หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

3.1) การออกแบบที่เหมาะสมที่สุด

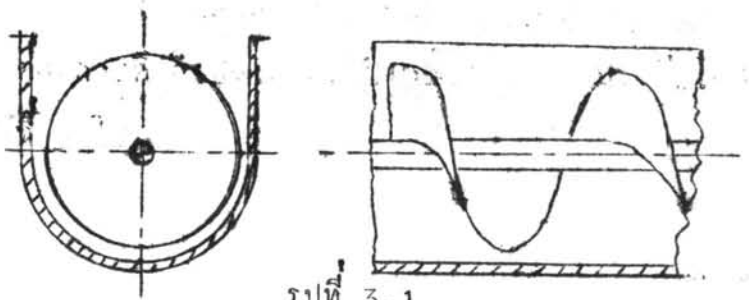
การออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการสร้างและการใช้งานในประเทศเราให้มากที่สุด ได้ยึดหลักสำคัญ 5 ประการคือ

1. ออกแบบโดยใช้สูตรที่เข้าใจง่าย สูตรที่สามารถใช้คำนวณระบบอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวนั้นมีหลายสูตรแตกต่างกัน แต่สูตรที่ได้นำมาใช้เป็นสูตรทั่วไป ไม่บังคับหน่วยที่ใช้ สามารถใช้กับงานหลายลักษณะ

2. ใช้ได้ดีกับสภาพการใช้งานต่างๆ การออกแบบเพื่อให้ใช้งานได้ดีกับสภาพการใช้งานลักษณะต่างๆนั้น ได้ออกแบบสร้างให้สามารถปรับมุมเอียงและเปลี่ยนความเร็วรอบได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการขนถ่ายวัสดุชนิดต่างๆกันออกไป

3. สร้างได้ง่าย การออกแบบพยายามที่จะให้สร้างได้ง่ายที่สุด โดยใช้เครื่องมือแบบทั่วไปเช่นเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องกลึง เป็นต้น ส่วนการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆก็ได้ออกแบบให้สร้างได้ง่าย มีความแข็งแรงเหมาะสมกับการใช้งาน ชิ้นส่วนบางชิ้นก็ได้ขนาดโดยที่หลังจากคำนวณขนาดได้แล้ว จะต้องมาทดลองทำจริงในโรงงานผลิตด้วย เช่นใบสกรูในรูป3.1กำหนดให้ใช้ความหนา 4 มม. นั้น ได้มาจากการทดลองสร้าง ไม่มีสูตรที่ใช้คำนวณหาความหนาโดยตรง ซึ่งการทดลองได้กระทำตามขั้นตอนดังนี้

ครั้งที่ 1 ใช้เหล็กแผ่นหนา 2 มม. ซึ่งเป็นความหนาที่จะรับน้ำหนักในการใช้งานได้ แต่ผลการสร้างปรากฏว่า เหล็กที่เป็นใบสกรูจะล้มเวลาออกแรงดึง



รูปที่ 3.1
แสดงรางและใบของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

ครั้งที่ 2 ใช้เหล็กแผ่นหนา 3 มม. แต่ผลการดึงก็เป็นเหมือนกับเหล็กหนา 2 มม. คือใบสกรูล้ม ดึงไม่ได้

ครั้งที่ 3 ใช้เหล็กแผ่นหนา 4 มม. ด้วยความหนา 4 มม.นี้ สามารถดึงออกได้ดี เป็นใบที่สวยงามเรียบร้อย ด้วยแรงดึงที่ไม่สูงนัก

ครั้งที่ 4 ใช้เหล็กแผ่นหนา 5 มม. ผลปรากฏว่าดึงได้เหมือนกับเหล็กหนา 4 มม. แต่ต้องใช้แรงดึงมากกว่า และใบสกรูที่ได้มาจะมีระยะพิตไม่สม่ำเสมอ ต้องตบแต่งหลายครั้ง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เหล็กแผ่นหนา 4 มม. ใช้ทำใบสกรูดีที่สุด

5. ใช้วัสดุที่หาได้ภายในประเทศมากที่สุด วัสดุต่างๆที่กำหนดให้ใช้ก็พยายามใช้วัสดุที่มีอยู่ภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ เพื่อให้สร้างได้ด้วยราคาต่ำที่สุด

จากการออกแบบที่ได้ยึดถือหลักการทั้ง 5 ข้อดังได้กล่าวมาแล้ว จึงทำให้การออกแบบเหมาะสม สะดวกต่อการสร้างมากที่สุด ส่วนการใช้งานให้มีประสิทธิภาพดี เฉพาะการขนถ่ายวัสดุบางชนิดนั้น ได้ทำการทดลองในบทที่ 6

สูตรที่ใช้คำนวณหาความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ คือ

$$T = a\ b\ v$$

เมื่อ T = ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ ตัน/ชม.

a = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของวัสดุที่ไหลผ่านราง $ม.^2$

$a = k\pi D^2/4$

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางของใบสกรู ม.

k = ค่าตัวคูณ จากตาราง

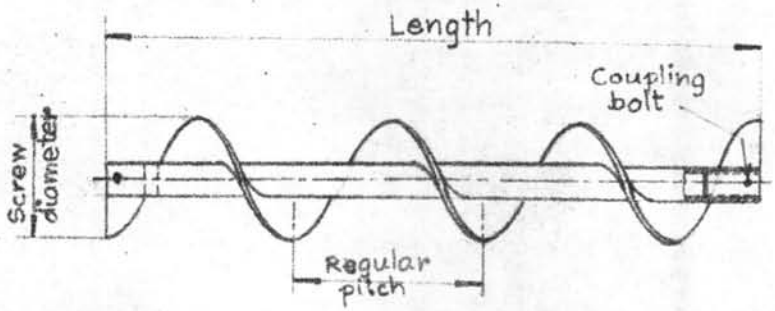
b = ความหนาแน่นของวัสดุ ตัน/$ม.^3$

v = ความเร็วของวัสดุที่เคลื่อนที่ ม./ว.

---

* Normal Brook, Mechanics of Bulk Materials Handling, Butterworths, 1971.

ค่าความเร็วโดยเฉลี่ยของวัสดุที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้านี้มีค่าเท่ากับ 1 ระยะพิต เมื่อใบสกรูหมุนไปเป็นจำนวน 1 รอบ ซึ่งโดยปกติแล้วระยะพิต (p) ของใบสกรูทั่ว ๆ ไปจะมีค่าเท่ากับ เส้นผ่าศูนย์กลางของใบสกรู (D) ดังนั้น ถ้าความเร็วในการหมุนของใบสกรูมีค่าเป็น n รอบต่อนาที หรือรอบต่อวินาทีแล้ว ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุ v = np หรือประมาณได้ด้วย nD



รูปที่ 3.2
ชื่อระยะต่าง ๆ ของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของใบสกรูที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไปมีขนาดตั้งแต่ 150 มม. ขึ้นไปถึง 750 มม. และค่าตัวคูณ (k) มีค่าระหว่าง 15 % ถึง 45 % ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ขนถ่ายและความเร็วรอบในการหมุนของใบสกรู ความเร็วรอบในการหมุนของใบสกรู n นี้จะอยู่ในช่วง 50 – 100 รอบต่อนาที ในตารางที่ 3.1 ข้างล่างนี้ เป็นค่า k ของวัสดุต่าง ๆ ที่ความเร็วกำหนดต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าตัวคูณ (k) สำหรับวัสดุและความเร็วต่าง ๆ กัน

ค่าตัวคูณ (k) %	ความเร็วรอบ (n) รอบ/นาที	ชนิดของวัสดุ
45	100	วัสดุเม็ดเล็ก ๆ แห้ง ๆ
30	100	แป้ง ชีเลื่อย
30	50	ถ่านหิน ซีเมนต์ เกลือ
15	50	ถ่านโคก ทราย สินแร่ บอกไซด์ ฯลฯ

ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพของการทำงานของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวที่จะผลักดันให้วัสดุเคลื่อนไปข้างหน้านั้นอยู่ที่ความราบเรียบของใบสกรูและราง ค่าความฝืดระหว่างใบสกรูและวัสดุที่ขนถ่ายก็มีผลต่อการขนถ่ายวัสดุเช่นกัน หรือแม้กระทั่งวัสดุและพื้นผิวของรางก็ย่อมจะมีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวทั้งสิ้น

วิธีการคำนวณหากำลังที่จะมาขับใบสกรูนั้น เราก็คิดจากแรงที่ต้องการในการผลักวัสดุไปข้างหน้า แล้วคูณด้วย $\frac{3}{4}$* เพื่อเผื่อไว้สำหรับความฝืดของใบสกรูและวัสดุที่จะขนถ่าย ความฝืดของลูกปืนต่าง ๆ เป็นต้น ประสิทธิภาพการขับของเฟืองทดต่าง ๆ ในการขับระบบโดยทั่ว ๆ ไป คิด 75 % เมื่อเอา 0.75 ไปหารขนาดของมอเตอร์ที่เราหาได้ก็เป็นขนาดของมอเตอร์จริง ๆ ที่ต้อง การใช้

---

* Normal Brook, Mechanics of Bulk Materials Handling, Butterworths, 1971.

แรงที่ต้องการใช้กันวัสดุ = $Tgl\mu/v$

เมื่อ T = ความสามารถในการทำงานที่เราต้องการ กัน/ชม. กัน/วัน

g = แรงดึงดูดของโลกมีค่า 9.81 ม/ว^2 หรือ 32.2 ฟ/ว^2

l = ความยาวของระบบการขนถ่าย (ดูรูป 3.2)

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุ

v = ความเร็วของวัสดุที่เคลื่อนที่ ม/วินาที

เมื่อได้ค่าของแรงที่ต้องการแล้ว เราก็สามารถคำนวณหา ขนาดของมอเตอร์ที่จะใช้ได้จากสูตร

$$^{*}W = \frac{3Tgl\mu v}{0.75\ v} = \frac{3Tgl\mu}{0.75}$$

สมการที่ใช้ในการคำนวณออกแบบเฉพาะระบบของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว ก็มีดังได้กล่าวมาแล้วส่วนการออกแบบอื่นส่วน หรือเกี่ยวกับความแข็งแรงต่างๆ ก็ดี เราสามารถคำนวณโดยอาศัยความรู้ทางวิศวกรรมเครื่องกล หรือวิศวกรรมโยธา นำมาประยุกต์ใช้งาน เช่น การออกแบบโครงสร้าง ขนาดของเสลา ขนาดของลูกปืน และขนาดของข้อต่อต่างๆ

3.2) วิธีการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

สำหรับวิธีการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวที่จะกล่าวในหัวข้อนี้ก็จะเน้นเฉพาะการออกแบบระบบที่สำคัญเท่านั้นเอง ซึ่งได้แก่ขนาดต่างๆ เช่น เส้นผ่าศูนย์กลางของใบกรู ความเร็วรอบที่ใช้หมุนขับ ขนาดของมอเตอร์ที่ขับ เป็นต้น ส่วนรายละเอียดอื่นๆ ทั้งหมดจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป คือ ตัวอย่างที่ได้ออกแบบและสร้างจริงๆ ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดทุกขั้นส่วน

---

* Normal Brook, Mechanics of Bulk Materials Handling, Butterworths, 1971.

ตัวอย่างแรกที่จะกล่าวถึงเป็นการคำนวณหาความสามารถในการทำงาน และหาขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ขับด้วย

อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวลูกหนึ่งใบสกรูมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 380 มม. ใช้สำหรับขนถ่ายถ่านหินก้อนเล็ก ที่มีน้ำหนักจำเพาะ 0.8 ตัน/$ม^3$ ในแนวระดับระยะทาง 12 ม. ถ้าใบสกรูหมุน 50 รอบ/นาที และสัดส่วน k = 0.30 จงคำนวณหาความสามารถในการทำงาน และขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ขับอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวลูกนี้

วิธีคำนวณ

จากสูตร $T = a\ b\ v$

เมื่อ T = ความสามารถในการทำงาน ตัน/ชม.

a = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของวัสดุที่ไหลผ่าน $= \frac{k\pi D^2}{4}\ m^2$

b = น้ำหนักจำเพาะ ตัน/$ม^3$

v = ความเร็วที่วัสดุเคลื่อนที่ $= nD$ m/min.

แทนค่าได้ $T = (.30)(3.14)(.38)^2 m^2 (.8) T/m^3 (50)(.38) m/min. \frac{(60) min}{1\ hr}$

$= 31$ T/hr

วิธีคำนวณหากำลังม้าหรือขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ขับนั้น ต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุด้วย ซึ่งมีค่าประมาณ = 0.75

จากสูตร $W = 3Tgl\mu/0.75$

W = ขนาดของมอเตอร์ kW

T = ความสามารถในการทำงาน T/hr

g = แรงดึงดูดของโลก = 9.81 m/s^2

l = ความยาวของระบบ = 12 m

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน มีค่าประมาณ = 0.75

แทนค่าได้ $W = (3)(31)\frac{T}{hr}(9.81)\frac{m}{s^2}(12)\,m\,(.75)\left(\frac{1}{3600}\right)\frac{hr}{s}$

$$\frac{(1000)\ kg}{1\ T}$$

$$= \frac{(93)(9.81)(12)(1000)}{3600} \quad W$$

$$= 3041.1 \quad W$$

$$= 3.04 \quad kW$$

อธิบายหน่วยเพิ่มเติม

ค่า $T = (m^2)\left(\frac{T}{m^2}\right)\left(\frac{m}{min}\right)$

หน่วยข้างบนนี้เมื่อตัดกันแล้วก็จะออกมาเป็น

$$T = T/min$$

เมื่อต้องการหน่วยเป็น T/hr ก็เอา $\frac{60\ min}{1\ h}$ คูณได้

$$T = \frac{T}{min} \cdot \frac{60\ min}{1\ hr}$$

$$= T/hr.$$

ค่า $W = \frac{T}{hr} \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m \cdot \frac{1\ hr}{3600\ s}$

เมื่อตัดหน่วยเรียบร้อยแล้วก็จะได้

$W = \frac{T \cdot m^2}{s^2}$ ซึ่งถ้าเราเปลี่ยนหน่วยจาก T เป็น kg ก็จะได้

$$= \frac{T \cdot m^2}{s^2} \cdot \frac{1000\ kg}{1\ T}$$

$$= \frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot \frac{m}{s}$$

$$= \frac{N \cdot m}{s} \qquad \frac{1\ kg \cdot m}{s^2} = 1\ N$$

= Watt เพราะว่า $1\ \frac{N \cdot m}{s} = 1$ Watt

เมื่อได้ค่า W ออกมาเป็น Watt แล้ว หารด้วย 1000 ก็จะกลายเป็น kW.

ตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วเป็นเพียงการคำนวณง่าย ๆ ที่เขาบอกทุกอย่างของระบบการขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวมาเรียบร้อยแล้ว แต่ถ้าสมมุติว่าเรายังไม่รู้รายละเอียดอะไรเลย รู้เพียงแต่ว่าใช้ขนอะไรต้องการความสามารถขนาดไหนแล้วเราก็สามารถคำนวณหาทุก ๆ อย่างที่ต้องการทราบได้ดังตัวอย่างงานการออกแบบจริง ๆ ที่จะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

3.3) <u>ตัวอย่างงานการออกแบบชิ้นส่วนที่สำคัญของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว</u>

ตัวอย่างการออกแบบและคำนวณต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างงานที่จะสร้างจริง ๆ และทำการทดลองหาวิธีการที่จะนำไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพด้วย

สมมุติว่ามีงานอยู่งานหนึ่ง คือ เราต้องการนำวัสดุอันได้แก่ ข้าวโพดจากไซโลที่เก็บไปยังเครื่องบด ซึ่งมีระยะทางประมาณ 3 เมตร ในปริมาณประมาณ 18 ตัน/ชั่วโมง โดยใช้อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

จะเห็นได้ว่าในการออกแบบงานจริง ๆ เราจะรู้แต่เพียงว่าต้องการขนถ่ายอะไร ระยะทางเท่าใด จำนวนมากน้อยอย่างไร ในการคำนวณนั้น ก่อนอื่นเราต้องรู้ก่อนว่าข้าวโพดที่เราต้องการจะขนถ่ายมีคุณสมบัติอย่างไรบ้าง ซึ่งจากตารางน้ำหนักจำเพาะวัสดุต่าง ๆ (จากตารางภาคผนวก) ปรากฏว่าข้าวโพดมีน้ำหนักจำเพาะ (bulk density)= 45 ปอนด์/ฟ^3 หรือประมาณ 0.71 ตันต่อลูกบาศก์เมตร

จากตาราง loading factor ข้าวโพดมีลักษณะเป็นเมล็ดเล็ก ๆ ให้คิด loading factor = 45 % โดยมีความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที

จากข้อมูลที่กล่าวมานี้ เราพอจะคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบสกรูได้แล้ว โดยการใช้สูตร

$T = a\ b\ v$

T = Carrying Capacity ± 18 ตัน/ชม.

a = พท. หน้าตัดเฉลี่ยของวัสดุที่ไหลผ่านราง เหล็ก

b = bulk density = 0.71 ตัน/$ม^3$

v = ความเร็วของวัสดุที่ไหลในราง เหล็ก ม/นาที

$v = n.D$

$a = \frac{k\pi D^2}{4}$; $k = 0.45$

ตามที่ได้รายละเอียดมานี้ เรามีอยู่สมการเดียว แต่ตัวที่ยังไม่รู้ค่ามี 2 ตัว คือ a v จึงไม่สามารถคำนวณได้ เราต้องลองสมมุติค่าใดค่าหนึ่งก่อน แล้วคำนวณต่อไป

สมมุติให้ค่า เส้นผ่าศูนย์กลางของใบสกรู = 25 ซม.

ค่า $a = \frac{(.45)(3.14)(.25)^2}{4}$ $ม^2$

$= 0.022$ $ม^2$

แทนค่าในสูตรได้

$$18\ \frac{ตัน}{ชม.} = (0.022)ม^2\ (0.71)\ \frac{ตัน}{ม^3}\ (n)(0.25)\ \frac{ม}{นาที}\ \left(\frac{60นาที}{1\ ชม.}\right)$$

$$n = 18\ \frac{ตัน}{ชม.} / (0.022)\ ม^2 (0.71)\ \frac{ตัน}{ม^3}\ (0.25)\ \frac{ม}{นาที}\ \frac{(60\ นาที)}{ชม.}$$

$= 76.8$ รอบ/นาที $\approx$ 80 รอบ/นาที

เพื่อให้ค่าความเร็วรอบต่อนาทีเหมาะสมกับการทดลอง ให้ใช้ความเร็วรอบเป็น 50 80 และ 110 รอบ/นาที

เมื่อกำหนดความเร็วรอบต่อนาที และได้ค่าของ เส้นผ่าศูนย์กลางของใบสกรูแล้ว ก็คำนวณหาขนาดของ Capacity ได้เลย ณ ความเร็วรอบต่าง ๆ ดังนี้

เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไปจาก 76.8 เป็น 50 80 และ 110 รอบ/นาที ดังนั้น ค่า Capacity (T) ก็จะเปลี่ยนไปด้วย

เมื่อใช้ความเร็วรอบเป็น 50 รอบต่อนาที

$$T = (0.022)\ \text{ม}^2\ (0.71)\ \frac{\text{ตัน}}{\text{ม}^3}\ (50)(0.25)\ \frac{\text{ม}}{\text{นาที}}\ (60)\ \frac{\text{นาที}}{\text{ชม.}}$$

$$= 11.715\ \text{ตัน/ชม.}$$

ค่า 11.715 ตันต่อชั่วโมงนี้เป็น Capacity ใหม่ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ที่ต้องการ คือ 18 ตันต่อชั่วโมง

เมื่อใช้ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที

$$T = (.022)\ \text{ม}^2(0.71)\ \frac{\text{ตัน}}{\text{ม}^3}\ (80)(0.25)\ \frac{\text{ม}}{\text{นาที}}\ (60)\ \frac{\text{นาที}}{\text{ชม.}}$$

$$= 18.744\ \text{ตัน/ชม.}$$

ค่า 18.744 ตัน/ชม. นี้ คือค่าที่ใกล้เคียงกับอัตราความต้องการมาก ถ้าหากในการใช้งานจริง ๆก็ใช้ค่านี้ได้เลย

เมื่อใช้ความเร็ว 110 รอบต่อนาที

$$T = (.022)\ \text{ม}^2(0.71)\ \frac{\text{ตัน}}{\text{ม}^3}\ (110)(0.25)\ \frac{\text{ม}}{\text{นาที}}\ (60)\ \frac{\text{นาที}}{\text{ชม.}}$$

$$= 25.773\ \text{ตัน/ชม.}$$

เมื่อคำนวณค่าความเร็วรอบได้เรียบร้อยแล้วก็คำนวณหาขนาดของมอเตอร์ที่จะใช้ได้จากสูตรที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

$$W = 3Tgl\mu/0.75$$

เมื่อ W = ขนาดของมอเตอร์ kW = ต้องการหา

T = ความสามารถในการทำงาน = 11.715 18.744 25.773 ตัน/ชม. ตามลำดับ

g = แรงดึงดูดของโลก = 9.81 ม/ว^2

l = ความยาวของระบบ = 3.00 ม.

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน มีค่าประมาณ = 0.75

เนื่องจาก Capacity ที่กล่าวถึงมีหลายค่า ดังนั้นการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ ก็จะคำนวณหลายๆครั้งด้วย

เมื่อ $T = 11.715$ ตัน/ชม.

$$W = (3)(11.715)\ \frac{\text{ตัน}}{\text{ชม.}}\ (9.81)\ \frac{\text{ม.}}{\text{ว}^2}\ (3)\ \text{ม.}\ \frac{1\ \text{ชม.}}{3600\ \text{ว}}$$

$$= 0.287 \quad \text{kW}$$

เมื่อ $T = 18.744$ ตัน/ชม.

$$W = (3)(18.744)\ \frac{\text{ตัน}}{\text{ชม.}}\ (9.81)\ \frac{\text{ม}}{\text{ว}^2}\ (3)\ \text{ม.}\ \frac{1\ \text{ชม.}}{3600\ \text{ว}}$$

$$= 0.459 \quad \text{kW}$$

เมื่อ $T = 25.773$ ตัน/ชม.

$$W = (3)(25.773)\ \frac{\text{ตัน}}{\text{ชม.}}\ (9.81)\ \frac{\text{ม}}{\text{ว}^2}\ (3)\ \text{ม.}\ \frac{1\ \text{ชม.}}{3600\ \text{ว.}}$$

$$= 0.632 \quad \text{kW}$$

จากขนาดของมอเตอร์ที่คำนวณได้มานี้สามารถเลือกใช้ได้เพียงค่าเดียว จึงเห็นควรเลือกใช้ขนาดกลางๆ คือ 0.459 kW

เลือกขนาดของมอเตอร์เกียร์จากแคตาล็อกของฮิตาชิ

จาก Catalog no. SM - E079 หน้า 4

ได้รายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

Model (MT) DGE

rpm. 50

Ouppput 0.4 kW.

Weight 18.6 kg.

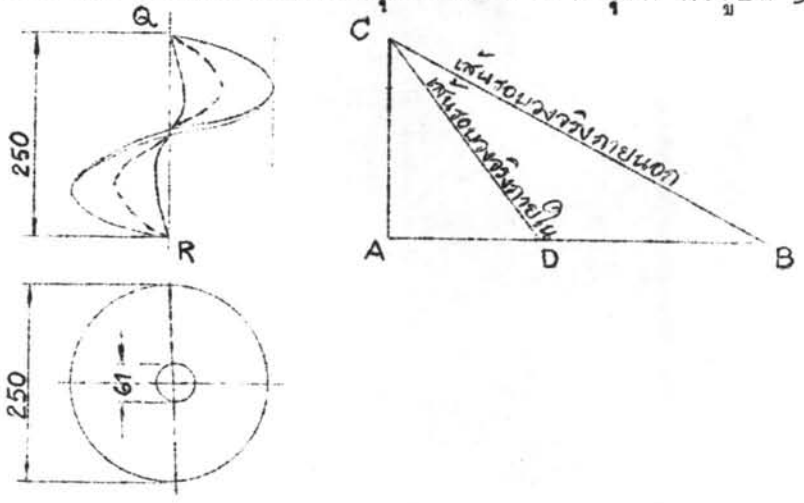
จากตาราง ข (ภาคผนวก)

ใบสกรูมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม. ควรใช้เพลาโต 5 ซม.

เลือกใช้ท่อเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 50 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 61 มม.

<u>วิธีคำนวณขนาดต่าง ๆ ของเหล็กแผ่นที่ใช้ทำใบสกรู</u>

ใบสกรูที่จะสร้างนี้เป็นแบบ Sectional flight conveyor screw ซึ่งมีวิธีการทำจากเหล็กแผ่นหนา 4 มม. ตัดให้เป็นรูปวงแหวนหลาย ๆ อัน เชื่อมต่อกันแล้วนำมาดึง กลายเป็นใบของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุได้ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3

แสดงวิธีหาแผ่นวงแหวน เพื่อที่จะนำมาทำใบของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

จากรูป :

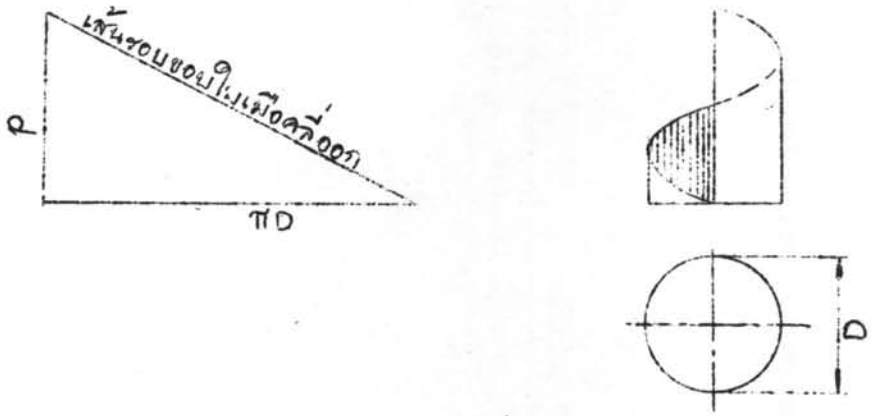
AB = เส้นรอบวงของใบสกรูที่ต้องการ เมื่อเสร็จสิ้นกรรมวิธีการสร้างแล้ว

AD = เส้นรอบวงของเพลาที่ใช้กับใบสกรู

b = ความกว้างของใบ

$= \frac{D-d}{2} = \frac{250-61}{2} =$ 94.5 มม.

วิธีการคำนวณหาเส้นรอบวงจริงที่จะต้องตัดใช้ความรู้จากวิชาเรขาคณิต ทบ. 29 ซึ่งการคึงใบสกรูของเรานั้น ถ้าจะขยายให้เห็นชัดเจนแล้ว จะได้ตามรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4
เส้นรอบขอบใบ เมื่อคลี่ออกมาเป็นเส้นตรง

AB = πD = (3.14)(250) = 785.00 มม.

AD = πd = (3.14)(61) = 191.54 มม.

ต้องการคำนวณหา BC และ CD

จาก วิชาเรขาคณิต ทฤษฎีบทที่ 29

$$BC = \sqrt{(P)^2 + (\pi D)^2}$$

$$= \sqrt{(250)^2 + (785)^2}$$

$$= \sqrt{62500 + 616225}$$

$$= \sqrt{678726}$$

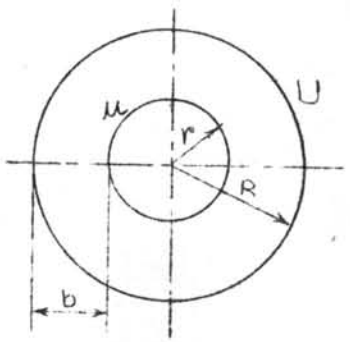
เส้นรอบวงนอกจริง = 823.84 มม.

$$CD = \sqrt{(P)^2 + (191.54)^2}$$

$$= \sqrt{62500 + 36687.57}$$

$$= \sqrt{99187.57}$$

เส้นรอบวงในจริง = 314.94 มม.



รูปที่ 3.5

แสดงวงแหวนที่นำมาทำใบของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

เพราะว่า $\frac{R}{r} = \frac{U}{u}$

$$\frac{r + b}{r} = \frac{U}{u}$$

$$1 + \frac{b}{r} = \frac{U}{u}$$

$$\frac{b}{r} = \frac{U}{u} - 1$$

$$\frac{b}{r} = \frac{U}{u} - \frac{u}{u}$$

$$\frac{b}{r} = \frac{U - u}{u}$$

$$r = \frac{b}{\frac{U - u}{u}}$$

$$r = \frac{bu}{U - u}$$

แทนค่า :

$$r = \frac{(94.5)(314.94)}{823.84 - 314.94}$$

$$= \frac{29761.83}{508.9}$$

$$r = 58.482 \text{ มม.}$$

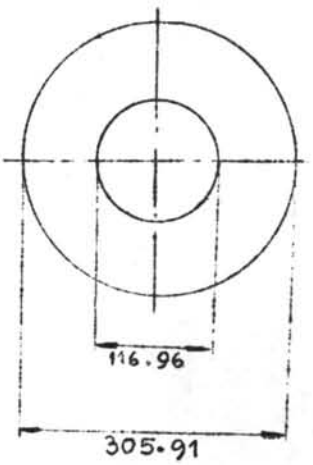
$$R = 58.482 + 94.50$$

$$= 152.98 \text{ มม.}$$

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กที่ตัด

$$D = 152.98 \times 2 = 305.96 \text{ มม.}$$

$$d = 58.482 \times 2 = 116.96 \text{ มม.}$$



รูปที่ 3.6
แสดงขนาดของวงแหวนที่จะนำมาทำใบของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียวเพื่อให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 250 มม. และเพลาโต 61 มม.

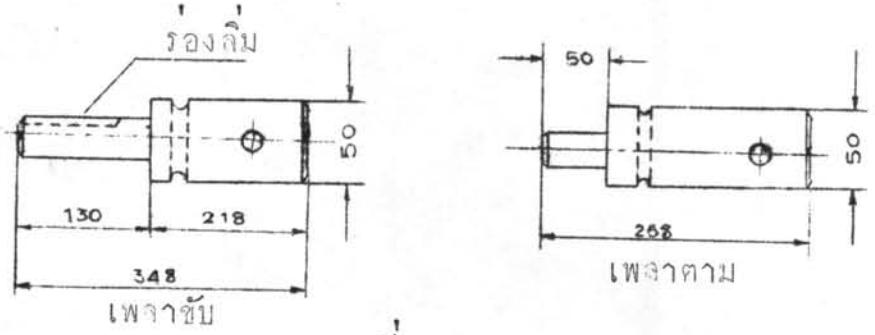
จำนวนเหล็กแผ่นวงแหวนที่จะต้องใช้ = $\frac{300}{25}$ = 12 วง

วิธีการทำโดยใช้แก๊สตัดให้มีขนาดใกล้เคียงเสียก่อน แล้วจึงใช้ตบแต่งให้เรียบร้อยสวยงามด้วยเครื่องกลึงให้ได้ขนาดตามกำหนดอีกครั้งหนึ่ง

<u>เพลาขับและเพลาตาม</u>

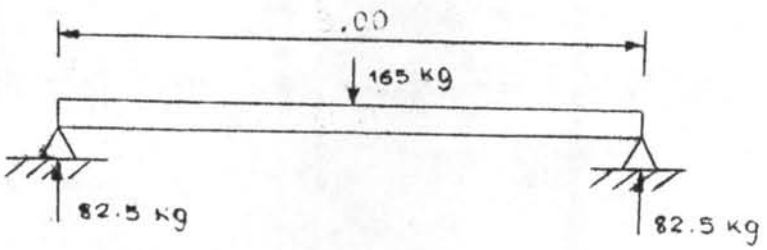
เนื่องจากเพลาที่ใช้ทำเป็นใบสกรูนั้นเป็นเพลากลวง ดังนั้นที่ปลายทั้ง 2 ข้างของเพลากลวงจะต้องมีเพลาตัน ซึ่งปลายด้านหนึ่งทำหน้าที่รับกำลังมาจากมอเตอร์ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะเป็นเพลาตาม ซึ่งขณะนี้เพลากลวงของเรามีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 50 มม. อยู่แล้ว จึงต้องใช้เพลาตันเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม. เช่นเดียวกัน โดยการสวมพอดี แล้วใช้สลักในการส่งต่อกำลัง ส่วนทางปลายที่จะสวมเข้ากับลูกปืน

กลึงปาดลงให้มีขนาดเล็กเพื่อจะได้สวมเข้าพอดีกับขนาดของตลับลูกปืนที่ใช้ ดังนั้น แบบของ เพลาขับและ เพลาตามจะมีขนาดดังนี้



รูปที่ 3.7

แสดงขนาดของ เพลาขับและ เพลาตาม



รูปที่ 3.8

แสดงน้ำหนักที่กระทำ ณ จุดที่ลูกปืนรองรับทั้งสองข้าง

น้ำหนักของชุดใบสกรู = 55 กก. (โดยการชั่ง)

Safety factor ในการคำนวณ = 3*

ดังนั้น แรง ที่กระทำในแนวรัศมี = 55x3 = 165 กก.

แรงในแนวแกน(คิดจากวัสดุ) = $0.022 ม.^2 \times 3 ม. \times 0.7$ ตัน/$ม.^3$

= 46.2 กก.

แรงที่กระทำในแนวแกน = 46.2x3 = 138.6 กก.

---

* Virgil Moring Faires, Design of Machine Elements, Fourth Edition, Collier-Macmillan, London, 1972.

จาก Catalog no. 2597 ของตลับลูกปืน NTN หน้า 38 และ 39
เลือกชุดตลับลูกปืนและตุ๊กตา no. CM-UCF 206 (closed end)

ตรวจสอบอายุการใช้งานของตลับลูกปืน

จาก Catalog no. 2597 และ no. 2001 ของตลับลูกปืน NTN

Dynamic load (C) = 1530 kg.

Static load (Co) = 1020 kg.

Fr = 82.5 kg. Fa = 138.6 kg.

Fa/Co = 138.6/1020 = 0.1358

จากตาราง e = 0.30

Fa/Fr = 138.6/82.5 = 1.68 $>$ e

จากตาราง ได้ตา X = 0.56 Y = 1.45

จากสูตร $P = X.Fr + Y.Fa$

$= (0.56)(82.5) + (1.45)(138.6) = 247.17$

จากสูตร $fh = (C/P).fn$ ค่า fn ได้จากตาราง = 0.67

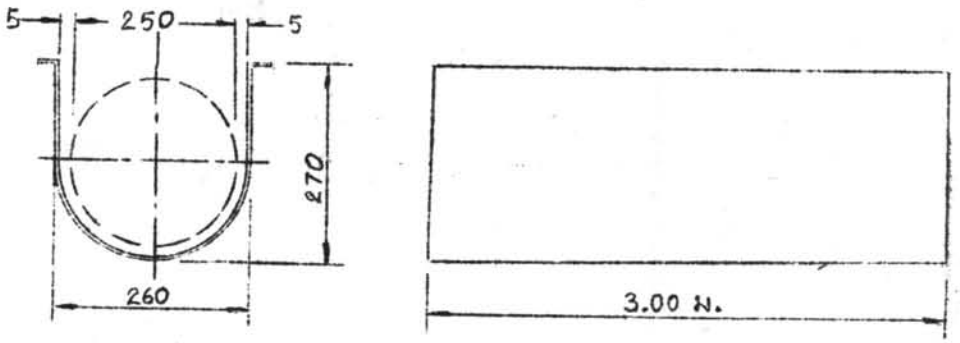
เพราะฉะนั้น $fh = (1530/247.17) = 6.19$

จากตาราง ได้อายุการใช้งานโดยประมาณ 100,000 ชั่วโมง

ค่าอายุการใช้งานที่ได้นี้จะเห็นได้ว่ามีค่าสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจาก load ที่ใช้งานของเรานอยมาก และความเร็วรอบที่ใช้ก็ต่ำ แต่เมื่อนำลูกปืนชุดนี้มาใช้งานจริงๆ แล้ว อาจจะไม่ได้อายุการใช้งานเท่าที่คำนวณไว้ก็ได้

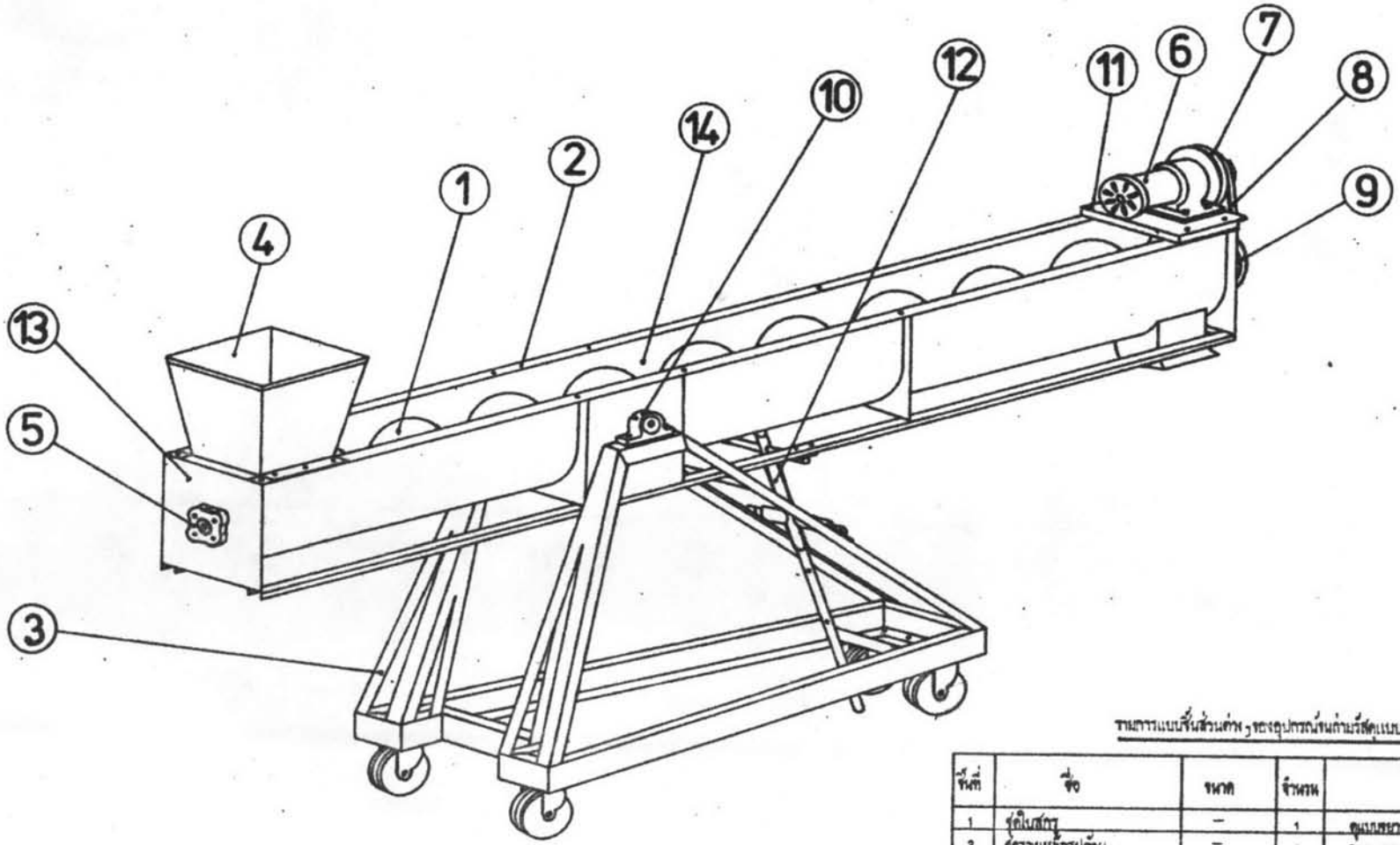
<u>รางเหล็ก</u>

รางเหล็กที่จะสร้างขึ้นนี้ ต้องมีขนาดสัมพันธ์กับใบของสกรูที่สร้างขึ้น ซึ่งขณะนี้เราได้กำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบสกรูแล้ว คือ 250 มม. ฉะนั้นรางเหล็กที่จะใช้งานนี้จึงควรมีขนาดโตกว่าเล็กน้อยเพื่อให้วางใบสกรูใส่ลงไปได้ จึงได้กำหนดขนาดของรางเหล็ก ทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 1 มม. มีขนาดต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.9
แสดงขนาดของรางเหล็กที่ใช้ทำอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

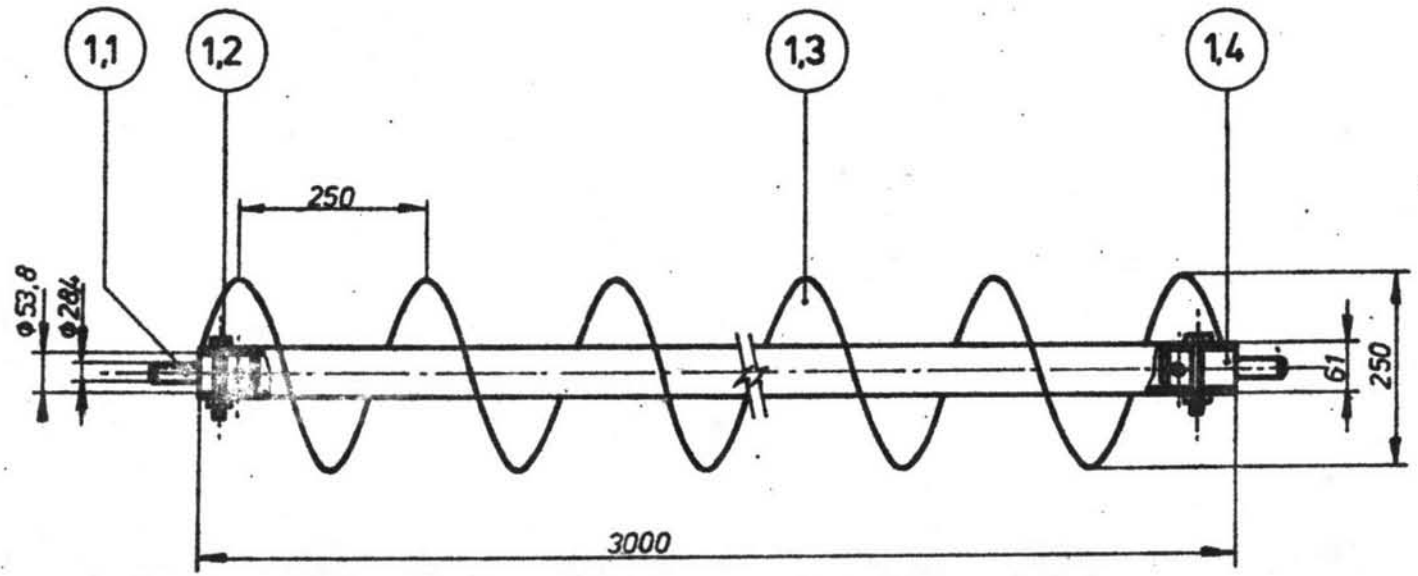
ขนาดของช่องว่างระหว่างใบและรางตัวยูนั้น กำหนดให้มีระยะห่าง 5 มม. ทั้งนี้ เพื่อไม่ให้ค่าระยะห่างนี้มากหรือน้อยจนเกินไป ถ้าหากว่าเราให้ค่าระยะห่างช่วงนี้มากกว่า 5 มม. แล้ว จะทำให้วัสดุตกค้างอยู่ภายในรางมากเกินไป ในทางตรงข้าม ถ้าหากว่าระยะห่างของใบและรางตัวยูน้อยเกินไป จะทำให้สร้างลำบาก จึงควรกำหนดให้ 5 มม. เป็นค่ามาตรฐานของระยะห่างจากใบไปยังรางเหล็กรูปตัวยู



รายการแบบชิ้นส่วนต่างๆของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว

ที่	ชื่อ	ขนาด	จำนวน	หมายเหตุ
1	รูปโมสัญญา	—	1	ดูแบบขยายที่ 1
2	รูปรางเหล็กรูปตัวยู	—	1	ดูแบบขยายที่ 2
3	โครงเหล็ก	—	1	ดูแบบขยายที่ 3
4	กรวยรับวัสดุ	—	1	ดูแบบขยายที่ 4
5	รูปลูกปืนหัวท้าย	UnIT no.UK-207 SOP	2	ยี่ห้อ Cat.no. 2597 ของลูกปืน NTN
6	รูปมอเตอร์เกียร์	Model KH7556-9.4	1	ยี่ห้อ Cat.no.SH-E 079 ของ HITACHI
7	ชุดเฟือง	—	1	ดูแบบขยายที่ 7
8	สวมพานเฟือง	12.5 x 1800 LA	1	—
9	ชุดเกลียว	—	1	ดูแบบขยายที่ 9
10	รูปลูกปืนปรับมุมเอียง	P 505 J	2	ยี่ห้อ Cat. no. 2597 ของลูกปืน NTN
11	รูปฐานรองมอเตอร์เกียร์	—	1	ดูแบบขยายที่ 11
12	รูปปรับมุมเอียง	—	1	ดูแบบขยายที่ 12
13	แผ่นยึดลูกปืนหัวท้าย	—	2	ดูแบบขยายที่ 13
14	แผ่นรองลูกปืนปรับมุม	—	1	ดูแบบขยายที่ 14

แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 1	ของทั้งหมด 14
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-01
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	—

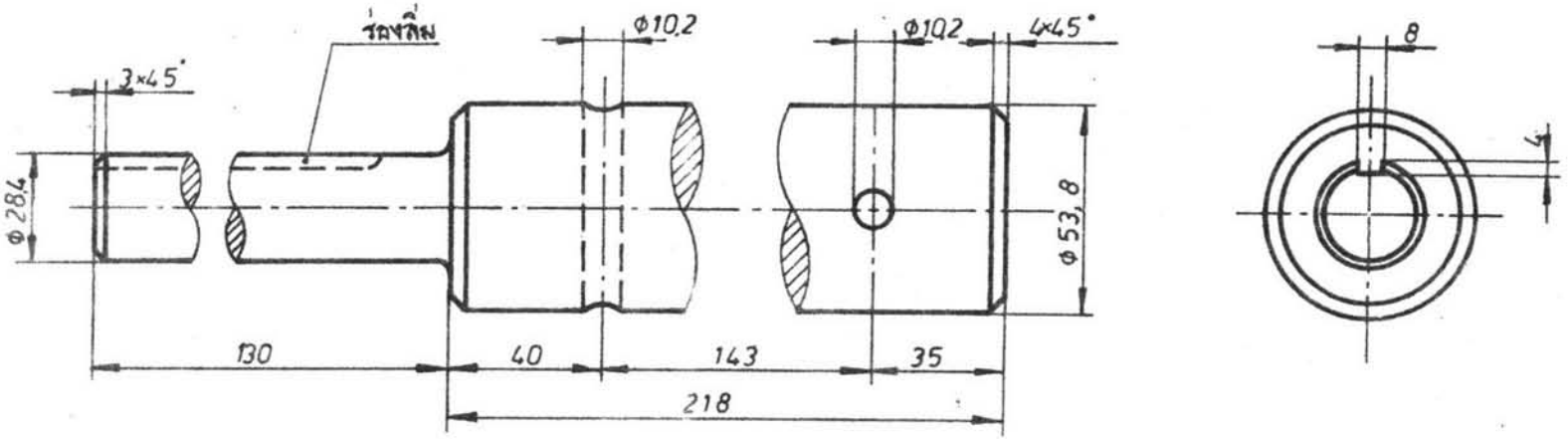


แบบขยายที่ 1	ชุดใบสกรู

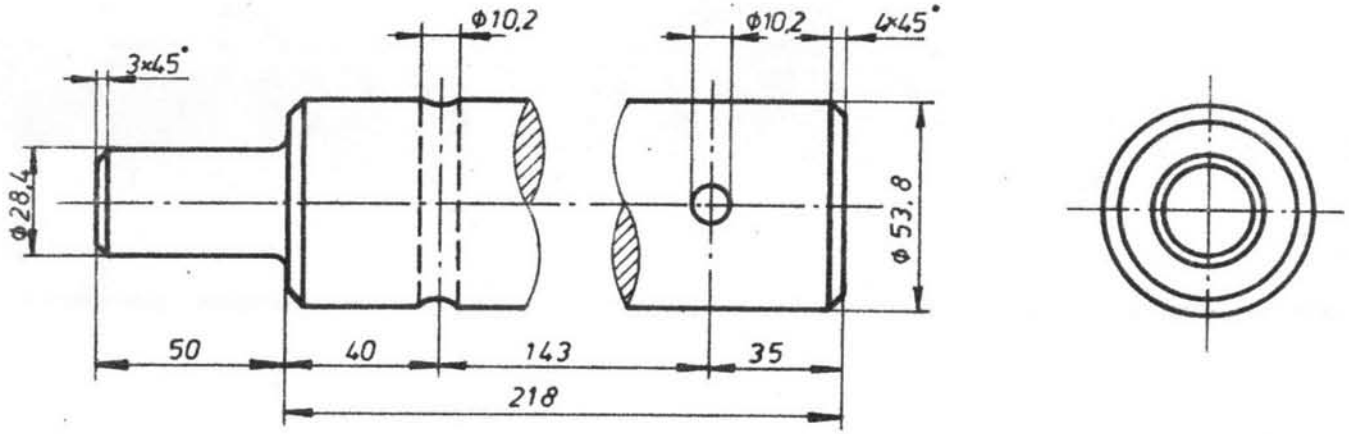
รายการแบบภาพขยายที่ 1

ชิ้นที่	ชื่อ	ขนาด	จำนวน	หมายเหตุ
1.1	เพลาขับ	—	1	ดูแบบขยายที่ 1.1
1.2	ชุดสลักเกลียว	M 10 × 8 ซม.	4	—
1.3	ใบสกรู	—	1	—
1.4	เพลาตาม	—	1	ดูแบบขยายที่ 1.4

แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 2 รวมทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-02
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1:10

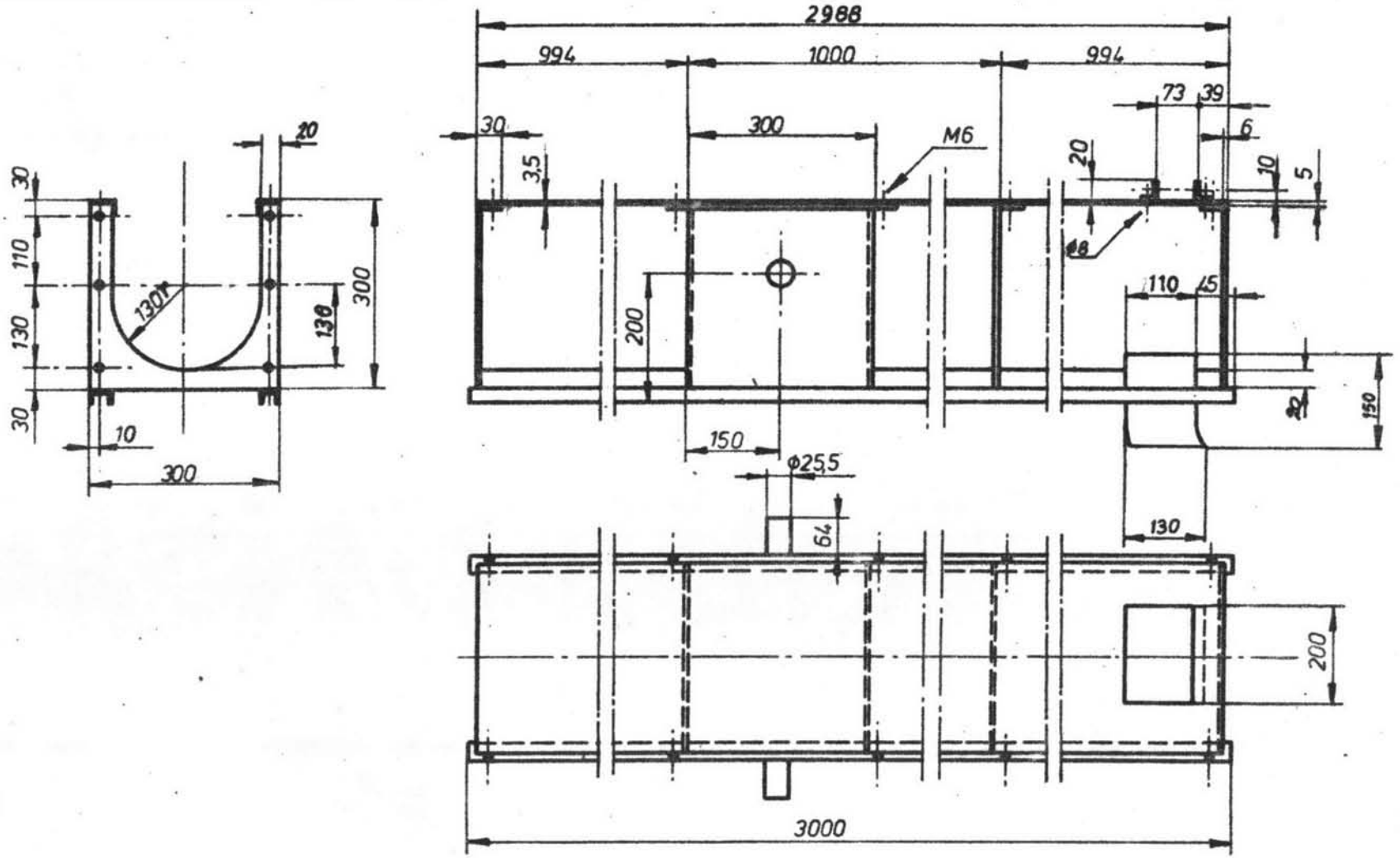


แบบขยายที่ 1.1 เพลาขับ



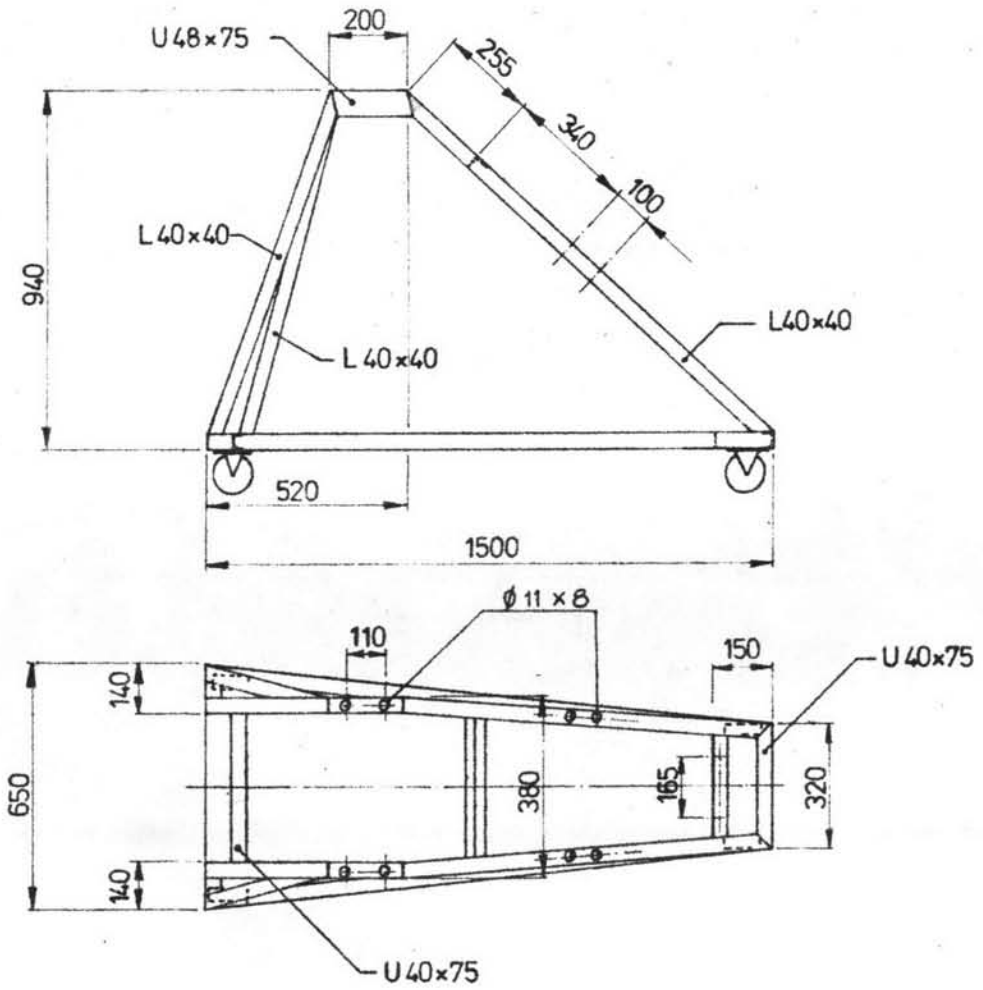
แบบขยายที่ 1.4 เพลาตาม

แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 3 รวมทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-03
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1:2



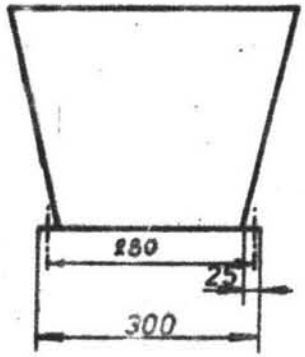
แบบขยายที่ 2 รางเหล็กรูปตัวยู

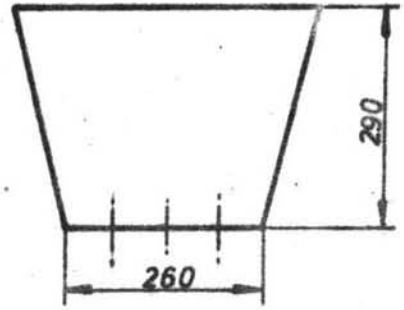
แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 4 จากทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-04
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1:10

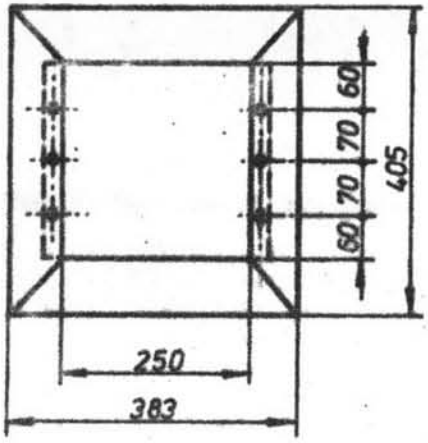


แบบขยายที่ 3 โครงเหล็ก

แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์เหล่านี้วัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 5	ของทั้งหมด 14
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH - 05
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1 : 20

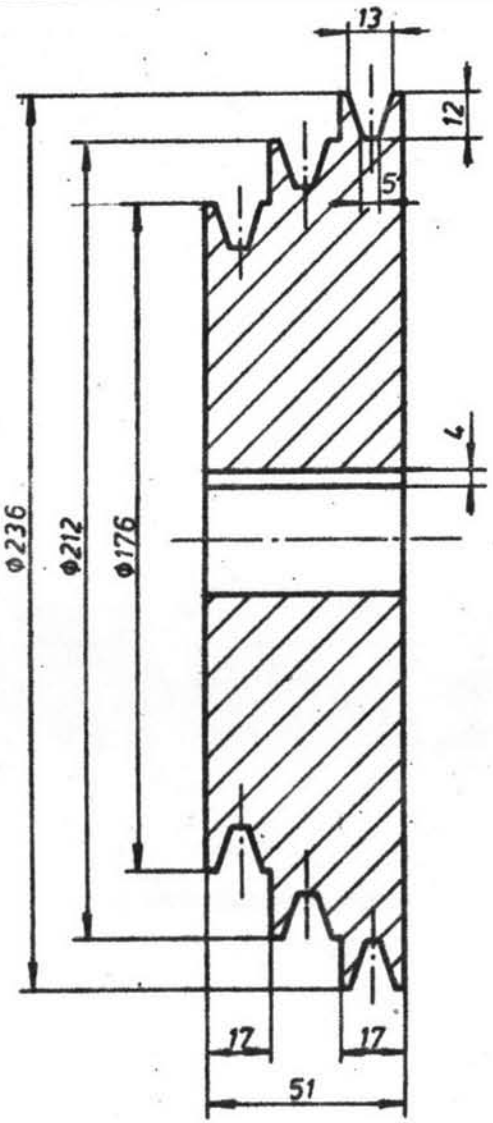


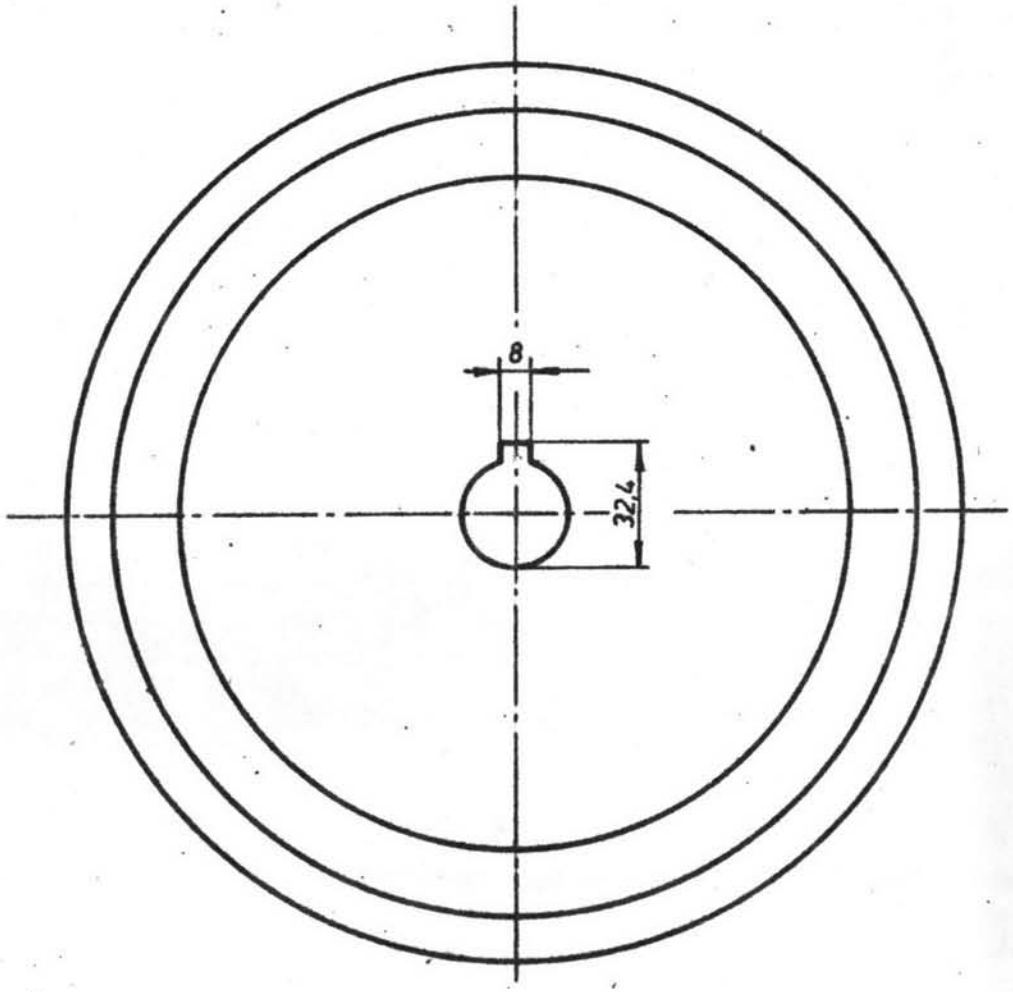




แบบขยายที่ 4 กรวยรับวัสดุ

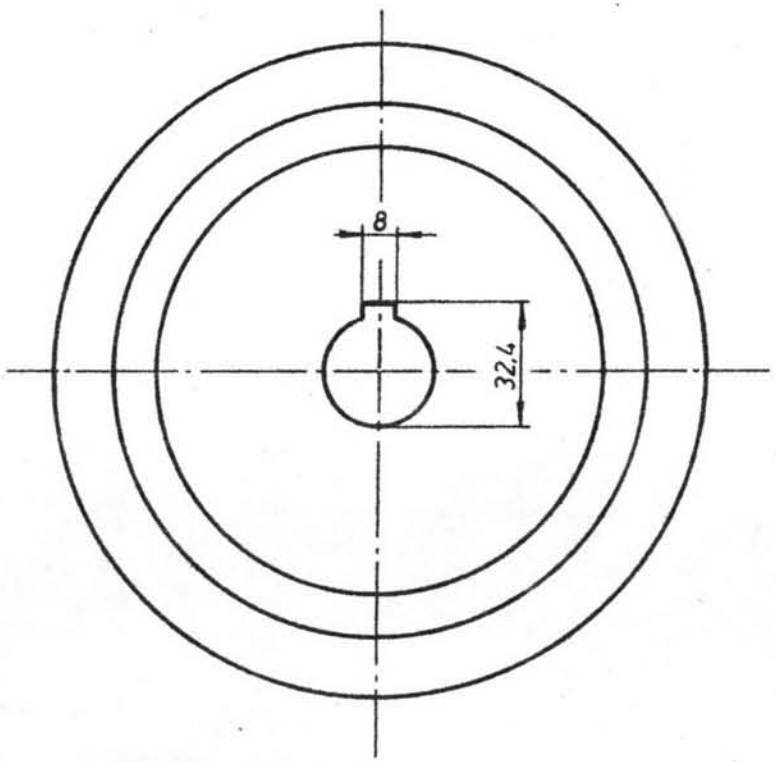
แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ	อุดร	แผ่นที่ 6 จากทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-06
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1:10

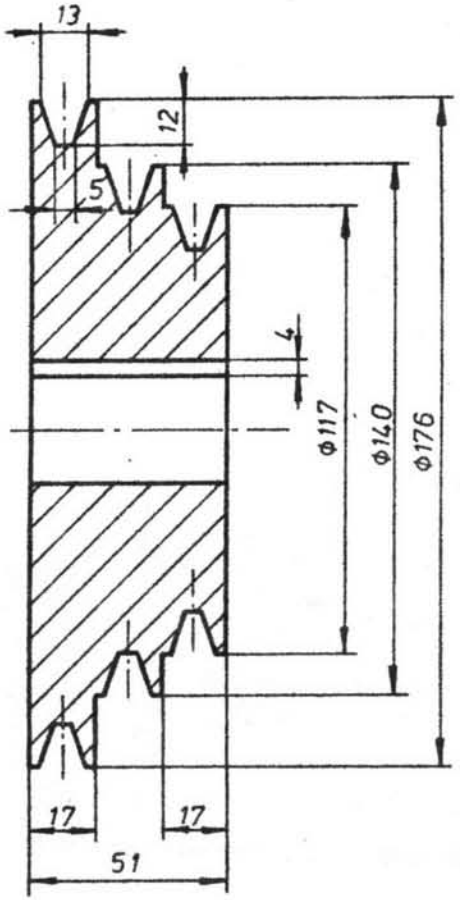




แบบขยายที่ 7 พูลเล่ย์บัน

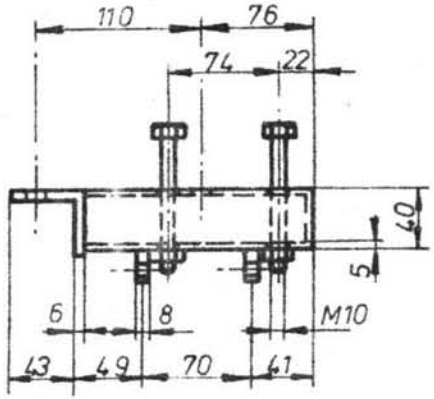
แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ยืนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ลอกแบบ		แผ่นที่ 7 รวมทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-07
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1:2

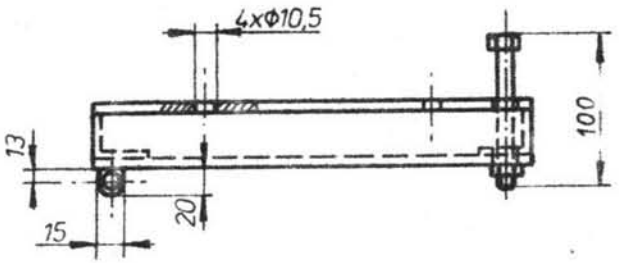


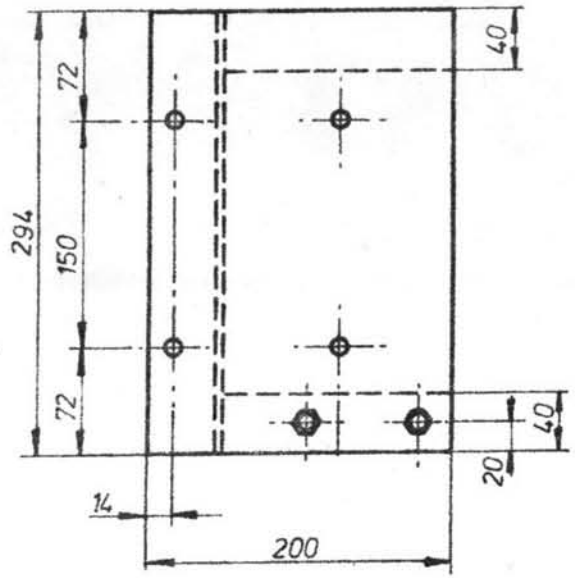


แบบขยายที่ 9 พุลเล่ย์ตาม

แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ	[illegible]	แผ่นที่ 8 ของทั้งหมด 14	
เขียนแบบ	[illegible]	หมายเลขแบบ	MH-08
ตรวจแบบ	[illegible]	มาตราส่วน	1:2

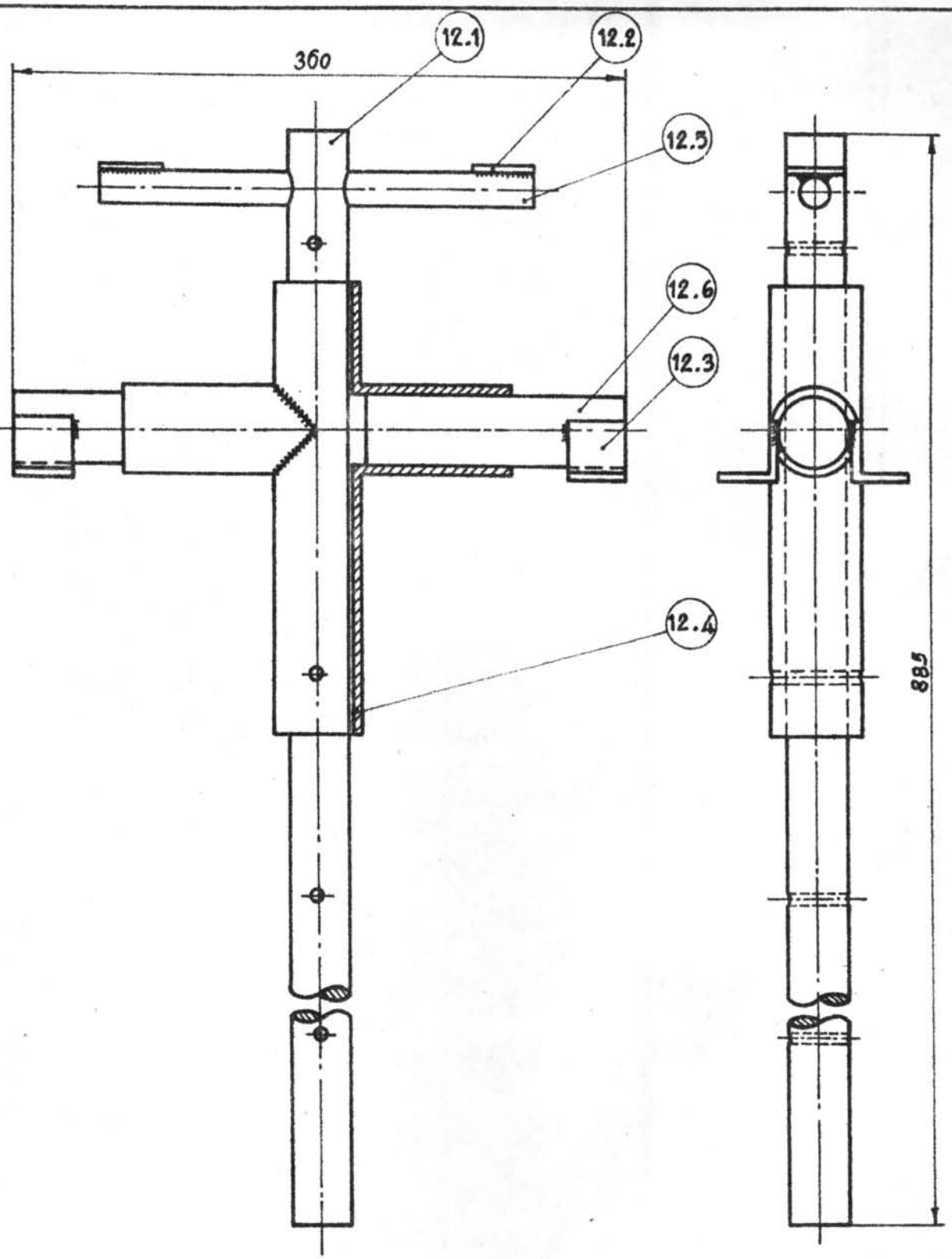






แบบขยายที่ 11 ฐานวางและปรับมอเตอร์

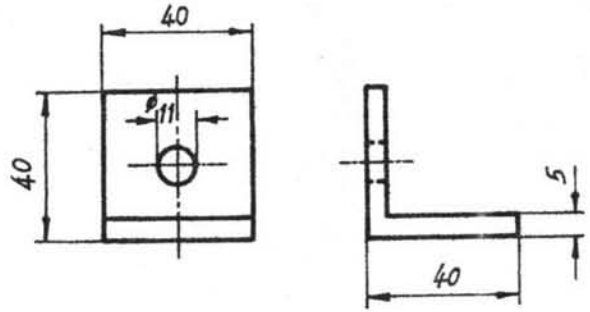
แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 9 ของทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH - 09
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1 : 2.5



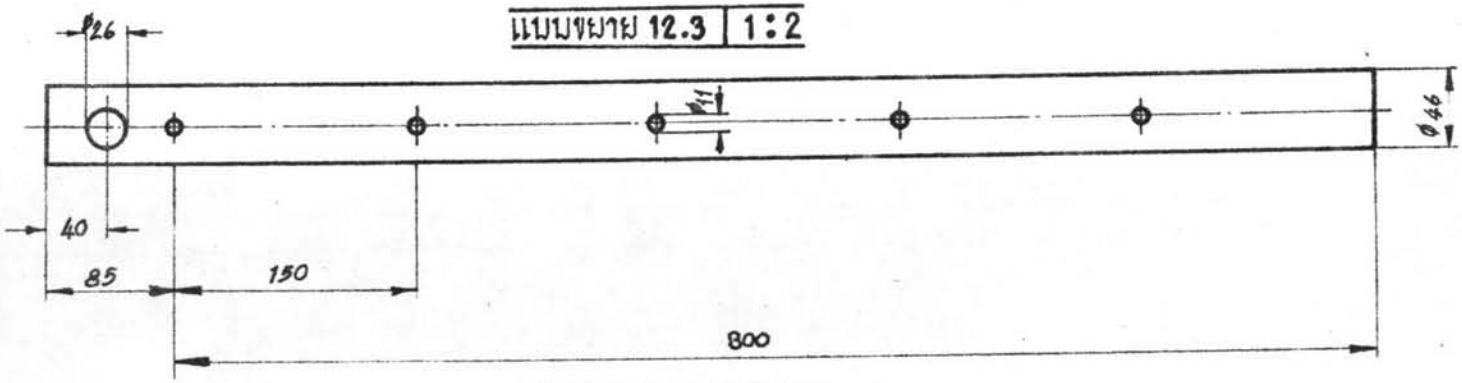
แบบขยายที่ 12 | ชุดปรับมุมเอียง

แบบขยายของแต่ละชิ้นไปรดดูหน้า 77 78

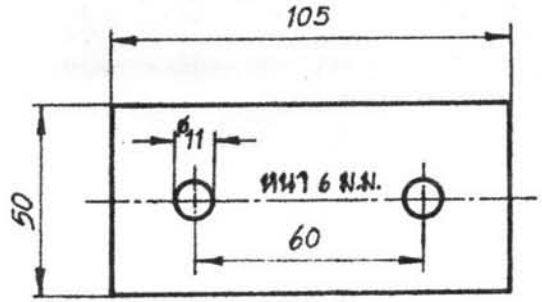
แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่10 รวมทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-10
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1 : 4



แบบขยาย 12.3 | 1:2

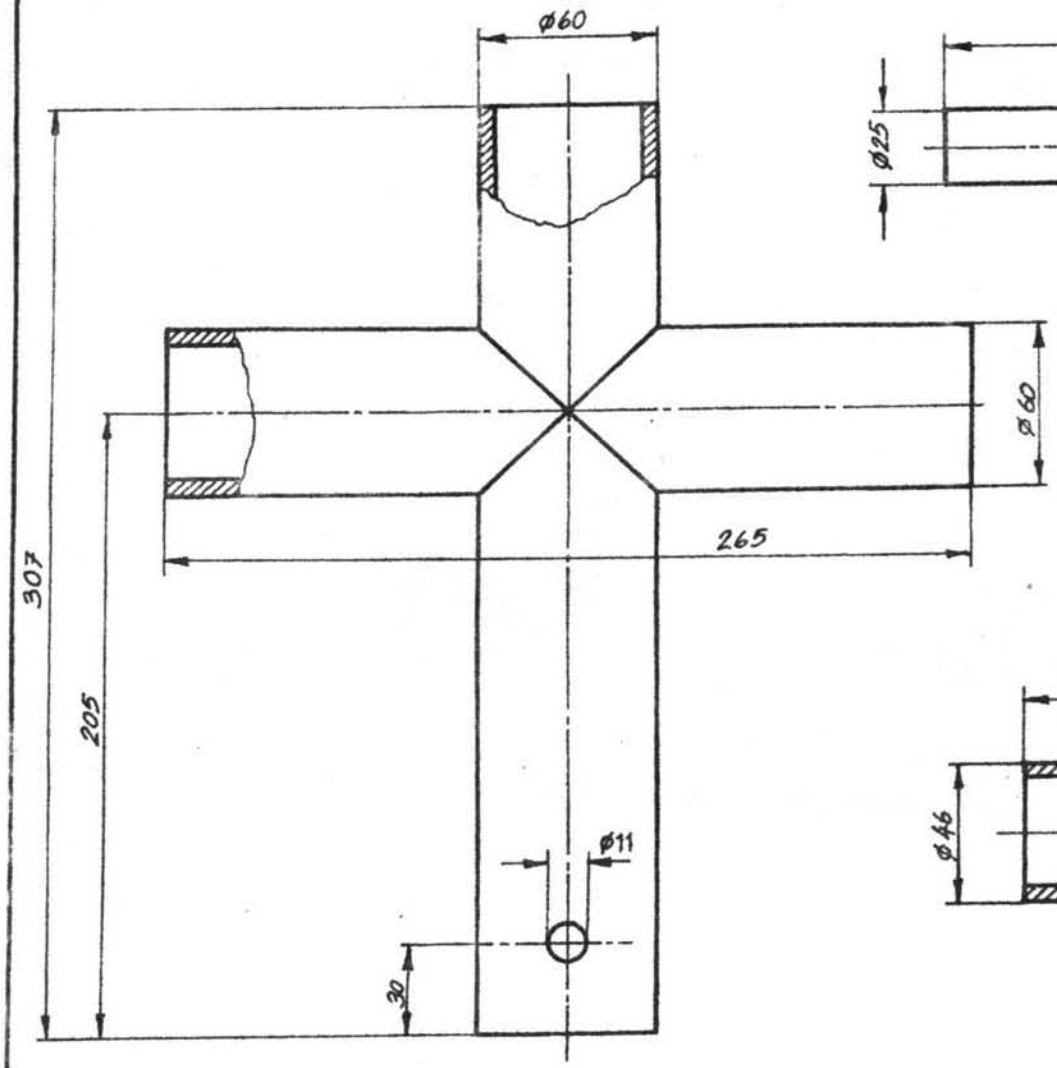


แบบขยาย 12.1 | 1:5

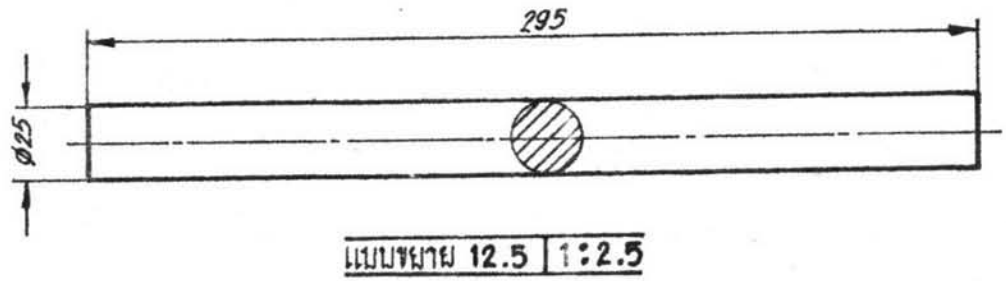


แบบขยาย 12.2 1:2

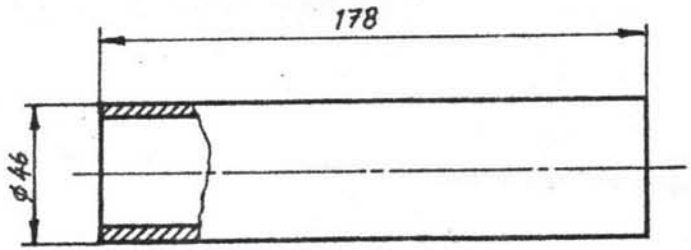
แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 11 ของทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-11
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	-



แบบขยาย 12.4 | 1 : 2.5

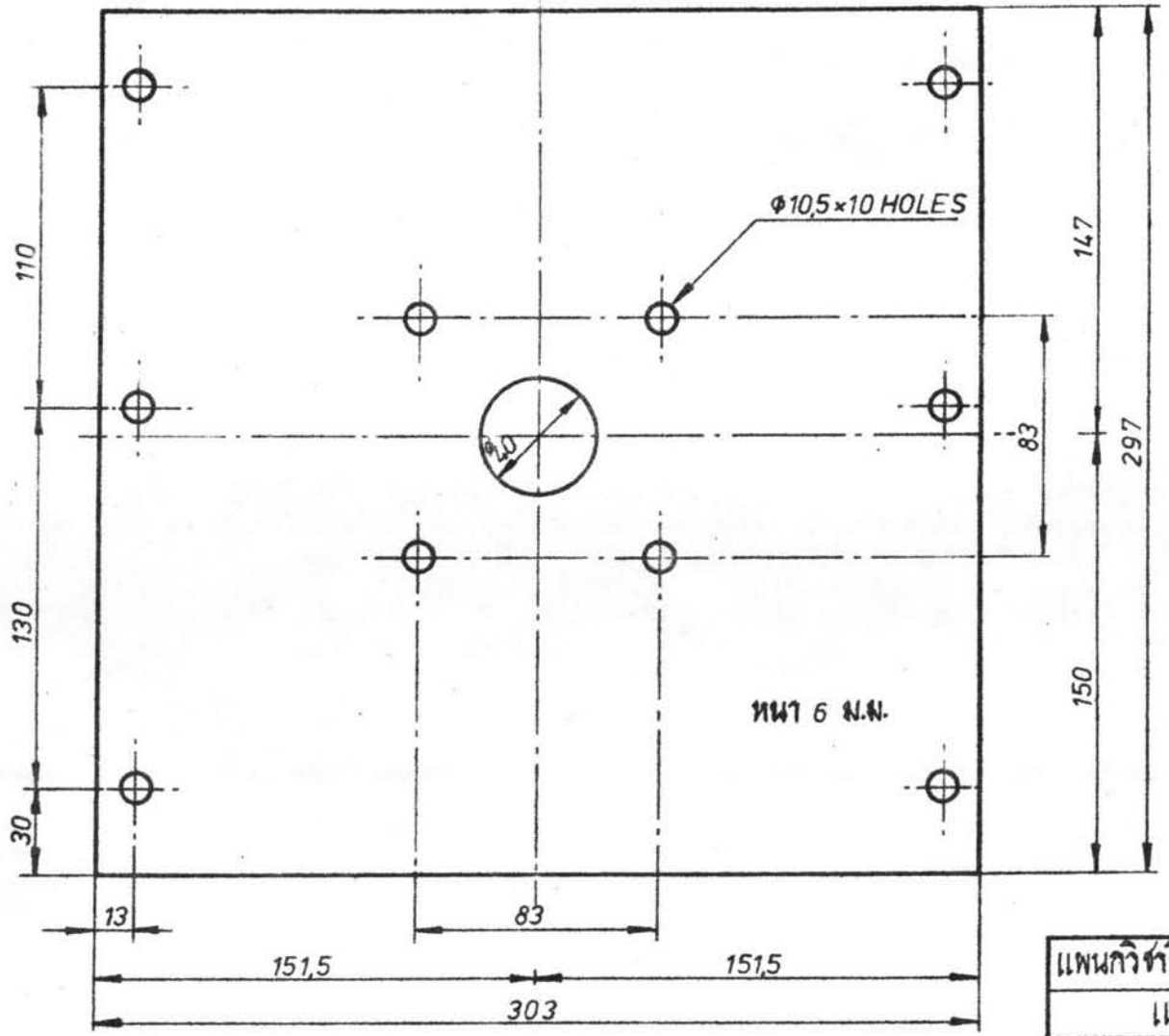


แบบขยาย 12.5 | 1 : 2.5



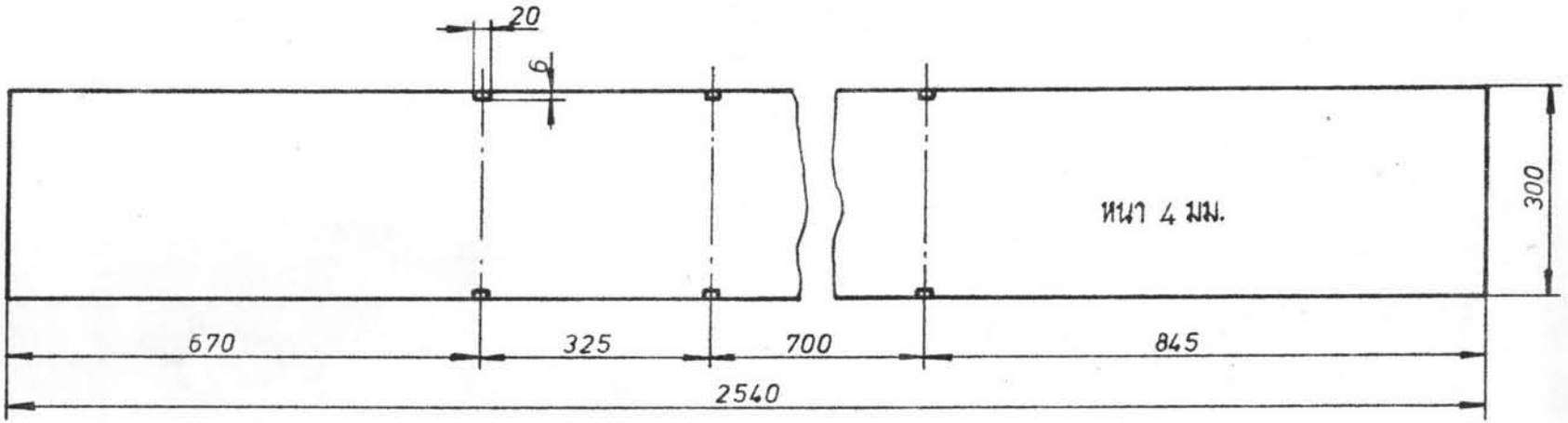
แบบขยาย 12.6 | 1 : 2.5

แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ	จ.ส.ท.	แผ่นที่ 12 ของทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH - 12
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1 : 2.5



แบบขยายที่ 13 แผ่นปิดลูกปืนท้ายท้าย

แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 13 จากทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH-13
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1:2.5



แบบขยายที่ 14 แผ่นพลาสติกปิดบน

แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
แบบ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบเกลียว			
ออกแบบ		แผ่นที่ 14 ของทั้งหมด 14	
เขียนแบบ		หมายเลขแบบ	MH - 14
ตรวจแบบ		มาตราส่วน	1 : 10