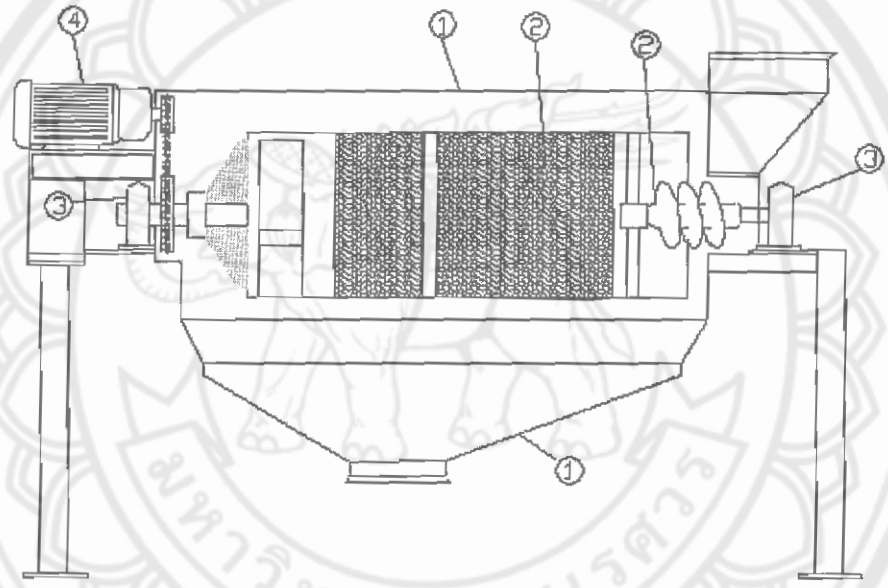
บทที่ 3
การออกแบบและสร้างเครื่องร่อนกระดูกปลา

3.1 ข้อมูลของเครื่องร่อนกระดูกที่มีการผลิตขึ้นมาแล้ว

3.1.1 เครื่องร่อนชนิดตะแกรงม้วน

เครื่องร่อนชนิดนี้ เป็นเครื่องร่อนที่ใช้การตกของปลาป่นลงในตะแกรง ตะแกรงจะเคลื่อนที่เพื่อให้ปลาถูกร่อนผ่านตะแกรงและกระดูกที่มีขนาดใหญ่กว่ารูตะแกรงแยกออกทางด้านหลัง



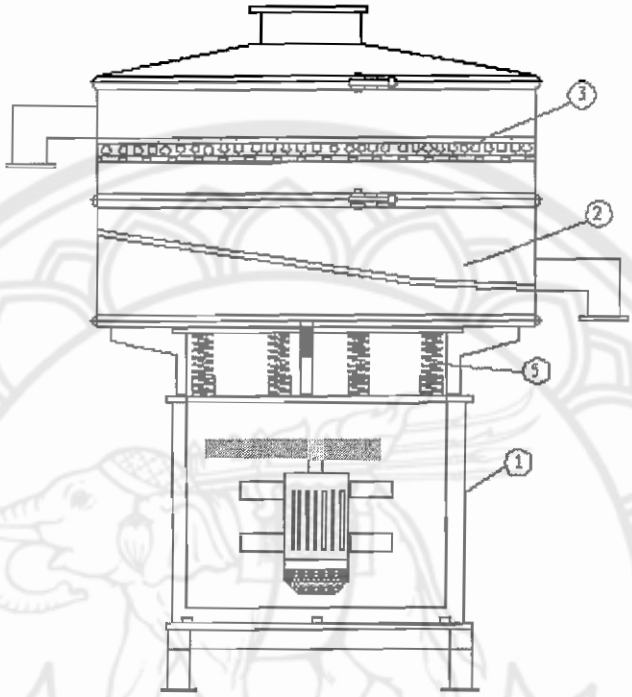
รูปที่ 3.1 เครื่องร่อนแบบตะแกรงม้วน

หลักการทำงาน

เมื่อปลาถูกทำให้สุกจากเครื่องอบแห้ง(Disc Dryer) ปลาที่ต้องการแยกกระดูกจะเข้าทางด้านบนตกลงสู่ด้านล่าง จะมีรางสกรูทำการลำเลียงปลาและปล่อยปลาลงในตะแกรง ตะแกรงจะหมุนโดยมีมอเตอร์ทดรอบ เมื่อปลาลงสัมผัสกับตะแกรงส่วนของปลาที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงจะตกลงทางด้านล่างและลำเลียงไปตามรางสกรูเพื่อนำไปกระบวนการต่อไป ในส่วนของสิ่งที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรง ตะแกรงที่เอียงทำมุมและหมุนจะทำให้สิ่งที่มีขนาดใหญ่เคลื่อนที่ออกไปทางด้านหลังเพื่อเก็บลงถังบรรจุกระดูกต่อไป ในช่วงแรกได้นำตะแกรงชนิดนี้มาใช้ในกระบวนการผลิตพบว่ายังมีเนื้อปลาบางส่วนที่ไม่แตกตัวออกมาถูกร่อนออกไปพร้อมกระดูก การแก้ปัญหา

ต่อมาคือการเปลี่ยนขนาดของตะแกรงให้มีขนาดใหญ่ขึ้น พบว่าในส่วนของกระดูกที่เริ่มมีการปะปนไปกับเนื้อปลามากขึ้นจึงไม่ได้นำมาใช้ในการร่อนเพื่อแยกเนื้อปลาและกระดูก

3.1.2 เครื่องร่อนชนิดสั่นในแนวแกน



รูปที่ 3.2 รูปแสดงเครื่องร่อนในแนวแกน

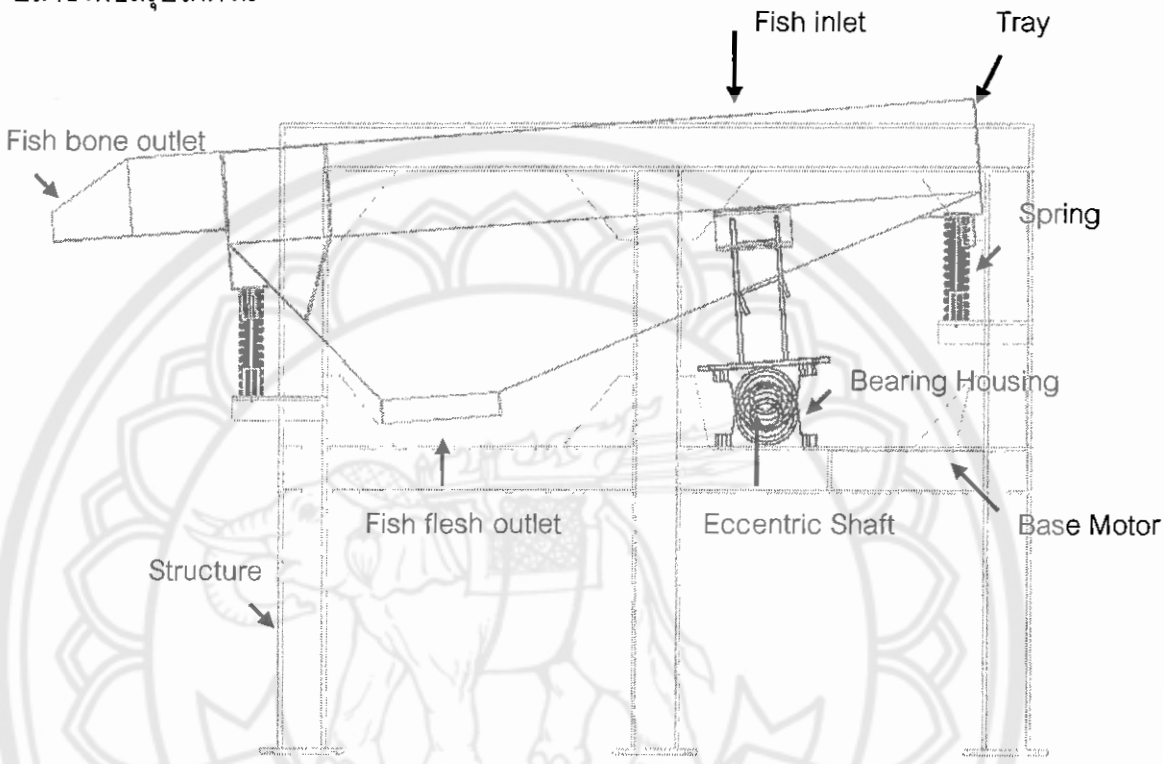
หลักการทำงาน

ด้านบนจะเป็นส่วนที่รับวัตถุดิบ และมีตะแกรงร่อนกระดูกแยกไปที่ทางออกทางซ้ายมือของรูปและในส่วนของเนื้อปลาที่ร่อนจะตกลงมาทางด้านล่างออกที่ทางออกทางด้านขวามือ การที่เครื่องสามารถร่อนได้นั้นเกิดจากการที่ในส่วนของเครื่องร่อนจะมีฐานที่รองรับเป็นสปริงซึ่งสามารถโยกตัวและสั่นได้ ด้านล่างของเครื่องติดตั้งมอเตอร์ไว้ มอเตอร์จะติดแผ่นที่ไม่สมมาตรเอาไว้ เมื่อหมุนจะเกิดความไม่สมดุลในการหมุนขึ้น เกิดการสั่นในส่วนของตะแกรง วัตถุดิบที่ต้องการร่อนจึงสามารถร่อนแยกตัวออกมาได้ ทำการทดลองเครื่องชนิดนี้เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตพบว่าเนื้อปลาปะปนไปกับกระดูกเช่นเดียวกันกับเครื่องร่อนชนิดตะแกรงม้วน แต่เครื่องชนิดนี้ใช้ได้ผลดีกับการแยกขนาดของกระดูกในแต่ละขนาด กระดูกที่ร่อนได้ในครั้งแรกจะนำมาร่อนอีกครั้งเพื่อแยกกระดูกที่มีขนาดใหญ่ตามขนาดของผู้รับซื้อต้องการ

3.2 หลักการทำงานของเครื่องร่อนกระดูกปลา

3.2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญและหลักการทำงาน

รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงแบบตำแหน่งและส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องร่อนกระดูกปลาซึ่งพอสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 3.3 รูปแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องร่อน

1) **ส่วนรับปลาป่น**(Fish inlet) เป็นส่วนที่รับปลาป่นที่ยังไม่ได้ทำการแยกกระดูก
2) **ส่วนกระบะ**(Tray) เป็นส่วนที่ติดตั้งตะแกรง เอียงทำมุม 5 องศากับแนวระดับ ติดตั้งตะแกรงขนาดรู 5 มิลลิเมตร และทำหน้าที่เป็นถาดเก็บสำรองปลาเพื่อรอการร่อน
3) **ส่วนของเพลาเยื้องศูนย์**(Eccentric Shaft) เป็นส่วนที่ทำหน้าเปลี่ยนการหมุนเป็นการที่ทำให้กระบะเคลื่อนที่ขึ้นลง
4) **ส่วนของสปริง**(Spring) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นฐานรองรับกระบะให้เกิดการสั่นสะเทือน
5) **ส่วนของระบบขับเคลื่อน** ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ โดยส่งกำลังมอเตอร์ผ่านสายพานไปยังเพลาเยื้องศูนย์แล้วส่งกำลังขับเคลื่อนจากเพลาเยื้องศูนย์ไปยังส่วนของกระบะ

3.3 หลักการในการออกแบบ

การออกแบบเครื่องร่อนกระดูกปลา หลักการสำคัญของการออกแบบอยู่ที่ส่วนเพลาเยื้องศูนย์ เพลาที่ออกแบบจึงออกแบบให้ส่วนเยื้องศูนย์มีระยะเยื้องของจุดศูนย์กลาง 6.35 มิลลิเมตร ซึ่งเพลานี้ได้สั่งทำขึ้นมา ส่วนเพลาเยื้องศูนย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตรและเพลาเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดดังกล่าวทางโรงงานมีตุ๊กตาที่เป็นชิ้นส่วนสำรองเพื่อใช้สำหรับรางสกรูลำเลียงจึงนำมาใช้ยึดเพลาเยื้องศูนย์เข้ากับกระบะและเพลาเข้ากับโครงเครื่องร่อน

ส่วนของโครงสร้าง ซึ่งทางโรงงานมีเหล็กตัวยูขนาด 4X2 นิ้ว จึงทำการคำนวณเพื่อดูความน่าจะเป็นที่จะนำมาใช้ พบว่าสามารถนำมาใช้งานได้โดยเหล็กที่นำมาใช้ไม่เกิดการเสียรูป

ในส่วนของกระบะเป็นส่วนที่สัมผัสโดยตรงกับวัตถุดิบวัสดุที่นำมาใช้จึงเลือกสแตนเลสเพราะไม่เกิดสนิม มีความแข็งแรง ทนทานมากกว่าการใช้อะลูมิเนียม ทั้งยังง่ายต่อการเตรียมและขึ้นรูปชิ้นงาน

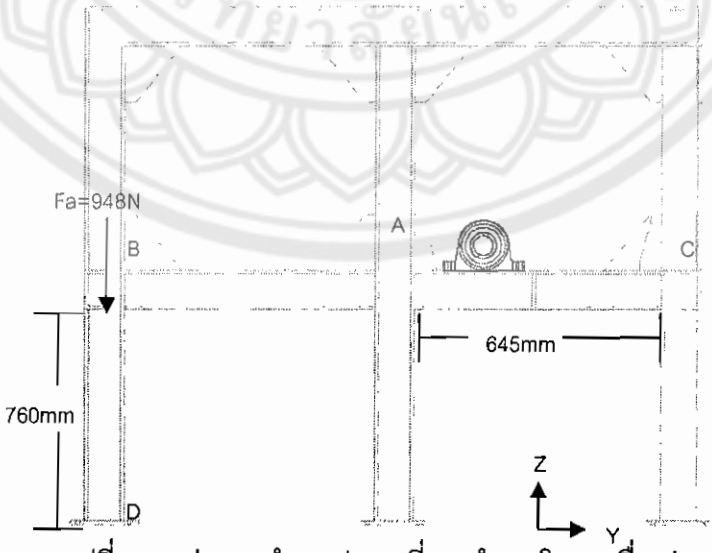
จากนั้น จึงทำการเลือกระบบส่งกำลัง โดยเลือกใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังในระบบเพราะขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง สะอาด และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

3.4 การคำนวณเกี่ยวกับเครื่องร่อนกระดูกปลา

3.4.1การคำนวณทางด้านโครงสร้าง

ภาระที่กระทำกับเสาแต่ละเสากำหนดให้เป็นภาระที่เกิดจากน้ำหนักของอุปกรณ์ ได้แก่ เนื้อปลา กระบะ ตุ๊กตา โครงสร้างส่วนบน พูลเล่ย์ สปริงเท่ากับ 758 N

FBD



รูปที่ 3.4 รูปแสดงตำแหน่งแรงที่กระทำบนโครงเครื่องร่อน

การเสียรูปของชิ้นงาน

เนื่องจากทางโรงงานมีเหล็กตัวยู 4 X 2 นิ้ว ทำการคำนวณเพื่อดูความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน จึงทดลองคำนวณการเสียรูป โดยที่แรงที่กระทำในแต่ละเสาคูณน้ำหนักเนื้อปลาเพิ่ม 20 เปอร์เซ็นต์แรงที่กระทำมีค่า 948 N

พิจารณาเสาช่วง BD $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$

เมื่อ P_{cr} คือ ภาระวิกฤติ

L คือ Effective length

E คือ Modulus of Elasticity ของ steel, 0.4% C hot-rolled เท่ากับ 30 Mpsi

กรณีที่ 1 พิจารณาระนาบ x – z พบว่าเสาแบบปลายยึดทั้งสองด้าน

L' = 0.5L = 0.5X21 = 10.5 in

I_{yy} = 0.433 in^4

$$= \frac{\pi^2 \times 30 \times 10^6 \times 0.433}{10.5^2}$$

$$= 1162.8kip \approx 5175kN$$

กรณีที่ 2 พิจารณาระนาบ y – z พบว่าเสาแบบปลายยึดทั้งสองด้าน

L' = 0.5L = 0.5X21 = 10.5 in

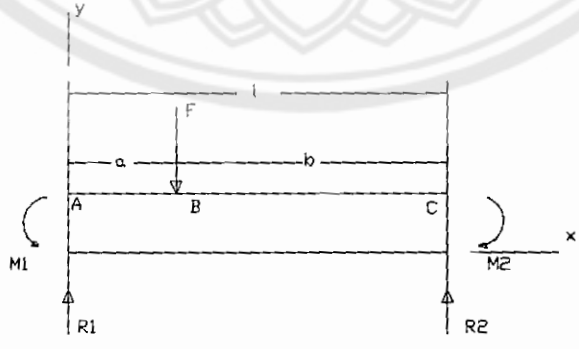
I_{xx} = 4.59 in^4

$$= \frac{\pi^2 \times 30 \times 10^6 \times 4.59}{10.5^2}$$

$$= 12326.2kip \approx 54852kN$$

$P \leq Pcr$ ดังนั้น สามารถใช้เหล็กตัวยูเป็นเสาได้โดยไม่เกิดการเสียรูป

คำนวณการโก่งตัวของคานในช่วง AC

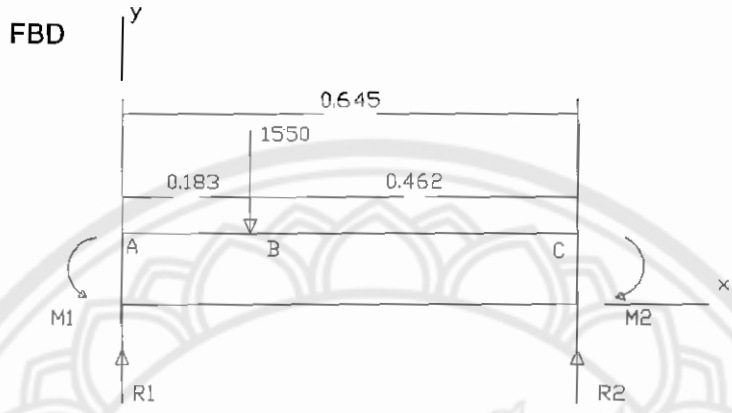


รูปที่ 3.5 รูปแสดงภาระที่เกิดขึ้นกับคานปลายทั้งสองด้านยึดติด

จากสมการ

$$Y_{AB} = \frac{Fb^2x^2}{6EIl^3}\left[x(3a+b)-3al\right]$$

แรงที่กระทำ 1192 N ค่าประกอบความปลอดภัย 20 เปอร์เซ็นต์แรงที่กระทำมีค่าเท่ากับ 1550 N



รูปที่ 3.6 รูปแสดงภาระที่เกิดขึ้นกับคานช่วง AC ของโครงเครื่องร่อน

แทนค่าลงสมการ

$$= \frac{(1550)(0.462)^2(0.183)^2}{6(207\times10^6)(1.91\times10^{-6})(0.645)^3}\left[0.183(3(0.183)+0.462)-(3\times0.183\times0.645)\right]$$

$$= \frac{11.079}{636552.3}\left[0.185-0.354\right]$$

$$= 0$$

ไม่เกิดการโก่งตัว สามารถใช้งานโครงเครื่องร่อนได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

3.4.2 **การคำนวณการใช้สายพาน**

จากการกำหนดจากทางโรงงาน ในขั้นต้นของการออกแบบให้ใช้มอเตอร์ยี่ห้อ"SEMCO" ขนาด 2.2 kW (3 แรงม้า) ความเร็วรอบ 1,488 rpm เป็นต้นกำลัง และมีพูลเล่ย์สำรองเพื่อใช้งานในโรงงานได้ทำการนำมาทดลองคำนวณ โดยพูลเล่ย์ขับเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มิลลิเมตร พูลเล่ย์ตามเส้นผ่านศูนย์กลาง 180 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางทั้งสอง 350 มิลลิเมตรมีเงื่อนไขของเครื่องดังนี้

เงื่อนไขการทำงานของเครื่อง

เวลาทำงาน(Operating Time) : 24 ชั่วโมง

ภาระที่กระทำ : กระแทกปานกลาง

มอเตอร์ : กระแสสลับ 3 เฟส High Torque 2.2 kW

จากสมการกำหนดให้ค่า K_s = 1.3 จากตารางที่ 6 ก.

$P_d = K_s P_0 = 1.3 \times 2.2 = 2.86$ kW

จากรูปที่ 1 ข. จะอยู่ในช่วงสายพานร่อง A แต่ทางโรงงานมีสายพานร่อง B ทำให้ต้องคิดสายพานร่อง B แทน

มุมสัมผัสของสายพาน

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D_p - d_p}{2C}\right), \text{rad}$$

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{180-102}{2\times 350}\right), \text{rad}$$

$$= \alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{180-102}{2\times 350}\right)$$

ความเร็วของสายพาน

$$v_b = \frac{\pi \times d_p \times n}{(1000)(60)}, (m/s)$$

$$v_b = \frac{\pi \times 102 \times 1488}{(1000)(60)}, (m/s)$$

$$= 7.95 \text{ m/s}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = \frac{W_p}{V_b}$$

$$F = \frac{(2.2)(1000)}{7.95}$$

$$= 276.7 \text{ N}$$

หาแรงดึงขั้นต้นในสายพาน

จากตารางที่ 7 ก. (ภาคผนวก) $k_1 = 1.5$

จากตารางที่ 8 ก. (ภาคผนวก) $k_2 = 0.385$

$$F_i = \left(k_1 F + z k_2 v^2\right)\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$= \left[(1.5\times 276.7) + (1.93\times 0.385\times 63.21)\right]\times 0.9935$$

$$= \left[415.05 + 46.96\right]\times 0.9935$$

$$= 459\text{N}$$

หาค่า $K_r = D / d = 180 / 102 = 1.765$

$K_r = 1.137 - 0.123(2 - 1.765)^{2.81} = 1.1349$

จากตารางที่ 3 ก. ได้ค่า C_1= 1.021x10^{-4}, C_2=2.727x10^{-3}, C_3=1.912x10^{-17}

แทนค่าลงสมการ

$$P_r = d_p n\{C_1(d_p n)^{-0.99} - C_2/d_p - C_3(d_p n)^2\} + C_2 n(1-1/K_r)$$

$$P_r = (102)(1488)\left\{\begin{array}{l}(1.021\times10^{-4})(102\times1488)^{-0.09} - \dfrac{2.727\times10^{-3}}{102} \\ -(1.912\times10^{-17})(102\times1488)^2\end{array}\right\}$$

$$+(2.727\times10^{-3})(1488)\left(1-\frac{1}{1.1349}\right)$$

= (151776) {0.00003489 – 0.00002673 – 0.00000044} + 0.4823

= 1.1717 + 0.4823

= 1.654 kW

จากสมการหาจำนวนสายพาน

$$z = P_d / P_r K_\theta K_L$$

หาค่า K_θ

$$\theta_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right) = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{180-102}{2\times350}\right) = 2.9183rad = 167^\circ$$

$$K_\theta = 1.25\{1-\exp(-f\theta)\} = 1.25\{1-\exp(-0.5123\times2.9183)\} = 0.97$$

หาค่า K_L แฟคเตอร์แก้ไขความยาว หาได้โดยหาค่าของ d_0 และ D_0 จากการบวกความสูงของสายพานเพิ่มเข้าไปในเส้นผ่านศูนย์กลางโดยสายพานร่อง B เมื่อบวกแล้ว d_0 = 102 + 11 = 113 มิลลิเมตร D_0 = 180 + 11 = 191 มิลลิเมตร

จากสมการ

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(d_0 + D_0) + \frac{1}{4C}(D_0 - d_0)^2$$

$$= (2\times350) + \frac{\pi}{2}(113+191) + \frac{1}{(4\times350)}(191-113)^2$$

$$= 700 + 356.52 + 8.691$$

$$= 1065.21mm$$

จากตารางที่ 4 ก.สายพานหน้าตัด B ได้ค่า a_1= 0.634, a_2= 2.30 x 10^{-4}, a_3= 3.58 x 10^{-8}, a_4= 2.21 x 10^{-12}

$$K_L = a_1 + a_2 L + a_3 L^2 + a_4 L^3$$

$$= 0.634 + \left(2.30\times10^{-6}\times1065.21\right) + \left(3.58\times10^{-8}\times1065.21\right)^2 + \left(2.21\times10^{-12}\times1065.21\right)^3$$
$$= 0.634 + 0.24499 + 0.0406 + 0.00267$$
$$= 0.92226$$

แทนค่าลงในสมการเพื่อหาค่า z

$$z = \frac{2.86}{1.654\times0.97\times0.92226} = \frac{2.86}{1.479} = 1.93$$

ดังนั้นใช้สายพานจำนวน 2 เส้น

3.4.3 **การคำนวณสปริง**

ทำการคำนวณเพื่อดูผลว่าสปริงที่ออกแบบสามารถนำมาใช้กับเครื่องร่อนกระดูกปลาได้หรือไม่ โดยคุณลักษณะของสปริงมีดังนี้ ขนาดของขด 0.335 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 2.05 นิ้ว ความยาวเมื่อไม่มีภาระ(N_a) 230 มิลลิเมตร จำนวนขด 14 ขด

หาค่า k ของสปริงจากสมการ

$$k = \frac{d^4G}{8D^3N_a} = \frac{(0.335)^4\left(11.6\times10^6\right)}{8(1.715)^3(14)} = \frac{1460956}{564.95}$$
$$k = 258.599$$

น้ำหนักของส่วนที่ทำงานของสปริงขด หาได้จากสมการ

$$W = \frac{\pi^2 d^2 D N_a \gamma}{4}$$

หาค่า D (mean coil diameter) = 2.05 – 0.335 = 1.715 นิ้ว

$$= \frac{\pi^2(0.335)^2(1.715)(14)(0.284)}{4}$$

แทนค่า $= \frac{33.485}{4}$

$$= 1.888 lbf$$

จากสมการ

$$f_n = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{kg}{W}}$$

แทนค่าลงสมการ

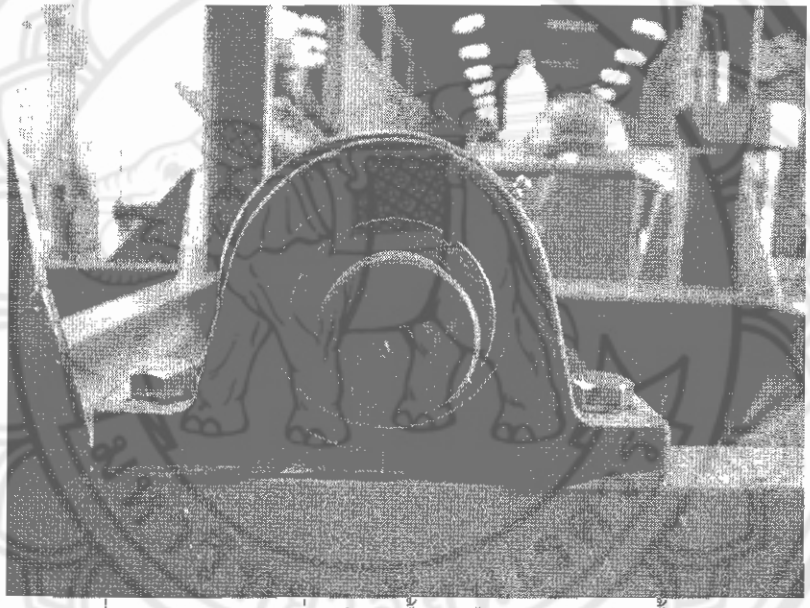
$$= \frac{1}{2}\left[\frac{258.599(386)}{1.888}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 114.97 Hz$$

ความถี่ที่ใช้งานสูงสุดของเครื่องร่อนอยู่ที่ 14.2 Hz นั้นคือความถี่ธรรมชาติของสปริง ประมาณ 8.11 เท่าของความถี่ทำงาน แต่ในการออกแบบควรอยู่ในช่วง 15 – 20 เท่า สามารถใช้งานสปริงกับเครื่องร่อนโดยไม่เกิดความเสียหายในระยะสั้น ส่วนการใช้งานในระยะเวลายาวอาจเกิดความเสียหายขึ้นได้ แก้ไขโดยออกแบบเพิ่มขนาดของสปริง

3.4.4 การเลือกแบริ่ง

3.4.4.1 การคำนวณแบริ่งที่รองรับในส่วนของเพลาเยื้องศูนย์



รูปที่ 3.7 รูปแสดงแบริ่งพร้อมเสื้อลูกปืนรองรับเพลาเยื้องศูนย์

เนื่องจากเพลาต้องรองรับเพลาเยื้องศูนย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วดังนั้นเลือกแบริ่งขนาดรูสวม 50 มิลลิเมตร

เลือกแบริ่งขนาดรูสวม 50 มิลลิเมตร อนุกรมมิติ 02 แบบ Self-aligning bearing แบริ่งที่ใช้งานความเร็วเพลาสูงสุด 850 รอบต่อนาที

วงแหวนในเป็นตัวหมุน V = 1 ใช้แบริ่งชนิดบอลแบริ่ง K = 3

จากตารางที่ 11 ก. C_o = 10.55 kN C = 17.49 kN

แบริ่งรองรับเพลาเยื้องศูนย์ต้องรับน้ำหนักของกระบะ เพลาเยื้องศูนย์ เนื้อปลา ตุ๊กตา 2 ตัวและพูลเล่ย์ ดังนั้นจำเป็นต้องเลือกแบริ่งสามารถรับแรงได้โดยไม่เกิดการเสียรูปอย่างถาวร

โดยเลือกให้ค่า C_o มีค่ามากกว่าแรงที่กระทำในแนวรัศมีของแบริ่ง นั่นคือแรงที่เกิดเนื่องจากน้ำหนักของอุปกรณ์

ผลรวมของแรงกระทำที่เกิดจากน้ำหนักของอุปกรณ์เท่ากับ 1192 N

แสดงว่า C_o> 1192 N สามารถรับแรงได้โดยไม่เกิดการเสียรูปถาวร

F_r = 1192 N F_a = 0 N (เนื่องมาจากไม่มีแรงในแนวแกน)

จากตารางที่ 13 ก. เลือกอายุใช้งานของแบริ่งเท่ากับ 60000 ชั่วโมง

อายุการใช้งานของแบริ่ง

L_{10}= (60000)(850)(60)(10^{-6})=3060mr

จาก $P = VF_r$

= 1192 N

แรงพลวัตประเมิน

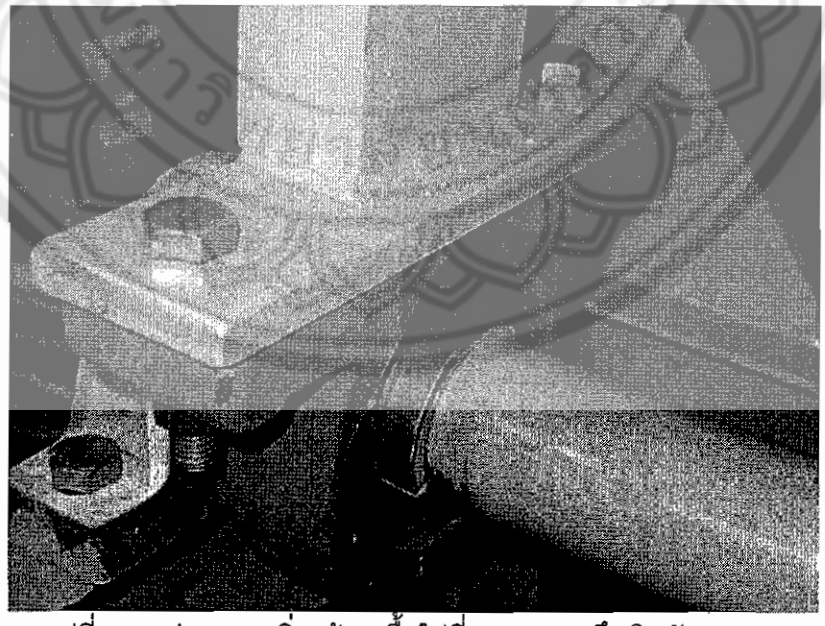
$$C = P(L_{10})^{\frac{1}{3}}$$

$$=1192(3060)^{\frac{1}{3}}$$

$$=17305.5N$$

จากการคำนวณค่า C ที่ได้ 17.305 kN < 17.49 kN ดังนั้นแบริ่งที่เลือกมาใช้สามารถนำมาใช้งานได้ตามต้องการ

3.4.4.2 การเลือกแบริ่งในส่วนของEccentric ยึดติดกับกระบะ



รูปที่ 3.8 รูปแสดงแบริ่งพร้อมเสื้อใส่ที่ Eccentricยึดติดกับกระบะ

เนื่องจากเพลาต้องรองรับเพลาเยื้องศูนย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 1/2 นิ้วดังนั้นเลือกแบริ่งขนาดรูสวม 65 มิลลิเมตร

เลือกแบริ่งขนาดรูสวม 65 มิลลิเมตร อนุกรมมิติ 02 แบบ Self-aligning bearing แบริ่งที่ใช้งานความเร็วเพลาสูงสุด 850 รอบต่อนาที

วงแหวนในเป็นตัวหมุน V = 1 ใช้แบริ่งชนิดบอลแบริ่ง K = 3

จากตารางที่ 11 ก. C_o = 17.22 kN C = 23.85 kN

แบริ่งรองรับเพลาเยื้องศูนย์ต้องรับน้ำหนักของกระบะ เนื้อปลา ตุ๊กตา 2 ตัว ดังนั้นจำเป็นต้องเลือกแบริ่งสามารถรับแรงได้โดยไม่เกิดการเสียรูปอย่างถาวร โดยเลือกให้ค่า C_o มีค่ามากกว่าแรงที่กระทำในแนวรัศมีของแบริ่ง นั่นคือแรงที่เกิดเนื่องจากน้ำหนักของอุปกรณ์

ผลรวมของแรงกระทำที่เกิดจากน้ำหนักของอุปกรณ์เท่ากับ 795 N

แสดงว่า C_o> 1025 N สามารถรับแรงได้โดยไม่เกิดการเสียรูปถาวร

F_r = 1 N F_a = 0 N (เนื่องมาจากไม่มีแรงในแนวแกน)

จากตารางที่ 13 ก. เลือกอายุใช้งานของแบริ่งเท่ากับ 60000 ชั่วโมง

อายุการใช้งานของแบริ่ง

L_{10}= (60000)(850)(60)(10^{-6})=3060mr

จาก $P = VF_r$

= 1025 N

แรงพลวัตประเมิน

$$C = P(L_{10})^{\frac{1}{3}}$$

$$=1025(3060)^{\frac{1}{3}}$$

$$=14881N$$

จากการคำนวณค่า C ที่ได้ 14.88 kN < 23.85 kN ดังนั้นแบริ่งที่เลือกมาใช้สามารถนำมาใช้งานได้ตามต้องการ

3.4.5 การคำนวณภาระของเพลา

<u>3.4.5.1 มุมบิด</u>

เนื่องจากมอเตอร์มีขนาด 3 hp ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.238 kW

อัตราทดของสายพานจากมอเตอร์ไปที่เพลาเยื้องศูนย์ ทดที่อัตรา 4 : 10

Ratio = n_1/n_2 = 4/10

$n_2 = 0.4n_1$

$= 0.4(1488) = 595.2$ rpm

ในการออกแบบเลือกคำนวณเพลาเท่ากับ 2 นิ้ว คือส่วนของเพลาที่เล็กที่สุด

$$T_2 = \frac{W_p(60)}{2\pi n_2}$$

$$= \frac{(2238)(60)}{2\pi(595.2)}$$

$$= \frac{134280}{3739.75}$$

$$= 35.91 N \cdot m$$

จากสมการ $J = \frac{\pi C^4}{2}$

ดังนั้น $J = \frac{\pi(1)^4}{2} = 1.57 m^4$

หาค่าความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau_{max} = \frac{TC}{J} = \frac{(35.91)(0.0254)}{1.57}$$

$$= 0.581 MPa$$

หาขนาดของมุมบิดจากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} = \frac{(35.91)(1)}{(80\times10^9)(1.57)}$$

$$= 2.859\times10^{-10} rad$$

จากการออกแบบปกติจะไม่ให้มุมบิดมีค่าเกิน 0.3 องศาต่อความยาวเพลา 20 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง เพลาที่นำมาใช้จึงถือว่ามุมบิดน้อยมาก สามารถนำมาใช้งานได้ตามปกติ

3.4.5.2 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

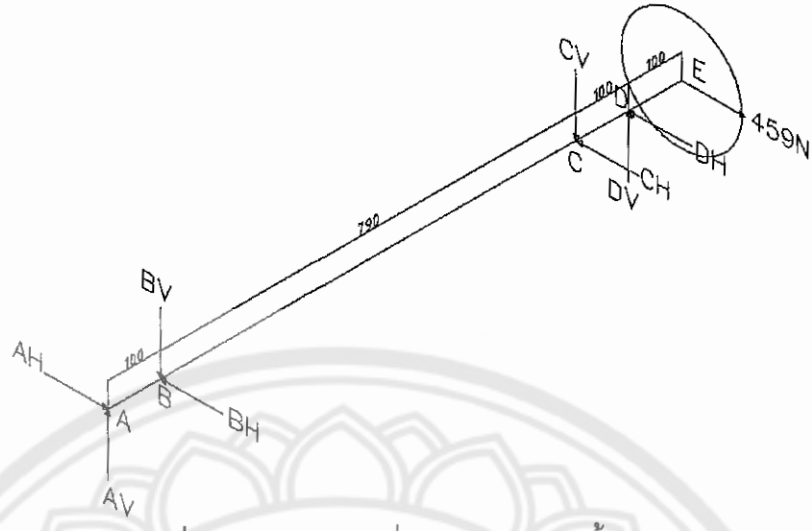
แรงที่กระทำบนเพลาเยื้องศูนย์สามารถคำนวณได้จาก

แรงที่กระทำบนเพลาเยื้องศูนย์ = ผลรวมของแรงที่แต่ละอุปกรณ์กระทำบนเพลา

= 618+1148+177 N

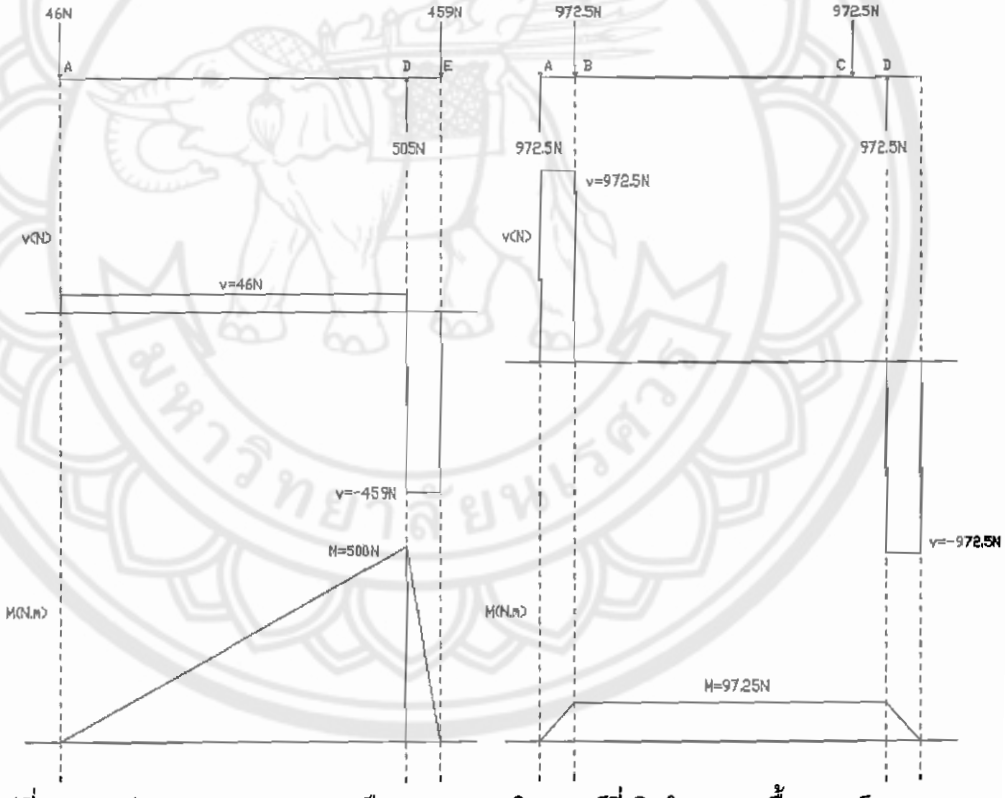
= 1943 N

จากการคำนวณแรงที่กระทำบนเพลาทั้งหมด สามารถนำมาเขียน Free Body Diagram ของเพลาเยื้องศูนย์ได้ดังนี้



รูปที่ 3.9 รูปแสดงแรงที่กระทำบนเพลาเยื้องศูนย์

จากแรงทั้งหมดสามารถนำมาเขียนแผนภาพแรงเฉือนและภาพโมเมนต์ดัดดังนี้



รูปที่ 3.10 รูปแสดงแผนภาพแรงเฉือนและภาพโมเมนต์ที่เกิดในเพลาเยื้องศูนย์

โมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดขึ้นที่จุด D ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$M_c = \left(500^2 + 0^2\right)^{1/2}$$

$$= 500 \text{ N.m}$$

นั่นคือ $M_{max} = -M_{min} = 500$ N.m

3.4.6 การคำนวณผลของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก(SHM)

ได้กำหนดที่พูลเล่ย์ขับ 4 นิ้ว หมุน 1488 rpm แอมปลิจูด(A_o) มีค่า 6.35 มิลลิเมตร

1) พูลเล่ย์ตาม 7 นิ้ว ตัวตามหมุนด้วยความเร็ว 850.3 rpm

$$f = \frac{850.3}{60} = 14.2Hz$$

$$\tau_o = \frac{1}{f} = \frac{1}{14.172} = 0.07s$$

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau} = \frac{2\pi}{0.0706} = 89.0rad/s$$

$$\dot{X}_{max} = \omega A_o = (89.00)(12.7\times10^{-3}) = 1.1m/s$$

$$\ddot{X}_{max} = \omega^2 A_o = (89.00)^2(12.7\times10^{-3}) = 100.6m/s$$

2) พูลเล่ย์ตาม 9 นิ้ว ตัวตามหมุนด้วยความเร็ว 661.3 rpm

$$f = \frac{661.3}{60} = 11.0Hz$$

$$\tau_o = \frac{1}{f} = \frac{1}{11.022} = 0.091s$$

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau} = \frac{2\pi}{0.0907} = 69.3rad/s$$

$$\dot{X}_{max} = \omega A_o = (69.27)(12.7\times10^{-3}) = 0.9m/s$$

$$\ddot{X}_{max} = \omega^2 A_o = (69.27)^2(12.7\times10^{-3}) = 60.9m/s$$

3) พูลเล่ย์ตาม 10 นิ้ว ตัวตามหมุนด้วยความเร็ว 595.2 rpm

$$f = \frac{595.2}{60} = 9.9Hz$$

$$\tau_o = \frac{1}{f} = \frac{1}{9.92} = 0.1s$$

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau} = \frac{2\pi}{0.1008} = 62.3rad/s$$

$$\dot{X}_{max} = \omega A_o = (62.33)(12.7\times10^{-3}) = 0.8m/s$$

$$\ddot{X}_{max} = \omega^2 A_o = (62.33)^2(12.7\times10^{-3}) = 49.3m/s$$

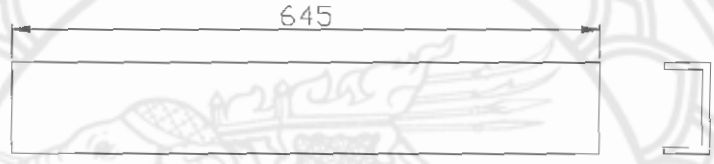
3.5 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและประกอบในแต่ละส่วน

คือการเตรียมชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ทุกชิ้นให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้ จนพร้อมที่จะประกอบเป็นเครื่องร่อนกระดูกปลา ซึ่งกระบวนการในการเตรียมชิ้นงานมีดังนี้

1) การวัดชิ้นงาน(Layout) เป็นการร่างขนาดชิ้นงานลงบนแผ่นโลหะตามขนาดและรูปร่างที่ได้ออกแบบไว้
2) การตัดชิ้นงาน จะใช้แก๊สและเครื่องตัด Plasma
3) การพับ โดยใช้เครื่อง Press Break สำหรับชิ้นงานที่ต้องการพับเพื่อนำมาประกอบ

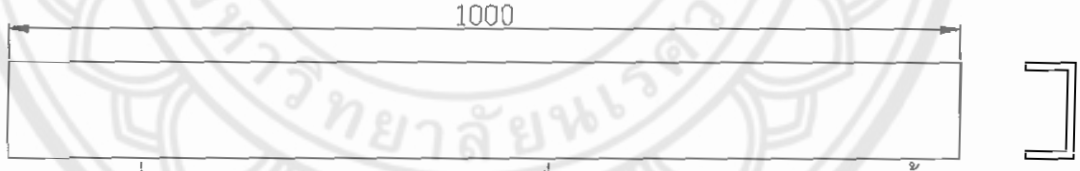
3.5.1 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและประกอบในส่วนของโครงเครื่องร่อนกระดูกปลา

- เริ่มแรกใช้เหล็ก U 4x2 นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 4 เส้น
- ทำการตัดเหล็กจำนวน 14 ชิ้น โดยมีขนาดและรหัสดังนี้

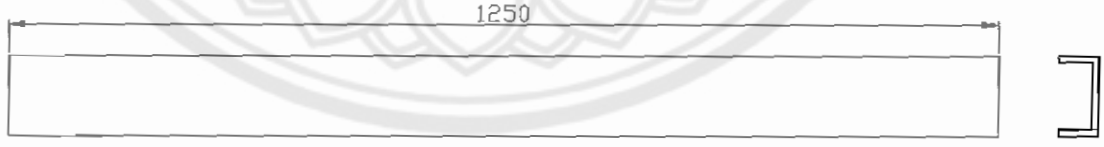


รูปที่ 3.11 รูปแสดงขนาดเหล็กตัวยู A เชื่อมด้านข้างเสากลางและหลัง จำนวน 2 ชิ้น

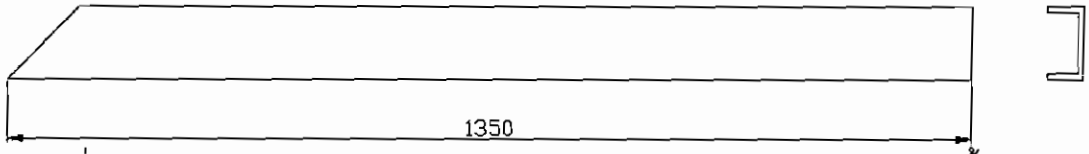
รูปที่ 3.12 รูปแสดงขนาดเหล็กตัวยู B เชื่อมด้านข้างเสาหน้าและกลาง จำนวน 1 ชิ้น



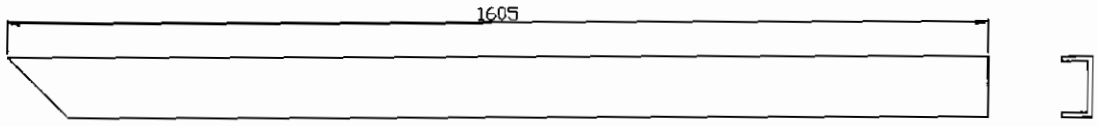
รูปที่ 3.13 รูปแสดงขนาดเหล็กตัวยู C เชื่อมกลางระหว่างเสา จำนวน 3 ชิ้น



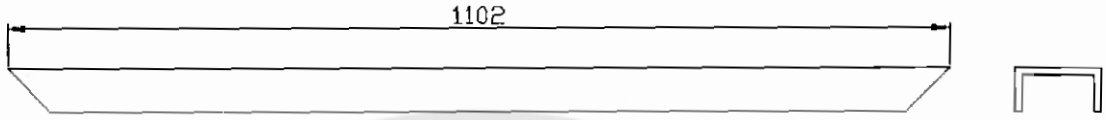
รูปที่ 3.14 รูปแสดงขนาดเหล็กตัวยู D เสากลางและหลัง จำนวน 4 ชิ้น



รูปที่ 3.15 รูปแสดงขนาดเหล็กตัวยู E เสาด้านหน้า ส่วนหัวตัด45 องศา จำนวน 2 ชิ้น

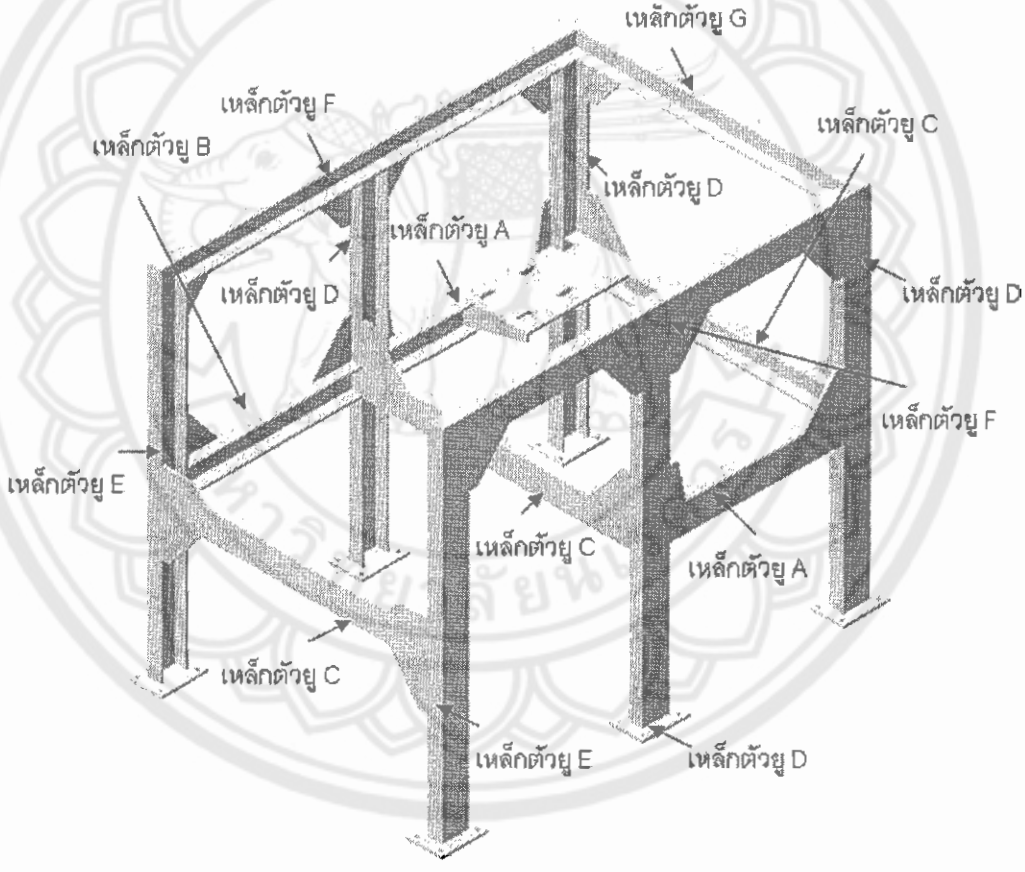


รูปที่ 3.16 รูปแสดงขนาดเหล็กตัวยู F ด้านข้างส่วนบน ส่วนหัวตัด45 องศา จำนวน 2 ชิ้น



รูปที่ 3.17 รูปแสดงขนาดเหล็กตัวยู G ด้านท้าย ส่วนหัวและท้ายตัด45 องศา จำนวน 1 ชิ้น

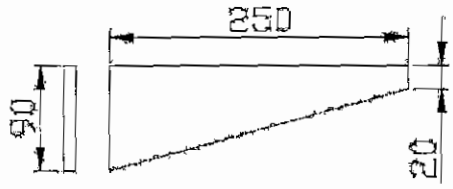
ทำการประกอบเหล็กที่ตัดมาตามภาพ



รูปที่ 3.18 รูปแสดงการประกอบเหล็กในแต่ละชิ้นส่วน

หลังจากทำการเชื่อมชิ้นส่วนด้วยเครื่องเชื่อมเรียบร้อยแล้วทำการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างด้วยการตัดแผ่นเหล็กหนา 10 มิลลิเมตรสร้างเป็นครีบแล้วเชื่อมระหว่างรอยต่อของเหล็กตัวยูในแต่ละที่ โดยมีครีบทั้งหมด 25 แห่ง แบ่งออกเป็น 4 แบบดังนี้

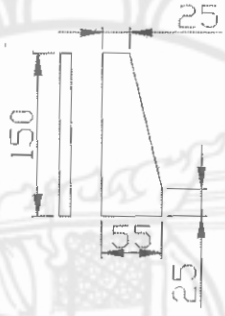
แบบที่หนึ่ง



รูปที่ 3.19 รูปแสดงขนาดครีบรองฐานมอเตอร์ จำนวน 1 ชิ้น

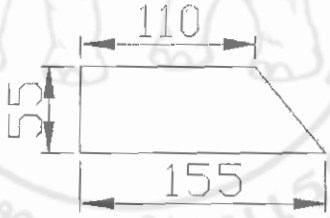
แบบที่สอง

ตำแหน่งบริเวณเสาหลังที่ติดตั้งมอเตอร์และบริเวณเสากลางที่ติดตั้งตู้กตาต้องใช้ครีบ**ที่มี**ขนาดเล็กลงจึงต้องใช้ครีบอีกขนาด



รูปที่ 3.20 รูปแสดงครีบบริเวณเสาหลังและเสากลาง จำนวน 3 ชิ้น

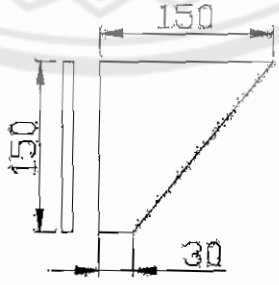
แบบที่สาม



รูปที่ 3.21 รูปแสดงขนาดครีบใต้ขารองสปริงส่วนหน้า จำนวน 2 ชิ้น

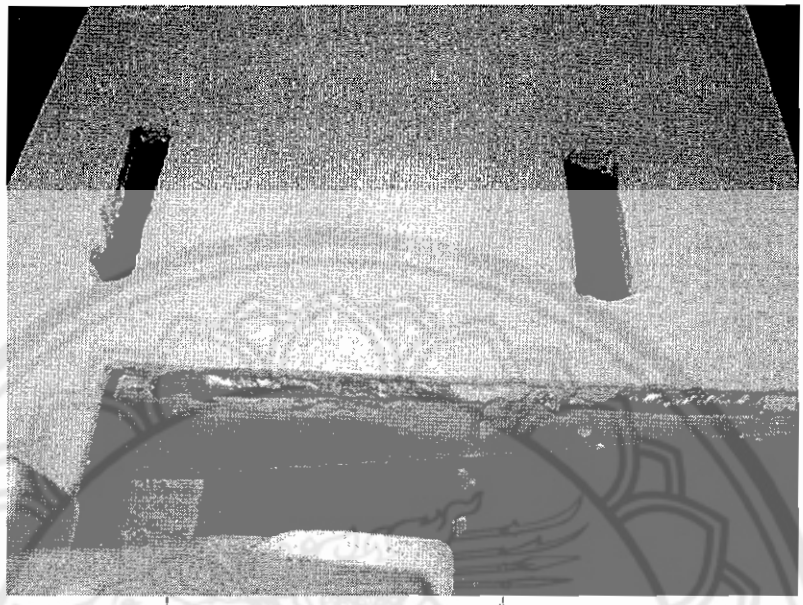
แบบที่สี่

ส่วนที่เหลือทั้งหมดใช้ครีบชนิดนี้



รูปที่ 3.22 รูปแสดงขนาดครีบ จำนวน 19 ชิ้น

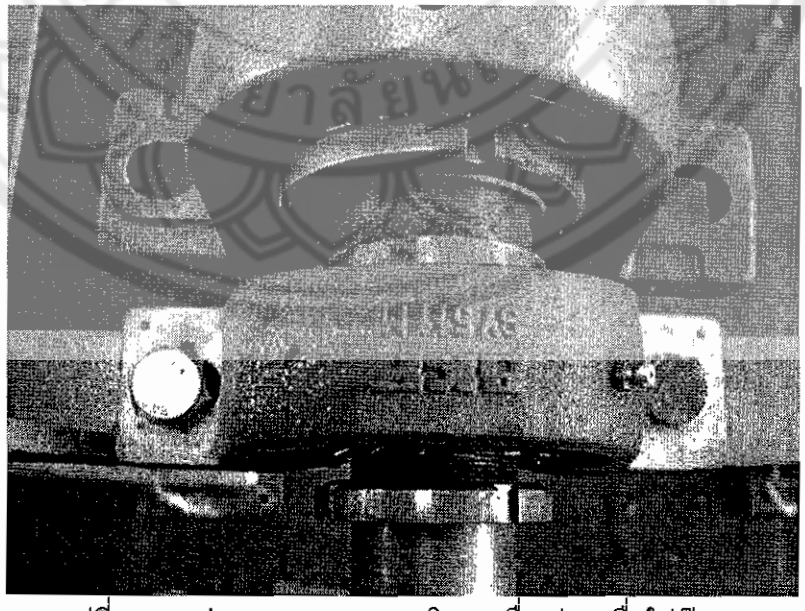
ทำการตัดแผ่นเหล็กหนา 10 มิลลิเมตร ขนาดดังรูปเพื่อทำฐานมอเตอร์ ขนาด 385 X 200 มิลลิเมตรนำไปติดตั้งเข้ามุมกับเสาด้านหลังดังรูป



รูปที่ 3.23 รูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมฐานมอเตอร์

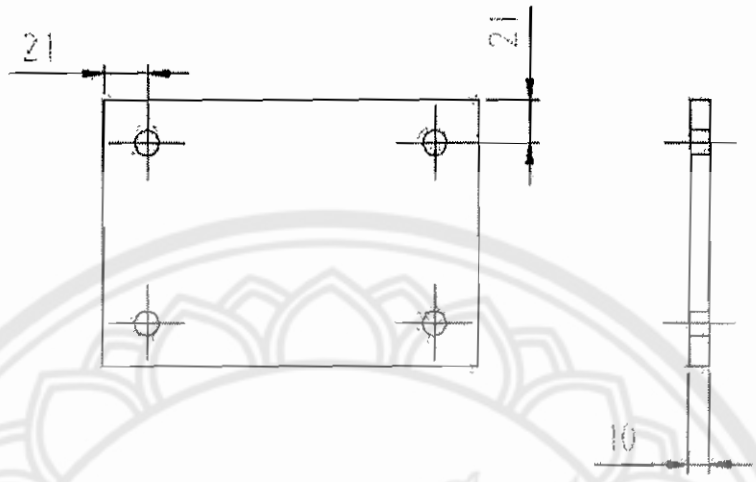
จากนั้นนำมอเตอรไปวางให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการพ่นสีบริเวณรูมอเตอร์เพื่อหาตำแหน่งในการตัดเพื่อทำช่องสำหรับขยับมอเตอร์ในการตั้งสายพานให้ตึง

ทำการเจาะรูสำหรับติดตั้งตุ๊กตา โดยวัดระยะจากเสากลางให้ได้ 100 มิลลิเมตร นำตุ๊กตาวางพ่นสีเพื่อสร้างตำแหน่งในการเจาะ หลังจากนั้นทำการเจาะด้วยสว่านขนาดรู 18 มิลลิเมตร

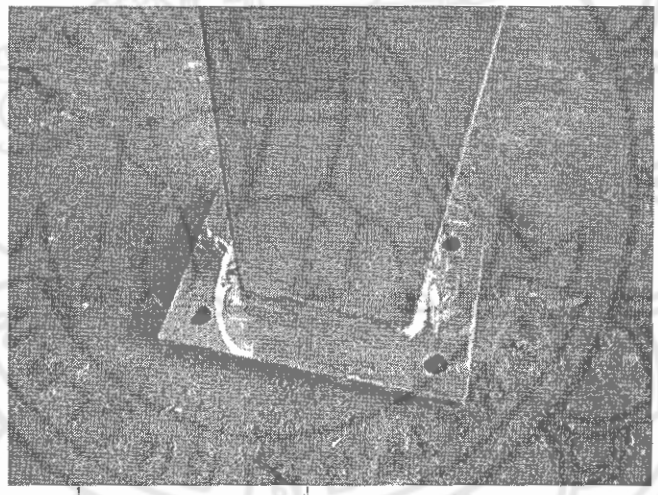


รูปที่ 3.24 รูปแสดงการเจาะรูบนโครงเครื่องร่อนเพื่อใส่ตุ๊กตา

ตัดเหล็กแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร ขนาด 130 X 180 มิลลิเมตร เพื่อสร้างฐานรองโครงสร้างจำนวน 6 แผ่น ขนาดดังนี้

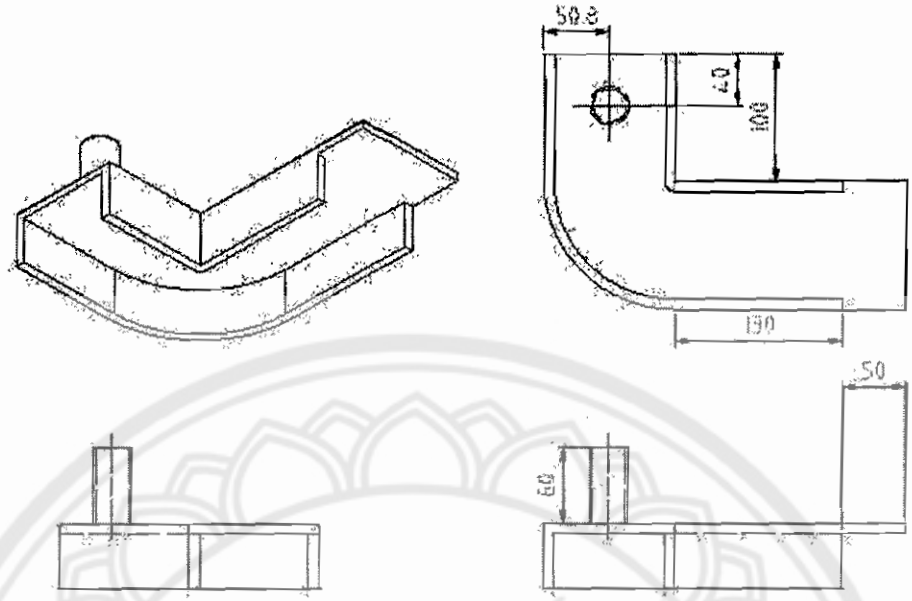


รูปที่ 3.25 รูปแสดงตำแหน่งการเจาะรู



รูปที่3.26 รูปแสดงการเชื่อมฐานรองเข้ากับโครงสร้าง

ทำการสร้างขารองสปริงทั้ง 4 อัน โดยเริ่มจากการนำเหล็กตัวยูตัดขนาดยาว 280 มิลลิเมตรทำการวัดจากด้านใดก็ได้ระยะ 100 มิลลิเมตรทำการตัดให้เหลือด้านข้างไว้ หลังจากนั้นดัดให้ได้ 90 องศา ส่วนอีกด้านวัดเข้ามา 50 มิลลิเมตรทำการตัดด้านข้างออกเพื่อเหลือส่วนบนไว้เชื่อมกับโครง หลังจากนั้นตัดเหล็กมาเชื่อมในส่วนของที่ตัดออกไป ตัดท่อขนาดหนึ่ง 1 นิ้วเชื่อมสำหรับบังคับสปริงให้อยู่บนขา



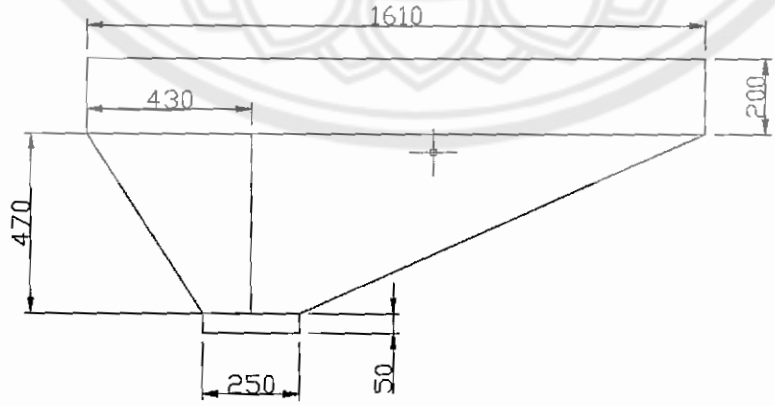
รูปที่ 3.27 รูปแสดงระยะที่เชื่อมท่อและระยะต่าง ๆ ของแขน

รูปที่ 3.28 รูปแขนหลังจากการเชื่อมเรียบร้อย

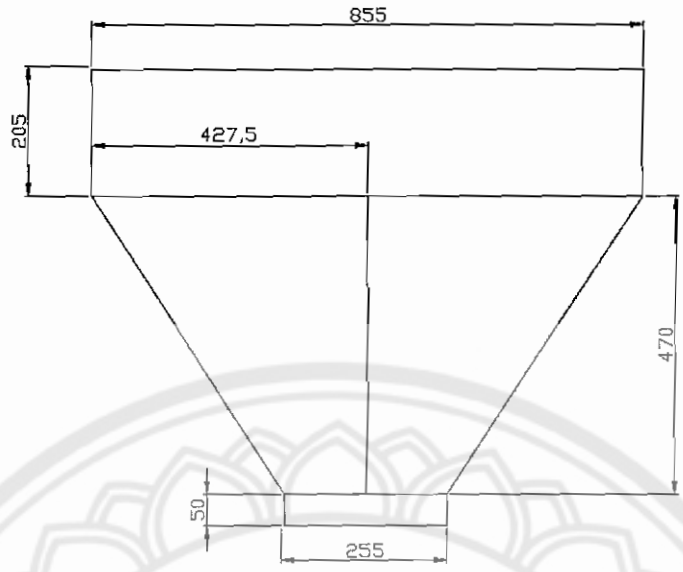
รูปที่ 3.29 รูปแสดงโครงสร้างของเครื่องร่อนกระดูกปลา

3.5.2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและประกอบในส่วนของกระบะ

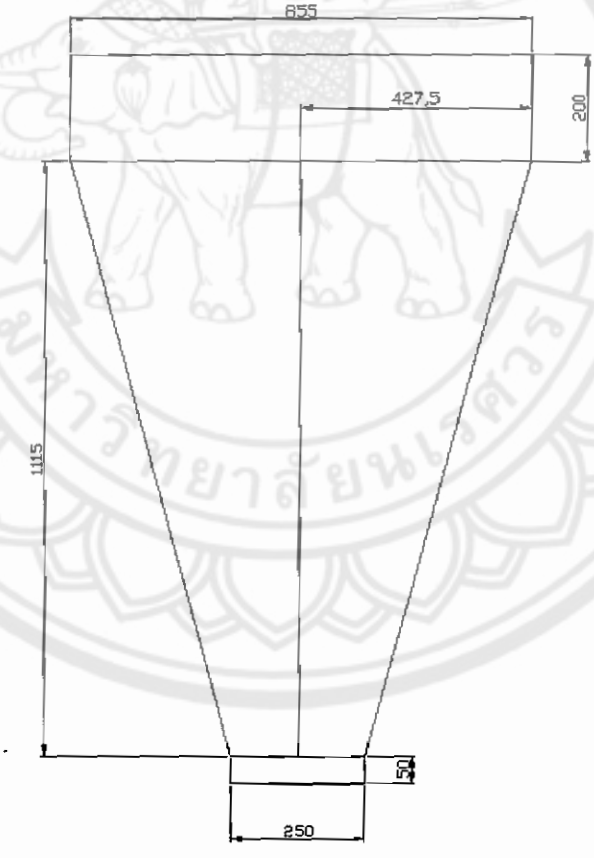
จากความต้องการความยาวของกระบะให้มีระยะการเคลื่อนที่ของปลาป่นเพิ่มมากขึ้น โดยเราจะนำเครื่องวางระหว่างเครื่องอบแห้งทั้งสองตัว ดังนั้นการออกแบบกระบะจึงเป็นส่วนสำคัญในการวางเครื่อง โดยจะวางเครื่องร่อนขวางระหว่างเครื่องอบแห้งระยะห่าง 2.50 เมตร ดังนั้นจึงจะออกแบบเครื่องให้ยาว 1.50 เมตร ส่วนที่เหลือจะไว้สำหรับการขนย้ายกระดูกออกไป แต่เมื่อสั่งแผ่นสแตนเลสขนาด 5 X 10 ฟุต หนา 3 มิลลิเมตร จากการเขียนแบบที่วาดไว้พบว่ายังมีพื้นที่เหลือจึงได้เพิ่มขนาดความยาวของกระบะเพิ่มได้อีก แบบกระบะจึงได้ออกมาดังรูป



รูปที่ 3.30 รูปแสดงขนาดด้านข้างของกระบะจำนวน 2 ชิ้น

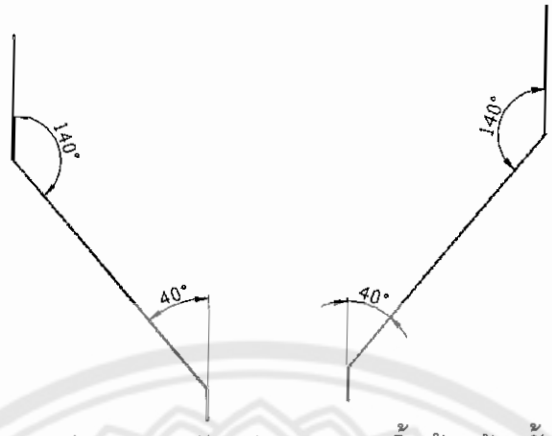


รูปที่ 3.31 รูปแสดงขนาดด้านหน้าของกระบะ จำนวน 1 ชิ้น



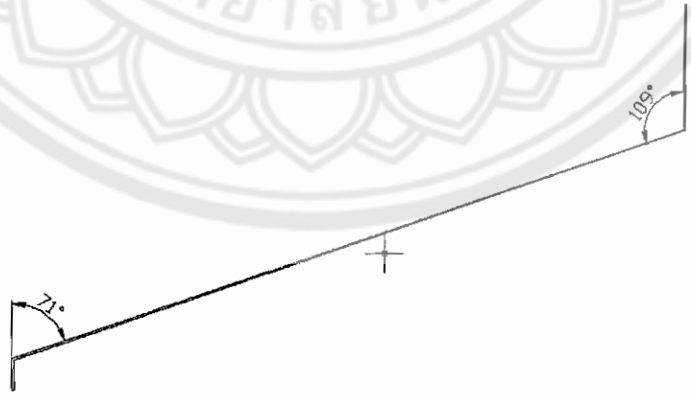
รูปที่ 3.32 รูปแสดงขนาดด้านหลังของกระบะ จำนวน 1 ชิ้น

หลังจากนั้นใช้เครื่องตัด Plasma ตัดแผ่นสแตนเลสที่เขียนไว้ตามแบบ และนำแผ่นที่ตัดพับ โดยใช้เครื่อง Press Break ตามมุมดังนี้



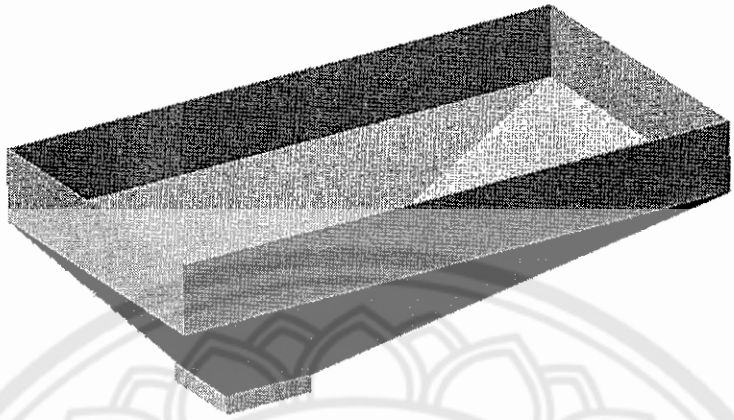
รูปที่ 3.33 รูปแสดงการพับแผ่นสแตนเลสชิ้นด้านข้างทั้งสองแผ่น

รูปที่ 3.34 รูปแสดงการพับแผ่นสแตนเลสชิ้นด้านหน้า



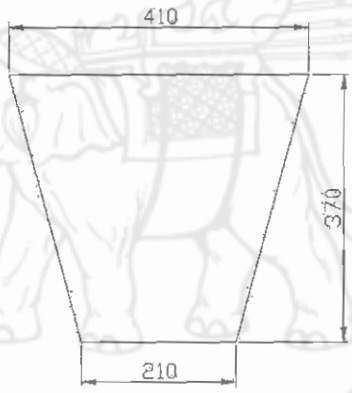
รูปที่ 3.35 รูปแสดงการพับแผ่นสแตนเลสชิ้นด้านหลัง

หลังจากนั้นทำการประกอบทั้ง 4 ชิ้นเพื่อขึ้นรูปเป็นกระบะโดยเชื่อมด้วยเครื่องเชื่อมอาร์กอน

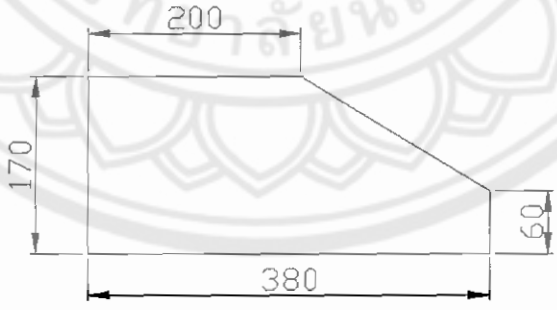


รูปที่ 3.36 รูปแสดงกระบะหลังการประกอบแผ่นสแตนเลสทั้ง 4 แผ่นเรียบร้อย

หลังจากการเชื่อมเรียบร้อยแล้วทำการตัดแผ่นสแตนเลสเพื่อเป็นทางออกของกระดูก ดังนี้

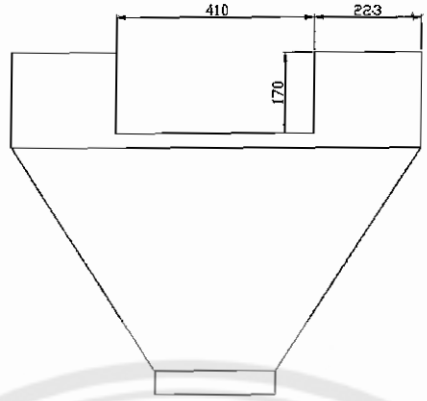


รูปที่ 3.37 รูปแสดงขนาดแผ่นสแตนเลสทางออกของกระดูกแผ่นล่าง

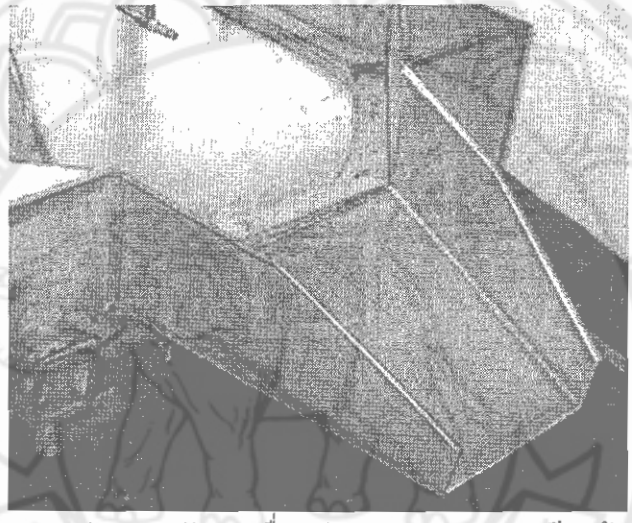


รูปที่ 3.38 รูปแสดงขนาดแผ่นสแตนเลสทางออกของกระดูกแผ่นข้าง

ทำการเชื่อมประกอบกันหลังจากนั้นทำการตัดส่วนหน้าของกระบะเพื่อใส่ปากทางออกของกระดูกดังรูป

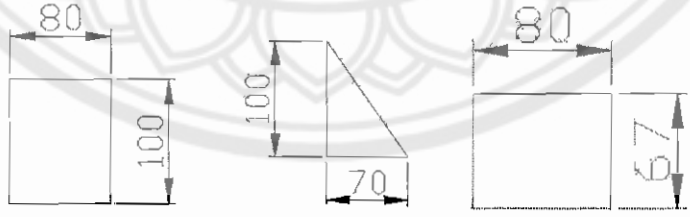


รูปที่ 3.39 รูปแสดงตำแหน่งที่ตัดกระบะทางด้านหน้าเพื่อใส่ปากทางออกกระดูก



รูปที่ 3.40 รูปแสดงหลังการเชื่อมปากทางออกกระดูกเรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนต่อไปสร้างฐานสำหรับเป็นที่ใส่สปริงยกกระบะมีทั้งสิ้น 4 จุด มีด้านหน้า 2 จุด และด้านหลัง 2 จุด ฐานกระบะด้านหน้าทำการตัดแผ่นสแตนเลสจำนวน 4 แผ่น ทั้งสิ้น 2 ชุด มีดังนี้



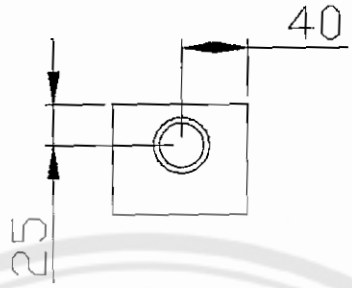
รูปที่ 3.41 รูปแสดงชิ้นส่วนของฐานใส่สปริงด้านหน้า

รูปด้านซ้าย ด้านหน้า จำนวน 1 ชิ้น

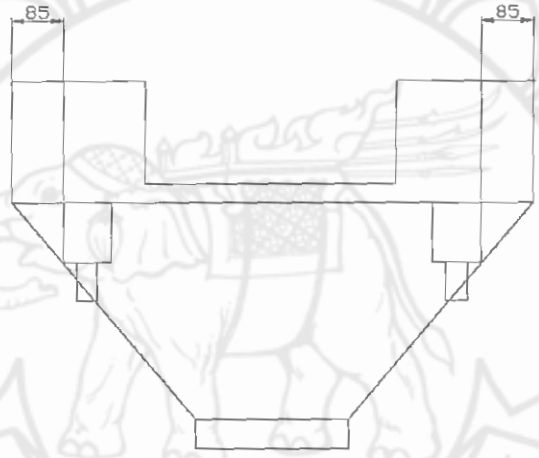
รูปกลาง แผ่นด้านข้าง จำนวน 2 ชิ้น

รูปด้านซ้าย แผ่นด้านล่าง จำนวน 1 ชิ้น

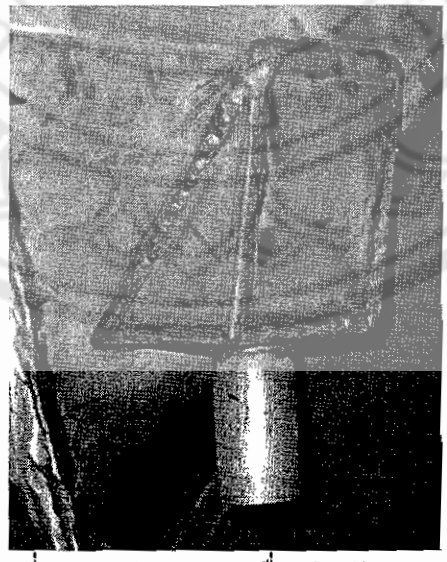
เมื่อเชื่อมเรียบร้อยแล้วทำการเชื่อมท่อซึ่งจะเป็นแกนสวมเพื่อใส่กับสปริง ตำแหน่งของการเชื่อมท่อ แสดงดังรูป



รูปที่ 3.42 รูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมท่อของฐานใส่สปริงด้านหน้ากระบะ

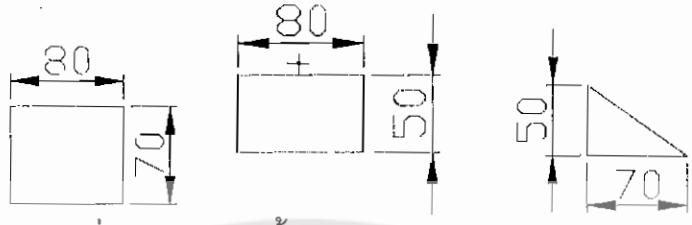


รูปที่ 3.43 รูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมฐานใส่สปริงติดกับตัวกระบะ



รูปที่ 3.44 รูปแสดงการเชื่อมติดกับกระบะ

ทำการเชื่อมฐานใส่สปริงทางด้านหลังฐานกระบะด้านหน้า โดยทำการตัดแผ่นสแตนเลสจำนวน 4 แผ่น ทั้งสิ้น 2 ชุด มีดังนี้



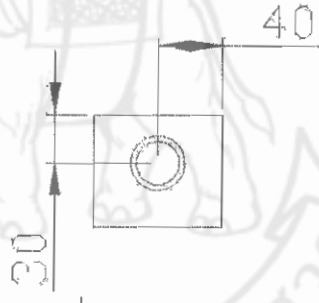
รูปที่ 3.45 รูปแสดงชิ้นส่วนของฐานใส่สปริงด้านหลัง

รูปด้านซ้าย แผ่นด้านล่าง จำนวน 1 ชิ้น

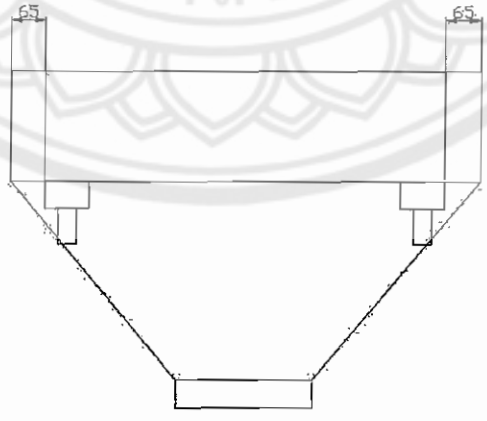
รูปกลาง แผ่นด้านหน้า จำนวน 1 ชิ้น

รูปด้านซ้าย แผ่นด้านข้าง จำนวน 2 ชิ้น

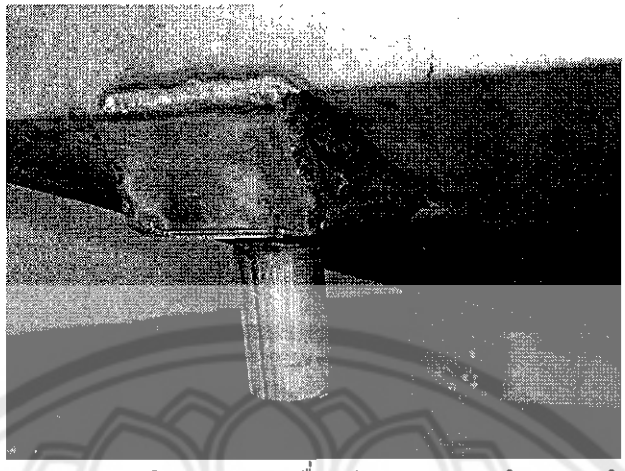
เมื่อเชื่อมเรียบร้อยแล้วทำการเชื่อมท่อซึ่งจะเป็นแกนสวมเพื่อใส่กับสปริง ตำแหน่งของการเชื่อมท่อ แสดงดังรูป



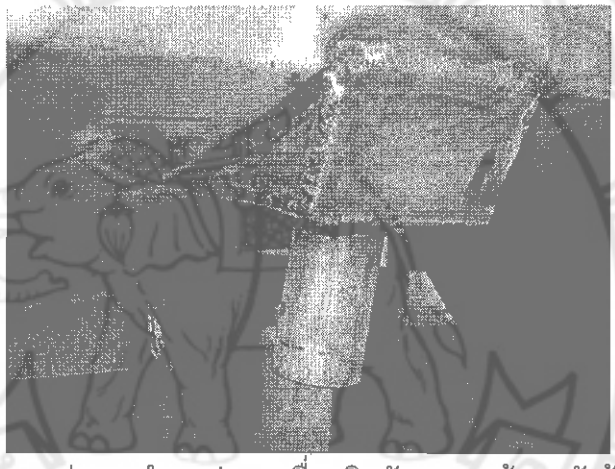
รูปที่ 3.46 รูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมท่อของฐานใส่สปริงด้านหลังกระบะเชื่อมติดกับกระบะด้านหลังที่ตำแหน่งดังรูป



รูปที่ 3.47 รูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมฐานใส่สปริงติดกับกระบะ

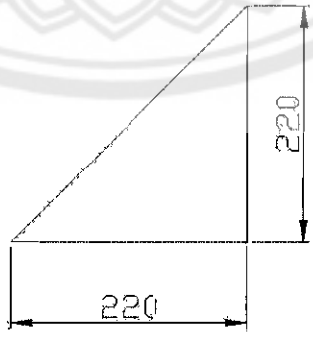


รูปที่ 3.48 รูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมติดกับกระบะด้านหลังด้านซ้าย



รูปที่ 3.49 รูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมติดกับกระบะด้านหลังด้านขวา

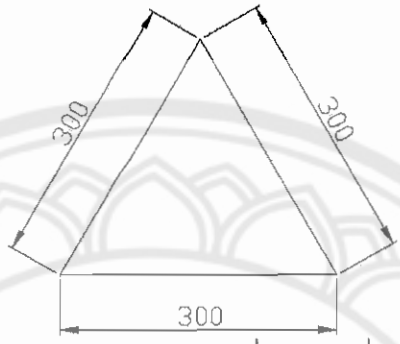
ทำการเชื่อมเสริมความแข็งแรงของกระบะด้านหน้าและเป็นการบังคับให้กระดูกปลาออกทางด้านทางออกด้วย เริ่มโดยการตัดแผ่นสแตนเลสรูปสามเหลี่ยมมุมฉากขนาดดังรูป จำนวน 2 แผ่น



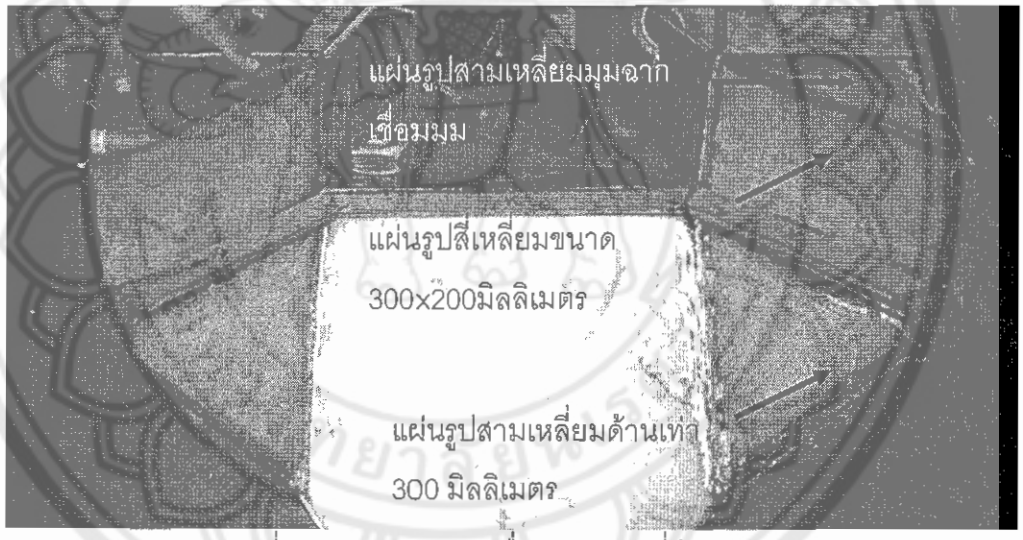
รูปที่ 3.50 รูปแสดงขนาดของแผ่นเสริมความแข็งแรงที่มุมด้านหน้ากระบะ

หลังจากนั้นทำการติดที่มุมทั้งสองของกระบะ ทำการตัดแผ่นสแตนเลสรูปสี่เหลี่ยมขนาด 300 X 200 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น เพื่อเชื่อมปิดขอบด้านใน แต่ยังมีส่วนช่วงว่างทางด้านล่าง

จึงต้องตัดแผ่นสแตนเลสรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 2 แผ่น ขนาด 300 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่นติดดังรูป

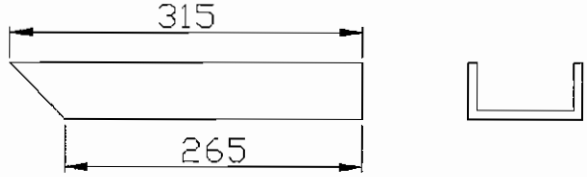


รูปที่ 3.51 รูปแสดงแผ่นสามเหลี่ยมด้านเชื่อมปิดด้านล่าง



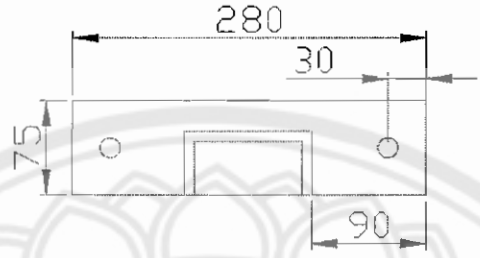
รูปที่ 3.52 รูปแสดงการเชื่อมของแผ่นที่นำมาเสริม

สร้างขาของกระบะเพื่อติดตั้งตุ๊กตาที่จะสวมเข้ากับเพลาเยื้องศูนย์ ทำการตัดเหล็กตัว U ขนาด 4 X 2 นิ้ว ขนาดดังรูป จำนวน 2 ชิ้น



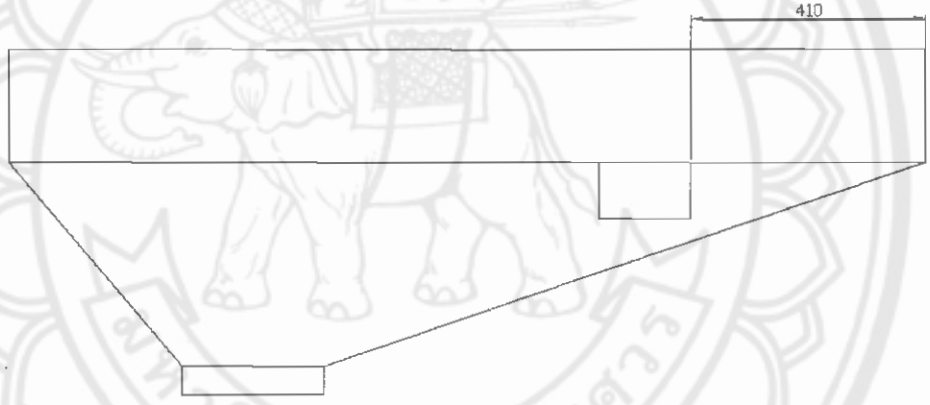
รูปที่ 3.53 รูปแสดงขนาดของขากระบะ

ตัดแผ่นเหล็กเพื่อเป็นฐานยึดกับตัวตุ๊กตา แผ่นเหล็กที่ใช้ขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร กว้าง X ยาว เท่ากับ 280 X 75 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น ขนาดดังรูป ทำการเจาะรูเพื่อยึดตุ๊กตา ขนาดรู 18 มิลลิเมตร เสร็จแล้วทำการเชื่อมยึดติดกับเหล็กรูปตัวยูลักษณะดังรูป



รูปที่ 3.54 รูปแสดงขนาดของเหล็กแผ่นและตำแหนงการเชื่อมติดกับเหล็กตัวยู

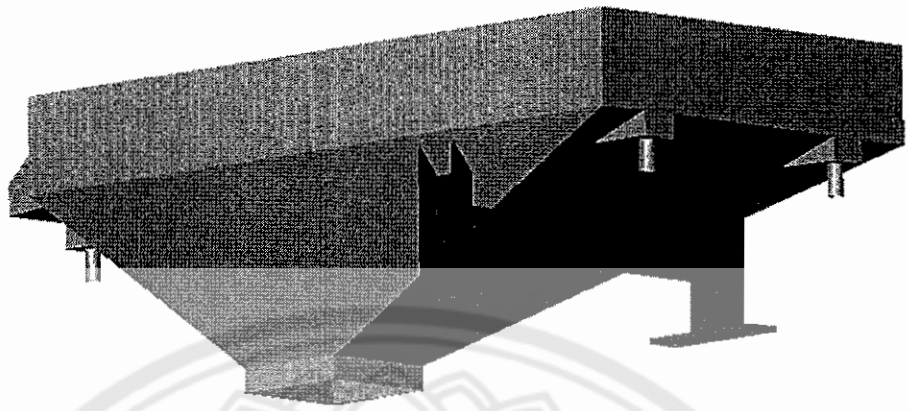
ตัดแผ่นสแตนเลสรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อเชื่อมติดกับกระบะก่อนเชื่อมขาติด เพื่อเสริมความแข็งแรง ขนาด 160 X 100 มิลลิเมตร ทำการเชื่อมที่ตำแหน่งดังรูป



รูปที่ 3.55 รูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมแผ่นเสริม

เมื่อเชื่อมแผ่นเสริมเรียบร้อย เชื่อมขาติดเข้าไปในตำแหน่งตรงกลางแผ่น หลังจากนั้นตัดเหล็กตัวยูเชื่อมระหว่างขาทั้งสองฝั่ง ขนาดของเหล็กดังรูป

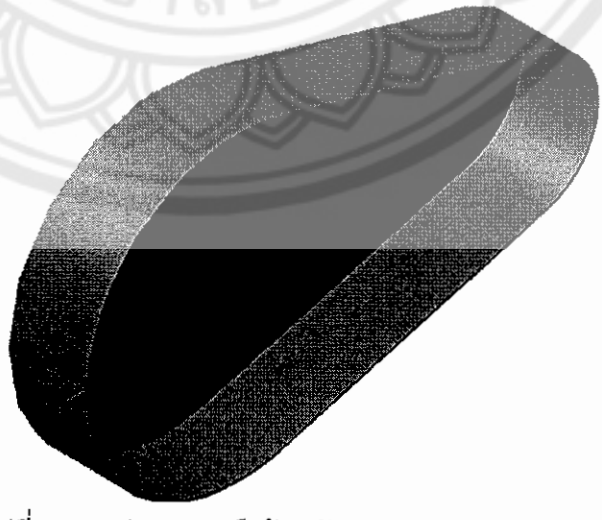
รูปที่ 3.56 รูปแสดงคานเหล็กระหว่างขาทั้งสอง



รูปที่ 3.57 รูปแสดงการเชื่อมคานเหล็กและขากระบะทั้งสอง

3.5.3 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและประกอบในส่วนของฝาครอบสายพาน

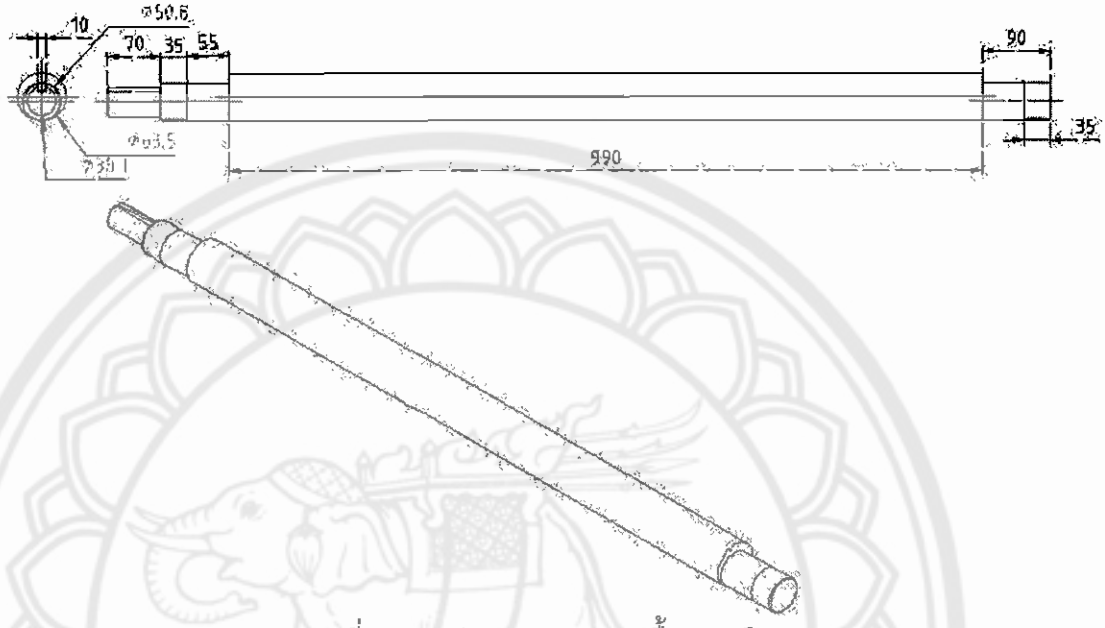
ให้ทำการขยับมอเตอร์ออกจากเพลาเยื้องศูนย์ เพื่อหาระยะห่างมากที่สุดที่สามารถตั้งสายพานได้โดยไม่ติดฝาครอบสายพาน ระยะที่ได้คือ 300 มิลลิเมตร ทำการเขียนแบบลงในแผ่นสแตนเลส หนา 3 มิลลิเมตรโดยระยะห่าง 300 มิลลิเมตร ปลายอีกด้านวาดวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร อีกด้านวาดวงกลมขนาด 320 มิลลิเมตร เขียนเส้นสัมผัสวงกลมทั้งสองเส้น ทำการตัดด้วยเครื่องตัด Plasma หลังจากนั้น ตัดแผ่นสแตนเลสหนา 3 มิลลิเมตร ยาว 1365 มิลลิเมตร กว้าง 80 มิลลิเมตรทำการดัดเข้ารูปกับขอบของแผ่น เชื่อมด้วยเครื่องเชื่อมอาร์กอนให้รอบ สำหรับขาของฝาครอบติดตั้งโดยทำการลองประกอบฝาครอบสายพานเพื่อดูการเสียดสีถ้าไม่เสียดสีให้ทำตำแหน่งติดตั้งขายึดกับโครงเครื่องร่อนไว้แล้วจึงเชื่อมขา หากเสียดสีให้ทำการขยับเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม



รูปที่ 3.58 รูปแสดงการ์ดป้องกันอันตรายจากสายพาน

3.5.4 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและประกอบในส่วนประกอบต่าง ๆ

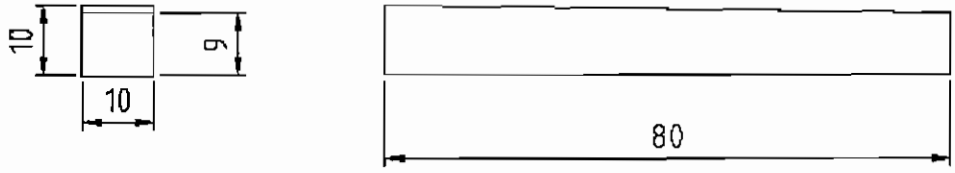
1) ทำการเขียนแบบเพื่อสั่งให้ผู้รับเหมาด้านนอกกลึงเพลา ขนาดดังรูป

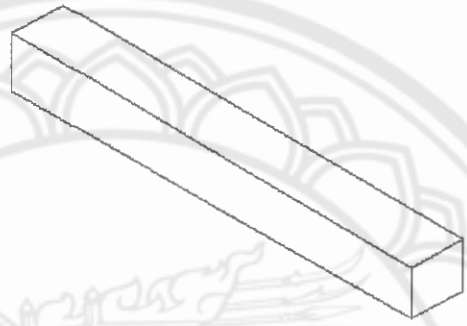


รูปที่ 3.59 รูปขนาดของเพลาเยื้องศูนย์

นำเพลาขนาด 2.5 นิ้วความยาวรวม 1240 มิลลิเมตร ทำการกลึงทางปลายด้านขวาให้เหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 90 มิลลิเมตร และด้านซ้ายยาว 160 มิลลิเมตร โดยการกลึงต้องใช้เครื่องกลึงที่เป็นหัวจับอิสระเพื่อขยับจุดศูนย์กลางของเพลาได้เพื่อกลึงให้เกิดจุดหมุนของเพลาเปลี่ยนไป ด้านขวาทำเกลียวจากปลายเข้ามา 35 มิลลิเมตร ด้านซ้ายนั้นกลึงให้เล็กลงอีกจนเหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ยาว 70 มิลลิเมตรจากปลาย หลังจากนั้นทำร่องลิ่มขนาดกว้าง 10 มิลลิเมตร ลึก 5 มิลลิเมตร ร่องมีความยาว 70 มิลลิเมตรจากปลาย ทำเพื่อให้ลิ่มเข้ากับพูลเล่ย์ ในส่วนของเพลาขนาด 2 นิ้ว ทำเกลียวเข้ามา 35 มิลลิเมตร เป็นอันเรียบร้อยในส่วนของเพลาเยื้องศูนย์

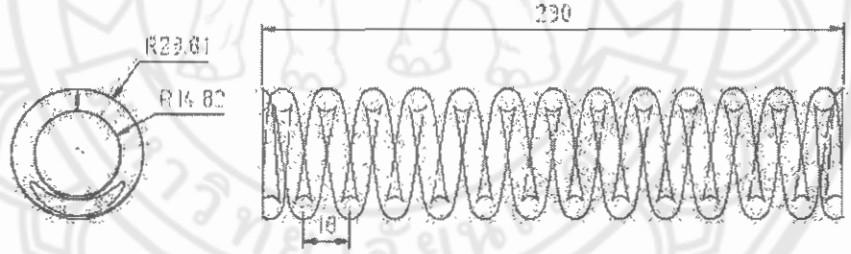
2) สร้างลิ่มเพื่อใส่พูลเล่ย์เข้ากับเพลาเยื้องศูนย์

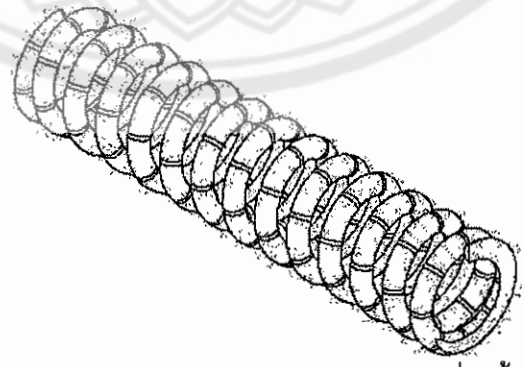




รูปที่ 3.60 รูปแสดงลิ่มที่ใส่ระหว่างเพลาเยื้องศูนย์และพูลเล่ย์ตาม

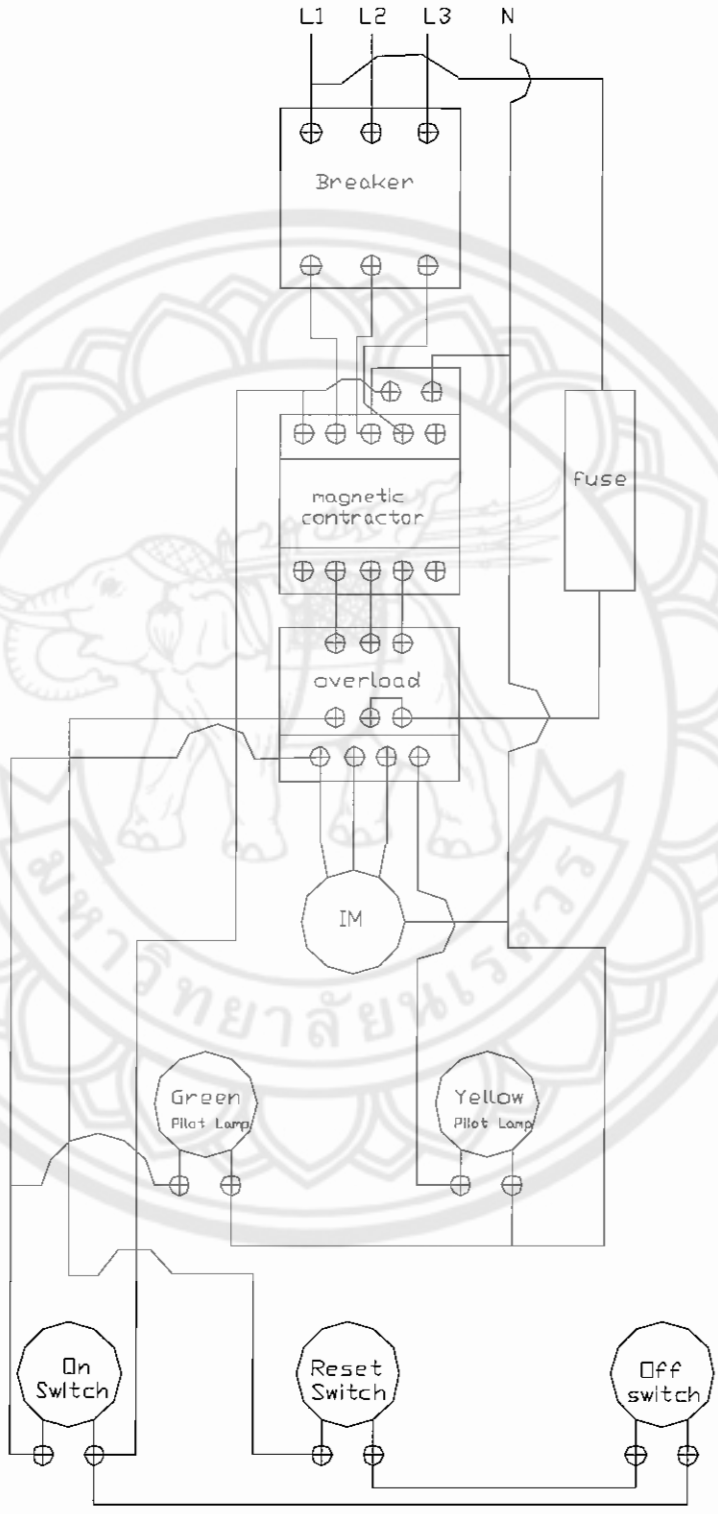
3) สปริงที่สำหรับรองฐานกระบะมีขนาดดังนี้



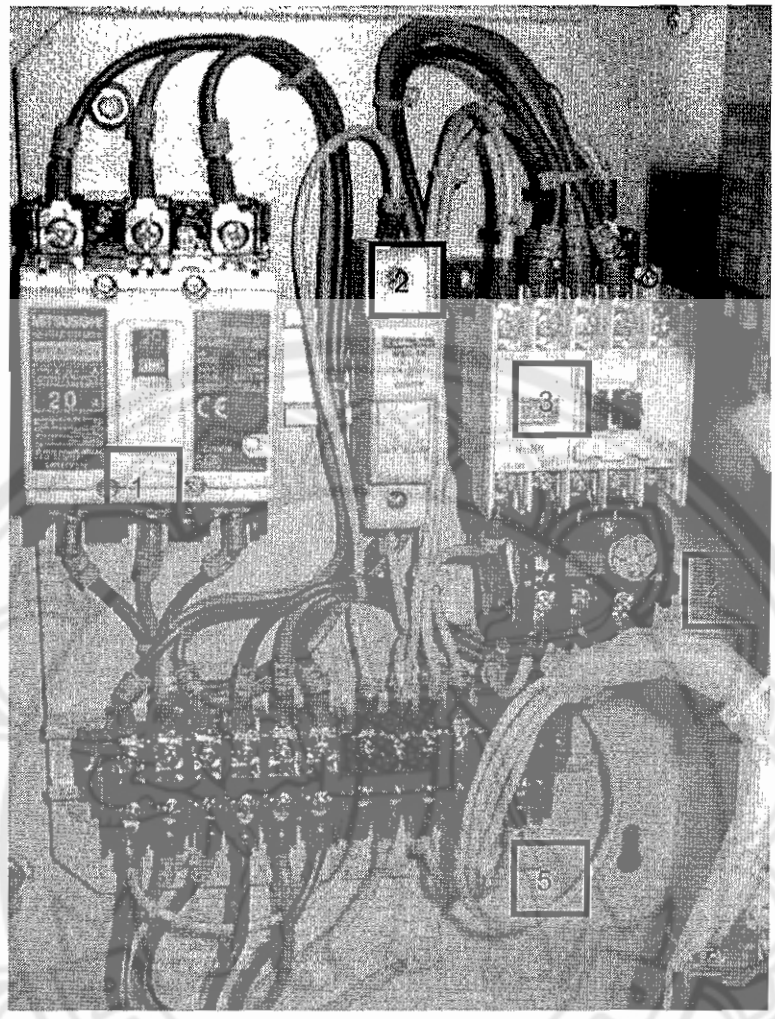


รูปที่ 3.61 รูปแสดงขนาดของสปริงรองกระบะที่ใช้ทั้ง 4 ตัว

3.6 วงจรไฟฟ้าและส่วนประกอบในตู้ไฟ



รูปที่ 3.59 รูปแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องร่อนกระดูกปลา

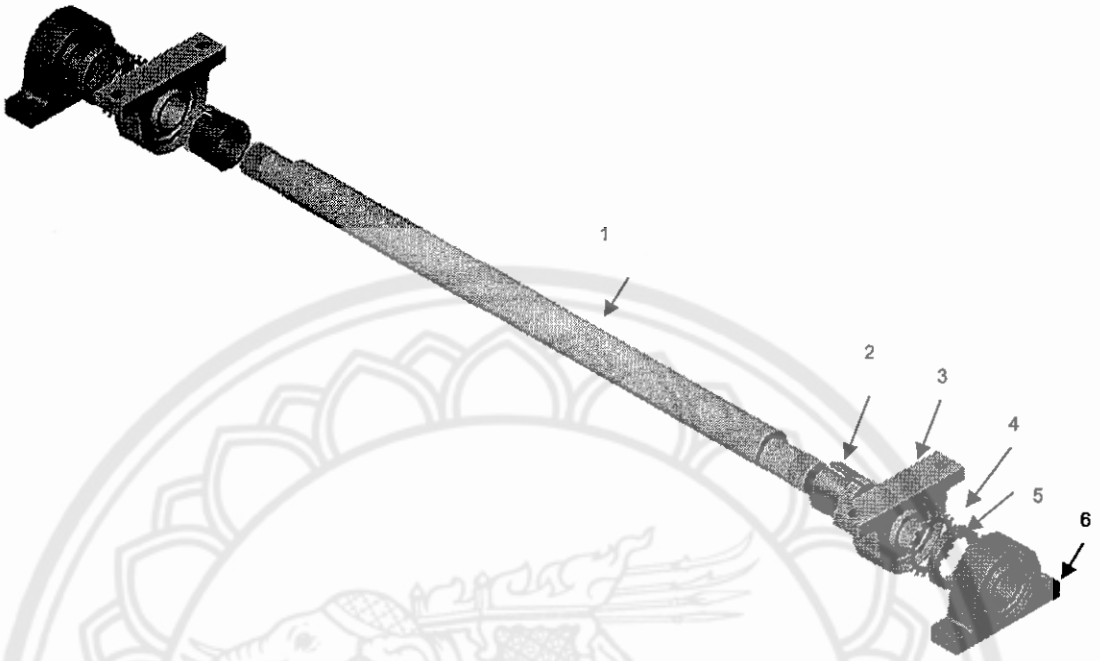


รูปที่ 3.63 รูปแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าในตู้ไฟที่เสร็จเรียบร้อย

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงรายชื่ออุปกรณ์ภายในตู้ไฟ

หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	เบรกเกอร์
2	ฟิวส์
3	แมกเนติกส์ คอนแทคเตอร์
4	โอเวอร์โหลด
5	เทอร์มินัล

3.7 ขั้นตอนการประกอบเครื่องร่อนกระดูกปลา

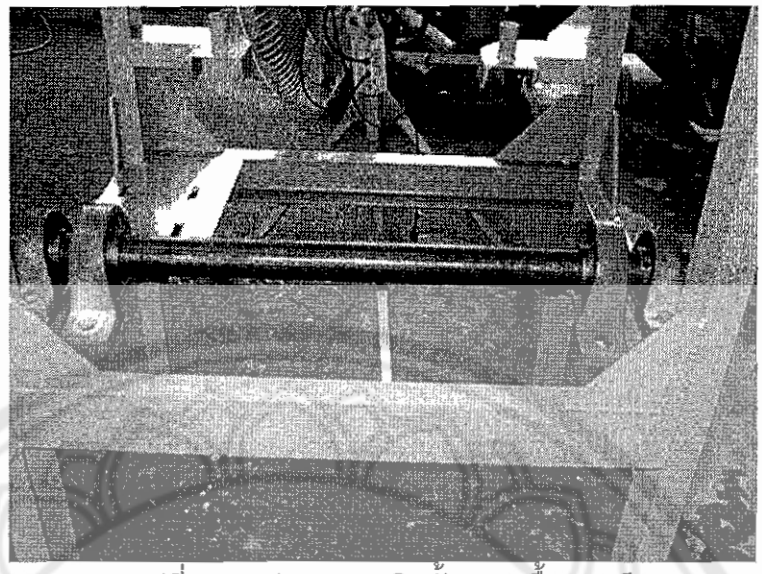


รูปที่ 3.64 รูปแสดงการประกอบในส่วนเพลาเยื้องศูนย์

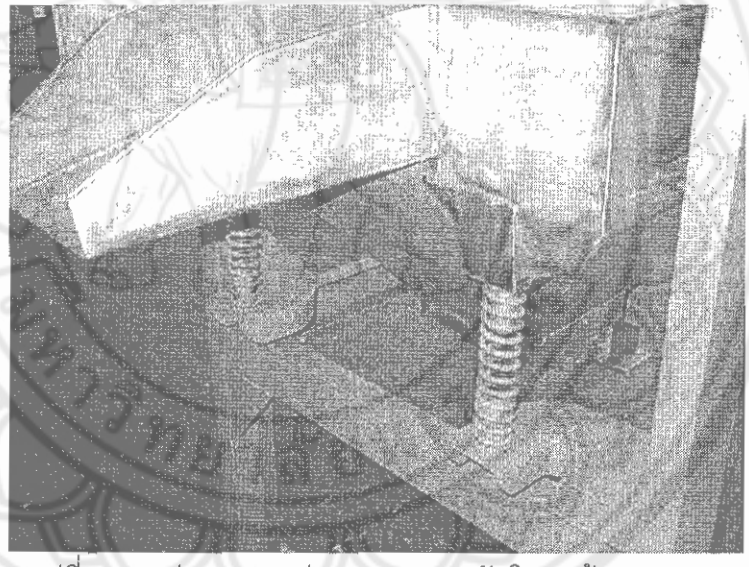
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงรายชื่อชิ้นส่วนของเพลาเยื้องศูนย์

หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	ปลอกรัดเพลา SKF HE2315 2.5 นิ้ว
2	ตุ๊กตา SKF SY 511 M พร้อมตลับลูกปืน
3	ตุ๊กตา ASAHI P215 พร้อมตลับลูกปืน
4	แหวนล๊อค
5	แป้นเกลียวล๊อค
6	เพลาเยื้องศูนย์

ในการประกอบส่วนของเพลาเยื้องศูนย์นั้นหมายเลย 3 ตุ๊กตา ASAHI P215 พร้อมตลับลูกปืน ทำหน้ายึดติดกับกระบะ สำหรับตุ๊กตาตัวนี้ต้องการให้หมุนตามเพลาจึงต้องใส่ปลอกรัดเพลาเข้าไป เรียบร้อยแล้วใส่แหวนล๊อค แป้นล๊อคเกลียว เพื่อขันให้ปลอกรัดเพลาที่มีลักษณะเป็นเทเปอร์รัดเพลากับตุ๊กตาให้พอขยับได้ (ขันแน่นหลังประกอบเรียบร้อย) หลังจากนั้นใส่ตุ๊กตา ASAHI P215 พร้อมตลับลูกปืน เพื่อใส่เข้ากับโครงของเครื่องร่อนต่อไป



รูปที่3.65 รูปแสดงการติดตั้งเพลาเยื้องศูนย์

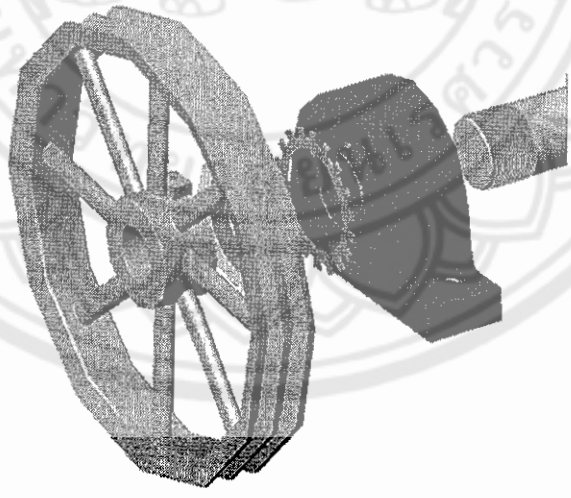


รูปที่ 3.66 รูปแสดงการประกอบกระบะกับโครงสร้าง

โครงเครื่องฯ ที่ทำการเชื่อมขาใส่สปริงแล้ว ทำการใส่สปริงเข้ากับขาทั้งสี่หลังจากนั้นนำกระบะที่เชื่อมเรียบร้อยแล้วประกอบเข้าด้วยกันโดยใส่ขาใส่สปริงของที่กระบะเข้ากับสปริงที่โครงเครื่องฯ หลังจากนั้นนำในส่วนของเพลาเยื้องศูนย์มาติดตั้งโดยใส่แหวนล๊อคและแป้นเกลียวเมื่อขันน๊อตแน่นทั้งสองด้านแล้วแล้วจึงทำการทำการขัน ตุ๊กตา ASAHI P215 พร้อมตลับลูกปืนเข้ากับโครง หลังจากนั้นทำการหมุนตุ๊กตา ASAHI P215 พร้อมตลับลูกปืนให้เข้ากับขากระบะทำการ

ขยับให้เข้าตำแหน่งทั้งสองด้านทำการขันให้แน่น หลังจากขันแป้นเกลียวของปลอกรัดเพลาให้แน่น

รูปที่3.67 รูปแสดงการใส่ตุ๊กตาส่วนของ Eccentric เข้ากับขากระบะ



รูปที่ 3.68 รูปแสดงการใส่พูลเล่ย์ตามในส่วนของเพลาเยื้องศูนย์

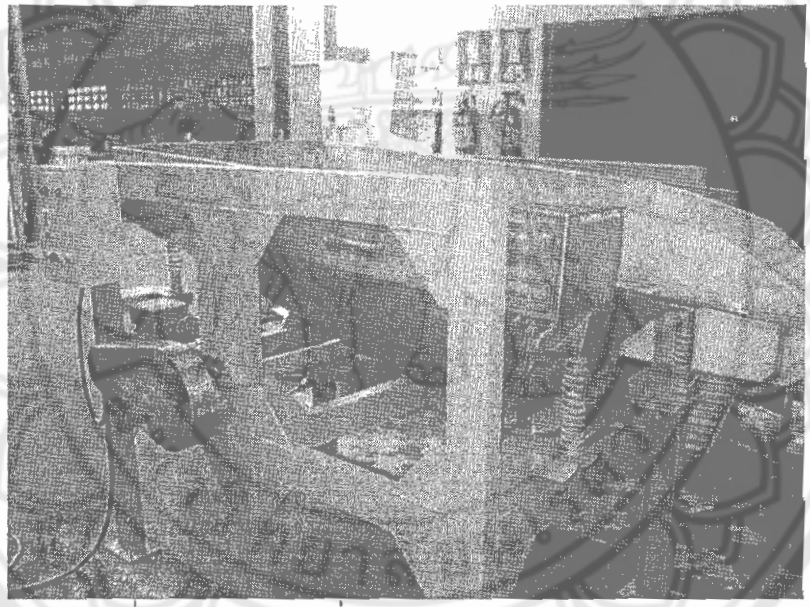
หลังจากทำการประกอบในส่วนของเพลาเยื้องศูนย์เข้ากับโครงเครื่องเรียบร้อย ใส่ในส่วนของพูลเล่ย์ตามที่รับแรงจากมอเตอร์ เพลาเยื้องศูนย์จะมีร่องลิ่มทำการใส่พูลเล่ย์เข้ากับเพลาฯ

หลังจากนั้นใส่ลิ่มที่ทำขึ้น ก่อนใส่ควรหยอดน้ำมันเล็กน้อย หลังจากนั้นเมื่อวัดระยะได้แล้วทำการตอกลิ่มเข้าไปในร่องลิ่มให้แน่นพอสมควรขันน็อตที่พูลเล่ย์เพื่อยึดให้ลิ่มไม่คลายตัว

จัดการใส่มอเตอร์เข้ากับโครงเครื่อง มอเตอร์ขันน็อตฐานให้แน่นพอที่จะขยับมอเตอร์ได้ ใส่พูลเล่ย์ขับเข้ากับมอเตอร์ ใส่สายพาน V ร่อง B – 45 จำนวน 2 เส้น ทำการปรับตั้งจนได้ความตึงของมอเตอร์จึงขันน็อตยึดมอเตอร์ทั้งสี่ตัวให้แน่น

หลังจากนั้นติดตั้งตู้ไฟที่ทำการติดอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วเจาะรูของโครงและตู้ไฟโดยดูตำแหน่งที่เหมาะสม ยึดน็อตให้แน่นทำการต่อสายไฟเข้ากับมอเตอร์

ติดตั้งการ์ดป้องกันอันตรายจากมอเตอร์โดยเจาะรูของโครงและนำการ์ดไปติดขันน็อตยึดการ์ดให้แน่น ทดลองเดินเครื่องเพื่อทดสอบว่าการ์ดเสียดสีหรือไม่ หากเสียดสีทำการดัดขาการ์ดจนกระทั่งไม่เกิดการเสียดสี



รูปที่ 3.69 รูปแสดงเครื่องร่อนหลังการประกอบเรียบร้อย

3.8 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทำการทดสอบได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ชุดคือ ชุดแรกเป็นการทดสอบเพื่อหาคุณลักษณะของปลาที่ไม่ได้ทำการร่อนเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของกระดูกที่มีในปลาป่น ความหนาแน่นของปลาป่น และการกระจายตัวของขนาดปลาป่น ชุดสองเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องร่อนเพื่อหาผลต่างของอุณหภูมิของปลาป่นก่อนทำการร่อนและหลังร่อน อัตราการทำงาน และการปะปนของเนื้อปลาที่มีอยู่ในกระดูก การทดสอบชุดสองกำหนดพูลเล่ย์ขับ 4 นิ้ว แอมปลิจูด 6.35 มิลลิเมตร มีการเปลี่ยนพูลเล่ย์ตามทั้งสิ้น 3 ขนาดคือขนาด 7 , 9 และ10 นิ้ว

เพื่อให้เพลาเยื้องศูนย์หมุนด้วยความเร็วที่แตกต่างกันและทำให้กระบะเคลื่อนที่ขึ้นลงเกิดความถี่ที่ 14.2 , 11.0 , 9.9 Hzตามลำดับ ขั้นตอนของการทดสอบมีดังนี้

3.8.1) ทดสอบเพื่อหาคุณลักษณะของปลาป่นที่ไม่ทำการร่อน

3.8.1.1) ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของกระดูกที่มีในปลาป่น

1. ทำการสุ่มตักปลาป่นมีกระดูกจากถังเก็บปลาขึ้นมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.5 kg
2. ทำการร่อนจนเหลือแต่เพียงกระดูก
3. ชั่งน้ำหนักของกระดูกปลาที่เหลือ
4. คิดเปอรเซ็นต์ของกระดูกที่ปนอยู่ในเนื้อปลาจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของกระดูกที่ปน} = \frac{\text{น้ำหนักกระดูกที่ทำการร่อน}}{\text{น้ำหนักของปลาป่นที่มีกระดูกปน}} \times 100\%$$

5. บันทึกผลที่ได้ลงในตารางบันทึกผล
6. ทำการทดสอบซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-5 โดยทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

3.8.1.2) ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นของปลาป่นที่มีกระดูก

1. ทำการสุ่มตักปลาป่นมีกระดูกใส่ภาชนะขนาด 74x77x56 มิลลิเมตร
2. ทำการชั่งน้ำหนักที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
3. ทำการแทนค่าลงในสมการ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

m คือ น้ำหนักที่นำการชั่ง

v คือ ปริมาตรของภาชนะเท่ากับ 0.000319 m^3

4. ทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.8.1.3) ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาการกระจายตัวขนาดของปลาป่น

1. ทำการสุ่มตักปลาป่นมีกระดูกจากถังเก็บปลาขึ้นมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 100 g
2. ใส่ปลาป่นลงในตะแกรงชั้นบนสุดเพื่อนำไปใส่เครื่องสั่น
3. เรียงตะแกรงโดยขนาดจากรูจะมีขนาดใหญ่ไล่ขึ้นมาจนเล็กที่สุด ตามลำดับ คือ เริ่มเรียงตามเบอร์ตะแกรงจากเบอร์ 6 , 12 , 20 , 30 , 40 , 50 , 70 ,100 , 140 , 200 , 270 และที่ผ่านเบอร์ 270 ปิดตะแกรงเพื่อไม่ให้ปลาป่นหก
4. แล้วนำไปสั่นประมาณ 10 – 20 นาที
5. เสร็จแล้วชั่งน้ำหนักปลาป่นที่มีอยู่ในตะแกรงแต่ละอัน

6. นำข้อมูลที่ได้มากรอกลงตารางบันทึกผล
7. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-6 ใหม่อีก 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.8.2) ทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องร่อนกระดูกปลา

3.8.2.1) ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาผลต่างของอุณหภูมิขาเข้าและขาออก

1. ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟาเรด (Infrared inspection or thermography) วัดอุณหภูมิปลาที่ขาเข้าและขาออกเครื่องร่อน
2. ทำการวัดอุณหภูมิทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย
3. บันทึกผลที่ทำการทดสอบลงในตารางบันทึกผล
4. ทำการทดสอบใหม่ตั้งแต่ข้อ 1-4
5. เมื่อทำการทดสอบเรียบร้อยแล้วทำการเปลี่ยนพูลเล่ย์ตามซึ่งทำการทดลองเช่นเดียวกัน

3.8.2.2) ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาอัตราการทำงาน

1. ปิดทางออกของกระดูกทางด้านหน้ากระบะ
2. ทำการชั่งน้ำหนักของปลาป่นแล้วทำการเติมให้เต็มกระบะ
3. ทำการเดินเครื่องร่อนจนกระทั่งเหลือแต่กระดูก
4. บันทึกผลที่ทำการทดสอบลงในตารางบันทึกผล
5. ทำการทดสอบใหม่ตั้งแต่ข้อ 1-4 จำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย
6. เมื่อทำการทดสอบเรียบร้อยแล้วทำการเปลี่ยนพูลเล่ย์ตาม ซึ่งทำการทดลองเช่นเดียวกัน

3.8.2.3) ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาการปะปนปลาป่นในกระดูก

1. ทำการเก็บตัวอย่างกระดูกที่ร่อนออกมาจากปากกระบะของเครื่องร่อน
2. ชั่งน้ำหนักของกระดูกให้ได้ 100 g
3. ใส่กระดูกลงในตะแกรงชั้นบนสุดเพื่อนำไปใส่เครื่องสั่น
4. เรียงตะแกรงโดยขนาดจากรูจะมีขนาดใหญ่ไล่ขึ้นมาจนเล็กที่สุด ตามลำดับ คือ เริ่มเรียงตามเบอร์ตะแกรงจากเบอร์ 6 , 12 , 20 , 30 , 40 , 50 , 70 ,100 , 140 , 200 , 270 และที่ผ่านเบอร์ 270 ปิดตะแกรงเพื่อไม่ให้ปลาป่นหก
5. แล้วนำไปสั่นประมาณ 10 – 20 นาที

6. ชั่งน้ำหนักกระดูกที่มีอยู่ในตะแกรงแต่ละชั้น
7. ชั่งน้ำหนักปลาป่นที่มีอยู่ในตะแกรงแต่ละชั้น
8. นำข้อมูลบันทึกลงตารางบันทึกผล
9. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ1-8 ใหม่อีก 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย
10. เมื่อทำการทดสอบเรียบร้อยให้ทำการเปลี่ยนพูลเล่ย์ตาม ซึ่งทำการทดลองเช่นเดียวกัน