# เครื่องเชื่อมอัตโนมัติ

# AUTOMATIC WELDING MACHINE

โดย

นายสมชาย ตั้งพรสมาน


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์การศึกษา 2534

ภาควิชาเครื่องกล

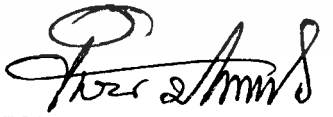
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเชื่อมอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

นายสมชาย ตั้งพรสมาน

อาจารย์ที่ปรึกษา



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2534

# เครื่องเชื่อมอัตโนมัติ

โดย

นาย สมชาย ตั้งพรสมาน

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ประสิทธิ์ คำพันธุ์

อาจารย์จำลอง ประทุมแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | 1 |
| ทฤษฎีและหลักการ | 3 |
| ชิ้นส่วนประกอบ | 4 |
| การคำนวณและการสร้าง | 9 |
| งานเชื่อม | 32 |
| ผลการทดลอง | 47 |
| สรุปและวิจารณ์ | 48 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องเชื่อมอัตโนมัติ

นศ.ที่ทำโปรเจค นาย สมชาย ตั้งพรสมาน

อาจารย์ที่ปรึกษา 1.อ.ประสิทธิ์ คำพันยิ้ม
2.อ.จำลอง ปราบแก้ว

บทคัดย่อ

เครื่องเชื่อมอัตโนมัติเป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าใช้เชื่อมชิ้นงาน 2 แผ่น ตามแนวนอนให้ติดกันโดยนำชิ้นงานวางไว้บนฐานซึ่งใช้ดีซีมอเตอร์ขนาด 17 วัตต์ ขับสกรูส่งกำลังดันฐานชิ้นงานให้เคลื่อนที่ตามแนวนอน และใช้ดีซีมอเตอร์ขนาด 39.5 วัตต์ ขับสกรูส่งกำลังดันลวดเชื่อมให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ต่อจากนั้นจึงทดลองเชื่อมแผ่นเหล็กเพื่อหาความเร็วของการเชื่อม ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ว่าความเร็วของลวดเชื่อมแนวตั้งจะเป็น 1.64 เท่า ของชิ้นงานตามแนวราบ จากการความเร็วดังกล่าวจะทำให้สามารถคำนวณหาความเร็วรอบของความเร็วต่างๆดังกล่าวแล้วจะทำให้สามารถคำนวณหาความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้งานขณะเชื่อมได้โดย ทำการปรับความเร็วของการเชื่อมโดยใช้ความเร็วของลวดเชื่อม 21.6 ซม./นาที และความเร็วของชิ้นงาน 13.2 ซม/นาที และ เมื่อ ทราบเร็วต่างๆดังกล่าวแล้ว ก็สามารถทำการเชื่อมแผ่นเหล็ก 2 แผ่นให้ติดกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AUTOMATIC WELDING MACHINE

STUDENT: Mr.Somchai Tangpornsaman

Adviser: Mr. Prasit Campamyim

Mr. Chamlong Prabkeao

## Abstract

Automatic welding machine is the electric welding machine. It is used for welding two steel sheet in order to adhere it together.

The two steel are laid on the horizontal line base and it is moved in the right or left direction by 17 watts d.c. mortor. The welding wire is holded with the vertical line beam and it is moved up or down by 39.5 watts d.c. mortor.

We can adjust revolution of two d.c. motor in order to select the velocity for suitable welding. From experiment, we try to weld the example steel sheet and concluse that the velocity of vertical line is two line of horizomtal line and we calculation the reevolution of two motor

So we set the revolution of horizomtal line motor is about 13.2 cm./m. and set the revolution of vertical line motor is about 21.6 cm./m. Then we can weld it together.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ทฤษฎีและหลักการ

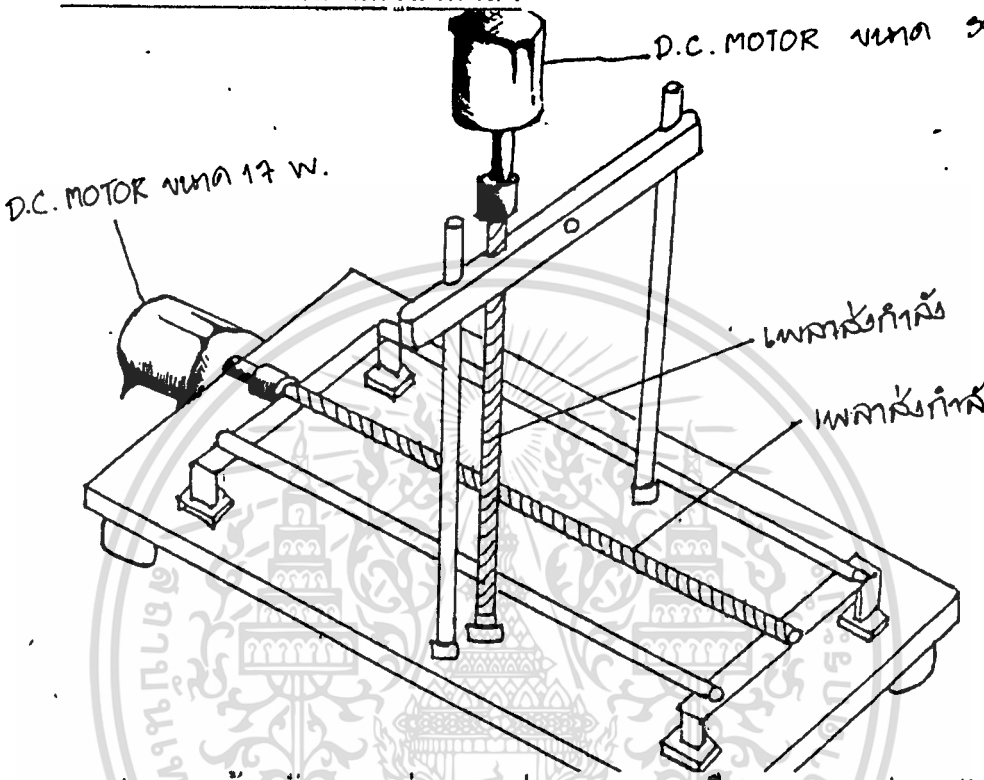
## 1. ลักษณะการทำงานของเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ

เครื่องเชื่อมอัตโนมัติเป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าใช้เชื่อมชิ้นงาน 2 ชิ้นตามแนวนอนให้ประกอบติดกัน โดยใช้มอเตอร์ D.C. ซึ่งปรับความเร็วได้ไฟหมุนสกรูส่งกำลังพาให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ในแนวนอน และลวดเชื่อมจะเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ที่สำคัญก่อนทำการเชื่อมจะต้องทำการปรับความเร็วมอเตอร์ระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานให้สัมพันธ์กันจนกว่าจะได้ความเร็วพอเหมาะที่จะทำให้ชิ้นงานเชื่อมติดกันได้

ข้อแนะนำ เริ่มแรกก่อนเชื่อมต้องกดปุ่มให้ลวดเชื่อมลงมาอาร์คกับชิ้นงานก่อนแล้วค่อยเชื่อมเป็นแนวยาว เมื่อชิ้นงานและลวดเชื่อมเคลื่อนที่สุดระยะแล้วจะมีตัวเซ็นเซอร์ไปตัดสัญญาณมอเตอร์ไม่ให้มอเตอร์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

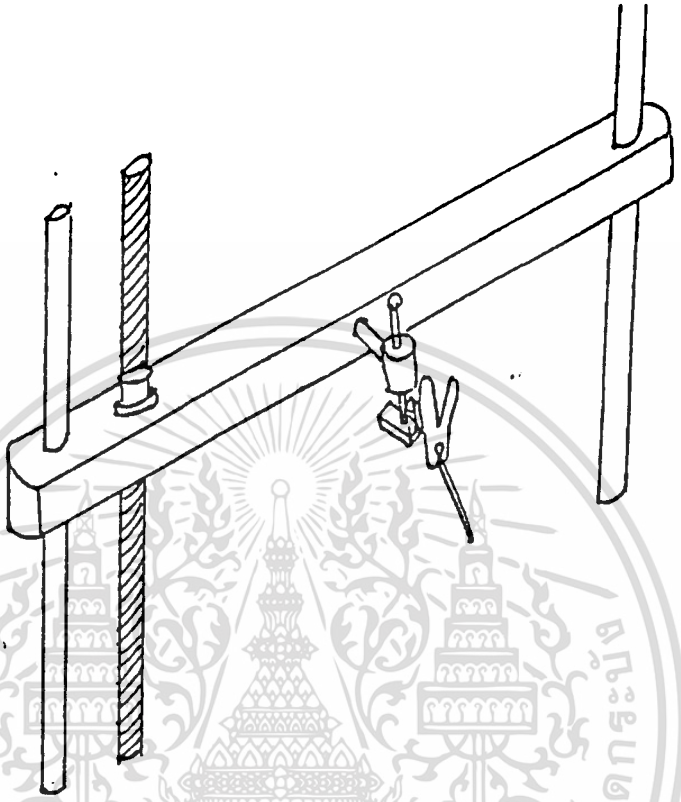
2. เพลาน่าเลื่อนและสกรูส่งกำลัง




ตอนประกอบต้องตั้งระยะห่างระหว่างเพลาน่าเลื่อนและสกรูส่งกำลังทั้งบนและล่างให้มีระยะห่างเท่าๆกัน และแนวระดับของสกรูส่งกำลังบนและล่างต้องอยู่ในแนวเดียวกัน ด้วยเพื่อป้องกันการขัดตัวเวลาเคลื่อนที่ทำงาน เพลาน่าเลื่อนและสกรูส่งกำลังสามารถทำให้แข็งขึ้นได้โดยการนำไปชุบไนไตรเพื่อป้องกันการขูดขีดของลูกปืนน่าเลื่อน หรือถ้าต้องการผิวมันก็นำไปชุบฮาร์ดโครมจะทำให้ผิวมันและแข็งสามารถลดความเสียดทานลงได้มากทำให้มอเตอร์ขับสกรูน่าเลื่อนได้สะดวกขึ้นสกรูส่งกำลังใช้ขนาด 25 มิลลิเมตร เพราะสะดวกหาซื้อได้ง่ายและราคาถูกกว่าจ้างทางร้านกลึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คานจับลวดเชื่อม

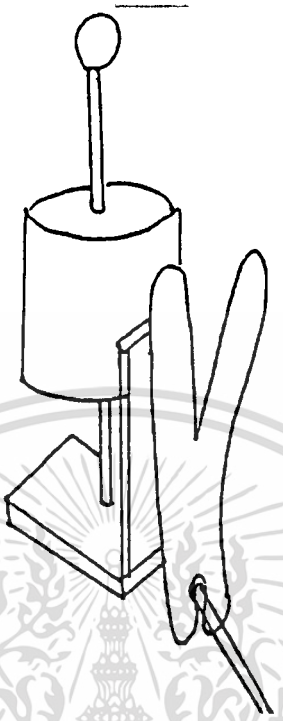


ตรงที่จับลวดเชื่อมจะมีแท่งเบกเกอร์ไลท์สวมอัดแน่นยึดอยู่ทั้งสองข้างและมีสกรูยึดที่จับลวดเชื่อมสวมไว้ตรงกลางระหว่างเบกเกอร์ไลท์ทั้งสอง

การใช้แท่งเบกเกอร์ไลท์กลึงแล้วสวมอัดไว้ทั้งสองข้างนี้ก็เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าที่มาจากลวดเชื่อมไปสู่มอเตอร์ สามารถป้องกันการช็อตของมอเตอร์ได้คานที่ใช้เป็นคานกลวงเพื่อลดน้ำหนักทำให้เคลื่อนที่ได้สะดวกและง่ายต่อการเจาะรูสวมยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ที่จับลวดเชื่อม

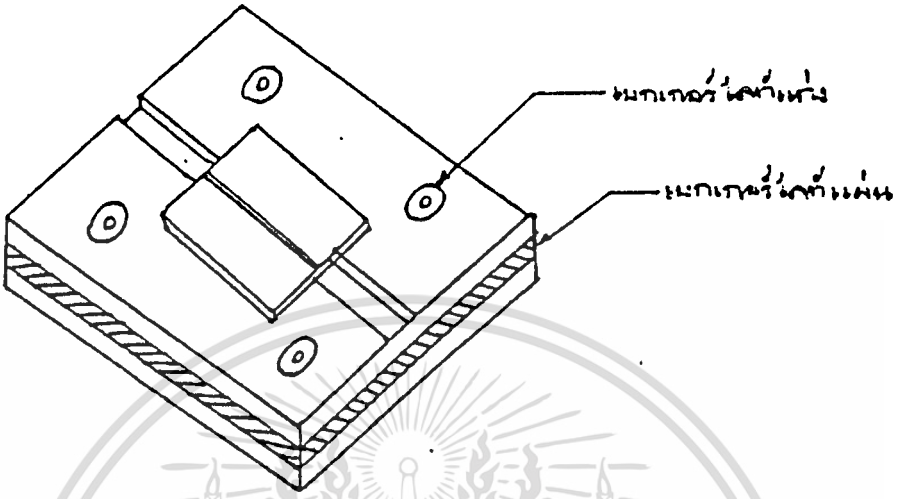


ที่จับลวดเชื่อมด้านบนจะมีปุ่มกดสวมด้วยจุกยางกันไฟฟ้าและภายในกระบอกมีสปริงสวมอยู่เพื่อให้ลวดเชื่อมกลับเข้าที่เดิมหลังจากเลิกกดจุกยางแล้ว

ช่วงแรกของการเชื่อมต้องกดจุกยางลงเพื่อให้ลวดเชื่อมเข้าใกล้ชิ้นงานตอนอาร์คช่วงแรกเพราะต้องใช้กระแสไฟมากหลังจากนั้นปล่อยมือกดจุกยางออกให้มอเตอร์ขับลวดเชื่อมและชิ้นงานโดยอัตโนมัติ ด้านล่างจะมีปลอกเหล็กสวมอยู่บังคับระยะกลับสุดของที่จับลวดเชื่อมเพลาของปุ่มกดต้องสวมพอดีกับสกรูของกระบอกที่เป็นที่สวมของสปริงเพราะจะสามารถป้องกันการส่ายเลื่อนไปมาของลวดเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แผ่นรองชิ้นงาน



ระหว่างที่รองชิ้นงานบนและฐานที่รองชิ้นงานล่างมีแผ่นเบกเกอร์ไลท์ขั้นกลางไว้เพื่อป้องกันการผ่านของกระแสไฟฟ้าจากชิ้นงานไปยังมอเตอร์ตัวล่างป้องกันการช็อตของมอเตอร์และการยึดแผ่นรองชิ้นงานสามแผ่นนี้เข้าด้วยกันใช้เบกเกอร์ไลท์แท่งและใช้น็อตสวมยึดไว้ ที่รองชิ้นงานบนที่รองอยู่ตรงกลางเพื่อป้องกันการติดกันของชิ้นงานและแผ่นรองชิ้นงานเมื่อมีการเชื่อมเกิดขึ้น ด้านข้างมีตัวหนีบสองตัวเลื่อนได้ไว้จับยึดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6ชิ้นส่วนประกอบอื่นๆ

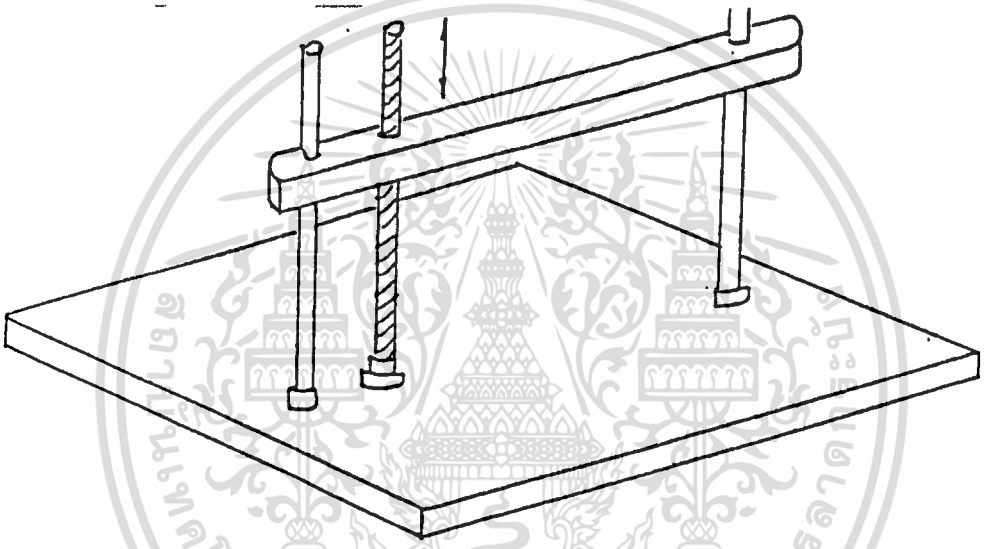
เลือกใช้อายแบริ่งแบบปรับเยื้องศูนย์ได้กันการขัดตัวของสกรูส่งกำลังมีการทำรองสล๊อตยึดแบริ่งที่ขารองที่แผ่นจับชิ้นงานด้านล่างและที่ฝาน้ำประคองแบริ่งด้านบนเพื่อการปรับตัวได้เวลาประกอบ นอกจากนั้นแล้วยังมีการทำร่องระหว่างฐานรองชิ้นงานและแบริ่งนำเลื่อนด้านล่างสำหรับตั้งแนวระดับของเพลานำเลื่อนและสกรูส่งกำลังด้านล่างชิ้นส่วนต่างๆออกแบบให้มีการถอดประกอบและทำง่าย เพื่อเวลาชิ้นส่วนบางตัวเกิดการติดขัดเสียจะได้มีการถอดออกและทำชิ้นส่วนใหม่ไปทดแทนได้ง่ายและรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

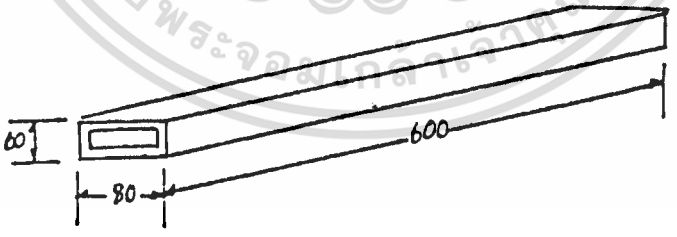
# บทที่ 3

## การคำนวณและการสร้าง

### 3.1 คำนวณแสกรูส่งกำลัง(Lead Screw)



#### 3.1.1 คำนวณโหลด(Load)




ความหนาแน่นเหล็กโครงสร้าง 7.85 kg/dm$^3$

ความหนา 5 mm.

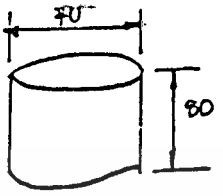
ปริมาตร =[(80*30)-((80-10)(30-10))]*600=600000 mm.$^3$

เพราะฉะนั้น D = m/v

เพราะฉะนั้น มวล = 4.71 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
007731

3.1.2 ปลอกแบริ่งนำเลื่อน(sliding bearing) 2อัน




$v = 2*(3.14285/4)(70)^2*80 = 615752.16\ mm.^3$

เพราะฉะนั้น m = 4.83 kg

รวมโหลด = 4.71 +4.83+น้ำหนักสไลท์แบริ่ง+ที่รับลวดเชื่อม+สกรูเกลียว ในประมาณ W = 25 kg

เพื่อความปลอดภัยกำหนดน้ำหนักรวมนี้จะมากกว่าความเป็นจริง

เหล็กโครงสร้าง st 33-1; $\sigma_u$ = 320-490 $N/mm.^2$

$\sigma_y$ = 185 $N/mm.^2$

$\tau_y$ = 0.6 $N/mm.^2$

$\tau_a$ = 111 $N/mm.^2$

เลือกตัวคูณปลอดภัย(safty factor)

เลือกขนาดสกรูจากร้านที่มีขาย

ตรวจสอบเกลียวคางหมู 1 ปาก(n=1)

$D_{out}$ =26 mm.

P = 5 mm.

$d_m$ = 23.5 mm.

$D_{in}$ = 20.5 mm.= $d_r$

ยาว 600 mm.

เหล็กมีการหล่อลื่น $f_s$ = 0.15

$l_e$ = np = 5

* เหตุผลเวียกขนาดนี้เพราะสามารถหาซื้อได้ซึ่งประหยัดกว่าจ้างกลึง*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\tan \alpha = l_E/(3.14285 d_m) = 5/(3.14285(23.5))$

เพราะฉะนั้น $\alpha = 3.87$

จากไอเอสโอ(ISO)เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู $2\phi = 30$

เพราะฉะนั้น $\phi = 15$

จาก $\beta = \tan^{-1} f_s = \tan^{-1} 0.15 = 8.53$

[ $\alpha < \beta$ เพราะฉะนั้นสกรูเกิดการล็อค(lock)ตัวเองได้]

3.1.3 ตรวจสอบการรับโหลด

สกรูมีการรองรับทั้งสองด้านแบบ CS.

$L_E = 0.707L = 0.707(600) = 424.2$ mm.

$K = d_r/4 = 20.5/4 = 5.125$

เพราะฉะนั้น $L_E/K = 82.77$

$L_E/K$ อยู่ในช่วงสกรูความยาวปานกลางใช้สูตรจอนสัน($40 = < L_E/K = < 110$)

$W = A_r \sigma_y/N[1-\{\sigma_y(L_E/K)^2/(4(3.14285)^2 E)\}]$

สำหรับเหล็ก $E = 206000$ N/mm.$^2$

$W = (3.14285(20.5)^2/4)(185/3)*[1-\{185(82.77)^2/(4(3.14285)^2*206000)\}]$

$= 17181.88$ N.

$= 1751.46$ kg.

เพราะฉะนั้นสกรูนี้รับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัยมากเพราะความเค้นที่เราใช้ยกแค่ 25kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ผู้ใดจะนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใดๆ ก็ตาม ต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารก่อน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 ตรวจสอบความเค้นวิกฤต(Critical stress)

$\sigma_c = W/(A_c)$

$= 25*9.81/(3.15285/4(20.5)^2)$

$= 0.74\ N/mm.^2$

เพราะฉะนั้นปลอดภัยจากแรงกดเพราะสกรูรับแรงกดได้ถึง $185\ N/mm.^2$

### 3.1.5 ตรวจสอบความเค้นผสม

มีทั้งแรงกด,แรงดึงและความเค้นเนื่องจากการบิดของสกรู

จาก $\tau_d = Tr/J = 16T/(3.14285d_c^3)$

$= 16*649.26/(3.14285(20.5)^3)$

$= 0.384\ N/mm.^2$

จาก $\tau_d = [\sigma_c/2)^2+\sigma_d^2]^{1/2}$ ; $(\sigma_c = 0.74\ N/mm.^2)$

$= [(0.74)^2/2+(0.384)^2]^{1/2}$

$= 0.533\ N/mm.^2$

จากวัสดุเหล็กทำสกรู

ใช้ตัวคูณปลอดภัย $N = 3$

จาก $\tau_y = 111\ N/mm.^2$

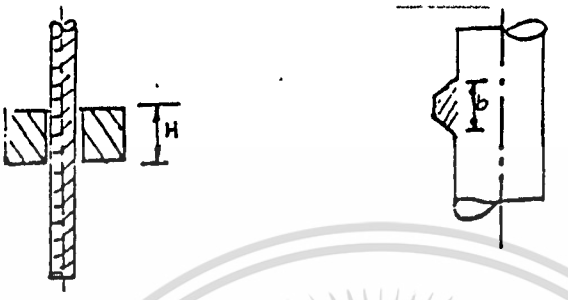
เพราะฉะนั้น $\tau_d = \tau_y/N = 111/3$

$= 37\ N/mm.^2$

เพราะฉะนั้นปลอดภัยเพราะสามารถทนแรงเฉือนได้ถึง $37\ N/mm.^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.1.6 หาความเค้นเฉือนที่พันเกลียว




ความหนาของแป้นเกลียวใน = H =30 mm.

จาก H = n*P; ( P = 5 mm.)

เพราะฉะนั้นฟันที่รับแรง n = 6 ฟัน

จาก = 3W/(2A)

และ A = 3.14286*$d_r$*b*n; (b = 5 mm.)

เพราะฉะนั้น = 3*25*9.82/(2*3.14285*20.5*5*6)

= 7.8 $N/mm.^2$

เพราะฉะนั้นปลอดภัยเพราะทนความเค้นเฉือนได้ถึง 111 $N/mm.^2$

## 3.1.7 หาทอร์ค(Torque)ยกขึ้น

$T_R = (Wd_m/2)*[fs+\cos\phi \tan\alpha/(\cos\phi - fs \tan\alpha)]+r_{mc}f_cW$

ความเสียดทานน้อยเนื่องจากใช้แรงแบริ่งรับน้ำหนัก(ball bearing); $r_{mc}f_cW=0$

=((25*9.81)(23.5)/2)*[(0.15+cos15tan3.87)/(cos15-0.15tan3.87)

= 649.26 Nmm.

= 0.649 Nm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.8 หาทอร์คยกลง

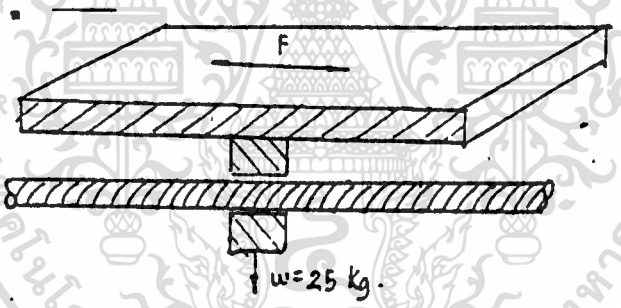
$T_L = (Wd_m/2)*[fs-\cos\phi\tan\alpha/(\cos\phi+f_c\tan\alpha)]+r_{mc}f_cW$

ความเสียดทานน้อยเนื่องจากใช้แรงแบริ่งรับน้ำหนัก(ball bearing);$r_{mc}f_cW=0$

$=((25*9.81)(23.5/2)*[(0.15-\cos15\tan3.87)/(\cos15+0.15\tan3.87)$

$= 250.00$ Nmm.

$= 0.250$ Nm.



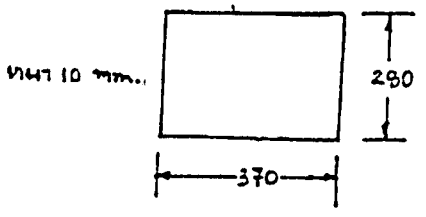

### 3.2 คำนวณสกรูแนวนอน

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของเหล็กหล่อลื่น = 0.11-0.17

[ให้ $f_c = 0.17$]

### 3.2.1 คำนวณหาน้ำหนัก

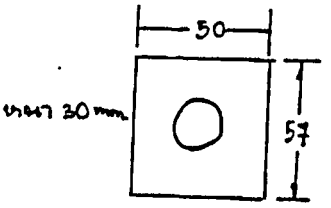
ความหนาแน่นเหล็กโครงสร้าง $D = 7.85*10^{-6}$ kg/mm.$^3$




แผ่นรองงาน 2 แผ่น $v = 2072000$ mm.$^3$

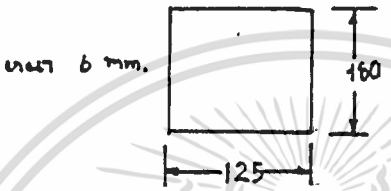
เพราะฉะนั้น $m = 16.3$ kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ขาวองงาน 5 ชิ้น V = 427500 mm.$^3$

เพราะฉะนั้น m = 3.36 kg.




ชิ้นงาน 2 ชิ้น v = 270000 mm.$^3$

เพราะฉะนั้น m = 2.12 kg.

จำ 2 ตัว v = $7.5*10^3$ mm.$^3$

เพราะฉะนั้น m = 0.06 kg.

เพราะฉะนั้น m รวม = 16.3 +3.36+2.12+0.06+น้ำหนักสไลท์แบริ่ง+มวลเบกเกอร์ (bakerlight)

เพราะฉะนั้น ประมาณ m รวม = 30 kg.

เพื่อความปลอดภัยการคำนวณน้ำหนักรวมนี้จะมากกว่าความเป็นจริง

เหล็กโครงสร้าง st 33-1; $\sigma_u$ = 320-490 N/mm.$^2$

$\sigma_y$ = 185 N/mm.$^2$

$\tau_w$ = 0.6 N/mm.$^2$

$\tau_a$ = 111 N/mm.$^2$

เลือกตัวคูณปลอดภัย(safty factor) N = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกขนาดสกรูจากร้านที่มีขาย

ตรวจสอบเกลียวคางหมู 1 ปาก(n=1)

$D_{out}$ =26 mm.

P = 5 mm.

$d_m$ = 23.5 mm.

$D_{in}$ = 20.5 mm.= $d_r$

ยาว 600 mm.

เหล็กมีการหล่อลื่น $f_s$ = 0.15

$l_E$ = np = 5

* เหตุผลเรียกขนาดนี้เพราะสามารถหาซื้อได้ซึ่งประหยัดกว่าจ้างกลึง*

$\tan \alpha = l_E/(3.14285 d_m)$

$= 5/(3.14285(23.5))$

เพราะฉะนั้น $\alpha$ = 3.87

จากไอเอสโอ(ISO)เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู $2\phi$ = 30

เพราะฉะนั้น $\phi$ =15

จาก $\beta = \tan^{-1} f_s = \tan^{-1} 0.17 = 9.65$

[ $\alpha < \beta$ เพราะฉะนั้นสกรูเกิดการล็อค(lock)ตัวเองได้]

3.2.2 คำนวณหาแรงต้านที่รองงาน

สกรูจะต้นงานเคลื่อนที่ไปได้ต้องออกแรงต้านอย่างน้อยเท่ากับแรงเสียดทานของเหล็กกับสกรู

$f_s$ = 0.17

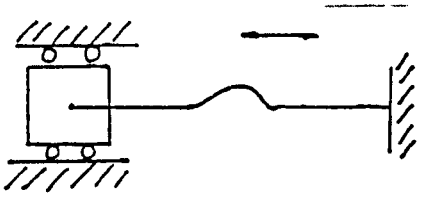
เพราะฉะนั้น $F = f_s mg = 0.17*30*9.81$

F = 50 N.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 คำนวณการรับสกรูส่งกำลัง(lead screw)

[คำนวณแรงสกรูส่งกำลังที่หาซื้อได้]



สกรูมีการรองรับแบบ CS.

$L_E$ = 0.707L = 0.707(600) = 424.2 mm.

K = $d_r$/4 = 20.5/4 = 5.125

เพราะฉะนั้น $L_E/K$ = 82.77

$L_E/K$ อยู่ในช่วงสกรูความยาวปานกลางใช้สูตรจอนสัน(40=<$L_E/K$=<110)

$W = A_r \sigma_y / N[1-(\sigma_y (L_E/K)^2/(4(3.14285)^2 E))]$

สำหรับเหล็ก E = 206000 N/mm.$^2$

$W = (3.14285(20.5)^2/4)(185/3)*[1-(185(82.77)^2/(4(3.14285)^2*206000)]$

= 17181.88 N.

= 1751.46 kg.

เพราะฉะนั้นสกรูนี้ต้านโหลดขนาด 50 N ได้อย่างดี

เวลาคำนวณสามารลดขนาดของสกรูได้เล็กกว่านี้แต่ประหยัดไม่คุ้มกับค่าที่จ้างโรงกลึงให้ทำเพราะฉะนั้นซื้อสำเร็จถูกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 หาทอร์คของสกรู

$T_R = (Wd_m/2)*[fs+\cos\phi \tan \alpha/(\cos\phi - fs \tan \alpha)]+r_{mc}f_cW$

ความเสียดทานน้อยมีการหล่อลื่นและใช้แบริ่ง; $r_{mc}f_cW=0$

$=((50*23.5/2)*[0.17+\cos15\tan3.87/(\cos15-0.15\tan3.87)]$

$= 144.66$ Nmm.

$= 0.145$ Nm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 คำนวณหาขนาดของมอเตอร์

### 3.3.1 คำนวณหาความเร็วรอบของมอเตอร์

จากการทดลองหาค่าความเร็วของสายพานโดยทดลองเชื่อมแผ่นเหล็กยาว 30 เซนติเมตร ครั้งแรกใช้เวลา 47 วินาที ครั้งที่สองใช้เวลา 43 วินาที ครั้งที่สามใช้เวลา 45 วินาที

หาความเร็วเฉลี่ยได้ = 47+43+45)/3 = 45 วินาที

ได้ $v = s/t = 30*10^{-2}/45 = 0.667*10^{-1}$ m/s

จากการทดลองสายพานชิ้นงานโดยการวัดระยะแนวที่เชื่อมได้และวัดระยะลวดเชื่อมที่ทดสิ้นลงจะได้ความเร็วของลวดเชื่อมที่เคลื่อนที่แนวตั้งจะได้สองเท่าของความเร็วชิ้นงานที่เคลื่อนที่ในแนวนอน

เพราะฉะนั้นความเร็วในแนวราบ $v_1 = 0.667*10^{-2}$ m/s

ความเร็วในแนวตั้ง $v_2 = 2*.667*10^{-2}$ m/s

$= 1.33*10^{-2}$ m/s

จาก $v = 2*3.142865*r*f_1$

เพราะฉะนั้น $f_1 = v_1/(2*3.14285*r)$

$= 0.667*10^{-2}*60/(2*3.14285*(25*10^{-3}/2))$

$= 5.06$ rpm.

$f_2 = 2*5.06 = 10.12$ rpm.

จาก w1 = 2*3.14285*5.06 = 31.84 rad/min.

= 31.84/60 = 0.53 rad/sec.

w2 = 2*0.53 = 1.06 rad/sec.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 หาขนาดของมอเตอร์แนวนอน

จากค่า $T_{r1}$ ของสกรูแนวนอน = 0.145 Nm.

สมมติประสิทธิภาพของสกรู = 80 % = 0.8

เพราะฉะนั้น $T_{r1}$ = 0.145/.8 = 0.1825 Nm.

กำลังของมอเตอร์แนวนอน $P_1 = T_{r1} * W_1$

= 0.18125*0.53 = 0.026 W

จากการเลือกรอบทำงานของมอเตอร์ควรเลือกทำงานได้ถึง 150 rpm. เพื่อปรับความเร็วได้

เพราะฉะนั้น $W_1$ = 2*3.14285*(150/60)

= 15.71 rad/sec.

ได้กำลังของมอเตอร์ที่ใช้งานจริง $P_1 = TR_1 * W_1$ = 0.18125*15.71

= 2.85 W

3.3.3 หาขนาดของมอเตอร์แนวตั้ง

จากค่า $T_{r2}$ ของสกรูแนวนอน = 0.649 Nm.

สมมติประสิทธิภาพของสกรู = 80 % = 0.8

เพราะฉะนั้น $T_{r2}$ = 0.649/.8 = 0.81125 Nm.

กำลังของมอเตอร์แนวนอน $P_2 = T_{r2} * W_2$

= 0.81125*1.06 = 0.860 W

จากการเลือกรอบทำงานของมอเตอร์ควรเลือกทำงานได้ถึง 150 rpm. เพื่อปรับความเร็วได้

เพราะฉะนั้น $W_1$ = 2*3.14285*(150/60)

= 15.71 rad/sec.

ได้กำลังของมอเตอร์ที่ใช้งานจริง $P_2$ = 0.81125*15.71

= 11.9 W

ดังนั้น เลือกขนาดของมอเตอร์แนวตั้งเพื่อความเหมาะสมเท่ากับ 12 วัตต์และแนวนอนเท่ากับ 5วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 การคำนวณขนาดสกรูส่งกำลัง(lead screw)ที่ประหยัดแนวนอน

สมมติขั้นแรกให้เป็นสกรูสั้น $L_E/K < 40$

จาก $W = \sigma_y A_r = (\sigma_y/N)*[(3.14285/4)*d_r^2]$

$50 = (185/3)[(3.14285/4)*d_r^2]$

เพราะฉะนั้น $d_r = 1.02$ mm.

จากตาราง 11.3 เลือก $d_r$ มาตรฐาน $d_r = 6.2$ mm. (เล็กที่สุดของตาราง)

$d_{out}=8$ mm., $d_m = 7.25$, $P= 1.5$

สมมติการรับแรงทั้งสองไกล้เคียงแบบ CS.

$L_E = 0.707L = 0.707(600) = 424.2$ mm.

$K = d_r/4 = 6.2/4 = 1.55$ mm.

เพราะฉะนั้น $L_E/K = 273.68$

เพราะฉะนั้น $L_E/K > 110$ สำหรับสกรูยาวใช้สูตรออยเล่อร์

จาก $W = 3.14285EI/(NL_E^2) = (3.14285^2E/(NL_E^2))*(3.14285d_r^4/64)$

$= (3.14285^2(206000)/(3*(424.2)^2))*(3.14285(6.2)^4/64)$

$= 273.18$ N

เพราะฉะนั้น รับน้ำหนักได้มากกว่า 50 N

เพื่อความปลอดภัยและดูขนาดเหมาะสมเลือกสกรูขนาดใหญ่ขึ้นอีกหนึ่งขนาด

$d_{out} = 10$ mm.; $P = 2$; $d_m = 9$; $d_r = d_{in} = 7.5$ mm.

*แต่เลือกซื้อขนาดสกรู $D_{out}$ 26 mm. เพราะหาซื้อได้ง่ายและประหยัดกว่าการจ้างกลึง*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.5 การคำนวณขนาดสกรูส่งกำลัง(Lead Screw)ที่ประหยัดแนวตั้ง

สมมติขั้นแรกให้เป็นสกรูสั้น $L_E/K < 40$

จาก $W = \sigma_{cu} A_r = (\sigma_y/N)*[(3.14285/4)*d_r^2]$

$25*9.81 = (185/3)[(3.14285/4)*d_r^2]$

$245.25 = (185/3)[(3.14285/4)*d_r^2]$

เพราะฉะนั้น $d_r = 2.25$ mm.

จากตาราง 11.3 เลือก $d_r$ มาตรฐาน $d_r = 6.2$ mm. (เล็กที่สุดของตาราง)

$d_{out}$=8 mm., $d_m = 7.25$, P= 1.5

สมมติการรับแรงทั้งสองใกล้เคียงแบบ CS.

$L_E = 0.707L = 0.707(600) = 424.2$ mm.

$K = d_r/4 = 6.2/4 = 1.55$ mm.

เพราะฉะนั้น $L_E/K = 273.68$

เพราะฉะนั้น $L_E/K > 110$ สำหรับสกรูยาวใช้สูตรออยเล่อร์

จาก $W = 3.14285EI/(NL_E^2) = (3.14285^2E/(NL_E^2))*(3.14285d_r^4/64)$

$= (3.14285^2(206000)/(3*(424.2)^2)*(3.14285(6.2)^4/64)$

$= 273.18$ N

ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 245.25 N.

ถ้าลองขนาดใหม่ $d_r = 7.5$ mm.;$d_{out} = 10$ mm.; P= 2;$d_m = 9$

เพื่อความปลอดภัยและดูขนาดเหมาะสมเลือกสกรูขนาดใหญ่ขึ้นอีกคือขนาด

$d_{out} = 10$ mm.; P = 2; $d_m = 9$; $d_r = d_{rn} = 7.5$ mm.

$= [3.14285^2(206000)/(3*(424.2)^2]*[3.14285(7.5)^4/64]$

$= 585$ N.

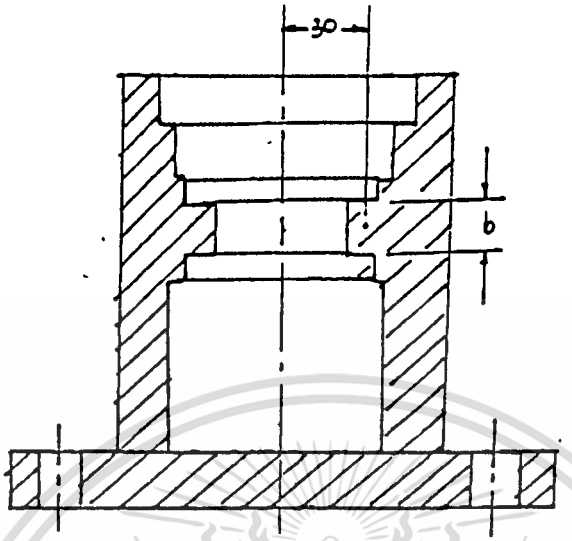
ซึ่งค่านี้ปลอดภัยดี

เพื่อความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นและดูขนาดเหมาะสมกับที่รองรับคานขนาดใดควรเลือก

ขนาดใหญ่ขึ้นอีกเป็น $d_{out}$=12 mm.; P=3; $d_m$ =10.5; $d_r = d_{rn} = 8.5$ mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.6 หาความหนาปลอกสวมสกรูส่งกำลังแนวตั้งด้านล่าง




สมมติน้ำหนักสกรูส่งกำลังแนวตั้ง 30 kg.

สมมติ $d_m$ = 30 mm.

จาก $\sigma_y = F/A$

และ $\sigma_d = \sigma_y / N$

เลือกความปลอดภัย N = 3

และค่า = 185 N/mm.$^2$

เพราะฉะนั้นจะหาความหนาของปลอกสกรูส่งกำลังแนวตั้งได้ดังนี้

185/3 = 30*9.81/(2*3.14285(30/2)*b)

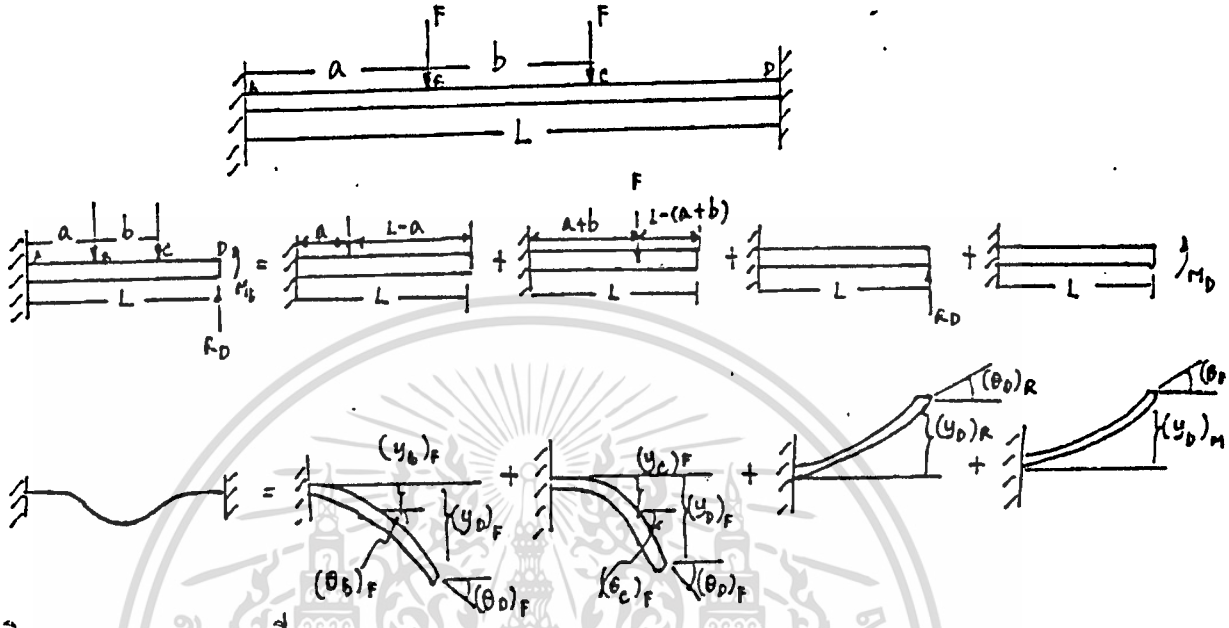
เพราะฉะนั้น b = 0.05 mm.

เพื่อความปลอดภัยและความเหมาะสมของขนาดสกรูส่งกำลังควรเลือก b หนา 5 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.7 หาแรงปฏิกริยา $R_D$ และ $M_D$

ใช้วิธีซูปเปอร์โพซิชั่น (Supper Position)




เปิดตารางภาคผนวกที่ 15

① ② ③ ④

1. $(\theta_D)_F - (\theta_D)_F = -Fa^2/(2EI)$; $(Y_B)_F = -Fa^3/(3EI)$

เพราะฉะนั้น $(Y_D)_F = (Y_B)_F + (\theta_B)_F(L-a)$

$= -Fa^3/(3EI) - (Fa^2/(2EI))*(L-a)$

$= -Fa^3/(3EI) + Fa^3/(2EI) - Fa^2L/(2EI)$

$= (1/EI)(Fa^3/6 - Fa^2L/2)$ ——————1

2. $(\theta_C)_F - (\theta_D)_F = -F(a+b)^2/(2EI)$; $(Y_C)_F = -F(a+b)^3/(3EI)$

เพราะฉะนั้น $(Y_D)_F = (Y_C)_F + (\theta_C)_F\{L-(a+b)\}$

$= -F(a+b)^3/(3EI) - \{F(a+b)^2/(2EI)\}*\{(1-(a+b)\}$

$= -F(a+b)^3/(3EI) + F(a+b)^3/(2EI) - \{F(a+b)^2L/(2EI)\}*L$

$= (1/EI)[F(a+b)^3/6 - \{F(a+b)^2/2\}*L]$ ——————2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากตาราง 15

$$(\theta_D)_R = R_D L^2/(2EI);\ (Y_D)_R = R_D L^3/(3EI) \text{————3}$$

4. จากตาราง 15

$$(\theta_D)_M = M_D L/(EI);\ (Y_D)_M = M_D L^2/(2EI) \text{————4}$$

เพราะฉะนั้นระยะเบี่ยงเบนที่ D = 0;——1+————2+————3+——4

เพราะฉะนั้น $0=(1/EI)*(Fa^3/6-Fa^2L/2+F(a+b)^3/6-F(a+b)^3*L/2+R_DL^3/3+M_DL^2/2)$ ————5

มุมที่ D =0

เพราะฉะนั้น $0 = (1/EI)*(-Fa^2/2-F(a+b)^2/2+R_DL^2/2+M_DL)$——6

————6*1/2; $0 = 1/EI(-Fa^2L/4-F(a+b)^2/4+R_DL^3/4+M_DL^2/2)$ ————7

————5——7; $0 = Fa^3/6-Fa^2L/4+F(a+b)^3/6-F(a+b)^2*L/2+R_DL^3/12$

เพราะฉะนั้น $R_D = -2Fa^3/L^3+3Fa^2/L^2-2F(a+b)^3/L^3+6F(a+b)^2/L^2$ ————*

—5*————6; $0 = 1/EI(Fa^3-3Fa^2L+F(a+b)^3-3F(a+b)^2L+2R_DL^3+6M_DL^2)$——8

——6*4L; $0 = 1/EI(-2Fa^2L-2F(a+b)^2L+2R_DL^3+4M_DL^2)$ ————9

——8————9; $0 = Fa^3-Fa^2L+F(a+b)^3-F(a+b)^2L+2M_DL^2$

เพราะฉะนั้น $M_D = -Fa^3/(2L^2)+Fa^2/2L-F(a+b)^3/(2L^2)+F(a+b)^2/2L$—*

จะได้แรงปฏิกิริยาและโมเมนต์ที่ปลายคานดังนี้

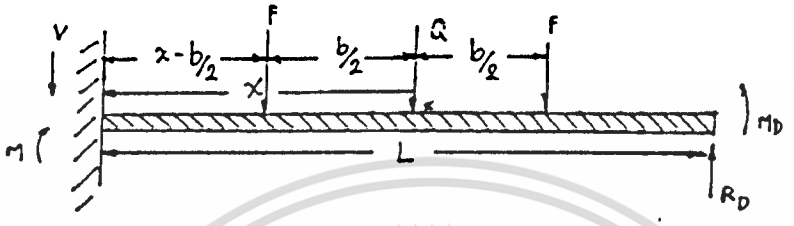
$$R_D = (-2F/L^3)*(a^3+(a+b)^3)+(3F/L^2)*(a^2+2(a+b)^2)$$

$$M_D = (-F/2L^2)*(a^3+(a+b)^3)+(F/2L)*(a^2+(a+b)^2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.8 หาระยะเบี่ยงเบน(defection)ของเพลาของงาน

ระยะเบี่ยงเบนจะเกิดมากที่สุดที่จุดกึ่งกลางคาน




ใช้วิธีคลาสซิเตียโน $M = -F(x-b/2)-Q(x)-F(x+b/2)+R_DL+M_D$

$$\partial M/\partial Q = -X$$

เพราะฉะนั้น $y_x = {}_0\int^{L/2} (M/EI)*[\ M/\ Q]dx$

$$=(1/EI)\ {}_0\int^{L/2} \{F(x-b/2)x^2+Qx^2+F(x+b/2)x-R_DLx-M_Dx\}dx$$

$$=(1/EI)*[F(x^2-bx/2)+Qx^2+F(x^2+bx/2)-R_DLx^2/2-M_Dx^2/2]_0^{L/2}$$

$$=(1/EI)*[2Fx^2+Qx^2-R_DLx^2/2-M_Dx^2/2]_0^{L/2}$$

แทน Q = 0

$$=(1/EI)*(2FL^2/4-R_DL^3/8-M_DL^2/8)$$

แทนค่า F = 30/5 =6kg. =6*9.81 = 58.86 N.

L = 600 mm.

E (steel) = 206000 N/mm.$^2$

$I_x = I_y = 3.14285(r)^4/4 = 3.14285d^4/64$

$= 3.14285(25)^4/64$

$= 19182.43$ mm.$^4$

แทนค่า b = 30 mm.

a = 600-30/2 = 585 mm.

ได้ค่า $R_D$ = 117.5

$M_D$ = -44.145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

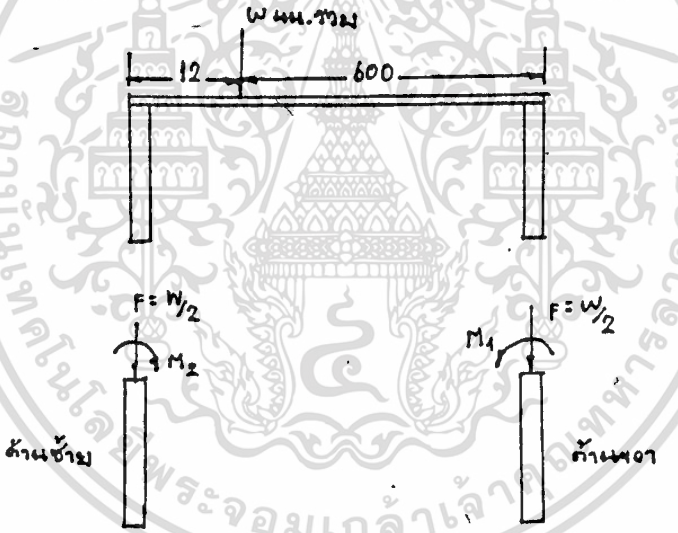
เพราะฉะนั้นผลที่ได้คือ...

$$y_x = [1/206000 * 19182.43][2*58.86(600)^2/4 - 117.5(600)^3/8 + 44.145(600)^2/8]$$

$$= -0.8 \text{ mm.}$$

ซึ่งเป็นค่าซึ่งน้อยมากเลือกเพลาขนาด 25 mm. ได้

## 3.9 คำนวณขนาดเสา




W = น้ำหนักมอเตอร์ + น้ำหนักแบริ่ง+แรงกดลงเนื่องจากสกรูส่งกำลัง(F)

จากทอร์คยกลง $T_L = F_L * R = 0.25$ Nm.

เพราะฉะนั้นแรงกดลงเนื่องจากสกรูส่งกำลัง $= 0.25/(25*10^{-3})$

$= 10$ N.

ประมาณน้ำหนักมอเตอร์และแบริ่ง $= 3$ kg.

$= 3*9.81$

$= 29.43$ N.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้น $W = 29.43+10 = 39.43$ N

$F = W/2 = 19.715$ N

จากเหล็กโครงสร้าง st 33-1;

$\sigma_u = 320\text{-}490$ N/mm.$^2$

$\sigma_y = 185$ N/mm.$^2$

$E = 206000$ N/mm.$^2$

คิดหาค่าด้านขวาเป็นหลักเพราะโมเมนต์มากกว่า

$M = F*600$

$= 19.715*600 = 11829$ Nmm.

จาก $C_c^2 = 2(3.14285)^2 E/\sigma_y$

$C_c = \{2(3.14285)^2 E/\sigma_y\}^{1/2}$

$= \{2(3.14285)^2 206000/185\}^{1/2}$

$= 148.256$

หาค่ายัตราส่วนความเรียวสูงสุดของเสา(ค่า L/R)

จากค่ารัศมีไจเนชั่นรอบแกนโมเมนต์อินนีเชีย

$R = (I/A)^{1/2}$

$= ((3.14285d^4/64)/(3.14285d^2/2))^{1/2}$

$= (d^2/32)^{1/2} = d/\{4(2)\}^{1/2}$

เพราะฉะนั้นค่ายัตราส่วนความเรียว $L/R = 600*4(2)^{1/2}/d = 3394.11/d$

ค่า $F/A = 19.715/(3.14285d^2/4) = 25.1/d^2$

ค่า $MC/A = 11829*(d/2)/(3.14285d^4/64) = 120489.2/d^3$

สมมติเป็นเสาสั้น $(L/R<C_c<200)$

ได้ตัวคูณความปลอดภัย

ค่า $F.S = 5/3 + (3/8)*(L/RC_c) - (1/8)*(L/RC_c)^3$

$= 5/3+(3/8)*\{3394.11/(148.256d)\}-(1/8)*\{3394.11/(148.256d)\}^3$

$= 1.67 +(8.585/d)-(1499.86/d^3)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่า $\sigma_{all} = \sigma_{cr}/F.S = (\sigma_y/F.S)*[1-(1/2)*((L/RC_c)^2)]$

$= (185/F.S)*[1-(262306/d^2)]$

เพราะฉะนั้นหาขนาดของเสาได้จากสมการ

$F/A + Mc/L =< \sigma_{all}$

$25.1/d^2 + 120489.2/d^3 =<(185/F.S)*([1-(262306/d^2)]$

จากการอินเทอร์โปเรทเตค่า d ได้ดังนี้

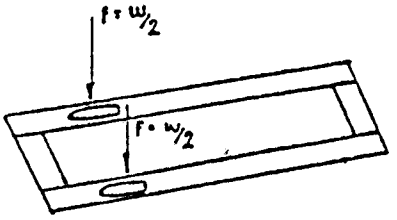
| d(mm.) | ค่า F/A+Mc/L | ค่า F.S | ค่า $\sigma_{all}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 120504.3 | -1489.605 | 32.422 |
| 2 | 4465.35 | -51.02 | 101.96 |
| 3 | 964.917 | -8.61 | 203.7 |
| 4 | 558.5 | -3.843 | 302.3 |
| 5 | 351.79 | -1.476 | 544.867 |

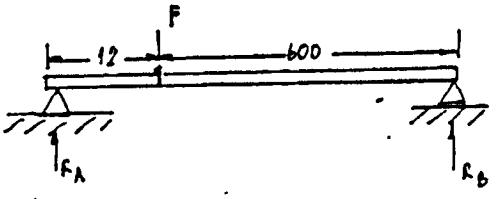
เพราะขนาดที่สมการเป็นจริงคือ d = 7 mm.

แต่เพื่อความแข็งแรงและเลือกขนาดเพลาที่สวมพอดีกับแบริ่งน่าเลื่อนซึ่งเป็นขนาดที่หาซื้อได้ง่ายและราคาถูกจึงเลือกเพลาขนาด 2.54 มิลลิเมตรจะสามารถรับแรงกดและโมเมนต์ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.10 การคำนวณหาระยะเบี่ยงเบนของคานรองแบริ่งด้านบน



จากค่าน้ำหนักกดลงรวม w = 39.43 N

เพราะฉะนั้น F = W/2 = 19.715 N

$R_A$*612-F*600 = 0

เพราะฉะนั้น $R_A$ = 19.715*600/612

= 19.328 N

$R_A + R_B = F$

เพราะฉะนั้น $R_B$ = 19.715 - 19.328 = 0.387 N

จาก $M_1(x) = R_A*x$

= 19.328*x ;(0 =< x =<12)

$M_2(x) = R_A*x - F(X-12)$

= 19.328x-19.715(x-12) ;(12 =< x =<600)

ใช้วิธีซิงกิวแลริตี้ฟังก์ชั่น

เพราะฉะนั้นจะได้ M(x) = 19.328x-19.715(x-12)

$EI*(d^2y/dx^2)$ = 19.328x-19.715(x-12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$EI\theta = EI*(dy/dx) = 19.328x^2/2-19.715(x-12)^2/2+c_1$ ————1

$EIy = 19.38x^3/6-19.715(x-12)^3/6 + c_1x + c_2$ ————2

แทนค่าสมการ ————2; เมื่อ x = 0 ได้ y = 0

เพราะฉะนั้น $C_2 = 0$

แทนค่า $C_2 = 0$ และ x = 600 จะได้ y = 0 ลงในสมการ ————2

$0 = (19.328/2)*(600)^3-(19.715/2)*(600-12)^3/+ c_1(600)$

เพราะฉะนั้น $C_1 = -139031.95$

ค่า E เหล็ก = 206000 $N/mm.^2$

ค่า I หน้าตัดสี่เหลี่ยม = $bh^3/12$

$= 35*(5)^3/12$

$= 364.58\ mm.^4$

เพราะฉะนั้นได้ค่าระยะเบี่ยงเบนคือ

$Y = (1/EI)*((19.38/6)*(x^3)-(19.715/6)*(x-12)^3-139031.95x)$

$=(1/206000*364.58)*((19.38/6)*(x^3)-(19.715/6)*(x-12)^3$

$-139031.95x)$

เมื่อ x = 12 ได้ค่า y = -0.022 mm.

ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมาก ดังนั้น คานขนาด 35*8 เป็นขนาดที่ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4. งานเชื่อม(WELDING JOINT)

4.1 บทนำ

ในงานเชื่อมคือการนำชิ้นงานสองชิ้นหรือมากกว่ามาประสานกัน โดยมีหลักอยู่ว่า ชิ้นงานจะต้องต่อกันโดยการหลอมละลายของโลหะทั้งสอง ณ อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยจะมีการเติมตัวประสานโลหะ (Filler metal)หรือไม่เติมก็ได้

4.2 ประเภทของงานเชื่อมอาจแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆคือ

1.Fusion welding ชิ้นส่วนของงานเชื่อมติดกันโดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะหลอมละลาย(Melded condition) เข้าติดกัน โดยมีการเติมโลหะ (Filler metal) หรือไม่เติมก็ได้

2.Pressure welding ชิ้นส่วนของงานเชื่อมชนิดนี้จะเชื่อมติดกันโดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะอยู่ในสภาวะที่เริ่มจะเป็นของเหลว(Plastic condition) แล้วใช้แรงกดบริเวณแนวเชื่อมให้อัดติดกัน การเชื่อมแบบนี้จะไม่มีการเติมลวดเชื่อม

4.3 วัสดุที่สามารถเชื่อมต่อกันได้นั้น แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆคือ

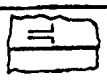
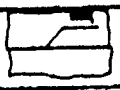
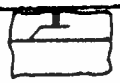
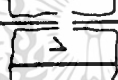
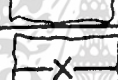
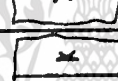
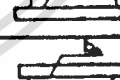
1.Low carbon steel เหล็กที่มีคาร์บอนผสมต่ำ คือจะมีเปอร์เซนต์คาร์บอนอยู่ไม่เกิน 0.3% แต่ถ้าเกินไปได้แก่ เหล็กชนิด High carbon steel จะเชื่อมได้ก็จะต้องใช้ลวดเชื่อม Electrode ชนิดพิเศษ และจะต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีความชำนาญพอสมควร

2. โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก Non-ferrous metal ได้แก่ โลหะพวกทองแดง ทองเหลือง บรอนซ์ สังกะสี และอลูมิเนียม

3. พลาสติกประเภท Thermoplastic materials สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยใช้ลมร้อนและลวดเชื่อมพลาสติก

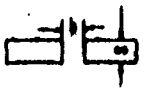
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงสัญญลักษณ์ในงานเชื่อม

| การเชื่อมต่อ | | การเขียนแบบ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ภาพสเกต | | สัญญลักษณ์ | |
| แบบ | สัญญลักษณ์ | ภาพตัด | ภาพฉาย | ภาพตัด | ภาพฉาย |
| พับงานต่อชน ไม่เติมลวดเชื่อม | | |  | |  |
| ต่อชนตั้ง | | | | |  |
| ต่อชน |  | | | | |
| บากตัว V |  | | | | |
| บากตัว V ข้างเดียว | | |  | | |
| บากตัว X | | |  | | |
| บากตัว K | | |  | | |
| บากตัว J | | | | | |
| บากตัว U 2 ด้าน | | | | | |
| Fillet Weld ด้านเดียว | | | | | |
| Fillet Weld สองด้าน | | | | | |
| เชื่อมพอก | | | | |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 การเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อม

| ความหนา | เชื่อม | ระเบียบ | สัญญลักษณ์ | ลักษณะการต่อ | มุม | b | c | h | ข้อสังเกต |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -----3 | ข้างเดียว | ตัว I | II |  | | S | | | ควรใช้แผ่นรอง |
| -----5 | สองข้าง | | | | | $\frac{S}{2}$ | | | |
| 3----20 | ข้างเดียว | ตัว V | V | | 60° | 2 | | | ควรใช้แผ่นรองรอยบาก |
| 5----20 | สองข้าง | | | | | | | | ขัดแต่งก่อนเชื่อมกลับด้าน |
| 16---20 | สองข้าง | ตัว X<br>2/3X | X | | 60° | 2 | - | $\frac{S}{2}$<br>$\frac{S}{3}$ | รอยบากอาจขัดปลายให้ |
| 8----20 | สองข้าง | ตัว Y | Y | | 60° | 0-2 | 2-4 | | ขัดแต่งก่อนเชื่อมทั้งสองข้าง |
| 16 | ข้างเดียว<br>สองข้าง | ตัว U | U | | | 2 | 2 | - | ประหยัดลวดแต่เสียเวลาเตรียมงาน ขัดแต่งรอยเดิมก่อน |
| 16---40 | สองข้าง | ตัว K | K | | | 0-2 | 3 | - | สองข้างอาจยาวไม่เท่ากัน |

| ความหนาชิ้นงาน (mm) | Ø Electrode (mm) | Current ที่ใช้ Amp. |
|---|---|---|
| 2 | 2 | 50 - 70 |
| 3 | 2,5 | 60 - 80 |
| 4 | 3,25 | 100 - 130 |
| 5 | 3,25..4,0 | 130 - 170 |
| 6 - 10 | 3,25..4,0 | 130 - 200 |
| 12 - 15 | 4,0 .5,0 | 130 - 220 |
| 16 ... | 4,0 ..6,0 | 130 - 250 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 คุณภาพของงานเชื่อม

ในงานเชื่อมเราต้องคำนึงถึงข้อมูลต่างๆที่จะทำให้คุณภาพของงานเชื่อมดี สำหรับข้อมูลต่างๆมีดังนี้

1.ชนิดของโลหะที่จะนำมาเชื่อม หมายถึง วัสดุชิ้นงานนั้นเองจะต้องสามารถนำมาเชื่อมได้หรือ รู้ว่าโลหะที่จะเชื่อมแบบไหนจึงเหมาะสม

2.การเตรียมชิ้นงาน หมายถึง การเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อม เช่น การบากชิ้นงาน เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ช่างผู้เชี่ยวชาญควรคุมให้ถูกต้องด้วย

3.วิธีการเชื่อม หมายถึง ลักษณะและท่าทางในการเชื่อมต้องกระทำอย่างถูกต้อง

4.โลหะของลวดเชื่อม หมายถึง ชนิดโลหะของ Electrode หรือ Filler - Material สามารถเข้ากับชิ้นงานที่ทำการเชื่อมได้

5.ความสามารถในการเชื่อม หมายถึง ความชำนาญ ความสามารถของช่างเชื่อมหรือ ฝีมือในการเชื่อม

6.การทดสอบ หมายถึง ความชำนาญ ความสามารถของช่างเชื่อมหรือฝีมือในการเชื่อมภาพว่าดีหรือไม่ดี ส่วนสาเหตุอาจจะเกิดจากข้อมูลข้อที่1ถึง5ก็ได้ตัวอย่างเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องตรวจสอบแบบ X-ray เป็นต้น

สำหรับคุณภาพในการเชื่อมนี้แบ่งออกเป็น 3 ชั้น

**คุณภาพชั้นที่** 1 สำหรับงานเชื่อมชั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ข้อที่1 ถึงข้อ 6
**คุณภาพชั้นที่** 2 สำหรับงานเชื่อมชั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ข้อที่1 ถึงข้อ 5
**คุณภาพชั้นที่** 3 สำหรับงานเชื่อมชั้นนี้ไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลใดเลย หรือมีบ้างก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.5 การออกแบบงานเชื่อม

ในการออกแบบ (Design) งานเชื่อม เราพยายามนึกถึงหลักในการออกแบบอยู่ 2 ประการคือ

1. ราคาในการสร้างควรจะถูกที่สุด
2. ความแข็งแรง เมื่อราคาถูกแล้วชิ้นงานนั้นควรจะต้องแข็งแรงด้วย

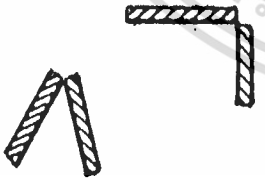
เมื่อผู้ออกแบบงานเชื่อมออกมาแล้วเขาจะต้องตรวจสอบดูความแข็งแรงของงานอีกทีหนึ่ง แต่ในการออกแบบยังมีข้อที่ควรพิจารณาดังนี้คือ

1. ชนิดของการต่อ
2. ข้อบกพร่องในการเชื่อม
3. การหักเหของแรง บริเวณตะเข็บเชื่อม
4. แรงดึงต่อตะเข็บ ขณะรับโมเมนต์ดัด
5. การสะสมความร้อนในแนวเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 ชนิดของการต่อ (Weld joint)

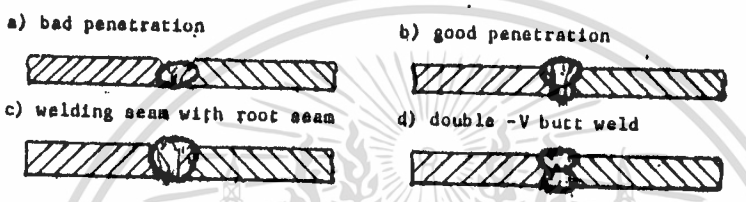
ในการนำชิ้นงานมาเชื่อมต่อกัน ต้องพิจารณาถึงลักษณะการต่อซึ่งมีดังนี้

| | |
|---|---|
| 1. | **Lab joint**<br>เป็นการต่อชิ้นงานโดยนำมาเกย หรือซ้อนกันแล้วเชื่อม |
| 2. | **Parallel joint**<br>เป็นการต่อชิ้นงานโดยนำมาซ้อนกัน หรือ นำมาชนกันแล้วเอาแผ่นประกบต่อ เพื่อช่วยความแข็งแรง |
| 3. | **Single and Double T-joint**<br>เป็นการต่อโดยชิ้นงานทำมุมฉากซึ่งกันและกัน |
| 4. | **Butt Joint**<br>เป็นการต่อชนโดยชิ้นงานอยู่ในแนวเดียวกัน |
| 5. | **Angle joint**<br>ชิ้นงานที่ต่อเชื่อมจะทำมุมกัน |
| 6.  | **Corner joint**<br>เป็นการต่อโดยใช้บริเวณขอบของชิ้นงานทั้งสองมาต่อกันและจะทำมุมเท่าใดก็ได้ |
| 7. | **Multiple joint**<br>เป็นการเชื่อมต่อโดยที่บริเวณเชื่อมต่อนั้นมีชิ้นงานมาต่อเชื่อมกันมากกว่าสองชิ้นขึ้นไป. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

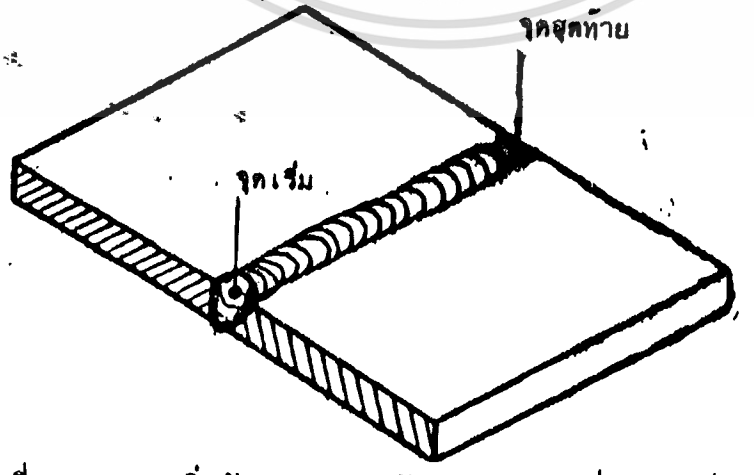
4.5.2 ข้อบกพร่องในการเชื่อมเนื่องจากรอยบาก( Notch Effect)

การเชื่อมที่ไม่ดีพอจะทำให้เกิดการไหลซึมของโลหะไม่ดี และจากสาเหตุอันนี้จะทำให้เกิดการสะสมของความเค้น(Stress concentration) ที่บริเวณแนวเชื่อม และเมื่อชิ้นงานรับภาระแบบสั่นสะเทือน(Vibration loading) และชิ้นงานจะพังได้ง่าย




รูปที่ 4.1 รูปแสดงการไหลซึมของโลหะ

นอกจากนี้แล้ว การสะสมของความเค้น(Stress)ยังเกิดขึ้นจากการเชื่อมที่บริเวณจุดเริ่มต้นเชื่อม และจุดปลายแนวเชื่อม คือมีโลหะเชื่อมอยู่น้อยกว่าปกติ ทำให้เป็นหลุม สาเหตุที่เกิดเนื่องมาจากขณะที่เราเดินลวดเชื่อม แล้วรีบเดินหรือรีบยกลวดเชื่อม ในขณะที่เริ่มต้นเชื่อมและจุดสุดแนวเชื่อม




รูปที่ 4.2 จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของแนวเชื่อมจะเป็นหลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแก้ไขเราทำได้โดยเดินลวดเชื่อมให้ช้ากว่าปกติหรือเดินกลับไปมาในบริเวณที่มีโลหะน้อยดูได้จากรูปข้างล่างนี้

รูปที่ 4.3 แสดงทิศทางการเชื่อม

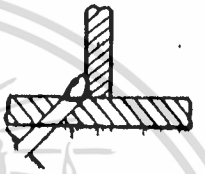
ด้วยเหตุที่เกิดการสะสมความเค้น(Stress) ขึ้น ดังนั้น เวลาคำนวณความแข็งแรงของแนวเชื่อมจึงคิดความยาวของแนวเชื่อมโดยใช้ความยาวจริงลบออกด้วย 2 เท่าของค่าความกว้างของรอยเชื่อม

$L_e = L - 2a$

$L_e$ = ความยาวของตะเข็บใช้ในการคำนวณ

L = ความยาวของตะเข็บจริง

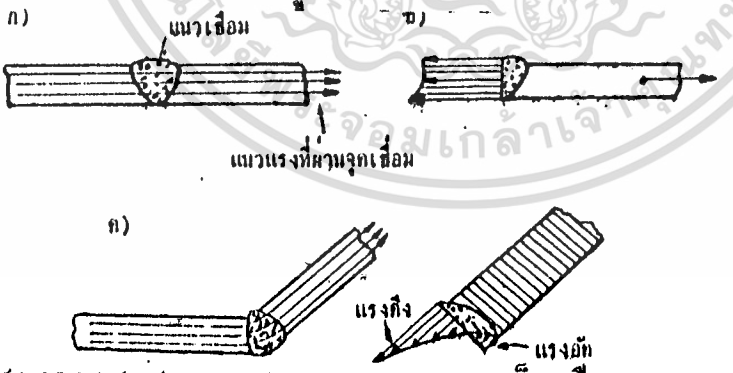
a = ความหนาของตะเข็บ



รูปที่ 4.4 แสดงความหนาของตะเข็บเชื่อม

4.5.3 การหักเหของเส้นของแรงในแนวตะเข็บ

ความแข็งแรงของแนวเชื่อมจะมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการหักเหของแนวแรงเชื่อมผ่านจุดที่เชื่อมไว้ ถ้าแนวหักเหของแรงทำมุมมาก การสะสมของความเค้น (Stress concentration)จะมากซึ่งจะทำให้ชิ้นงานกันภาระได้น้อยลงหรือไม่แข็งแรงนั่นเอง(พิจารณารูปที่ 4.5 ถึง 4.8)




รูปที่ 4.5 แสดงการสะสมของ Stress ของตะเข็บเชื่อม

รูป ก และ ข แสดงการกระจายของแนวแรงบริเวณแนวเชื่อม จารรูปนี้จะเกิดการสะสมของ Stress(Stress concentration) น้อย

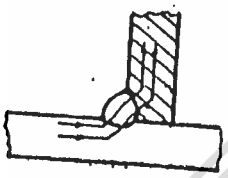
รูป ค แสดงแนวแรงที่ผ่านจุดเชื่อมเมื่อชิ้นงานทำมุมกัน การกระจายแรงในแนวเชื่อมจากรูป จะเกิดการสะสมของ Stress สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ก และ ข แสดงการกระจายของแนวแรงในบริเวณเชื่อม จากรูปนี้จะเกิดการสะสมของความเค้น(Stress concentration) น้อย

รูป ค แสดงแนวแรงที่ผ่านจุดเชื่อมเมื่อชิ้นงานทำมุมกัน การกระจายแรงในแนวเชื่อมจากรูปจะเกิดการสะสมของความเค้นสูง

ก.

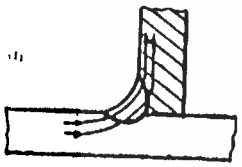


ก.การเชื่อมแบบนูน(Convex fillet weld) แนวแรงที่ส่งผ่านเป็นมุมฉาก ทำให้เกิดการสะสมของความเค้น(Stress concentration) สูงขึ้นชิ้นงานจะรับ Load ได้น้อย

ข.

ข. การเชื่อมแบบ(Mitre fillet weld) แนวแรงที่ส่งผ่านจะเป็นมุมแต่น้อยกว่า เพราะฉะนั้นการสะสมความเค้น (Stress concentration)ก็จะน้อยกว่าการเชื่อมแบบนูน

ค.



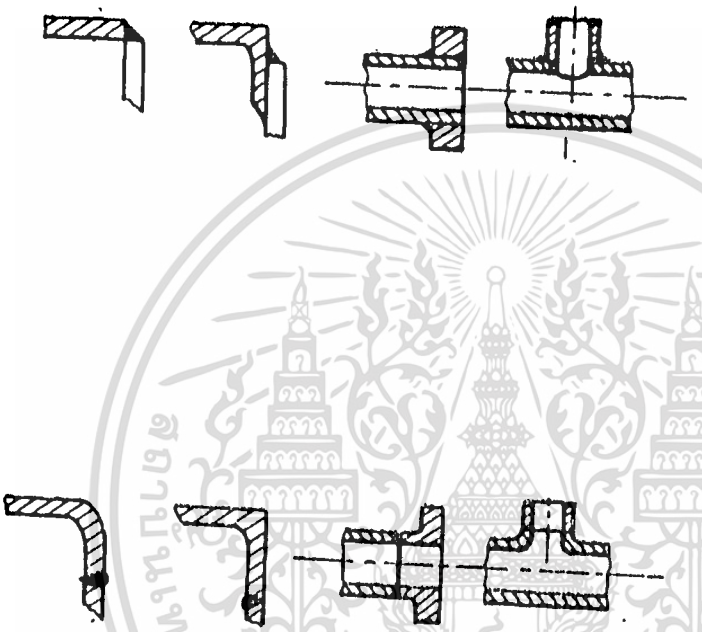
ค. การเชื่อมแบบเว้า(concave fillet weld) แนวแรงที่ส่งผ่านบริเวณเชื่อมจะเป็นเส้นโค้งทำให้การสะสมของความเค้น (Stress Concentration)ในชิ้นงานน้อยที่สุด

รูปที่ 3.6 แสดงแนวแรงผ่านชิ้นงานรูปตัว T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.

ข.



รูปที่ 4.7 การต่อชิ้นงานด้วยการเชื่อม

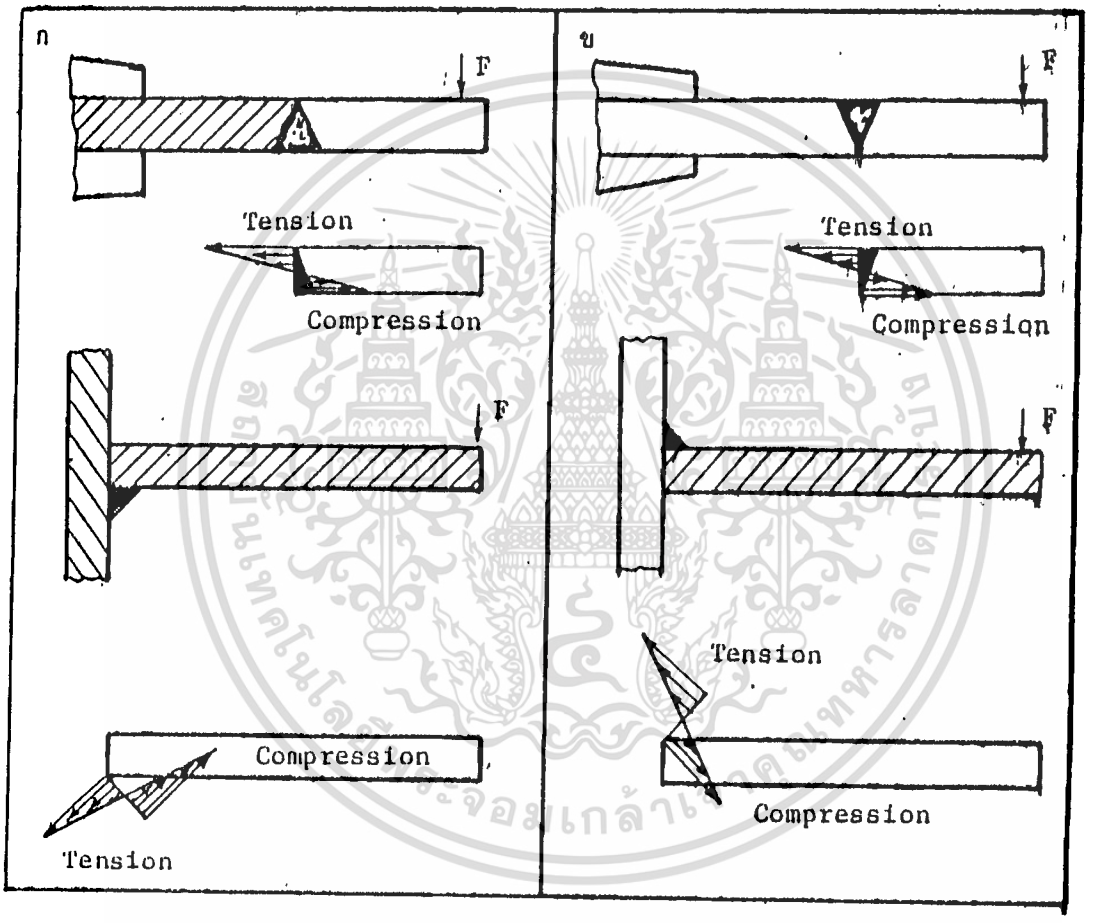
รูป ก. เป็นงานเชื่อมที่รับภาระได้ไม่ดี

รูป ข. เป็นงานเชื่อมที่รับภาระได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 แรงดึงในแนวเชื่อม(Tension in the weld root)

พิจารณารูปที่ 4.8 จะเห็นว่าส่วนบนของตะเข็บจะรับแรงดึงส่วนล่างจะรับแรงอัด ดังนั้นการเชื่อมแบบรูป ข จะใช้รับภาระได้มาก




รูปที่ 3.8 การต่อและการยึดดานด้วยงานเชื่อม

ก. จากลักษณะการเชื่อมดังรูป จะรับ Load F ได้ไม่ดี

ข. จากลักษณะการเชื่อมดังรูป จะรับ Load F ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.5.5 การสะสมความร้อนในแนวเชื่อม(Welding seam accumulation)

ระหว่างทำการเชื่อมต่อชิ้นงาน ชิ้นงานจะหลอมละลายและมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วเย็นตัวในอากาศจากสิ่งนี้เอง ชิ้นงานจะเกิดความเค้นภายในขึ้น อันเนื่องมาจากการขยายตัวและหดตัวของชิ้นงานเราเรียกความเครียด ที่เกิดขึ้นนี้ว่าความเค้นจากการหดตัว(Shrinkage stresses) ความเค้นนี้จะเป็นผลให้ชิ้นงานเสียความแข็งแรงลง ชิ้นงานจะบิดงอเสียรูปได้และเหตุผลอีกอย่างหนึ่งคือ ขณะเชื่อมต่อพื้นที่ที่ได้รับความร้อนจะขยายกว้างขึ้นเรื่อยๆทำให้เวลาเชื่อมตะเข็บเชื่อมจะกว้างออกไปด้วย และบางทีก็จะทะลุชิ้นงาน อันนี้มักเกิดขึ้นเสมอในการเชื่อมงานที่มีตะเข็บยาวๆ สำหรับการลดความเค้นที่จะเกิดขึ้นในงานเชื่อมที่มีตะเข็บยาวๆ ทาได้โดยการเชื่อมทีละช่วงสั้นๆ โดยแบ่งเป็นระยะ แล้วเดินลวดเชื่อมจาก 1 มา 0 จาก 2 มา 1 จาก 3 มา 2 ..... จะช่วยให้การบิดตัวน้อยลงดังรูป 4.9

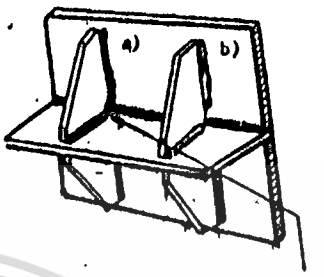
รูปที่ 4.9 ลำดับการเดินลวดเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 การเชื่อมตะเข็บข้ามกัน

ก. การเชื่อมทุกๆจุด จะเกิดจุดรวมของแนวเชื่อมทำให้ Stressภายในมีมาก

ข. เวลาเชื่อมมักจะเว้นบริเวณที่แนวเชื่อมจะมารวมกันเพื่อลดความเค้นภายใน




จุดที่เกิดการสะสมความเค้น

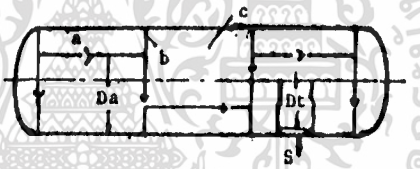
รูปที่ 4.11

หลักการในการเชื่อมต่อ

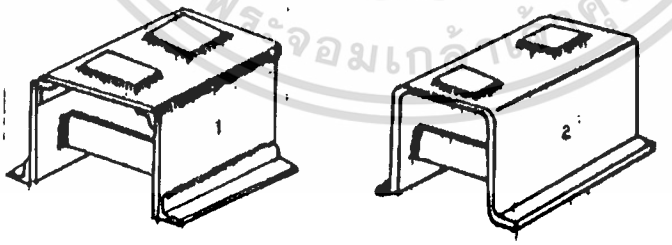
a. ตะเข็บแนวยาว

b. ตะเข็บแนวตั้ง

c. ท่อ




(——<——) หัวลูกศรแสดงทิศทางการเชื่อม



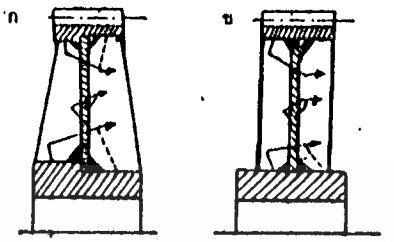

รูปที่ 4.12 งานเชื่อมโลหะทั่วไปจะพยายามลดแนวเชื่อมให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

1. ชิ้นงานนี้ไม่เหมาะสมเพราะมีแนวเชื่อมมากเกินไป

2. ชิ้นงานนี้เหมาะสมเพราะมีแนวเชื่อมน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 การเชื่อมเฟือง



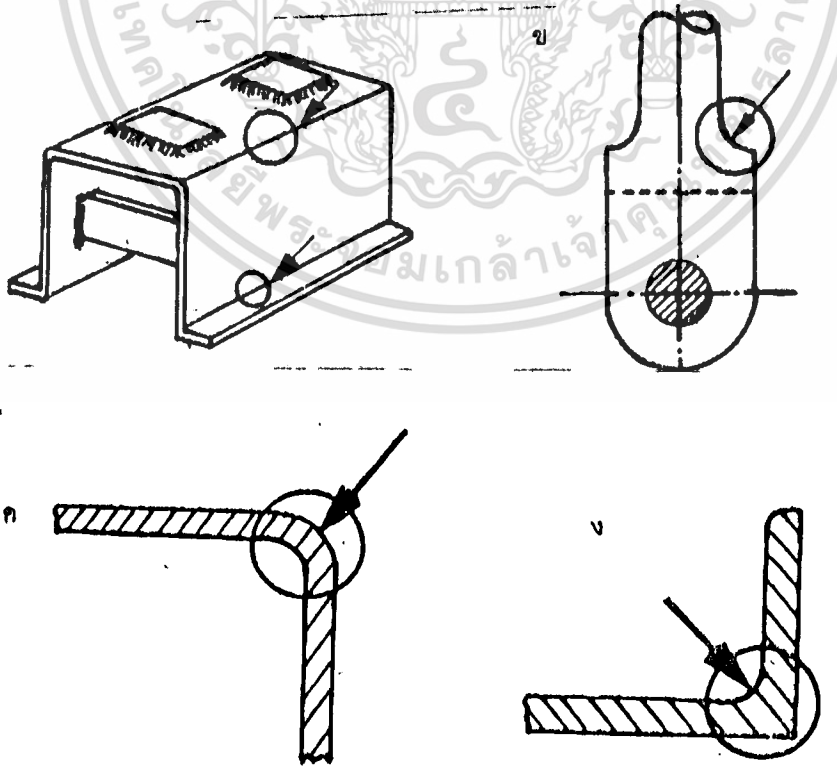

ก. ไม่ควรกัดเฟืองก่อนแล้วนำมาเชื่อมต่อกันเพราะอาจเกิดการบิด ไม่ได้ศูนย์

ข. ชิ้นงานเมื่อเชื่อม แล้วควรจะนำไปกลึง เพื่อให้ได้ศูนย์รวมกันอีกทีแล้วค่อยกัดเฟือง

3.6 กฎหรือข้อพึงปฏิบัติทั่วๆไปในงานเชื่อม

1. คุณสมบัติของวัสดุลวดเชื่อมจะต้องดีกว่าคุณสมบัติของวัสดุชิ้นงานเสมอ
2. พยายามออกแบบงานเชื่อมโดยให้มีแนวเชื่อมน้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้
3. แนวเชื่อมที่ดีจะต้องมีความเค้นภายในบริเวณเชื่อมน้อยที่สุด
4. พยายามป้องกันหรือหลีกเลี่ยงแนวเชื่อมที่เชื่อมติดกัน
5. อย่าเชื่อมในบริเวณที่ชิ้นงานเปลี่ยนรูปร่าง (ในบริเวณวงกลม) พิจารณา

รูปที่ 4.14




รูปที่ 4.14 แสดงบริเวณที่ไม่ควรเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าความแข็งแรงที่ยอมให้มีได้ในแนวเชื่อม มีหน่วยเป็น N/mm²

**(I = Steady Load; II = Vary Load; III = Alternating Load)**

| ชนิดของการเชื่อม | ชนิดของความเค้นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานเมื่อมี load กระทำ | คุณภาพของงานเชื่อม | สภาพการรับภาระ* (Loading Condition) วัสดุของชิ้นงานเชื่อม | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | I | | II | | III | |
| | | | St37 | St50 | St37 | St50 | St37 | St50 |
| ต่อชนมีแนวราก (Butt seam with root weld.) | ดึง | I | 169 | 220 | 110 | 130 | 55 | 70 |
| | อัด | II | 130 | 175 | 85 | 105 | 45 | 60 |
| | งอ | III | 110 | 155 | 75 | 90 | 40 | 50 |
| | ตัดเฉือน | I | 100 | 140 | 70 | 80 | 35 | 45 |
| | | II | 80 | 110 | 55 | 65 | 30 | 35 |
| | | III | 70 | 100 | 50 | 55 | 25 | 30 |
| ต่อชนไม่มีแนวราก (Butt seam with out root weld.) | ดึง | I | 140 | 180 | 95 | 100 | 45 | 60 |
| | อัด | II | 110 | 145 | 75 | 80 | 35 | 45 |
| | งอ | III | 100 | 125 | 65 | 70 | 32 | 40 |
| | ตัดเฉือน | I | 90 | 110 | 60 | 70 | 30 | 40 |
| | | II | 70 | 85 | 50 | 55 | 25 | 30 |
| | | III | 60 | 75 | 40 | 50 | 20 | 25 |
| Mitre Fillet weld. | ทุกชนิด | I | 90 | 110 | 60 | 70 | 30 | 40 |
| | | II | 70 | 85 | 50 | 55 | 25 | 30 |
| | | III | 60 | 75 | 40 | 50 | 20 | 25 |
| Concave fillet weld. | ทุกชนิด | I | 120 | 150 | 75 | 90 | 40 | 50 |
| | | II | 95 | 120 | 60 | 70 | 30 | 40 |
| | | III | 85 | 100 | 50 | 60 | 25 | 30 |
| Double fillet weld. | ทุกชนิด | I | 140 | 190 | 90 | 120 | 50 | 70 |
| | | II | 110 | 150 | 70 | 95 | 40 | 55 |
| | | III | 100 | 130 | 60 | 85 | 35 | 50 |
| Fillet weld In normal shear. | ดึง,อัด | I | 180 | 220 | 120 | 140 | 60 | 80 |
| | | II | 145 | 175 | 95 | 110 | 50 | 65 |
| | | III | 125 | 155 | 85 | 100 | 40 | 55 |
| | งอ | I | 240 | 280 | 155 | 180 | 75 | 100 |
| | | II | 190 | 220 | 125 | 145 | 60 | 80 |
| | | III | 170 | 190 | 110 | 125 | 50 | 70 |
| | บิด | I | 125 | 155 | 85 | 100 | 50 | 60 |
| | | II | 100 | 125 | 70 | 80 | 40 | 50 |
| | | III | 85 | 110 | 60 | 70 | 35 | 45 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4. ผลการทดลอง

เมื่อทำการปรับ SUPPLY ที่จ่ายไฟให้กับ MOTOR ทั้ง 2 ตัวจะพบว่าความเร็วที่เหมาะสมระหว่างลวดเชื่อมในแนวตั้งกับชิ้นงานตามแนวราบ ได้ผลดังนี้

1. ความเร็วของลวดเชื่อม = 21.6 ซม./นาที
2. ความเร็วของชิ้นงาน = 13.2 ซม./นาที
3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของลวดเชื่อมกับความเร็วของชิ้นงานจะได้เท่ากับ

$$\frac{\text{V ของลวดเชื่อม}}{\text{V ของชิ้นงาน}} = \frac{21.6 \text{ cm/m}}{13.2 \text{ cm/m}}$$

$$= 1.64 \text{ เท่า}$$

4. MOTOR ที่ขับลวดเชื่อม ขนาด 39.5 W ต้องจ่ายไฟ = 5.5 Volts
   MOTOR ที่ขับชิ้นงาน ขนาด 17 W ต้องจ่ายไฟ = 6 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. สรุปและวิจารณ์

1. Project ชิ้นนี้เป็น Project เก่าของรุ่นพี่ซึ่งของเก่าใช้ Stepping Motor ในการขับสกรู ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานกับลวดเชื่อมเคลื่อนที่ไม่ต่อเนื่องคือเป็นจังหวะๆ

2. ในส่วนของ Project ปีนี้ที่กระผมทำได้ใช้เวลานานพอสมควรในการหาซื้อ D.C. Motor ซึ่งต้องใช้ขนาด 12 W กับ 5 W (จากที่คำนวณ)แต่ขนาดดังกล่าวเล็กมากหาซื้อไม่ได้กระผมจึงใช้ขนาดที่ใหญ่ขึ้นคือ 39.5 W กับ 17 W ซึ่งผลปรากฏว่าสามารถขับสกรูได้ดีกว่า Stepping Motor เพราะไม่ติดขัด

3. Project จะสมบูรณ์ ชิ้นงานที่เชื่อมได้แข็งแรงควรจะให้หัวลวดเชื่อมส่ายได้ และในส่วนของ D.C. Motor ควรจะมีวงจรควบคุมความเร็วเพราะจริงๆแล้วความเร็วจะไม่คงที่ ทั้งนี้เพราะเนื่องจากคุณภาพของลวดเชื่อม

ขอขอบคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า