื่อมฐานใบมีดเข้ากับ โรลเลอร์ และฐานยึด CUTTER BAR ระยะ  
ห่างตามแบบที่ 2

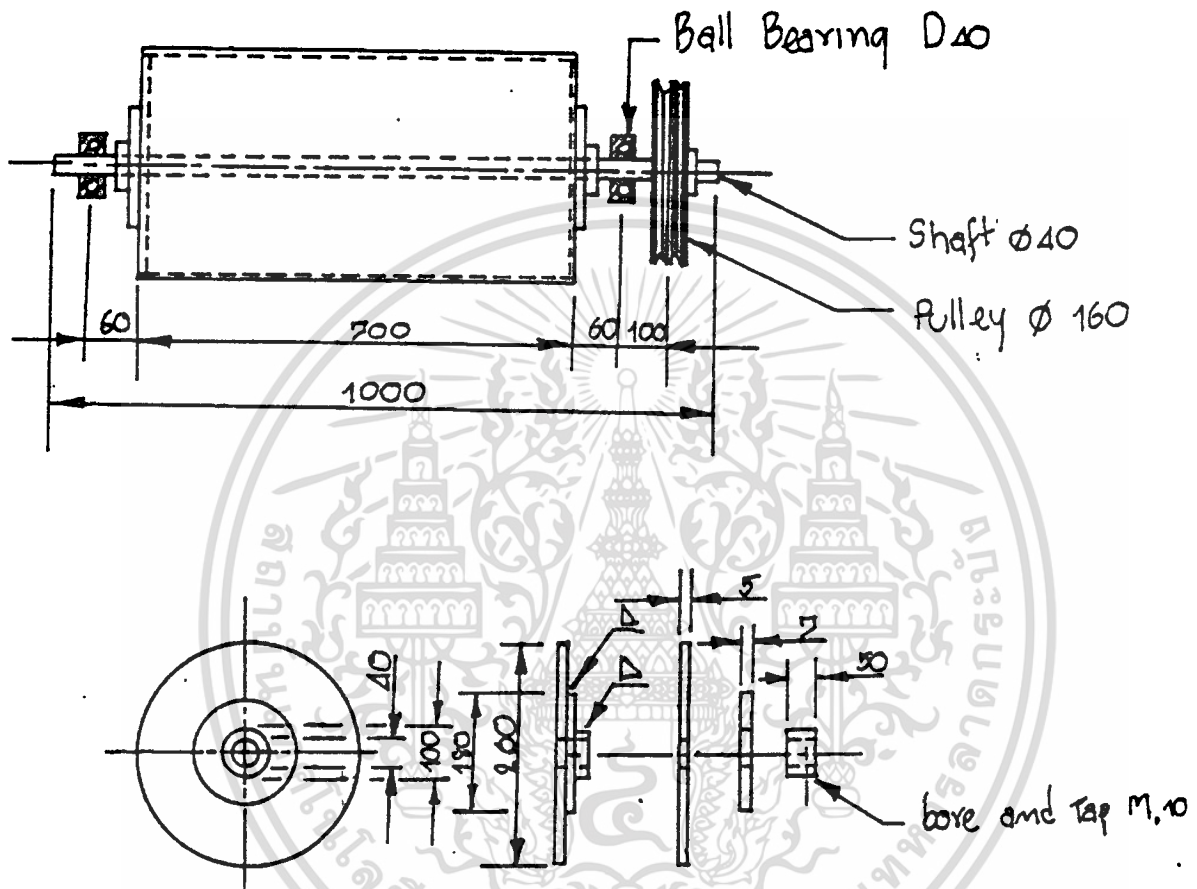
2.12 ทา HOPPER เหล็กกันข้างและ รางส่งผักคบขาวออก โดยการตัดเหล็ก  
แผ่นให้ได้ขนาดตามแบบที่ 3 และประกอบเข้ากับโครงสร้างของ เครื่องโดยใช้ สกรู ขนาด M8

2.13 ติด มุสลีย์สายพานขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 cm (มุสลีย์ตาม) เข้า  
ที่เพลลาด้านหนึ่ง โดยการใส่ลิ่มและสกรูยึดไว้เพื่อให้เกิดความมั่นคงในการทำงาน ตามแบบที่ 4

2.14 ทาสีกันสนิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



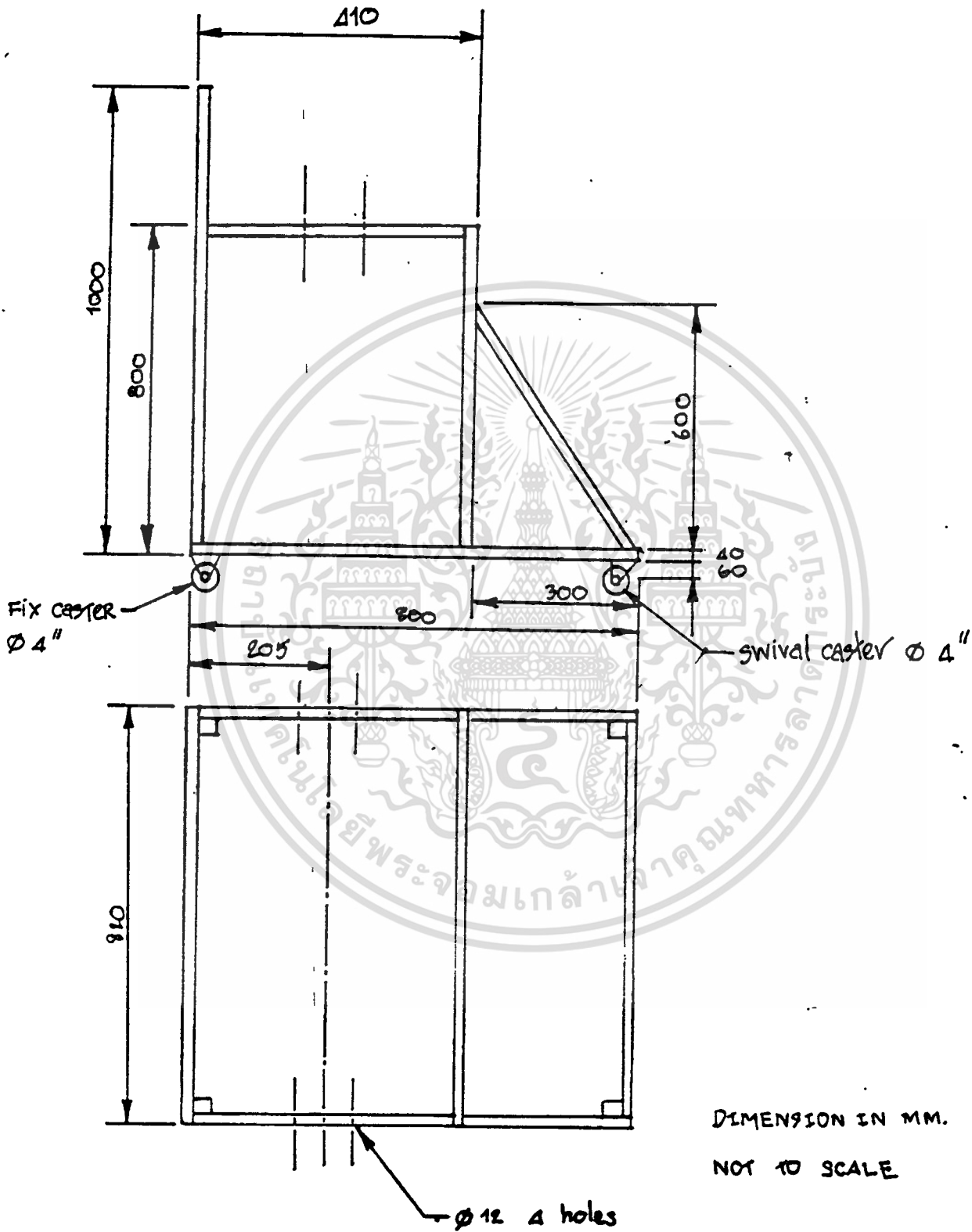
DIMENSION IN MM.

NOT TO SCALE

List of part. DETAIL ROLLER,  
Ball Bearing, shaft, Pulley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อ

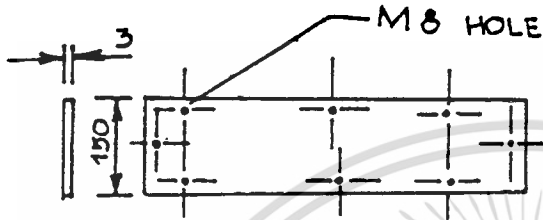
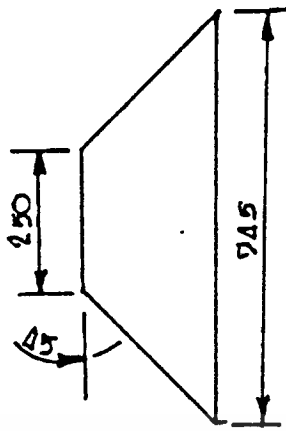
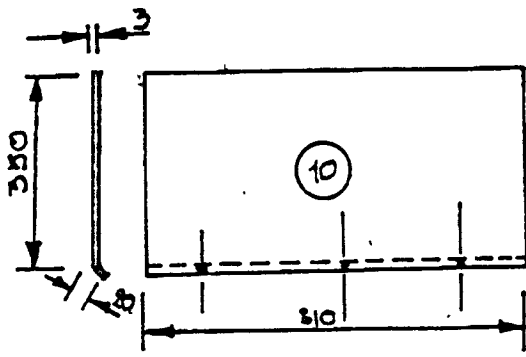
PROJECT ENGINEERS



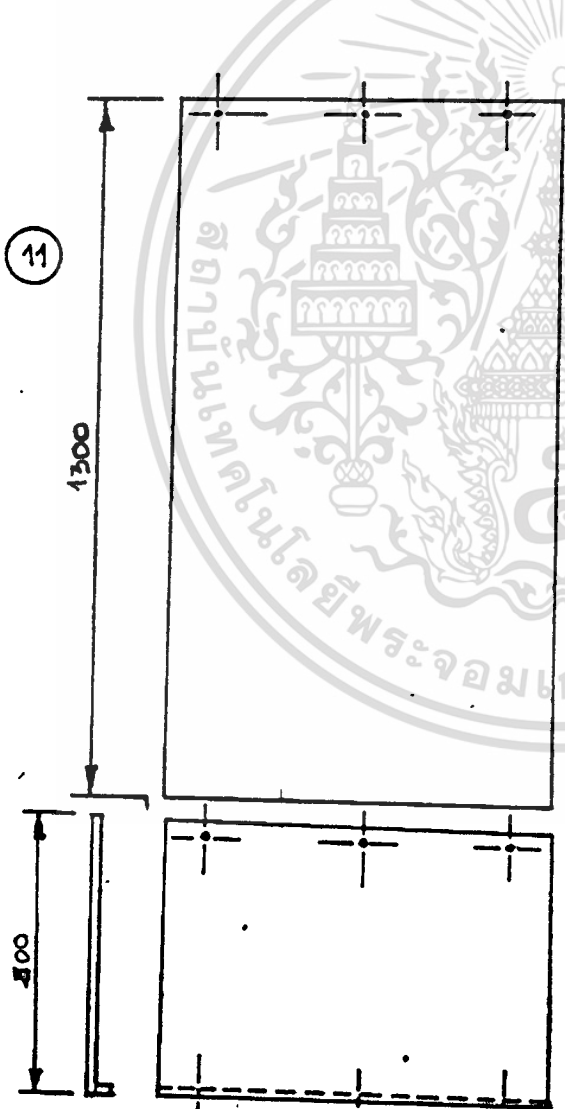
ขอสงวนลิขสิทธิ์  
 การเชื่อมต่อโต๊ะ  
 การเชื่อมต่อโต๊ะไฟฟ้า

List of Revt. DETAIL OF STAND, CASTER

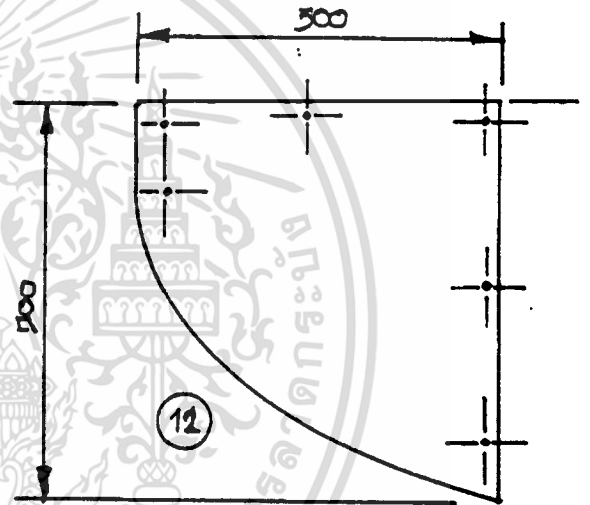
PROJECT ENGINEER



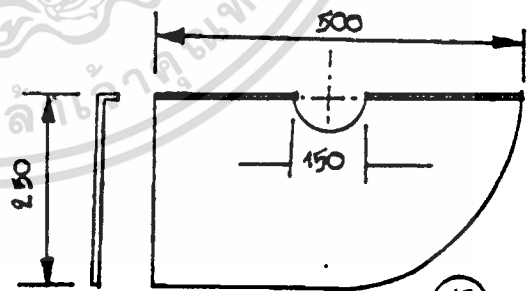
10



11



12



15

DIMENSION IN MM.

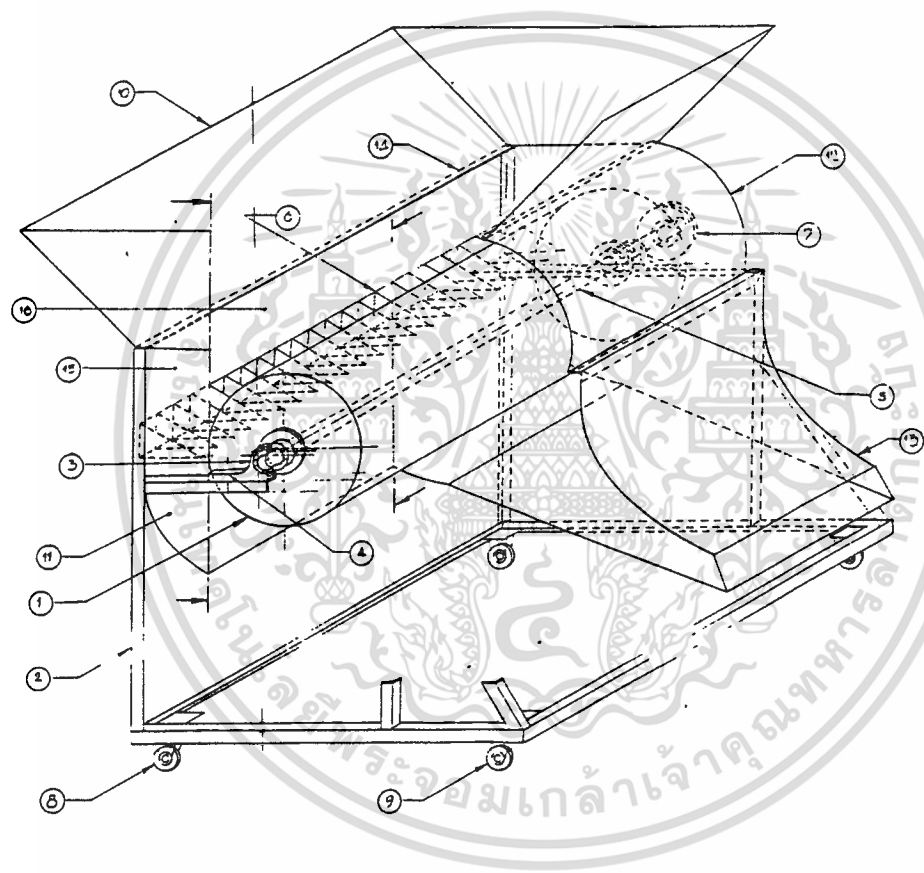
NOT TO SCALE

12



13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ข้อมูลใดๆ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



16	Cover material	1	1
10	Cover Roller	2	MSK 400
14	Bolt	20	M 4
49	Guide Product	1	11
12	Cover cutter	1	11
11	Cover Roller Low	2	11
10	Hopper	1	Fit 2.5 x 1.5
4	swivel caster	2	Ø 5"
6	Fix caster	2	Ø 5"
7	Pulley	1	Ø 1.5"
10	cutter bar	1	Fit 1.5 x 1.5
9	shaft	1	Ø 40, L 1000
4	Bolt	4	M 12
7	Ball Bearing	2	Ø 40
1	STAND	1	-
1	ROLLER	1	TYPE 2020
NO. OF PICK	NOMENCLATURE	QTY	Mat. Dim. / No.
List of Parts Assembly			
Project: <u>Shredder</u>			
			Draw by
			1/1/2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาความสามารถของ เครื่องหันผักตบชวา
2. เพื่อหาขนาดของชิ้นส่วนผักตบชวาที่ตัดได้ ณ ความเร็วรอบต่างๆ
3. เพื่อหาอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการทํานานที่ความเร็วต่างๆ
4. เพื่อหาประสิทธิภาพในการตัดที่ความเร็วรอบที่ใช้งานได้

อุปกรณ์

1. ผักตบชวาที่เก็บขึ้นจากน้ำใหม่ ๆ
2. เครื่องหันผักตบชวา
3. รถไถเดินตาม แรงม้า ประมาณ 7 แรงม้า
4. นาฬิกาจับเวลา
5. เครื่องชั่ง
6. สายพานส่งกำลัง
7. เครื่องวัดรอบ
8. สายวัด
9. FUEL CONSUMPTION INSTRUMENT TEST

วิธีการทดลอง

1. นำเครื่องรถไถเดินตามมาติดตั้ง เข้ากับเครื่องหันผักตบชวา โดยใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลัง (ในการติดตั้งควรระวังให้มู่เลย์ ของเครื่องยนต์อยู่แน่นอนเดียวกับล้อสาย

พานของเครื่องตัด และตรวจดูสายพานให้ตึงพอดี) ดังแสดงในรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 2. ทําการชั่งผักตบที่เก็บขึ้นมาจากน้ำใหม่ ๆ ให้ได้ชดละ 6 กิโลกรัม (โดยที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดแบบส่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวีสัมผัสกับในขณะที่ทดสอบความสามารถนั้นจะใส่ครั้งเดียวหมด 1 ชุด)

3. ตั้งความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่ความเร็ว 400 รอบ/นาที ทิ้งไว้ให้เดินเครื่องโดยไม่มี LOAD สักครู่ (2-3 นาที) จากนั้นนำฝักตบชวาใส่เครื่อง 1 ชุด จับเวลาที่เครื่องตัดได้หมด บันทึกผลตาราง

4. เพิ่มความเร็วรอบขึ้นโดยการเร่ง เครื่อง เพิ่มขึ้นให้ได้ความเร็ว 250, 312.5 375, 437.5, 500, 625, 750 รอบต่อนาที แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3 บันทึกผลลงในตาราง

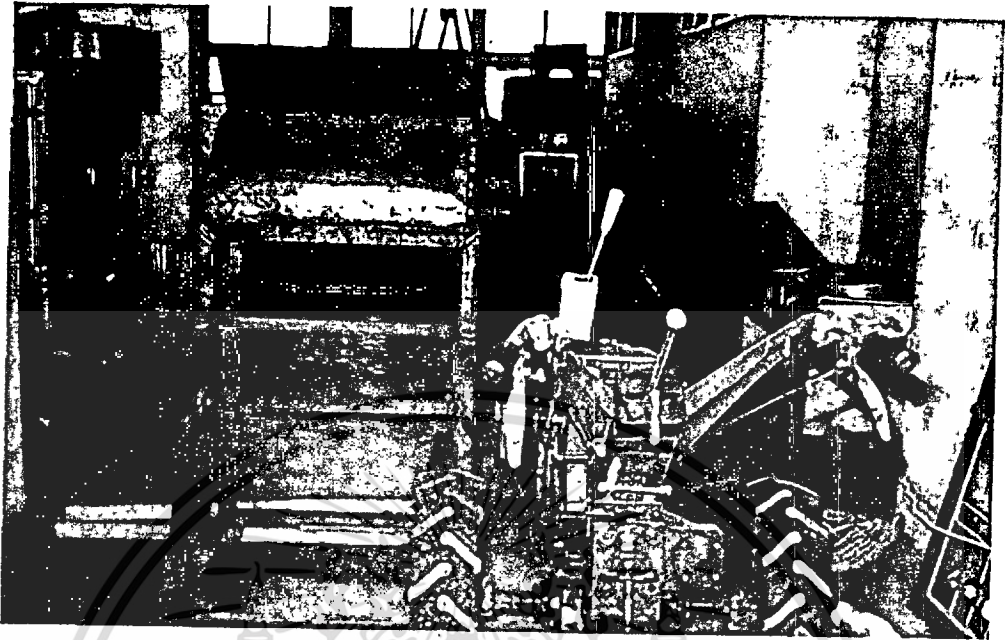
5. นำผลที่ได้คำนวณหาความสามารถในแต่ละความเร็วรอบ โดยคิดเทียบเป็น Kg/Hr จากนั้นนำค่าที่มาเขียนกราฟระหว่างความเร็วรอบ (เป็นแกน X) หน่วยเป็น รอบ/นาที กับแกน Y ความสามารถในการตัด หน่วยเป็น Kg/Hr

6. นำฝักตบที่ทำการตัดแล้ว กองแยกกันตามความเร็วรอบต่างๆ จากนั้นสูบลมตัวอย่างจากแต่ละกอง นำมาทำการวัดขนาดความยาวขึ้นของฝักตบชวาที่สูบลมแล้วบันทึกค่าต่างๆลงในตารางบันทึกผลการทดลอง พร้อมกับทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

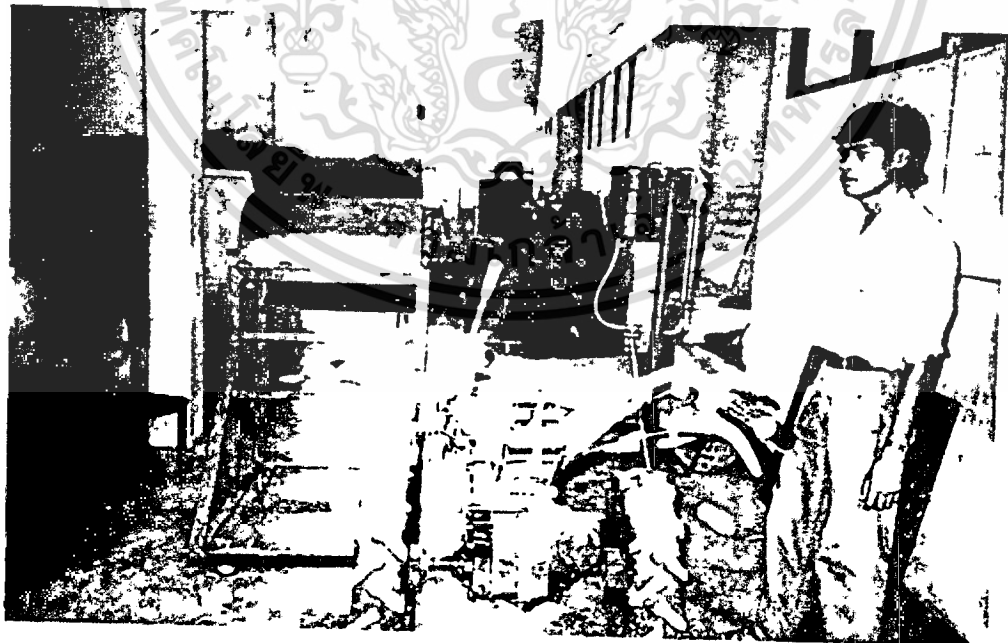
7. อ่านค่าปริมาณน้ำมันที่ใช้จาก FUEL CONSUMPTION INSTRUMENT TEST ที่ความเร็วรอบต่างๆ แล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง ดังรูป 4.2

8. จากข้อ 6 นำฝักตบชวาที่ตัดแล้วทั้ง 3 ครั้ง รวมกันแล้วแยกส่วนที่สามารถนำเบาใช้งานได้ (ต่ำกว่า 12 ซม.) ออกจากส่วนที่ใช้ไม่ได้ แล้วทำการชั่งทั้งสองส่วน บันทึกผลลงในตาราง และคำนวณประสิทธิภาพของเครื่อง

9. คำนวณค่าต่างๆที่ต้องการ พร้อมกับเขียนกราฟแสดงผลการทดลองและค่าที่คำนวณได้



รูปที่ 4.1  
แสดงการประกอบเครื่องก่อนใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเป็นรูปที่ 4.2 ้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
แสดง การทดสอบน้ำมันท้าย เครื่องมือทดสอบ

การคำนวณ

ในการทํางาน 1 ชั่วโมง พบว่าจะเกิดขึ้นจริงเพียง 50 นาทีเท่านั้น การสูญเสียของเวลานั้นมาจาก

1. การบ่อนผักตบชวาเข้าเครื่อง
2. การสูญเสียเนื่องจากการหยุดพักของคนงาน

## 1. ที่ความเร็ว 250 รอบ/นาที

$$\text{เวลาที่ใช้ตัดเฉลี่ย} = \frac{20+20+20+20+22+20}{6} = 20.33 \text{ s}$$

$$\text{พบว่าการบ่อนผักตบชวามีการสูญเสียดังนั้นคิดเวลา} = 3000 \text{ s}$$

$$\text{เวลา } 20.33 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = 6 \text{ Kg}$$

$$\text{เวลา } 3000 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = \frac{6 \times 3000}{20.33} \text{ Kg}$$

$$= 885.39 \text{ Kg}$$

$$= 0.855 \text{ Ton/Hr}$$

$$\text{แต่ในกรณีที่ไม่คิดการสูญเสียจะได้} = 1.062 \text{ Ton/Hr}$$

## 2. ที่ความเร็ว 312.5 รอบ/นาที

$$\text{เวลาที่ใช้ตัดเฉลี่ย} = \frac{15+16+16+16+14+15}{6} = 15.33 \text{ s}$$

คิดการสูญเสีย จะได้

$$\text{เวลา } 15.33 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = 6 \text{ Kg}$$

$$\text{เวลา } 3000 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = \frac{6 \times 3000}{15.33} \text{ Kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร 15.33 ครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 1,174.16 \text{ Kg}$$

$$= 1.174 \text{ Ton/Hr}$$

ไม่คิดการสูญเสียจะได้

$$= 1.409 \text{ Ton/Hr}$$

### 3. ที่ความเร็ว 375 รอบ/นาที

$$\text{เวลาที่ใช้ตัดเฉลี่ย} = \frac{8+8+9+9+8+8}{6} = 6 \text{ s}$$

คิดการสูญเสีย จะ ได้

$$\text{เวลา } 8.33 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = 6 \text{ Kg}$$

$$\text{เวลา } 3000 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = \frac{6 \times 3000}{8.33} \text{ Kg}$$

$$= \frac{6 \times 3000}{8.33} = 2,160.86 \text{ Kg}$$

$$= 2.16 \text{ Ton/Hr}$$

ไม่คิดการสูญเสียจะได้

$$= 2.593 \text{ Ton/Hr}$$

### 4. ที่ความเร็ว 437.5 รอบ/นาที

$$\text{เวลาที่ใช้ตัดเฉลี่ย} = \frac{4+5+4+4+4+5}{6} = 4.33 \text{ s}$$

คิดการสูญเสีย จะ ได้

$$\text{เวลา } 4.33 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = 6 \text{ Kg}$$

$$\text{เวลา } 3000 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = \frac{6 \times 3000}{4.33} \text{ Kg}$$

$$4.33$$

$$= \frac{6 \times 3000}{4.33} = 4,257.04 \text{ Kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้ง  
= 4.257 Ton/Hr ไปใช้

ไม่คิดการสูญเสียจะได้ = 4.98 Ton/Hr

5. ที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที

$$\text{เวลาที่ใช้ตัดเฉลี่ย} = \frac{2+3+3+4+2+2}{6} = 2.66 \text{ s}$$

คิดการสูญเสียจะได้

$$\text{เวลา } 2.66 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = 6 \text{ Kg}$$

$$\text{เวลา } 3000 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = \frac{6*3000}{2.66} \text{ Kg}$$

$$= 6,766.9$$

$$= 6.76 \text{ Ton/Hr}$$

$$= 8.12 \text{ Ton/Hr}$$

ไม่คิดการสูญเสียจะได้

$$= 8.12 \text{ Ton/Hr}$$

6. ที่ความเร็ว 625 รอบ/นาที

$$\text{เวลาที่ใช้ตัดเฉลี่ย} = 2 \text{ s}$$

คิดการสูญเสียจะได้

$$\text{เวลา } 2 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = 6 \text{ Kg}$$

$$\text{เวลา } 3000 \text{ s ตัดผักตบชวาได้} = \frac{6*3000}{2} \text{ Kg}$$

$$= 9,000$$

$$= 9 \text{ Ton/Hr}$$

$$= 10.80 \text{ Ton/Hr}$$

ไม่คิดการสูญเสียจะได้

$$= 10.80 \text{ Ton/Hr}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ที่ความเร็ว 750 รอบ/นาที

เวลาที่ใช้ตัดเฉลี่ย = 2 s

คิดการสูญเสียจะได้ = 9 Ton/Hr

ไม่คิดการสูญเสียจะได้ = 10.80 Ton/Hr



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

## เวลาที่ใช้ในการคัก

## เหี่ยวเบา

ความเร็วรอบ (รอบ/ นาที)	น้ำหนัก/ชุด Kg.	เวลาในการตัดหมด (Sec)		
		ครั้งที่ 1	2	3
250	6	20	20	22
312.5	6	15	16	14
375	6	8	9	8
437.5	6	4	4	4
500	6	2	3	2
625	6	2	2	2
750	6	2	2	2

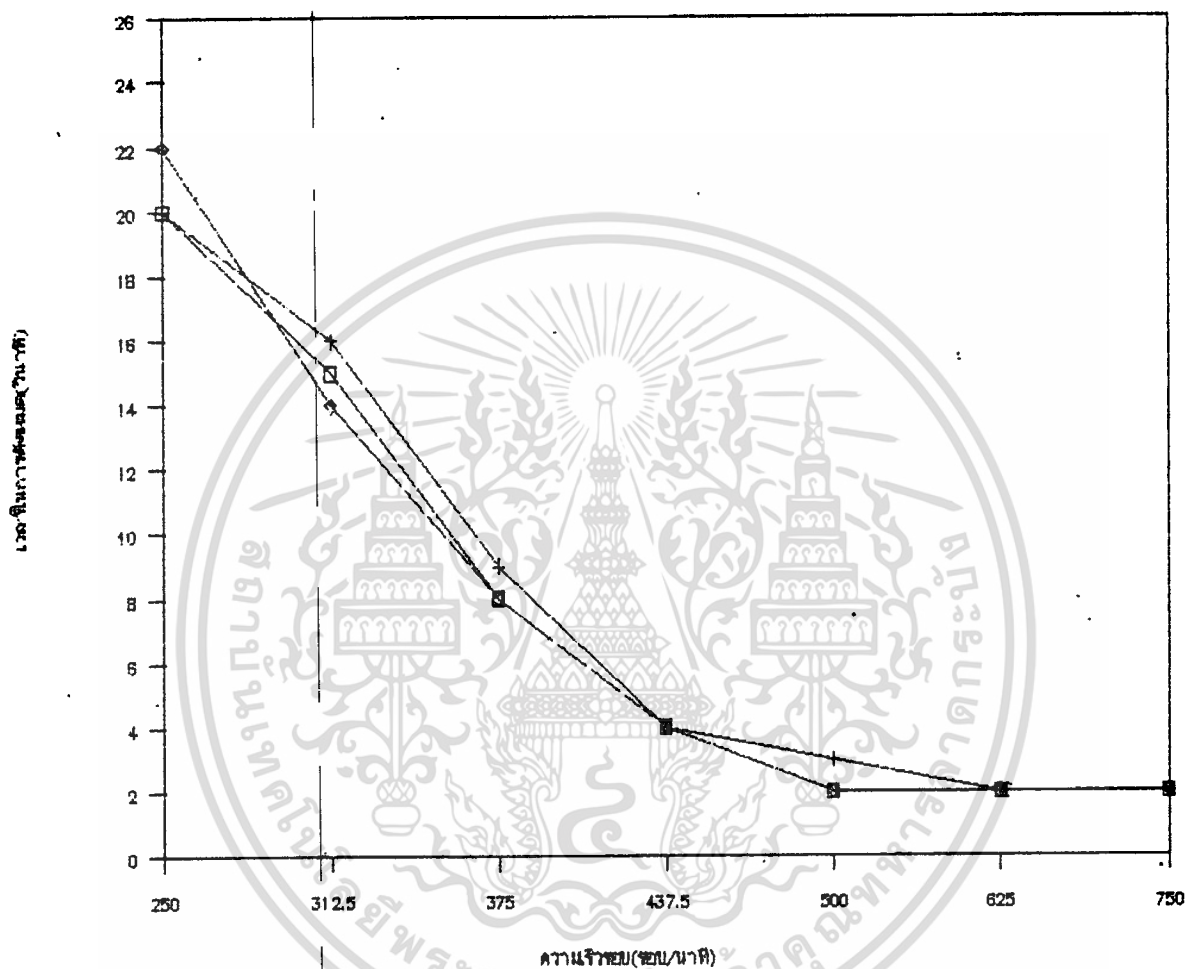
## เหี่ยวกลับ

ความเร็วรอบ (รอบ/ นาที)	น้ำหนัก/ชุด Kg.	เวลาในการตัดหมด (Sec)		
		ครั้งที่ 1	2	3
250	6	20	20	20
312.5	6	16	16	15
375	6	8	9	8
437.5	6	5	4	5
500	6	3	4	2
625	6	2	2	2
750	6	2	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งขามิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการตัด

ผลการทดลอง



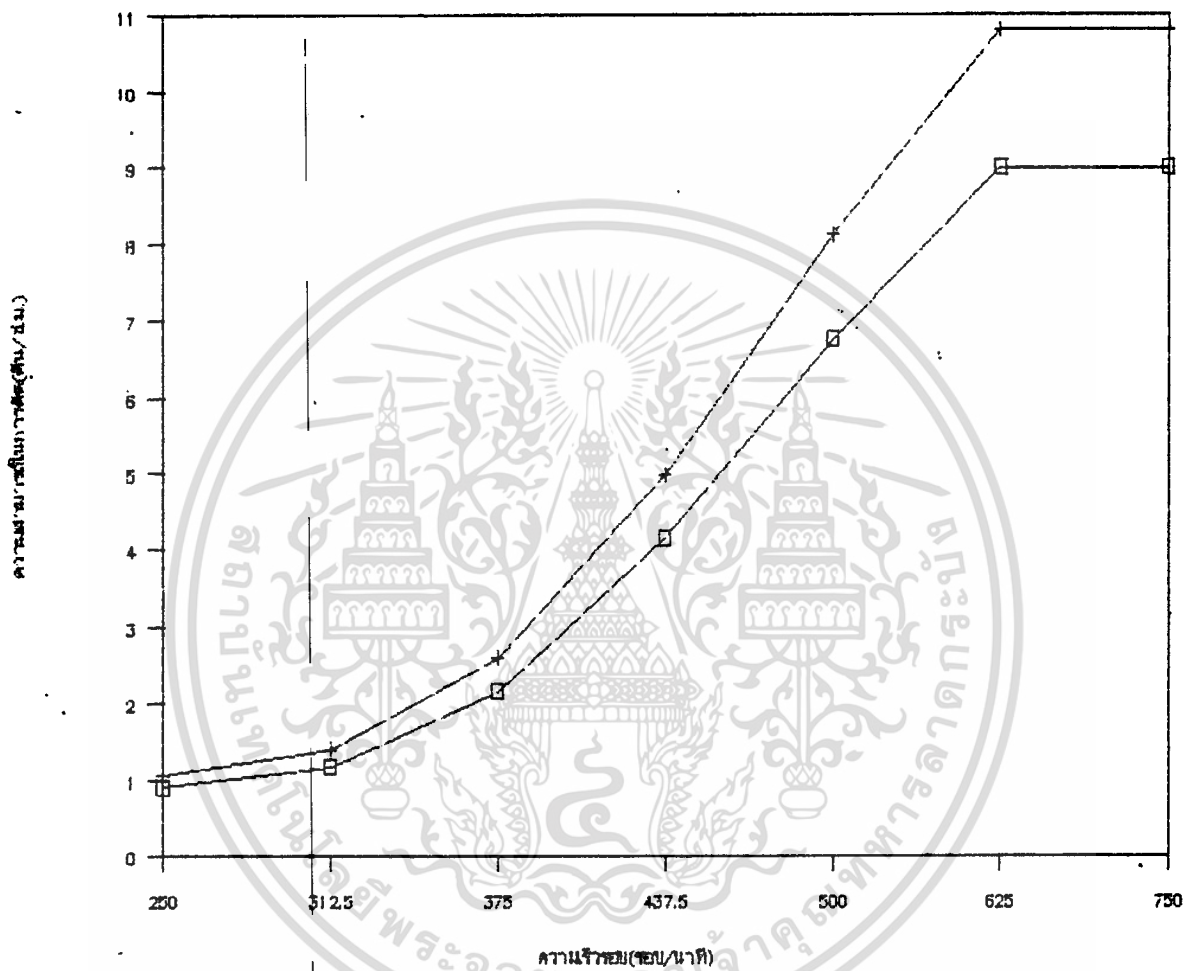
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการตัด

ความเร็วรอบ ! (rpm)	ความสามารถในการตัด คืบ/ช .ม.	
	คิดการสูญเสีย	ไม่คิดการสูญเสีย
250 !	0.9 !	1.06 !
312.5 !	1.17 !	1.4 !
375 !	2.16 !	2.6 !
437.5 !	4.15 !	4.98 !
500 !	6.76 !	8.12 !
625 !	9 !	10.8 !
750 !	9 !	10.8 !

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสามารถในการตัด



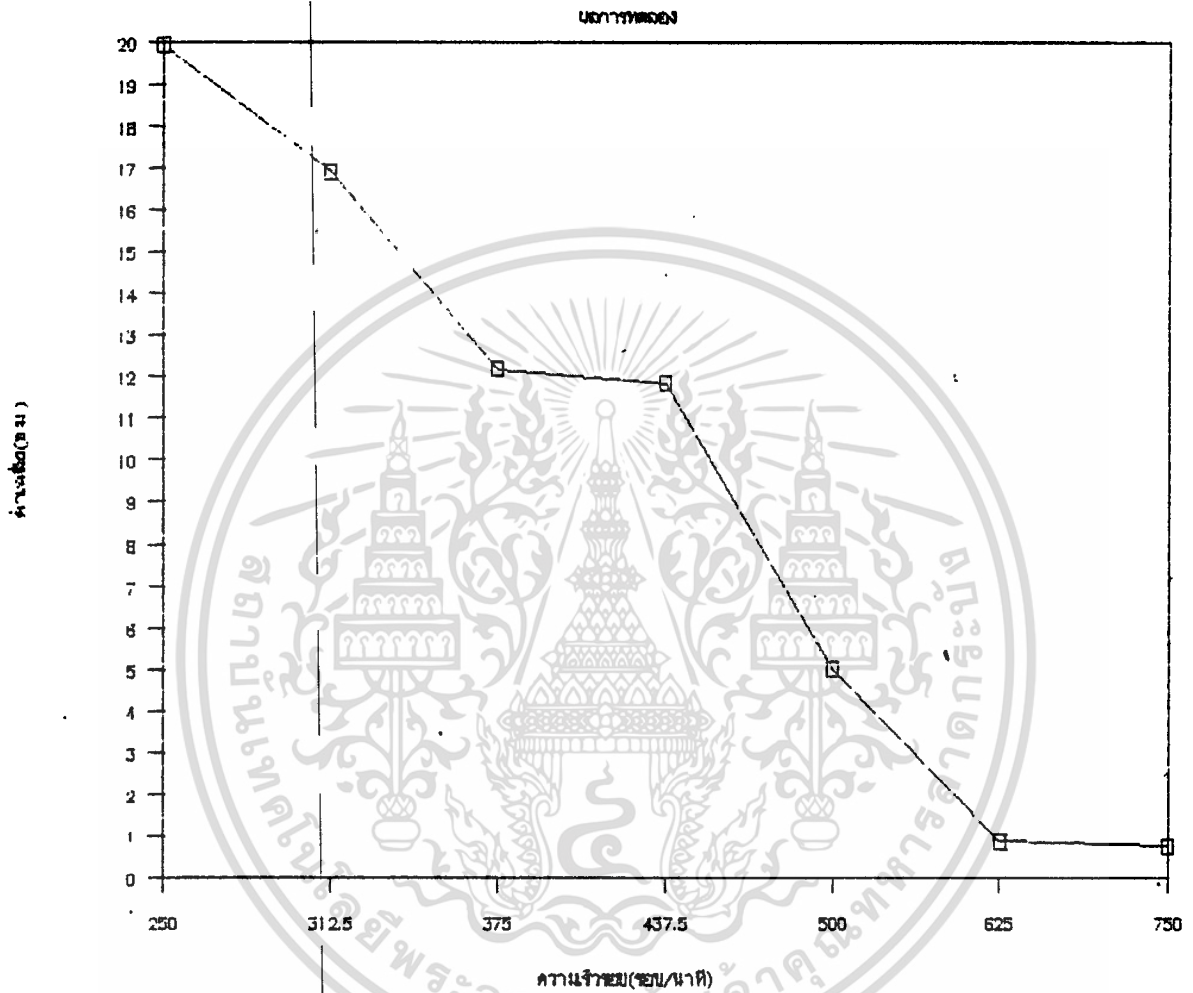
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขนาดของผักตบชวาที่ตัดได้

! ความเร็วรอบ! ! (รอบ/ นาที) !	ผักตบชวาที่ตัดจากการ ! สุ่มตัวอย่าง (ช.ม.) !						! ค่าเฉลี่ย ! ! (ช.ม.) !	S.D.
! 250.00 !	! 50.00 !	! 35.00 !	! 16.25 !	! 33.75 !	! 22.50 !	! 19.92 !	! 12.7 !	
! 312.50 !	! 23.75 !	! 30.00 !	! 21.25 !	! 37.50 !	! 28.75 !	! 16.90 !	! 10.71 !	
! 375.00 !	! 3.75 !	! 6.25 !	! 3.75 !	! 7.50 !	! 5.00 !	! 12.17 !	! 9.58 !	
! 437.50 !	! 10.00 !	! 12.50 !	! 11.25 !	! 13.75 !	! 10.00 !	! 11.83 !	! 6.05 !	
! 500.00 !	! 5.00 !	! 6.25 !	! 5.00 !	! 5.00 !	! 6.25 !	! 5.00 !	! 1.41 !	
! 625.00 !	! 0.80 !	! 1.20 !	! 1.00 !	! 1.50 !	! 0.50 !	! 0.88 !	! 0.34 !	
! 750.00 !	! 0.80 !	! 0.25 !	! 0.50 !	! 1.00 !	! 0.60 !	! 0.76 !	! 0.27 !	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กราฟแสดงปีกตบขวาที่ตัดได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## จากการสังเกตลักษณะของผักตบชวาที่ตัดที่ความเร็วรอบต่างๆ

### 1. ที่ความเร็วรอบ 250 rpm

จะพบว่าบางชิ้นไม่ขาดหรือขาดไม่ได้ขนาดที่จะนำไปใช้ได้ หรืออาจเกิดเป็นแค่รอยฉีกขาด ส่วนประกอบของผักตบชวาที่ผ่านการตัดค่อนข้างสมบูรณ์ เช่นใบเป็นแค่รอยฉีก มีบางส่วนของก้านที่ขาดได้ขนาดที่จะนำไปใช้ได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นส่วนของราก แต่ก็มีบางส่วนที่ยังคงรูปเดิมอยู่



รูปที่ 4.3 ลักษณะของผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 250 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ที่ความเร็วรอบ 312.5 rpm

สภาพส่วนใหญ่คล้ายกับผักตบชวาที่ถูกตัดที่ความเร็วรอบ 250 rpm แต่ถ้าจากการสังเกตที่ละเอียดมากขึ้น พบว่า ชิ้นส่วนที่ถูกตัดขาดมีมากกว่าและ ขนาดของชิ้นที่ถูกตัดจะมีขนาดเล็กกว่า แต่ก็ยังพบบางส่วนที่ยังคงสภาพเดิม หรือ เป็นแค่รอยฉีกขาด แต่น้อยกว่าที่ 250 rpm

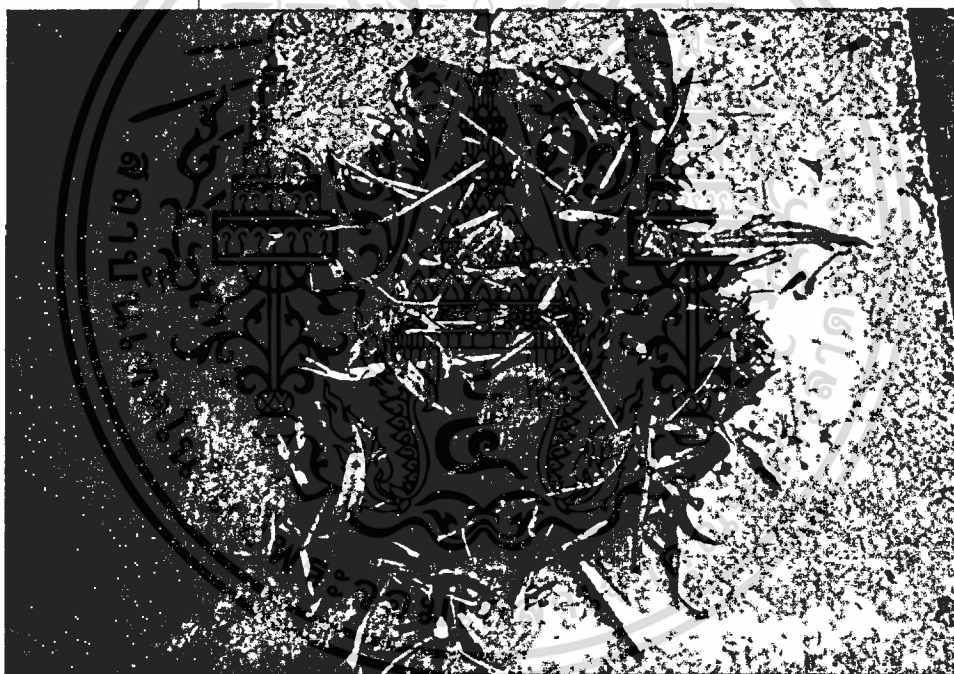


รูปที่ 4.4 ลักษณะของผักตบชวาที่ความเร็วรอบ 312.5 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ที่ความเร็วรอบ 375 rpm

ผักตบชวาที่โดนตัด มีลักษณะละเอียดมากขึ้นกว่าที่ความเร็วรอบที่ผ่านมาโดยสังเกตได้จากขนาดของชิ้นที่ถูกตัดมีขนาดเล็กลงมาก ลักษณะของใบมีการขาดเป็นชิ้นเล็กๆ รากมีลักษณะฉีกละเอียด แต่ยังมีบ้างที่ยังคงลักษณะเดิม หรือขาดเล็กน้อย แต่ก็เพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.5 ลักษณะของผักตบชวาที่ความเร็วรอบ 375 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ที่ความเร็วรอบ 437.5 rpm

ลักษณะของผักตบชวาคล้ายกับความเร็วนั้น 375 rpm แต่จะพบว่า ต้นผักตบชวาที่ไม่ถูกตัดแต่จะไม่สามารถพบได้ และขนาดของผักตบชวาที่ตัดได้มีขนาดสั้นจนนำไปใช้ประโยชน์ได้

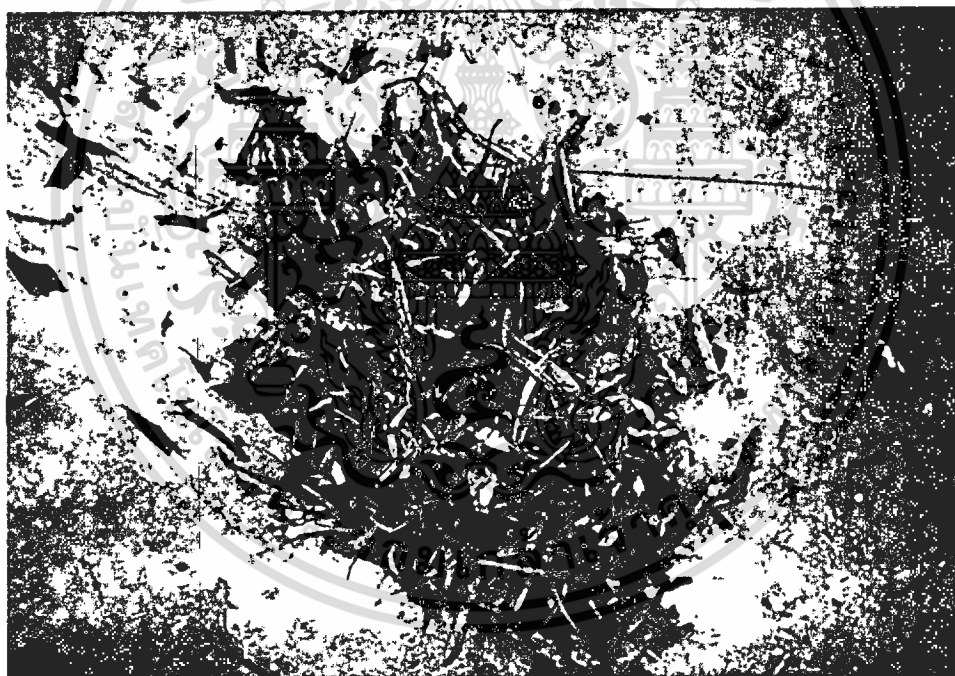


รูปที่ 4.6 ลักษณะของผักตบชวาที่ความเร็วรอบ 437.5 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5. ที่ความเร็วรอบ 500 rpm

จากการสังเกตจะพบว่าผักตบชวาที่เป็นต้นยาว ไม่พบเลย ส่วนต่างๆทั้งลำต้น ราก และ ใบ มีลักษณะขาดละเอียดมากกว่าที่ 375 และ 437.5 rpm ลักษณะรวมๆ จะพบว่า เป็นเศษละเอียดของส่วนต่างๆตุลตุลเคล้ากันอย่างกลมกลืน



รูปที่ 4.7 ลักษณะผักตบชวาที่ความเร็วรอบ 500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. ที่ความเร็วรอบ 625 rpm

จากการสังเกตพบว่าทุกส่วนของผักตบชวาถูกตัดละเอียด จนมองดูกลมกลืนกันหมด ขนาดของชิ้นค่อนข้างสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในทุกด้าน ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ให้ผลที่เหมาะสมที่สุดแก่การนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ลักษณะของผักตบชวาที่ความเร็วรอบ 625 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 7. ที่ความเร็วรอบ 750 rpm

ลักษณะที่ได้คล้ายกับที่ความเร็ว 625 rpm ซึ่งน่าจะน่าใช้ประโยชน์ได้ดีเช่นเดียวกัน แต่ในการทดลองอาจมีปัญหบางประการ เช่น การสั่นของเครื่องมาก อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูง ฯลฯ แต่ผลที่ได้มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการใช้ความเร็วรอบ 625 rpm



รูปที่ 4.9 ลักษณะผักตบชวาที่ความเร็วรอบ 750 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แสดงอัตราการใช้น้ำมัน

ความเร็วรอบ (rpm)	การใช้น้ำมัน (cc)/18Kg	เวลา (s)	อัตราการใช้น้ำมัน (cc)/Hr
250	15.5	62	900
312.5	13.125	45	1050
375	7.64	25	1100
437.5	6	16	1350
500	2.72	7	1400
625	2.4	6	1440
750	2.45	6	1470

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

จากผลการแสดงอัตราการใช้น้ำมัน สามารถนำมาคิดค่าใช้จ่ายรวมกับค่าใช้จ่ายอื่นๆ

ได้ดังนี้ ค่าใช้จ่ายรวม = ค่าน้ำมัน + ค่าแรงงาน + ค่าสึกหรอและอื่นๆ

ค่าน้ำมันลิตรละ 8.10 บาท (พ.ศ. 2534)

ค่าแรงงานคนละ 100 บาทต่อวัน

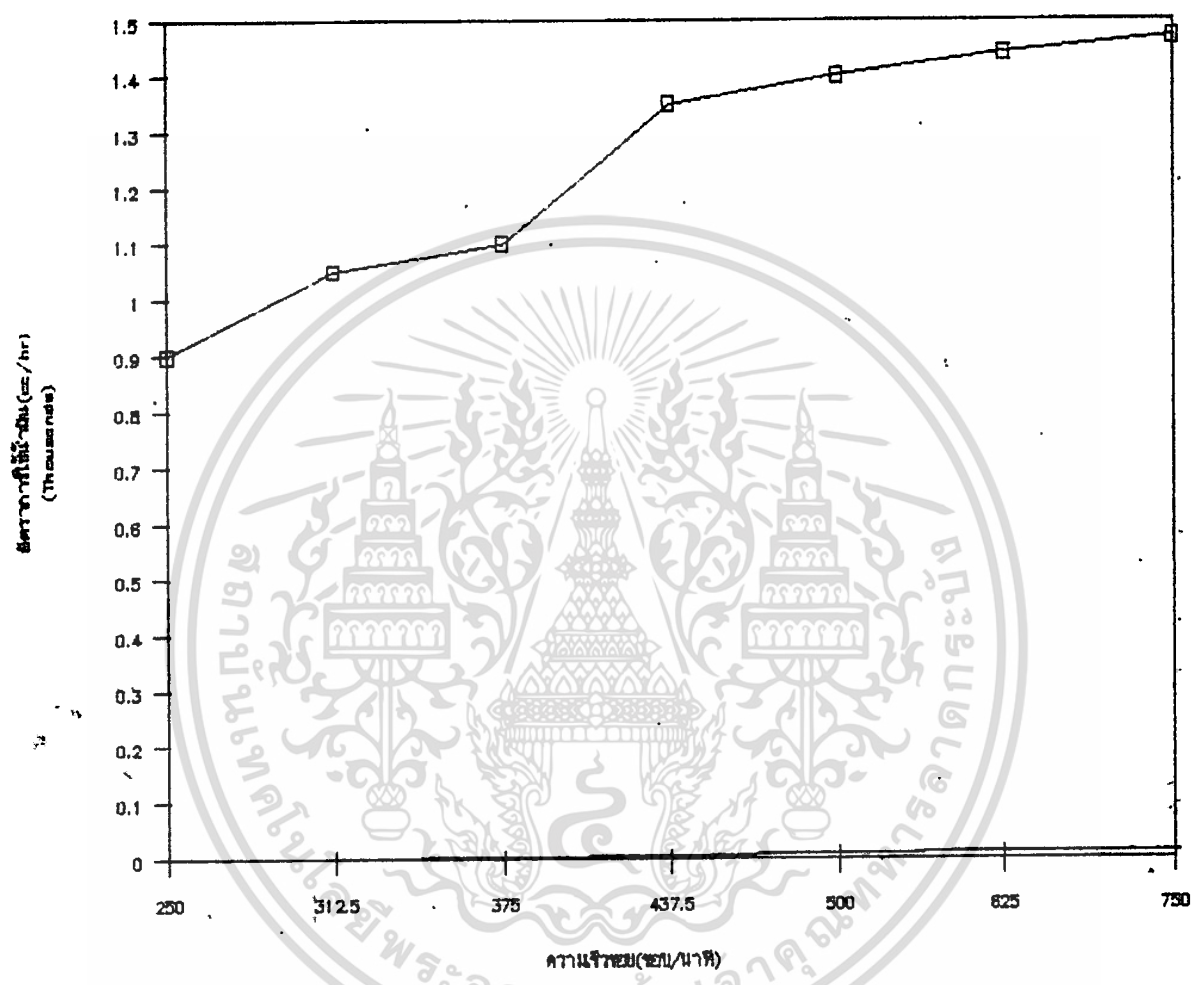
ค่าสึกหรอและอื่นๆ 15 บาทต่อชั่วโมง

การทำงาน 8 ช.ม./วัน

ความเร็วรอบ (rpm)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ช.ม.)
250	34.79
312.5	36.00
375	36.41
437.5	38.43
500	38.84
625	39.16
750	39.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง 625 มิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงอัตราการใช้น้ำมัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5  
บทสรุปและวิจารณ์

สรุปได้ดังนี้คือ

1. ความเร็วรอบของเครื่องที่เหมาะสม

ความเร็วรอบของเครื่องที่ 625 รอบ/นาที ได้เบอร์เซนต์การตัดเกือบ 100 เบอร์เซนต์ เบอร์เซนต์ส่วนที่ขาดไปคือ เบอร์เซนต์ความเผื่อของความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เช่น เก็บส่วนของผักตบชวาที่ตัดแล้วได้ไม่หมด เป็นต้น ถ้าความเร็วรอบสูงขึ้น เบอร์เซนต์การตัดจะได้อีกใกล้เคียงกัน แต่เราจะพบปัญหาด้านอื่น ๆ มากขึ้น เช่น อัตราการใช้น้ำมันสูงขึ้น เครื่องสั่น ฯลฯ

2. ความสามารถในการตัดผักตบชวา

ความสามารถของเครื่องตัด เครื่องสามารถตัดผักตบชวาและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ ที่ความเร็วรอบต่อไปนี้

437.50 รอบ/นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ตัดได้ = 11.83 ช.ม.

ความสามารถ = 4.15 ตัน/ช.ม. (คิดการสูญเสีย)

ความสามารถ = 4.98 ตัน/ช.ม. (ไม่คิดการสูญเสีย)

500.00 รอบ/นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ตัดได้ = 5.00 ช.ม.

ความสามารถ = 6.76 ตัน/ช.ม. (คิดการสูญเสีย)

ความสามารถ = 8.12 ตัน/ช.ม. (ไม่คิดการสูญเสีย)

625.00 รอบ/นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ตัดได้ = 0.88 ช.ม.

ความสามารถ = 9.00 ตัน/ช.ม. (คิดการสูญเสีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น และอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่คิดค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาก่อนการนำขึ้นสู่ระบบคอมพิวเตอร์ (ไม่คิดการสูญเสีย) ใช้

750.00 รอบ/นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ตัดได้ = 0.76 ช.ม.

ความสามารถ = 9 ตัน/ช.ม. (คิดการสูญเสีย)

ความสามารถ = 10.8 ตัน/ช.ม. (ไม่คิดการสูญเสีย)

### 3. ประสิทธิภาพของ เครื่อง

ความสามารถของ เครื่องที่ความเร็วรอบ 625 รอบมีความสามารถที่คิดเป็น ประสิทธิภาพได้ 98 %

### 4. ต้นทุนของ เครื่อง

ราคาที่คิดจากการซื้อวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด โดยไม่หัก เศษวัสดุที่เหลือประมาณ 4,000 บาท แต่ราคาที่คิด จากวัสดุที่ใช้จริงประมาณ 3,250 บาท

### 5. ปัญหาที่พบ

5.1 การออกแบบขนาด เครื่องมือในการวัดแรง วัดสมมูลของ เครื่องในกรณีที่ต้องจับศูนย์ของ เครื่อง

5.2 การสร้าง เครื่องขาด เครื่องมือเช่น เครื่อง เสรองลิ่ม เครื่องอบชุบ มีด ฯลฯ

5.3 ปัญหาในการเดินเครื่อง คือจะมีการสั่นของ เครื่องมากซึ่งต้องแก้ไข โดยการสมมูล ROLLER ตามข้อ 5.1

5.4 ขนาดทำการทดลองต้องทำพร้อมกันได้แก่ บ่อนผักตบ วัดอัตราการกินน้ำมันของ เครื่อง วัดความเร็วรอบ และจับเวลา ซึ่งการปฏิบัติงานเพียง 2 คนจะทำไม่ทัน ผลที่ได้จึง ไม่นั่น 100% จึงต้องทำการทดลองซ้ำหลายครั้งแล้วมาหาค่าเฉลี่ย

5.5 ประสิทธิภาพของ เครื่องยนต์ไม่ถึง 100% อาจเป็นเพราะ เครื่องยนต์ใช้มานาน

### 6. การปรับปรุงคุณภาพในการตัด

กระทำได้โดย ลดระยะห่างระหว่างชุดใบมีด ให้มีระยะน้อยลง หรือเพิ่มชุดใบ

มีดรอบ ROLLER อีก 1 ชุด ทำให้เพิ่มการตัดเป็น 2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประโยชน์ที่ควรจะได้รับจากผักตบชวาหลังจากการกำจัดด้วยวิธีกล

ตามความเป็นจริงแล้ว แม้ผักตบชวาจะได้ชื่อว่าเป็นวัชพืชที่ร้ายกาจ แต่ในขณะเดียวกันผักตบชวาก็เป็นพืชที่หาประโยชน์ให้แก่สภาพแวดล้อมเช่นกัน แต่เป็นการหาประโยชน์ที่มองไม่เห็น เช่น เป็นที่อยู่อาศัยของปลา นอกจากนี้แล้วมนุษย์ก็ยังพยายามใช้ประโยชน์จากผักตบชวา เพื่อให้คุ้มกับแรงงานและเงินทองที่เสียไปในการกำจัด ดังนั้นจึงมีการเอาผักตบชวามาหาประโยชน์ดังนี้

### 1. ใช้ทำเครื่องจักรสาน

เมื่อเก็บผักตบชวามาแล้วก็ตัดใบออก แล้วนำก้านใบมาผูกปมแล้วแขวนราวไว้ตากให้แห้ง นำมาสานเป็นตระกร้า กระบุง เบล็ทวน เสื่อ ฯลฯ

### 2. อาหารสัตว์

โดยปกติปศุสัตว์หลายชนิดใช้ผักตบชวาเป็นอาหาร เช่น วัว ควาย แพะ แกะ หมู ซึ่งสัตว์เหล่านี้ใช้กำจัดผักตบชวาไปในตัว ปัจจุบันในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา มีการนำผักตบชวาไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ โดยการบดเอาน้ำออก อบให้แห้งแล้วอัดเป็นเม็ดแบบมันสำปะหลัง ใบผักตบชวาแห้งมีโปรตีน 11.15 % ซึ่งนับว่าสูงพอสมควร

พบว่าธาตุ ไนโตรเจนที่มีอยู่ในผักตบชวา มีปริมาณใกล้เคียงกับอาหารสัตว์อื่นๆ เช่น หญ้ากีนี แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่า

### 3. ปุ๋ย

ผักตบชวามีธาตุโบรแตสอยู่มากเป็นพิเศษ ส่วนธาตุ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสมีอยู่มากพอสมควร และมากในต้นที่เจริญเติบโตดี และจะมีน้อยในต้นที่แคระแกรน เราอาจนำผักตบชวาไปทำปุ๋ย ได้ 3 วิธี คือ

3.1 บล่อยาให้แห้งแล้วเผา เพื่อเก็บขี้เถ้าซึ่งมีโบรแตสถึง 20 % วิธีนี้มีข้อได้เปรียบตรงที่ไม่ต้องขนหนัก แต่พบว่าการเผาจะเป็นการเอาอินทรีย์วัตถุไปหมด

3.2 ทำเป็นปุ๋ยหมักโดยกองสลับชั้นกับดิน ปุ๋ยคอก ชยะ ฯลฯ ซึ่งจะเน่าเปื่อยเป็นปุ๋ยหมักนำไปใช้ได้ภายใน 2 เดือน ปุ๋ยหมักจากผักตบชวามีองค์ประกอบคือ ไนโตรเจน

2.05 % ฟอสฟอรัส 1.1 % โบรแตส 2.5 % ธาตุทั้ง 3 อย่างนี้เป็นธาตุที่จำเป็นแก่การเจริญ

## เติบโตแก่พืชทุกชนิด

บุ๋มหมักที่ได้จากผักตบชวามีโปรแตสเซียมสูงกว่าบุ๋มดอก 2 เท่า และสูงกว่าบุ๋มพืชสดถึง 4 เท่า เมื่อใช้ในปริมาณเท่ากัน

3.3 ท้าวสาคุดคลุมดิน โดยนำผักตบชวาไปคลุมพืชปลูกเพื่อรักษาความชุ่มชื้นในดิน ป้องกันไม่ให้วัชพืชขึ้น เมื่อสลายตัวก็กลายเป็นปุ๋ยแก่พืชปลูก

### 4. เพาะเห็ด

ผักตบชวาที่ตากแดดจนแห้งดี แล้วสามารถนำมาใช้ในการเพาะเห็ดได้ โดยถือว่าผักตบชวาสามารถเป็นอาหารเสริมของเห็ดฟาง และการนำผักตบชวาที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ มาแช่น้ำคนอ้อมตัว แล้วบีบน้ำออกจนทำให้เหลือน้ำหมาดๆ ผสมเชื้อเห็ดฟางลงไปในน้ำไปรยงานกองฟาง จะทำให้เห็ดฟางมีขนาดใหญ่และสม่ำเสมอได้ดีกว่าใส่ปุ๋ยอีก

### 5. ท้าวแก๊สหุงต้ม

พบว่าผักตบชวามีพลังงานที่สะสมไว้จากพลังงานที่สะสมไว้จากดวงอาทิตย์ ดังนั้นเราสามารถนำผักตบชวาไปใช้ผลิตก๊าซหุงต้มโดยใช้แบคทีเรียเป็นตัวช่วยย่อย ซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถให้พลังงานถึง 500-800 บีทียูต่อลูกบาศก์ฟุต

### 6. ท้าวเยื่อกระดาษและกระดาษ

จากการทดลองของ ส.ว.บ. ได้มีการนำเส้นใยบอแก้วที่ถูกสางทิ้งในโรงงานอัดบอ หรือโรงงานทอกระดาษ ผสมลงไปประมาณ 15 % กับ เส้นใยของผักตบชวา พบว่าสามารถนำเยื่อนี้ไปทำแผ่นกระดาษแล้วมีคุณภาพดีพอที่จะ ทำกระดาษพิมพ์ กระดาษบุกล่อง กระดาษแข็ง หรือกระดาษห่อของได้ดี

### 7. เคมีภัณฑ์

สามารถสกัดเอาสารต่างๆออกมาได้เช่น แคโรทีน กรดออกซาลิก แอลกอฮอล์ ด้วยน้ำยาแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี เช่นเดียวกับ เพนิซิลิน ฯลฯ

### 8. ท้าวแห้งเพาะชา

เนื่องจากการเพาะเมล็ดในปลอกไม้ไผ่ และ กุ้งพลาสติก มีปัญหาขุ่นยาก และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ค้าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงมีการผลิตท้าวเพาะชาขึ้น โดยใช้วัสดุเหลือทางการเกษตร เช่น ขุยมะพร้าว

พรัว ซึ่งข้าวโพด ที่นำมาอัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยม แล้วใส่บิวลงใบ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำ  
ผักตบชวามาทำแท่งเพาะด้วย

### 9. ใช้เป็นโปรตีนจากยีส

ทำการหีบนำจากผักตบชวาสดๆ น้ำที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาลอ่อน นำมาเลี้ยงยีสต์

Candida utilis ได้

จะเห็นว่าผักตบชวามีประโยชน์ต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ถ้าหากเรารู้จักวิธี  
การควบคุมและใช้ให้เป็นประโยชน์ ดังนั้นเมื่อมีผักตบชวามากในแหล่งน้ำที่ไม่ควรทำลายหมด  
เลยทีเดียว ควรมีการควบคุมปริมาณ และคอยเก็บขึ้นจากแหล่งน้ำเอาไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น  
ได้ ดังนั้นเราจึงควรมีการพิจารณาอย่างรอบคอบเสียก่อนว่าจำเป็นหรือไม่ที่ต้องมีการกำจัด ถ้า  
จำเป็นจะใช้วิธีการใดจึงจะได้ผลดีที่สุด และเราต้องพึงระลึกเสมอว่า เศรษฐกิจและผลประโยชน์  
ส่วนรวมของประเทศชาติต้องเสียไปอย่างมหาศาลมากมาย เพราะการระบาดของวัชพืชน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้ถ้าไม่ได้รับความแนะนำจาก อาจารย์อานวย ปันงา, อาจารย์พิชิต กิตติพันธ์ ,อาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน และเพื่อนทุกคน จนปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลงสู่แสง ไปด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ทางคณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญาโทฉบับนี้คงมีประโยชน์และผู้สนใจบ้าง และคงมีการปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไป



28 มีนาคม 2534

นายพรพัฒน์ หุตะพรประ เสริฐ

นายสถาพร เพชรศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ช่างู ถนัดงาน, วิจิทธิ อึ้งอาภรณ์, "การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1, 2"  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 354 หน้า, 2521.
2. ณรงค์ โฉมเฉลา, "ผักตบชวา" สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์, หน้า 26-29, 2522.
3. สาคร คันทไชติ, "กรรมวิธีการผลิต" สำนักพิมพ์โอเดียนส์ไตร์, หน้า 116-123, 2528.
4. สุชาติ ศิริสุขไพบลูย์, "เขียนแบบเครื่องกล 002, 003" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 93 หน้า, 141 หน้า, 2520.
5. สมบุญ ศรีม่วง, "การกำจัดผักตบชวา" มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 47-49 และ 56-60, 2522.
6. วันชัย ชัยชมชื่น, "งานขึ้นรูป แปรรูปโลหะ" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 98 หน้า, 2524.
7. Murshed Alam, "A HIGH CAPACITY CHOPPER FOR WATER HAYACINTH"  
Asian institute of Technlology Bangkok, Thailand,  
august 1985, 65 หน้า.
8. P.POPOV, "Strength of Material" Macgraw hill, หน้า 120-175, 1979.
9. Remigims Handaya, "DESIGN AND DEVELOPMANT OF WATER HAYACINTH  
CHOPPER AND BLENDER" Asian Institute of Technology  
Bangkok, Thailand, 1986, 72 หน้า.