

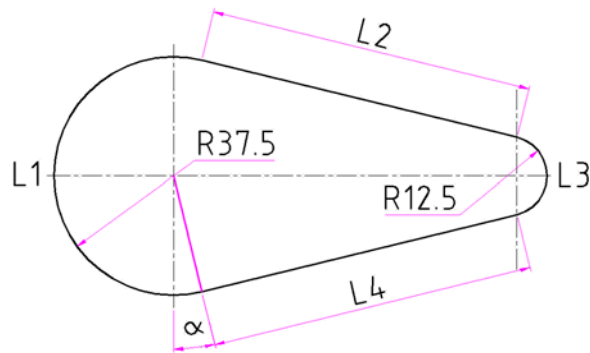
ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก

การคำนวณ

ก-1. การคำนวณแรงขึ้นรูปลึก

แรงในการขึ้นรูปสามารถหาได้จากสมการที่ 2.4 มีการคำนวณโดยการประมาณค่าดังแสดงวิธีดังนี้



ภาพที่ ก.1 เส้นขอบรูปของขึ้นงานหาความยาว L_t (L Total)

เมื่อ L_2 กับ L_4 เป็นเส้นตรงที่มีขนาดเท่ากันและ L_1 กับ L_3 เป็นเส้นโค้ง $R_1 = 37.5$ มิลลิเมตร $R_2 = 12.5$ มม. ตามลำดับเพื่อหามุม α

$$\sin \alpha = \frac{R_1 + R_2}{105}$$

แทนค่าในสมการ

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

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

$$L_2 = L_4 = 105 \cos \alpha$$

$$= 105 \cos 13.77$$

$$L_2 = L_4 = 102 \text{ มม.}$$

หาค่า L_1 และ L_3 ที่สัมผัสส่วนโค้งของ R_1 และ R_2

$$L_1 = \frac{\pi(180 + 2\alpha)R_1}{180}$$

$$L_1 = \frac{\pi(180 + 2 \times 13.77) \times 37.5}{180}$$

$$L_1 = 135.8 \text{ มม.}$$

$$L_3 = \frac{\pi(180 + 2\alpha)R_2}{180}$$

$$L_3 = \frac{\pi(180 + 2 \times 13.77) \times 12.5}{180}$$

$$L_3 = 33.3 \text{ มม.}$$

$$L_t = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

$$L_t = 135.8 + 102 + 102 + 33.3$$

$$L_t = 373.1 \text{ มม.}$$

แทนค่าในสมการที่ 2.4 $F_d = \frac{241 + 321}{2} \times 373.1 \times 1.0$

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

ก-2. แรงกดยึดแผ่นชิ้นงาน

แรงกดยึดแผ่นชิ้นงานสามารถหาได้จากสมการที่ 2.5 และ 2.6 ดังนี้ [4]

หาค่า $h = \sqrt{105^2 - (37.5 - 12.5)^2} = 101.98 \text{ มม.}$

$$A_o = \frac{207.54}{360} \pi (75)^2 + \frac{152.46}{360} \pi (38)^2 + \frac{87 + 48}{2} 101.98 + \frac{81 + 46}{2} 101.98$$

$$A_o = 25468.17 \text{ มม}^2 \text{ หรือ } \cong 25468 \text{ มม}^2$$

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

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

คำนวณหาค่า k, m ของวัสดุ SPCC

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

$$m = 1 + \left[\frac{d}{t} \frac{f_o}{0} - 175 \right] \frac{0.17}{100}$$

ค่าคุณสมบัติของวัสดุ SPCC ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E517-92 (ภาคผนวก ข)

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

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

$$r_m = 0.848$$

$$r_{\max} = 1.102$$

$$r_{\min} = 0.699$$

$$n_m = \frac{(no + 2n45 + n90)}{4}$$

$$n_m = 0.184$$

หาค่า n ตามมุมใดๆจากสมการที่ 2.21 (ภาคผนวก จ)

จากสมการเส้นตรงของข้อมูลคู่ระหว่างแรงกับความเครียด F, ε (ภาคผนวก ง)

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

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

$$d_{fo}, \text{ (The fictitious equivalent punch diameter)}$$

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

ค่าตัวแปรของวัสดุ m

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

$$m = 0.87$$

แรงกดที่ F_{NA} แผ่นกดขึ้นงาน (BHF)

$$P_{NA} = (4.5038 \times 10^{-3})(0.87) \times \left(\frac{25468}{7854} - 1 \right) \times 321$$

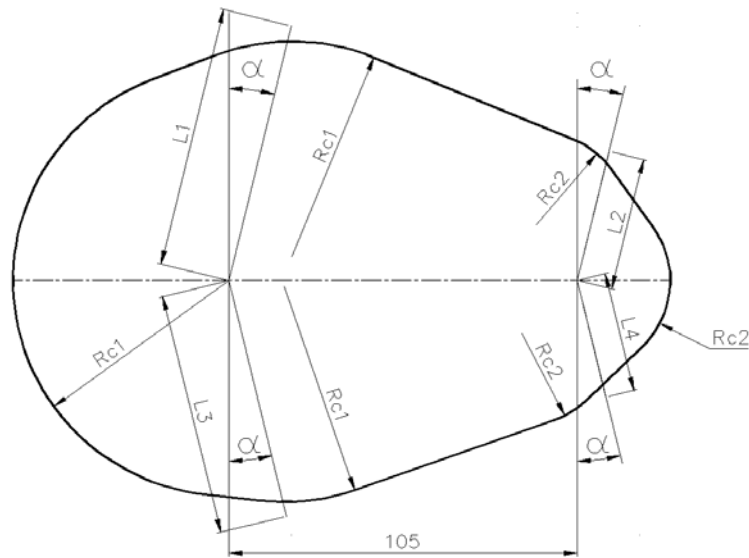
$$P_{NA} = 2.8208 \text{ N/mm}^2$$

$\therefore$ BHF จาก $F_{NA} = P_{NA} (A_o - A_{st})$

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

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

ก-3 ขนาดของแผ่นขึ้นงาน



ภาพที่ ก.2 การคำนวณแผ่นตัดเปล่า

หาค่า รัศมี Rc1 จากสมการ [1]

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

เมื่อกำหนดให้ $d = 75$ มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

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

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

หาค่า รัศมี Rc2 จากสมการ [1]

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

เมื่อกำหนดให้ $d = 25$ มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

$$\therefore R_{c2} = \frac{D_2}{2} = \frac{56.37}{2} = 28.19 \cong 28 \text{ มม.}$$

หาค่าความยาว L_1 และ L_2

$$L_1 = \frac{\pi}{2} R_1 + (h - r) + \frac{\pi}{2} r + (a - r)$$

$$\text{เมื่อกำหนดให้ } R_1 = 37.5 \text{ มม.}$$

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

แทนค่าตัวแปรในสมการเพื่อหาค่า L_1

$$L_1 = \frac{\pi}{2} (37.5) + (15 - 4) + \frac{\pi}{2} (4) + (5 - 4)$$

$$L_1 = 77.16 \cong 77 \text{ มม.}$$

ในสมการหาค่า L_2 ได้ดังนี้

$$L_2 = \frac{\pi}{2} R_2 + (h - r) + \frac{\pi}{2} r + (a - r)$$

$$\text{เมื่อกำหนดให้ } R_2 = 12.5 \text{ มม.}$$

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

$$L_2 = \frac{\pi}{2} (12.5) + (15 - 4) + \frac{\pi}{2} (4) + (5 - 4)$$

$$L_2 = 37.91 \cong 38 \text{ มม.}$$

หาค่าความยาว L_3 และ L_4

$$L_3 = 2R_1 \sin 45 + (h - r) + \frac{\pi}{2} r + (a - r)$$

$$\text{เมื่อกำหนดให้ } R_1 = 37.5 \text{ มม.}$$

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

แทนค่าในสมการหาค่า L_3

$$L_3 = 2(37.5) \sin 45 + (15 - 4) + \frac{\pi}{2} (4) + (5 - 4)$$

$$L_3 = 71.31 \cong 71 \text{ มม.}$$

หาค่า $L4$ ดังสมการ

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

เมื่อกำหนดให้ $R2 = 12.5$ มม.

$$h = 15 \text{ มม.}$$

$$a = 5 \text{ มม.}$$

$$r = 4 \text{ มม.}$$

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า $L4$

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

$$L4 = 35.95 \cong 36 \text{ มม.}$$

ภาคผนวก ข
ข้อมูลการทดลอง

ข-1 แรงสูงสุดใช้เพื่อขึ้นรูป

ตารางที่ ข-1 แรงของการขึ้นรูปต่อชนิดของแผ่นตัดเปล่า (Blank Geometry)

ชนิดของแผ่นตัดเปล่า	ชั้นที่1	ชั้นที่2	ชั้นที่3	ชั้นที่4	ชั้นที่5	เฉลี่ย (kN)
(ก) แผ่นเปล่าสี่เหลี่ยมไม่บากมุม	128.76	123.8	121.83	125.61	123.96	124.79
(ข) แผ่นเปล่าสี่เหลี่ยมบากมุม 45°	117.71	119.46	119.16	119.24	118.53	118.88
(ค) แผ่นงานตามการประมาณค่า	112.95	116.98	115.28	119.13	113.13	115.44

ตารางที่ ข-2 ความรุนแรงด้วยความเค้นเทียบเท่า (Equivalent Strain) ชนิดของแผ่นตัดเปล่า

จุดตรวจ	EQ1(สี่เหลี่ยมไม่บากมุม)	EQ2(สี่เหลี่ยมบากมุม)	EQ3(คำนวณตามรูปทรง)
A1	0.409	0.423	0.423
A2	0.269	0.286	0.243
A3	0.407	0.452	0.384
A4	0.153	0.141	0.181
A5	0.314	0.314	0.353
A6	0.635	0.599	0.581
A7	0.055	0.056	0.081
A8	0.037	0.041	0.056
A9	0.248	0.342	0.336
A10	0.247	0.316	0.244

ตารางที่ ข-3 แรงของการขึ้นรูปต่อสัดส่วนของแรงกด

แรงกดขึ้นงานต่อแรงขึ้นรูป	ชั้นที่1	ชั้นที่2	ชั้นที่3	ชั้นที่4	ชั้นที่5	เฉลี่ย (kN)
10 เปอร์เซนต์	111.5	105.5	104.1	107.7	106.2	107.0
30 เปอร์เซนต์	109.1	108.9	110.4	108.1	109.8	109.3
50 เปอร์เซนต์	121.2	123.4	119.3	118.8	121.0	120.7
70 เปอร์เซนต์	162.9	163.8	172.6	163.7	163.2	165.2

ตารางที่ ข-4 ความรุนแรงด้วยความเค้นเทียบเท่า (Equivalent Strain) สัดส่วนของแรงกด

จุดตรวจ	EQ1(แรงกด 10 % ของแรงขึ้นรูป)	EQ2(แรงกด 30 % ของแรงขึ้นรูป)	EQ3(แรงกด 50 % ของแรงขึ้นรูป)	EQ4(แรงกด 70 % ของแรงขึ้นรูป)
A1	0.405	0.427	0.437	0.453
A2	0.280	0.274	0.305	0.338
A3	0.368	0.364	0.490	0.534
A4	0.133	0.087	0.194	0.188
A5	0.450	0.366	0.463	0.494
A6	0.607	0.620	0.654	0.675
A7	0.089	0.075	0.082	0.159
A8	0.099	0.115	0.114	0.116
A9	0.317	0.425	0.388	0.311
A10	0.179	0.286	0.339	0.399

ตารางที่ ข-5 แรงของการขึ้นรูปต่อสารหล่อลื่น

ชนิดของสารหล่อลื่น	ชั้นที่1	ชั้นที่2	ชั้นที่3	ชั้นที่4	ชั้นที่5	เฉลี่ย
ไม่ใช้สารหล่อลื่น	126.7	126.6	125.3	126.6	129	126.84
สารสังเคราะห์	117	117.1	118.7	117.5	119	117.86
แผ่นพลาสติก	114.3	116	115.3	117.6	116.9	116.02
น้ำมันมะพร้าว	120.7	119.5	120.5	111	118.9	118.12

ตารางที่ ข-6 ความรุนแรงด้วยความเค้นเทียบเท่า (Equivalent Strain) สารหล่อลื่น

จุดตรวจ	EQ1(ไม่ใช้สารหล่อลื่น)	EQ2(น้ำมันมะพร้าว)	EQ3(สารสังเคราะห์)	EQ4(แผ่นโพลีเอทิลีน)
A1	0.419	0.414	0.395	0.395
A2	0.347	0.312	0.296	0.292
A3	0.655	0.543	0.515	0.487
A4	0.162	0.191	0.153	0.188
A5	0.436	0.428	0.383	0.302
A6	0.659	0.568	0.576	0.549
A7	0.136	0.111	0.110	0.109
A8	0.107	0.112	0.104	0.125
A9	0.334	0.327	0.299	0.309
A10	0.382	0.348	0.379	0.388

ตารางที่ ข-7 แรงของการขึ้นรูปต่อชนิดของดรอร์บีด

ชนิดของดรอร์บีด	แรงกด (kN)	ชั้นที่ 1	แรงกด (kN)	ชั้นที่ 2	แรงกด (kN)	ชั้นที่ 3	แรงกด (kN)	ชั้นที่ 4	แรงกด (kN)	ชั้นที่ 5	แรงขึ้นรูป (kN)	แรงกด (kN)
(ก) ไม่ใช้ดรอร์บีด	31.4	124.9	31.6	126.2	31.8	125.8	31.9	126.4	31.2	126.8	126.02	31.58
(ข) ดรอร์บีดครึ่งวงกลม	51.7	168.8	51.1	166.4	51.2	167.3	50.7	167.5	51.8	169.2	167.84	51.30
(ค) ดรอร์บีดรูปสามเหลี่ยม	47.7	157.5	47.1	154.9	47.6	153.0	46.3	156.1	47.9	153.8	155.06	47.32

ตารางที่ ข-8 ความรุนแรงด้วยความเค้นเทียบเท่า (Equivalent Strain) ชนิดของครอว์ปิด

จุดตรวจ	EQ1 (No Draw Bead)	EQ3 (Three Angle Bead)	EQ2 (Round Bead)
A1	0.449	0.466	0.412
A2	0.274	0.358	0.351
A3	0.408	0.394	0.417
A4	0.130	0.136	0.197
A5	0.398	0.442	0.491
A6	0.703	0.656	0.646
A7	0.069	0.159	0.127
A8	0.157	0.210	0.249
A9	0.257	0.328	0.365
A10	0.442	0.358	0.460

ภาคผนวก ค
การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM

ค-1. การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E517-92

การทดสอบแรงดึงเป็นวิธีที่นิยมใช้หาความสัมพันธ์ระหว่าง Engineering Stress-Strain Curve และสามารถนำมาคำนวณหา True Stress-Strain Curve เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุในการทดสอบมีเงื่อนไขในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E517-92 และ ASTM E646-91 คือ

1. การเปลี่ยนรูปต้องเป็นไปอย่างช้าๆ โดยมีอัตราความเครียดประมาณ 1 มม. ต่อนาที
2. อุณหภูมิขณะทำการทดสอบอยู่ที่ 20-25 องศาเซลเซียส

ค-1-1. ค่าคุณสมบัติของวัสดุ SPCC ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E517-92

ทดสอบชิ้นงานที่ 0 องศา

จากสมการที่ 2.18

$$r_0 = \frac{\ln(10.47 / 12.50)}{\ln(0.82 / 1.0)}$$
$$r_0 = \frac{\ln 0.838}{\ln 0.820}$$
$$r_0 = 0.891$$

ทดสอบชิ้นงานที่ 45 องศา

$$r_{45} = \frac{\ln(10.71 / 12.50)}{\ln(0.80 / 1.0)}$$
$$r_{45} = \frac{\ln 0.857}{\ln 0.800}$$
$$r_{45} = 0.699$$

ทดสอบชิ้นงานที่ 90 องศา

$$r_{90} = \frac{\ln(9.50 / 12.5)}{\ln(0.78 / 1.0)}$$
$$r_{90} = \frac{\ln 0.760}{\ln 0.780}$$
$$r_{90} = 1.102$$

ก-2-2. ค่าคุณสมบัติของวัสดุ SPCC ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E646-91

ข้อมูลเริ่มต้น $W_o = 12.50$ มม. , $A_o = 12.50$ มม² $t_o = 1.00$ มม. $L_o = 50$ มม.

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการทดสอบแรงดึงเหล็กกล้า SPCC

F (N)	l (mm)	Engineering Stress(Mpa)	Engineering Strain	True Stress (Mpa)	True Strain
0	50	0	0	0	0
3012.5	50.12	241	0.0651	241.26	0.0351
3207.05	55.14	256.564	0.0753	261.39	0.0749
3310.05	55.41	264.804	0.0825	267.536	0.0814
3672.99	55.88	293.8392	0.1176	285.235	0.1162
3770.27	56.29	301.6216	0.1258	290.646	0.1249
3869.46	56.71	309.5568	0.1342	298.196	0.1338
3936.2	57.72	314.896	0.1544	306.856	0.1529
3974.35	58.91	317.948	0.1782	312.215	0.1699
4001.05	59.86	320.084	0.1972	318.056	0.1952
4016.31	61.04	321.3048	0.2208	322.056	0.2199
4027.76	62.19	322.2208	0.2438	325.176	0.2431
4039.2	63.57	323.136	0.2714	328.426	0.2702
4043.02	65.14	323.4416	0.3028	332.036	0.2992
4041.02	66.86	323.2816	0.3372	335.306	0.3273
4041.05	68.56	323.284	0.3712	338.036	0.3544
4035.39	70.3	322.8312	0.406	340.486	0.3814
4012.5	71.2	321	0.424	339.896	0.395

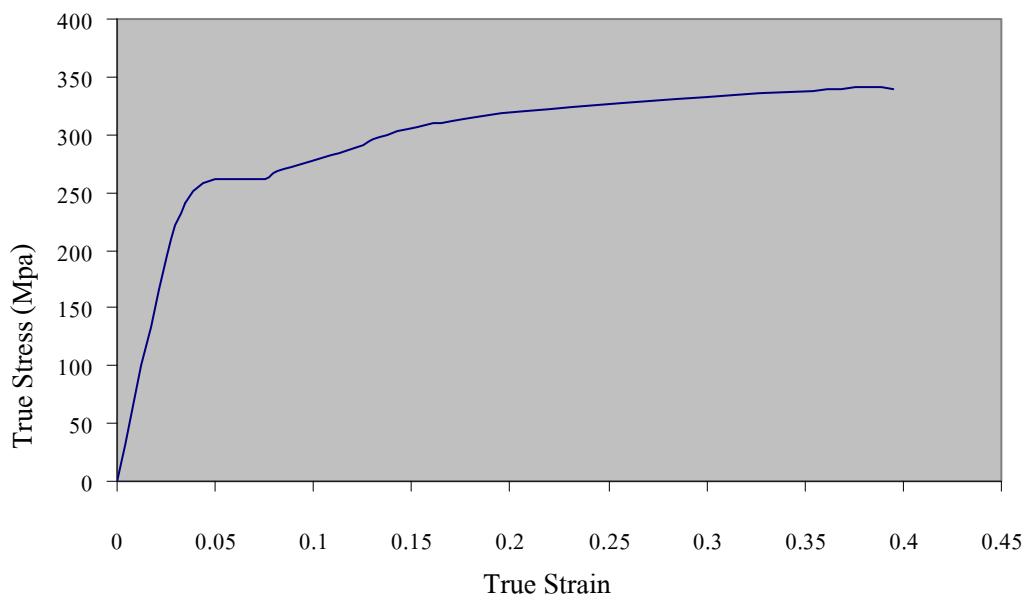
$$\text{Engineering Stress (S)} = \frac{F}{A_o}$$

$$\text{Engineering Strain (e)} = \frac{l_i - l_o}{l_o}$$

$$\text{Strain- hardening exponent} = n$$

$$\text{True Stress (}\sigma\text{)} = \frac{F}{A_i} \text{ หรือ } S(1+e)$$

$$\text{True Strain (}\epsilon\text{)} = \ln \frac{l_i}{l_o} \text{ หรือ } \ln(1+e)$$



ภาพที่ ค.1 เส้นโค้งการไหลตัวของวัสดุ SPCC

จากข้อมูลการทดสอบแรงดึง จะได้สมการ Power law คือ

$$\text{หรือ } n = \frac{\log \sigma_1 - \log \sigma_2}{\log \varepsilon_1 - \log \varepsilon_2}$$

$$n_o = 0.187$$

$$n_{45} = 0.171$$

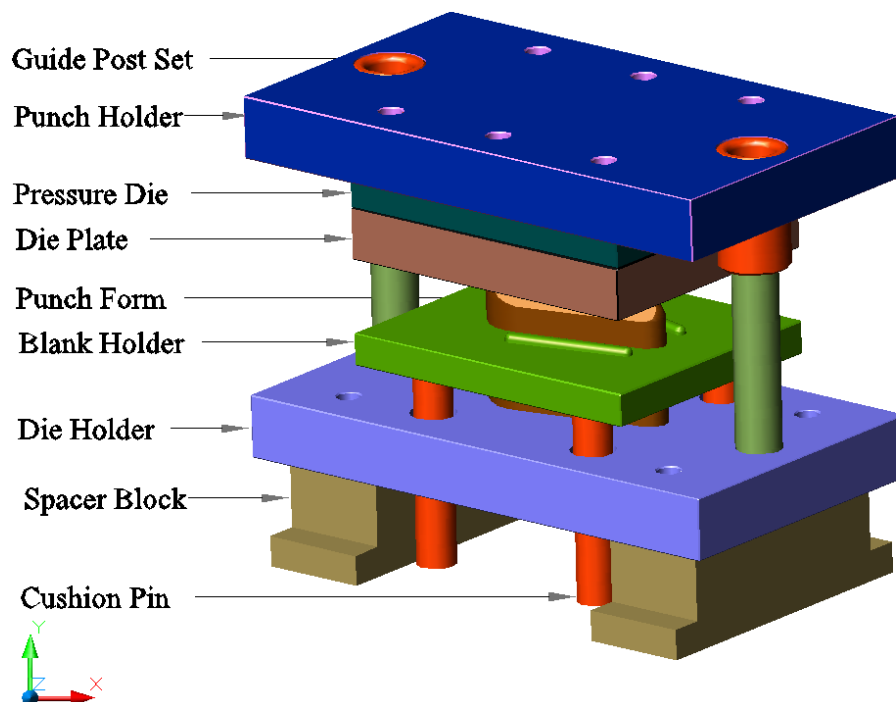
$$n_{90} = 0.208$$

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

จากข้อมูลที่ได้คำนวณค่า $n_m = 0.184$

ภาคผนวก ง
ชั้นส่วนแม่พิมพ์

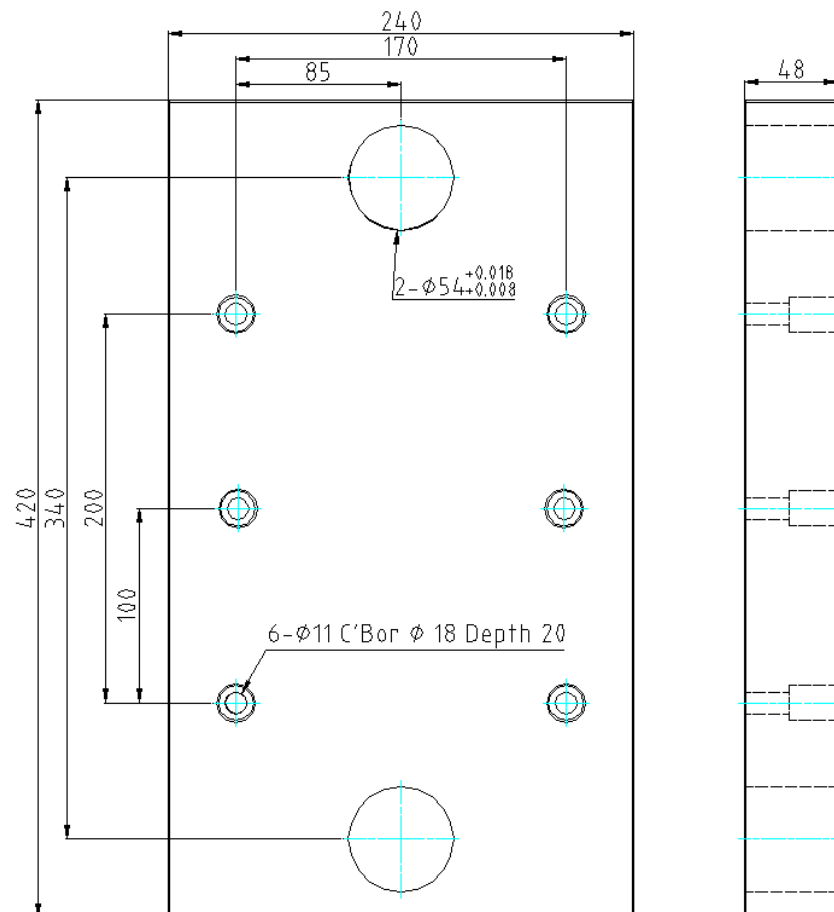
จ-1. ชิ้นส่วนแม่พิมพ์



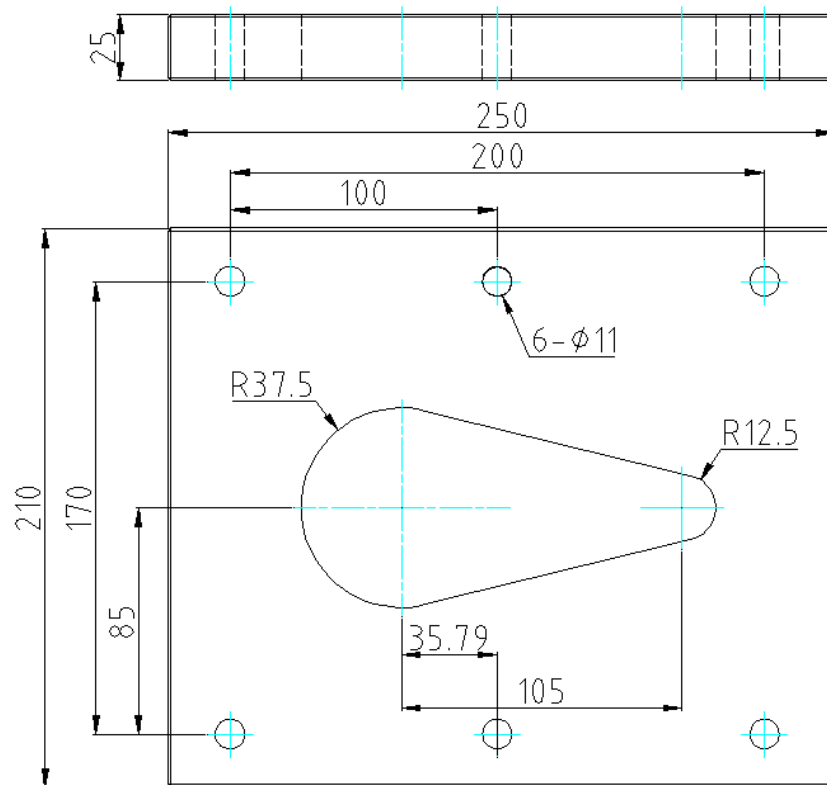
ภาพที่ จ.1 ภาพประกอบของแม่พิมพ์

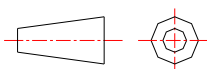
ตารางที่ จ-1 ชิ้นส่วนแม่พิมพ์

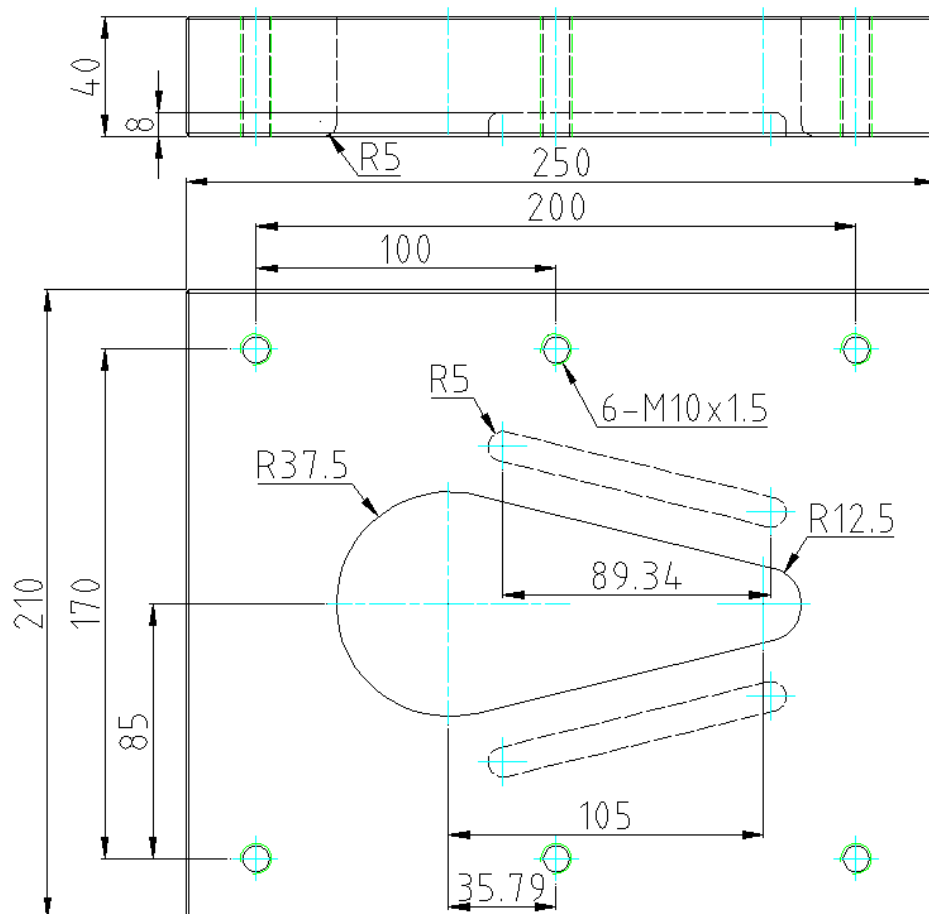
รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน/ชิ้น
1) Punch Holder	SS41	240x420x48	1
2) Pressure Die	S50C	210x250x25	1
3) Die Plate	SKD11	210x250x40	1
4) Punch Form	SKD11	80x150x118	1
5) Blank Holder	SS41	210x250x30	1
6) Die Holder	SS41	240x420x48	1
7) Spacer Block	SS41	80x250x78	2



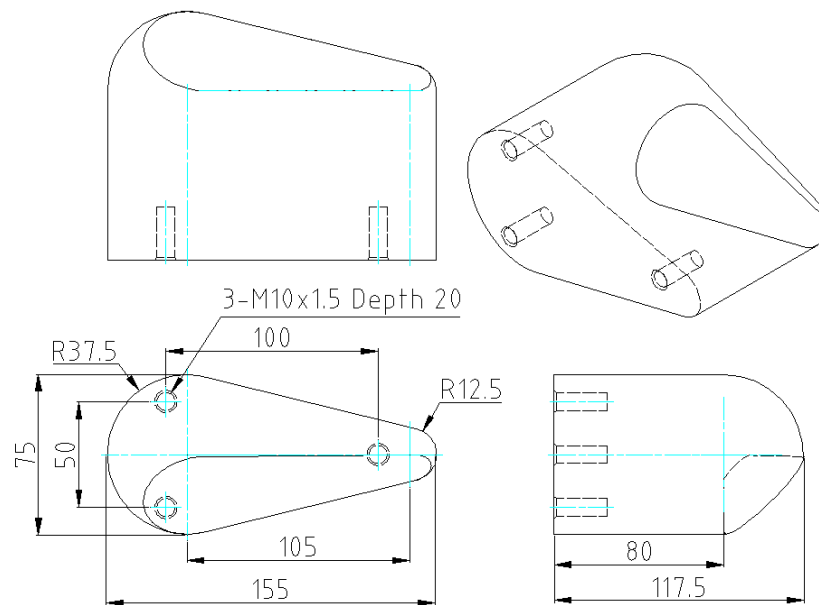
01	Punch holder	250x400x45	SS41	49-01	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ชื่อ - นามสกุล	บุญส่ง จงกลณี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
ผู้ตรวจ					
รหัส	124970404005-6				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ			
Non	Punch holder	49-01			

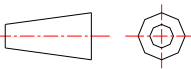


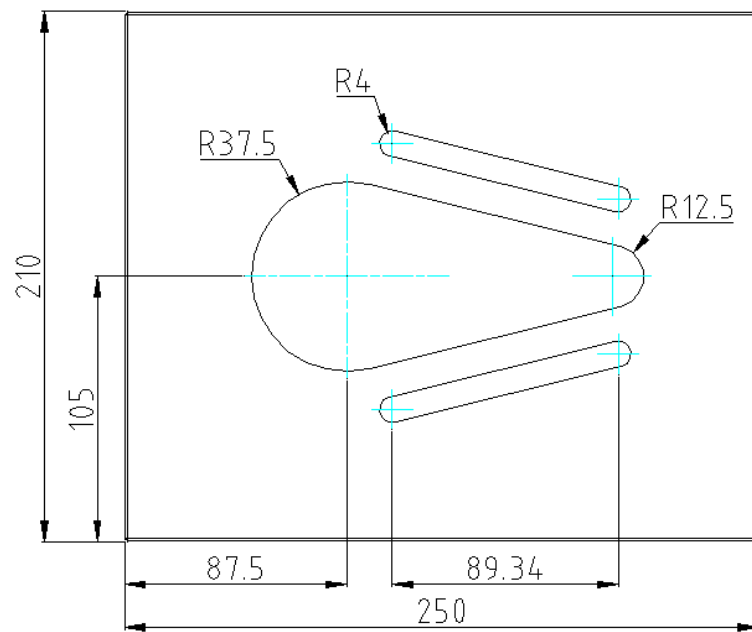
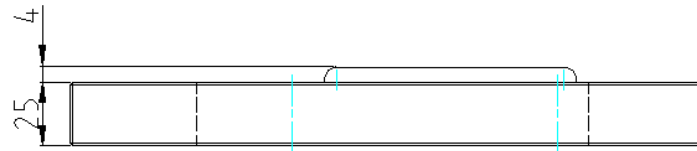
02	Pressure Die	250x200x45	S50C	49-02	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ชื่อ - นามสกุล	บุญส่ง จงกลณี		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม				
ผู้ตรวจ					
รหัส	124970404005-6				
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ			
Non	Pressure Die	49-02			



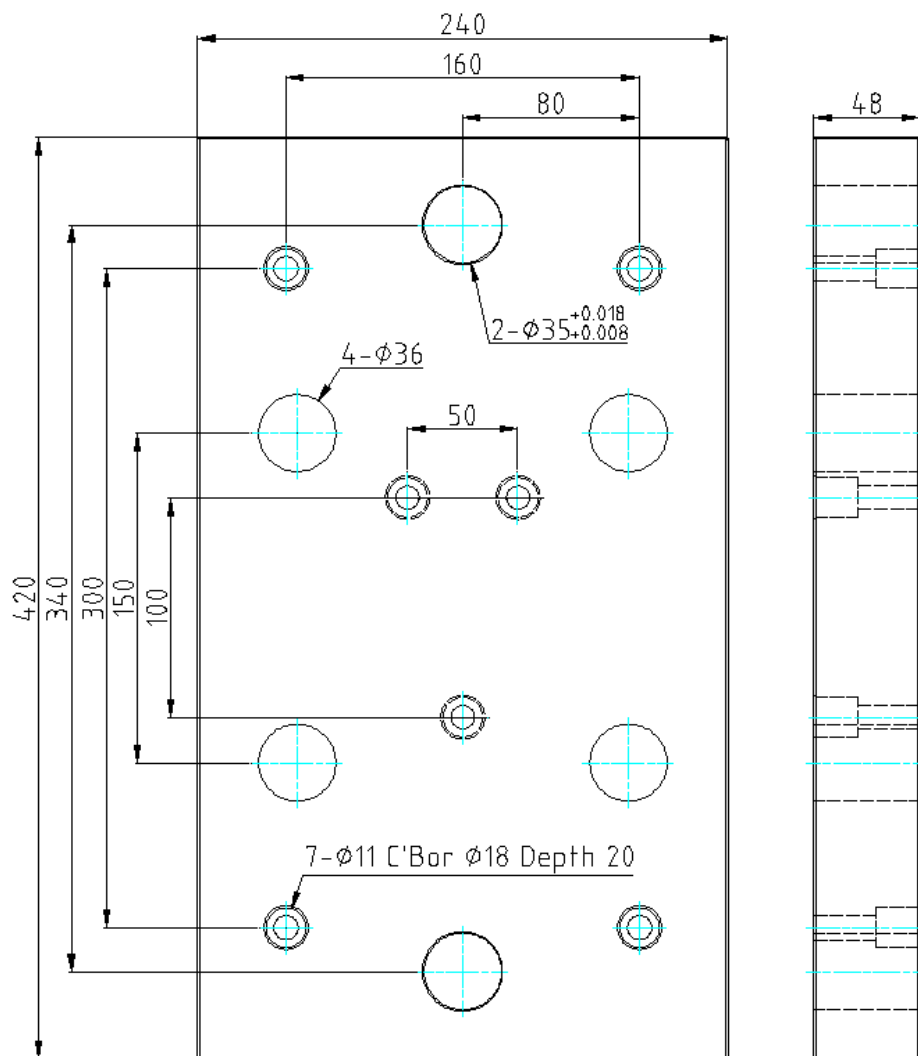
03	Die Plate	250x200x45	SKD11	49-03	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ชื่อ - นามสกุล	บุญส่ง จงกลณี		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
ผู้ตรวจ					
รหัส	124970404005-6				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ			
Non	Die Plate	49-03			



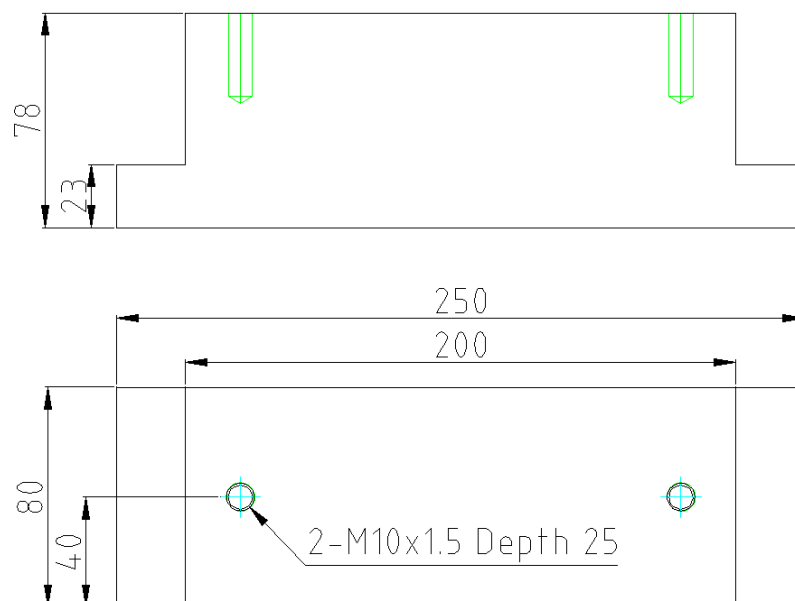
04	Punch Form	80x150x118	SKD11	49-04	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ชื่อ - นามสกุล	บุญส่ง จงกลณี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
ผู้ตรวจ					
รหัส	124970404005-6				
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ			
Non	Punch Form	49-04			

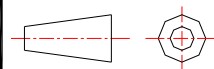


05	Blank Holder	210x250x30	SKD11	49-05	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ชื่อ - นามสกุล	บุญส่ง จงกลณี		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม				
ผู้ตรวจ					
รหัส	124970404005-6				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ			
Non	Blank Holder	49-05			



06	Die Holder	240x420x48	SS41	49-06	1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ชื่อ - นามสกุล	บุญส่ง จงกลณี		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
ผู้ตรวจ					
รหัส	124970404005-6				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ			
Non	Die Holder	49-06			



07	Spacer Block	80x250x78	SS41	49-07	2
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ชื่อ - นามสกุล	บุญส่ง จงกลณี		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
ผู้ตรวจ					
รหัส	124970404005-6				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ			
Non	Spacer Block	49-07			

ภาคผนวก จ
ผลงานที่ตีพิมพ์

การศึกษาอิทธิพลของสารหล่อลื่นในกระบวนการขึ้นรูปลึก ชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตรต่อสมบัติการขึ้นรูปของเหล็ก SPCC

An Effect Study of the Non-Symmetrical Deep Drawing Process Lubricant on a SPCC Steel Formability

บุญส่ง จงกลณี¹ ปัทธพงษ์ เกริกสกุล² ศิวกร อ่างทอง³

^{1,3}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail : achongkol@gmail.com

Boonsong Chongkolnee¹ Pattarapong Kaeksakul² Sivakron Aungton³

^{1,3}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Rajamangala University
of Technology thunyaburi

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

E-mail: achongkol@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลจากสารหล่อลื่นในกระบวนการขึ้นรูปลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร ซึ่งได้ออกแบบรูปทรงของชิ้นงานขึ้นรูปลึกที่เกิดความเค้น (Stress) ในรูปแบบการดัดงอ (Bending) การดึง (Stretching) การกดอัด (Compressing) จะยากต่อการควบคุมการไหลตัวของโลหะ โดยวัสดุชิ้นงานเหล็กกล้ารีดเย็นเกรด JIS:SPCC ที่มีความหนา 1 มม. ซึ่งรูปร่างขนาดของแผ่นดัดแปลด้วยรูปทรงของชิ้นงานได้จากคำนวณโดยการประมาณค่า ได้กำหนดอัตราการขึ้นรูป (Drawing Ratio: β) เท่ากับ 2.0 แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ของแรงขึ้นรูปหรือเท่ากับ 31.45 kN ทดสอบที่ชนิดของสารหล่อลื่น 1.) ไม่ใช้สารหล่อลื่น 2.) สารสังเคราะห์จำพวก EP (Extreme Pressure Oil) 3.) แผ่นพลาสติกโพลิเอทิลีน PE (Polyethylene) ชนิดแข็ง 4.) น้ำมันมะพร้าว ผลการทดลองพบว่าสารหล่อลื่นมีอิทธิพลต่อขนาดของแรงที่ใช้ในการกดขึ้นรูปและมีผลต่อขนาดของความเครียดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานสำเร็จ จะเห็นได้ว่าแผ่นพลาสติกโพลิเอทิลีนมีสถานะเป็นของแข็งสามารถป้องกันผิวคู่สัมผัสกันโดยตรงช่วยให้เนื้อวัสดุเกิดการไหลตัวเพื่อเปลี่ยนรูปได้ดีกว่า [1] แรงใช้เพื่อการขึ้นรูปจะลดลงที่ระดับ 116.02 kN และทำให้ปริมาณความรุนแรงของความเครียดลดลงด้วย กรณีสารหล่อลื่นประเภทน้ำมันจะเกิดการสัมผัสระหว่างโลหะกับโลหะโดยตรงจะทำให้ความสามารถการไหลตัวลดลงต่ำกว่าสารหล่อลื่นชนิดแผ่นพลาสติกโพลิเอทิลีน

ABSTRACT

This article aims to study the influence of lubricants on a deep drawing process. The workpiece is designed as a non-symmetrical geometry in order to produce a combination stress such as bending stress, stretching stress and compressing stress. As a result, the metal flow into the die is difficult to control. An experimental work was carried out by using cold rolled sheet metal 1 mm thickness (JIS: SPCC), 2.0 drawing ratio (β) and 30 % holding force (31.45 kN). Three different lubricating conditions were tested i.e. 1.) without lubrication, 2) extreme pressure (EP) oil, 3) polyethylene (PE) sheet and 4.) coconut oil. The experimental results showed that lubrications were strongly influence the levels of forming force, strain on workpiece and surface quality of finished workpiece. The PE sheet was the best lubrication. It was not only reduced a direct contact between workpiece and die but also reduce the forming force (116.02 kN). Moreover, the strain levels on the formed workpiece were decreased significantly. The oil lubricants could not prevent the contact between the workpiece and die. Therefore, the sheet metal could not flow into the die as good as using PE lubrication.
Keywords: Non-Symmetrical Deep-Drawing Process / Lubricants