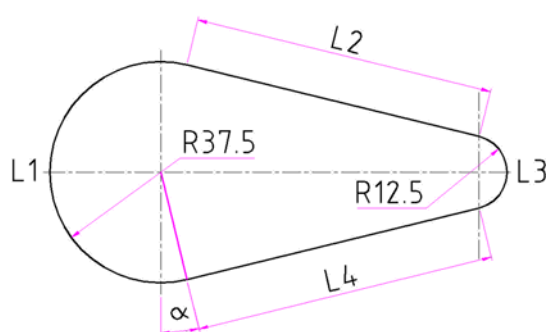


ภาคผนวก ก

การคำนวณ

ก.1 การคำนวณแรงขึ้นรูปลึก

แรงในการขึ้นรูปสามารถหาได้จากสมการที่ 2.11 มีการคำนวณโดยการประมาณค่าดังแสดงวิธีนี้ [3]



รูปที่ ก.1 เส้นขอบรูปของชิ้นงานหาความยาว Lt (L Total)

เมื่อ L2 กับ L4 เป็นเส้นตรงที่มีขนาดเท่ากันและ L1 กับ L3 เป็นเส้นโค้ง R1 = 37.5 มม. R2 = 12.5 มม. ตามลำดับเพื่อหามุม α

$$\sin \alpha = \frac{R1+R2}{105}$$

แทนค่าในสมการ

$$\sin \alpha = \frac{37.5+12.5}{105} = \frac{25}{105}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{25}{105} = 13.77 \text{ องศา}$$

$$L2 = L4 = 105 \cos \alpha$$

$$= 105 \cos 13.77$$

$$L2 = L4 = 102 \text{ มม.}$$

หาค่า L1 และ L3 ที่สัมผัสส่วนโค้งของ R1 และ R2

$$L1 = \frac{\pi(180+2\alpha)R1}{180}$$

$$L1 = \frac{\pi(180+2 \times 13.77) \times 37.5}{180}$$

$$L1 = 135.8 \text{ มม.}$$

$$L3 = \frac{\pi(180+2\alpha)R2}{180}$$

$$L3 = \frac{\pi(180+2 \times 13.77) \times 12.5}{180}$$

$$L3 = 33.3 \text{ มม.}$$

$$L_t = L1+L2+L3+L4$$

$$L_t = 135.5+102+102+33.3$$

$$L_t = 373.1 \text{ มม.}$$

$$\text{แทนค่าในสมการที่ 2.11} \quad F_d = \frac{241+321}{2} \times 373.1 \times 1.0$$

$$F_d = \frac{104841}{1000} \text{ N หรือ } = 104.84 \text{ kN}$$

ก.2 แรงกดยึดแผ่นขึ้นงาน [3]

แรงกดยึดแผ่นขึ้นงานสามารถหา ดังนี้

$$\text{หาค่า } h = \sqrt{105^2 - (37.5 - 12.5)^2} = 1.1.98 \text{ มม.}$$

$$A_0 = \frac{207.54}{360} \pi (75)^2 + \frac{152.46}{360} \pi (38)^2 + \frac{78+48}{2} 101.98 + \frac{81+46}{2} 101.98$$

$$A_0 = 25468.17 \text{ มม.}^2 \text{ หรือ } \cong 25486 \text{ มม.}^2$$

$$A_{st} = \frac{207.54}{360} \pi (37.5)^2 + \frac{152.46}{360} \pi (12.5)^2 + 2 \left[\frac{37.5+12.5}{2} 101.98 \right]$$

$$A_{st} = 7853.78 \text{ มม.}^2 \text{ หรือ } \cong 7854 \text{ มม.}^2$$

คำนวณหาค่า k_m ของวัสดุ SPCC

$$k = \frac{1+(r_{max}-r_{min})}{r_m n_m} 0.49 \times 10^{-3}$$

$$m = 1 + \left[\frac{df_0}{t_0} - 175 \right] \frac{0.17}{100}$$

ค่าคุณสมบัติของวัสดุ SPCC ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E517-92

$$r_m = \frac{(r_0+2r_{45}+r_{90})}{4}$$

$$r_m = \frac{(0.891+2(0.699)+1.102)}{4}$$

$$r_m = 0.848$$

$$r_{max} = 1.102$$

$$r_{min} = 0.699$$

$$n_m = \frac{(n_0+2r_{45}+n_{90})}{4}$$

$$n_m = 0.184$$

จากสมการเส้นตรงของข้อมูลคู่ระหว่างแรงกับความเครียด $F, \mathcal{E}$

$$k = \frac{1 + (1.102 - 0.699)}{0.848 \times 0.180} 0.49 \times 10^{-3}$$

$$k = 4.5038 \times 10^{-3}$$

d_{f0} , (The fictitious equivalent punch diameter)

$$d_{f0} = \sqrt{\frac{4Ast}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(7854)}{\pi}} = 100 \text{ มม.}$$

ค่าตัวแปรของวัสดุ m

$$m = 1 + \left[\frac{100}{1} - 175 \right] \frac{0.17}{100}$$

$$m = 0.87$$

แรงกดที่ F_{NA} แผ่นกดชิ้นงาน (BHF)

$$P_{NA} = (4.5038 \times 10^{-3}) \times \left(\frac{25468}{7854} - 1 \right) \times 321$$

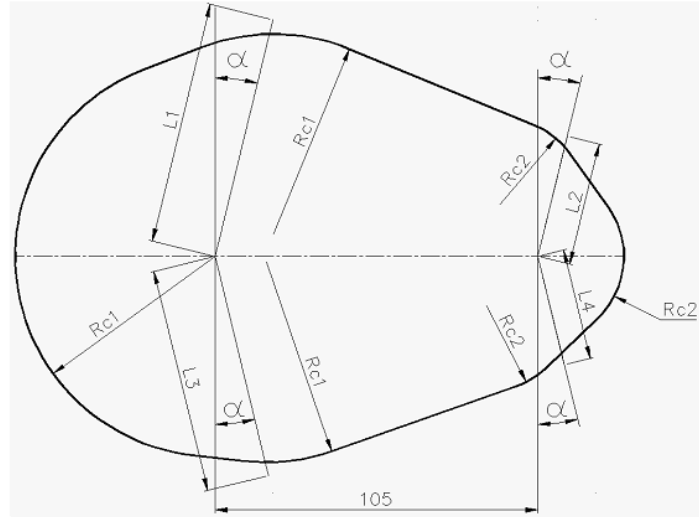
$$P_{NA} = 2.8208 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore = \text{BHF} \text{ จาก } F_{NA} = P_{NA} (A_0 - Ast)$$

$$F_{NA} = 2.8208 (25468 - 7854)$$

$$F_{NA} = 49685.57 \text{ N หรือ } \cong 49.69 \text{ kN}$$

ก.3 ขนาดของแผ่นชิ้นงาน [3]



รูปที่ ก.2 การคำนวณแผ่นตัดเปล่า

หาค่า รัศมี Rc1 จากสมการ

$$D1 = \sqrt{d^2 + (d + 2a)^2 + 4d(h - 0.43r)}$$

เมื่อกำหนดให้ $d = 75$ มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } D1 &= \sqrt{75^2 + (75 + 2(5))^2 + 4(75)(15 - 0.43(4))} \\ &= 129.75 \text{ มม.} \end{aligned}$$

$$Rc1 = \frac{D1}{2} = \frac{129.75}{2} = 64.88 \cong 65 \text{ มม.}$$

หาค่า รัศมี Rc2 จากสมการ

$$\begin{aligned} D2 &= \sqrt{25^2 + (25 + 2(5))^2 + 4(25)(15 - 0.43(4))} \\ &= 56.37 \text{ มม.} \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้ $d = 25$ มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

$$Rc2 = \frac{D2}{2} = \frac{56.37}{2} = 28.19 \cong 28 \text{ มม.}$$

หาค่าความยาว $L1$ และ $L2$

$$L1 = \frac{\pi}{2} R1 + (h-r) + \frac{\pi}{2} r + (a-r)$$

เมื่อกำหนดให้ $R1 = 37.5$ มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

แทนค่าตัวแปรในสมการเพื่อหาค่า $L1$

$$L1 = \frac{\pi}{2} (37.5) + (15-4) + \frac{\pi}{2} (4) + (5-4)$$

$$L1 = 77.16 \cong 77 \text{ มม.}$$

ในสมการหาค่า $L2$ ได้ดังนี้

$$L2 = \frac{\pi}{2} R2 + (h-r) + \frac{\pi}{2} r + (a-r)$$

เมื่อกำหนดให้ $R2 = 12.5$ มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

$$L2 = \frac{\pi}{2} (12.5) + (15-4) + \frac{\pi}{2} (4) + (5-4)$$

$$L2 = 37.91 \cong 38 \text{ มม.}$$

หาค่าความยาว $L3$ และ $L4$

$$L3 = 2R1\sin 45 + (h-r) + \frac{\pi}{2} r + (a-r)$$

เมื่อกำหนดให้ $R1 = 37.5$ มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

แทนค่าในสมการหาค่า L3

$$L3 = 2(37.5)\sin 45 + (15-4) + \frac{\pi}{2}(4) + (5-4)$$

$$L3 = 71.31 \cong 71 \text{ มม.}$$

หาค่า L4 ดังสมการ

$$L4 = 2R2\sin 45 + (h-r) + \frac{\pi}{2}r + (a-r)$$

เมื่อกำหนดให้ R2 = 12.5 มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

แทนค่าในสมการหาค่า L4

$$L4 = 2(12.5)\sin 45 + (15-4) + \frac{\pi}{2}(4) + (5-4)$$

$$L4 = 35.95 \cong 36 \text{ มม.}$$