

บทที่ 2

วิธีการดำเนินงาน

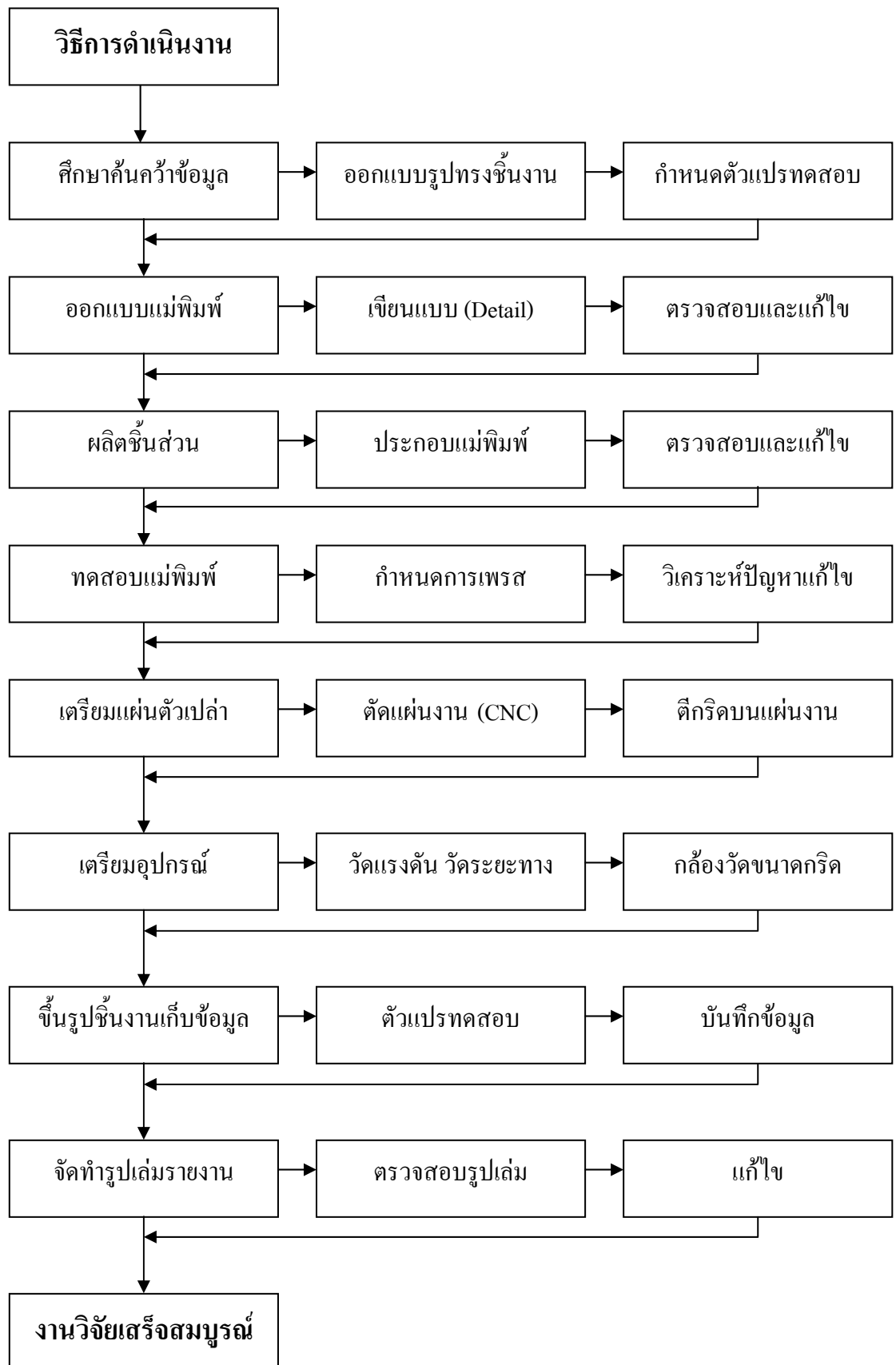
ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินโครงการ ซึ่งนับว่าเป็นบทที่สำคัญในการทำวิทยานิพนธ์ เนื่องจากจะต้องรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มาใช้ในการวางแผนการดำเนินโครงการ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการดำเนินโครงการ ดังนั้นจึงได้จัดขั้นตอนในการดำเนินโครงการดังต่อไปนี้

- 2.1 แผนการดำเนินงาน
- 2.2 วัสดุที่จะนำมาใช้ทำการขึ้นรูปลิก
- 2.3 การออกแบบแม่พิมพ์
- 2.4 การสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปลิก
- 2.5 การเตรียมแผ่นขึ้นงาน
- 2.6 กำหนดตัวแปรทดสอบ
- 2.7 การเก็บและบันทึกข้อมูล

2.1 แผนการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงการแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยรูปทรงไม่สมมาตร ได้เริ่มจากการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับการออกแบบ การคำนวณหาแรงที่ใช้ในการปั๊มขึ้นรูปประกอบด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยสีย้อมสีผงและแม่พิมพ์ขึ้นรูปวงกลม ด้วยเครื่องปั๊มโลหะของภาควิชาวิศวกรรมโลหการ ที่มีขนาด 80 ตัน และยังสามารถปรับแรงกดขึ้นงานได้ และสามารถทำการปั๊มขึ้นรูปตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อเลือกวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์เพื่อให้เหมาะสมและใช้ได้ถูกต้องที่สุดด้วย

ซึ่งในที่นี่ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของเวลาและแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปชุดนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ และยังได้ทำการหาข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับชิ้นส่วนมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ โดยมีการวางแผนและการเตรียมการ ดังที่ได้แสดงไว้รายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ไคอะแกรมวิธีดำเนินโครงการวิจัย

2.2 วัสดุที่จะนำมาใช้ทำการขึ้นรูปลึก

วัสดุที่จะนำมาใช้ในการผลิตเป็นสิ่งที่กำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เพราะ ฉะนั้นในการเลือกวัสดุจึงเป็น SPCC ซึ่งเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำผ่านกรรมวิธีการผลิตแบบเย็น ส่วนมากจะใช้ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์จะนิยมใช้ทั้งภายในประเทศและนอกประเทศ จะต้องมีความคุณภาพผ่านตามาตรฐานของ มอก. 2012 (TIS 2012) ซึ่งเทียบได้กับมาตรฐาน ISO 3574 และ JIS 3141 มีสมบัติเป็นเหล็กชนิดในการขึ้นรูปทั่วไปและการขึ้นรูปลึก (Deep draw) การกำหนดวัสดุที่จะใช้ต้องครอบคลุมถึง

ก. ความหนาของวัสดุ ถ้าเลือกใช้วัสดุบางเกินไป ก็อาจไม่เหมาะสมในการใช้งาน แต่ถ้าใช้วัสดุหนาเกินไป ก็จะทำให้การผลิตยากมากขึ้น

ข. ประเภท และชนิดของวัสดุ (ซึ่งพิจารณาการปั๊มขึ้นรูปได้ลึกมากน้อยเพียงใด) การยึดตัวของโลหะวัสดุที่นิยมใช้ในการผลิต ได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิม และอลูมิเนียม ส่วนทางด้านการผลิตชิ้นส่วน ได้แก่ เหล็กเหนียว และเหล็กชุบสังกะสี ในที่นี้จะใช้วัสดุ JIS:SPCC หนา 1 มม.ในการทดลอง

2.2.1 ผลการทดสอบวัสดุทางเคมี

ด้วยเครื่องทดสอบส่วนผสมทางเคมี (Optical emission spectrometer) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ตัดแผ่นชิ้นงานขนาด 50x50 มม.ด้วยเครื่องตัดโลหะแผ่น (Power shear)
- ทำความสะอาดแล้วขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายให้เรียบดังภาพที่ 2.2
- วางงานที่เครื่องทดสอบบนจุดของหัวสปาร์ก (Electrode) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.
- แล้วทดสอบซ้ำจำนวน 3 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ย ข้อมูลดูในตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.2 ชิ้นงานทดสอบส่วนผสมทางเคมี

ตารางที่ 2.1 ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุชิ้นงาน (%)

ธาตุที่ประกอบ	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	ค่าเฉลี่ย
เหล็ก (Fe)	99.5997	99.5601	99.5559	99.5719
คาร์บอน (C)	0.0254	0.0281	0.0266	0.0267
แมงกานีส (Mn)	0.1532	0.1554	0.1550	0.1545
ฟอสฟอรัส (P)	0.0228	0.0242	0.0238	0.0236
กำมะถัน (S)	0.0133	0.0137	0.0135	0.0135
นิกเกิล (Ni)	0.0114	0.0108	0.0114	0.0112
โครเมียม (Cr)	0.0128	0.0118	0.0124	0.0123
โมลิบดีนัม (Mo)	0.0047	0.0045	0.0048	0.0047
ทองแดง (Cu)	0.0181	0.0149	0.0179	0.0170
วานาเดียม (V)	0.0030	0.0029	0.0029	0.0029
ไทเทเนียม (Ti)	0.0017	0.0016	0.0016	0.0016
อะลูมิเนียม (Al)	0.0285	0.0287	0.0297	0.0290
ทังสเตน (W)	0.1005	0.1376	0.1383	0.1255
โคบอลต์ (Co)	0.0020	0.0021	0.0023	0.0021
ดีบุก (Sn)	0.0029	0.0038	0.0038	0.0035

จากตารางที่ 2.1 จะได้ค่าเฉลี่ยของส่วนผสมทางเคมี เหล็ก (Fe) คาร์บอน (C) แมงกานีส (Mn) ฟอสฟอรัส (P) กำมะถัน (S) นิกเกิล (Ni) โครเมียม (Cr) โมลิบดีนัม (Mo) ทองแดง (Cu) วานาเดียม (V) ไทเทเนียม (Ti) อะลูมิเนียม (Al) ทังสเตน (W) โคบอลต์ (Co) ดีบุก (Sn) ซึ่งในการเทียบมาตรฐานจากธาตุหลักได้กำหนด $C=0.12\text{Max}$ $Mn=0.50\text{Max}$ $P=0.40\text{Max}$ $S=0.45\text{Max}$ เมื่อทดสอบได้ค่า $C=0.0267$ $S=0.0135$ $Mn=0.1545$ $W=0.1255$ $P=0.0236$ $Al=0.0290$ และ $Fe=99.5719$ เปอร์เซ็นต์

2.2.2 ผลการหาค่าสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้วิจัย

จากภาพที่ 2.3 เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile test) ตามมาตรฐาน ASTM E 517-92 (ภาคผนวก ค) พบว่าค่าแอนไอโซทรอปีกวางทิศทางการรีด (r_{90}) เท่ากับ 1.102 ตามแนวทิศทางการรีด (r_0) เท่ากับ 0.891 และทำมุม 45 องศาทิศทางการรีด (r_{45}) เท่ากับ 0.699 มีค่ามากไปหาน้อยตามลำดับ ค่า n คือเลขชี้กำลังการทำให้แข็งด้วยความเครียดมีค่าเท่ากับ 0.184 (ภาคผนวก ค) เกรดที่มีความสามารถในการขึ้นรูปได้ดีจะมีค่า n มากกว่า 0.14 ส่วนค่าแอนไอโซทรอปีตั้งฉากเฉลี่ยหรือค่า r_m (Normal anisotropy) เท่ากับ 0.848 ซึ่งค่าต่างๆของตัวแปรดังกล่าวนำไปใช้ในการประมาณค่าของแรงกดเพื่อการขึ้นรูปชิ้นงานและทดสอบความเค้นแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM E8 (ภาคผนวก ค)



ภาพที่ 2.3 เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile test)

ก่อนที่จะนำวัสดุไปทำการทดสอบขึ้นรูปลึกชิ้นงาน จะต้องทดสอบสมบัติเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของวัสดุ SPCC ได้ค่าดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สมบัติของวัสดุที่ใช้ทำการวิจัย

เหล็กSPCC (มม.)	ความเค้นคราก (MPa)	ความเค้นแรงดึงสูงสุด (MPa)	ค่า r_m	ค่า n_m	ค่า r_0	ค่า r_{45}	ค่า r_{90}
1.0	241	321	0.848	0.184	0.891	0.699	1.102

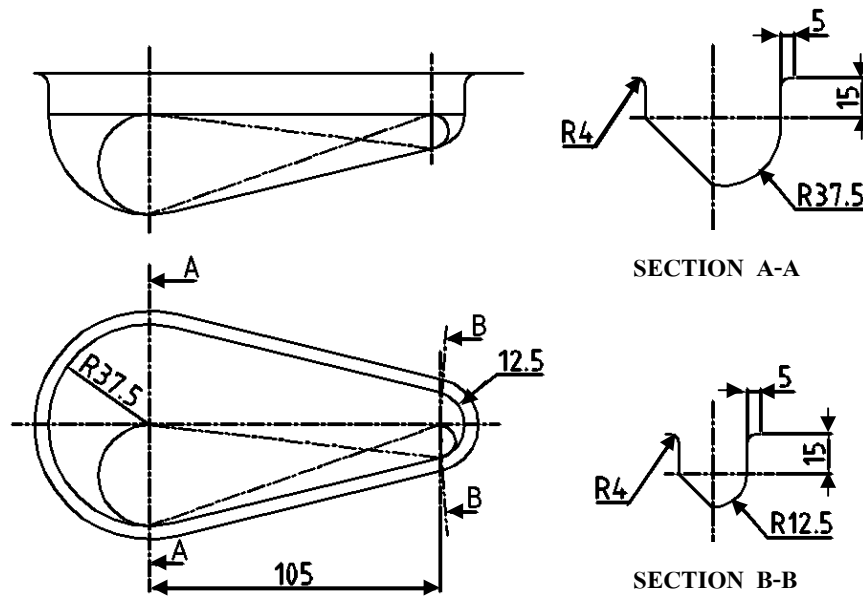
2.3 การออกแบบแม่พิมพ์

ในการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปลึก ขั้นตอนแรกจะต้องพิจารณาถึงขอบเขตและความสามารถของเครื่องก่อนแล้วจึงเริ่มการคำนวณโดยการคำนวณเริ่มต้นจากการหาขนาดของแผ่นตัดเปล่า (Blank geometry) จากรูปร่างของชิ้นงานจริงเสียก่อน ต่อจากนั้นจึงจะทำการออกแบบแม่พิมพ์ที่จะสร้างโดยจะมีทั้งชิ้นส่วนที่จะต้องสร้างขึ้นใหม่ และชิ้นส่วนมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบแม่พิมพ์ คือ แรงที่ใช้ในการกดชิ้นงาน ความแข็งแรง ความหนาของชิ้นงาน ความยากง่ายในการสร้างชุดแม่พิมพ์ และความเหมาะสมระยะเวลาของการดำเนินโครงการ

2.3.1 การออกแบบตายและ 펀ช์

การออกแบบชิ้นงานและชุดแม่พิมพ์การออกแบบชิ้นงานในรูปทรงไม่สมมาตรซึ่งจะประกอบด้วยารขึ้นรูปหลายรูปแบบทั้งการดัดการดึงการกดอัดชิ้นงานจะมีรัศมีของปลายทั้งสองด้านที่ไม่เท่ากันคือมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 37.5 มม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. จักรวางอยู่ในแนวเดียวกันมีระยะเท่ากับ 105 มม. และเงื่อนไขข้างเป็นแนวยาวตลอดหลักการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูป ในรูปที่ 3.4 แสดงการทำงานของแม่พิมพ์ เมื่อวางแผ่นชิ้นงานอยู่บนตาย (Die block) ก่อน 펀ช์ (Punch) ลงบน

แผ่นงานจะมีแผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder) กดชิ้นงานก่อนโดยอาศัยแรงกดจากคushion จากเครื่องปั๊มแรงกดอยู่ในระดับที่เหมาะสมด้วยแรงกดชิ้นงาน (FBH) และแรงกดขึ้นรูปลึก (Fd) ของพunch (Punch) กดลงบนแผ่นงานเลื่อนลึกจนได้ความลึกที่ต้องการดัง ในภาพที่ 2.4 แสดงขนาดรูปทรงของชิ้นงานที่ออกแบบไว้



ภาพที่ 2.4 ออกแบบขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน

3.3.2 แรงในการขึ้นรูป

แรงในการขึ้นรูปสามารถหาได้จากสมการที่ 2.4 ซึ่งปริมาณของแรงใช้เพื่อขึ้นรูปที่ระดับ 104.84 kN (ภาคผนวก ก) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของแรงเป็นการประมาณค่าส่วนแรงที่ใช้จริงในขณะที่ขึ้นรูปลึกจะสูงหรือต่ำกว่านี้ก็ได้ ซึ่งมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปลึกด้วยกันหลายตัวแปรทั้งที่สามารถควบคุมได้และยากต่อการควบคุม

3.3.3 ระยะเผื่อช่องว่างของแม่พิมพ์ (Die Clearance)

ในการสร้างแม่พิมพ์ที่ใช้ชิ้นงานแผ่นเหล็กในการขึ้นรูปขนาด 1 มม. ดังนั้นใช้ สมการสำหรับแผ่นเหล็ก ที่อนุญาตให้ใช้ได้แต่เพียงการดึงขึ้นรูปลึกที่มีชิ้นงานเป็นรูปร่างกลมจะได้ว่า [18] จากสมการที่ (2.9) เพื่อกำหนดระยะเผื่อดังนี้

$$= 1 + 0.07\sqrt{10 \times 1}$$

$$= 1.22 \text{ มม.}$$

แสดงว่าระยะเผื่อของช่องว่างของพินช์และคาย (Clearance) ในกรณีของการขึ้นรูปนี้ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของคาย (Die) เท่ากับเส้นผ่านของพินช์ (Punch) บวกด้วยสองเท่าของค่า ระยะเผื่อของช่องว่างที่คำนวณได้

2.4 สร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปลึก

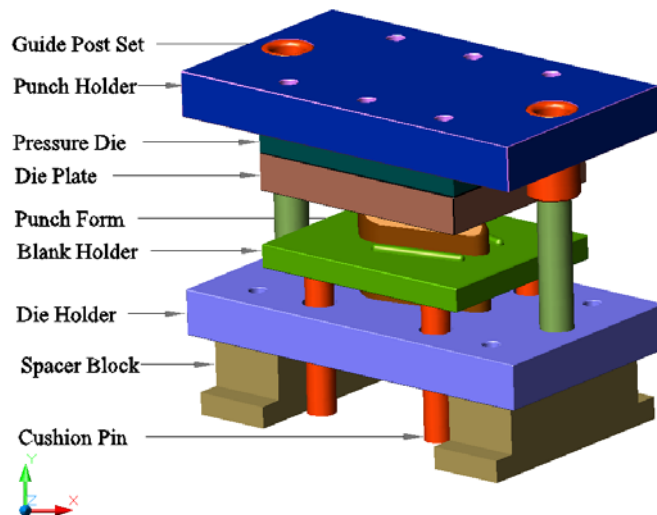
ในส่วนนี้จะเป็นการสร้างแม่พิมพ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ แต่สำหรับชิ้นส่วนบางอย่างซึ่งเป็น ชิ้นส่วนมาตรฐาน เช่น แผ่นยึดแม่พิมพ์ด้านบน แผ่นยึดแม่พิมพ์ด้านล่าง สกรู และชุดนำ (Guide post) เป็นต้น จะทำการสั่งซื้อเพื่อลดเวลาในการผลิตชิ้นส่วนที่ทำการผลิตเองมีดังนี้

ซึ่งในที่นี้จะไม่กล่าวถึงขั้นตอนในการผลิตชิ้นส่วนแต่ละชิ้น แต่จะกล่าวถึงขั้นตอนใน การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เพราะการประกอบแม่พิมพ์ให้ได้ศูนย์จะต้องใช้ความระเอียด รอบคอบ และเข้าใจถึงหลักการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ทุกส่วน (ภาคผนวก จ)

หลักการทำงานของแม่พิมพ์ชุด (Die holder) ใช้รับยึดกับแท่นเลื่อนป้อนขึ้นลงและยึดแผ่นรอง คาย (Pressure die) และแผ่นคาย (Die) จะยึดกันเช่นชุดบน (Upper shore) มีชุดนำการป้อน (Guide post) เป็นชุดนำเพื่อความเที่ยงตรงในการป้อนขึ้นลงและชุดล่าง (Lower shore) จะประกอบด้วยพินช์ (Punch) แผ่นกดยึด (Blank holder) มีหน้าที่ในการกดยึดชิ้นงานโดยส่งถ่ายแรงจากคushion pin (Cushion pin) ซึ่ง สามารถปรับแรงได้และแผ่นพินช์โฮลเดอร์ (Punch holder) จะจับยึดกับแท่นเครื่องป้อน ในภาพที่ 2.5

ตารางที่ 2.3 ชิ้นส่วนแม่พิมพ์

รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน/ชิ้น
1) Punch Holder	SS41	240x420x48	1 แผ่น
2) Pressure Die	S50C	210x250x25	1 แผ่น
3) Die Plate	SKD11	210x250x40	1 แผ่น
4) Punch Form	SKD11	80x150x118	1 แผ่น
5) Blank Holder	SS41	210x250x30	1 แผ่น
6) Die Holder	SS41	240x420x48	1 แผ่น
7) Spacer Block	SS41	240x420x48	1 แผ่น
8) Cushion Pin	SS41	Φ 35x400	4 แท่ง



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ขึ้นรูปลึก

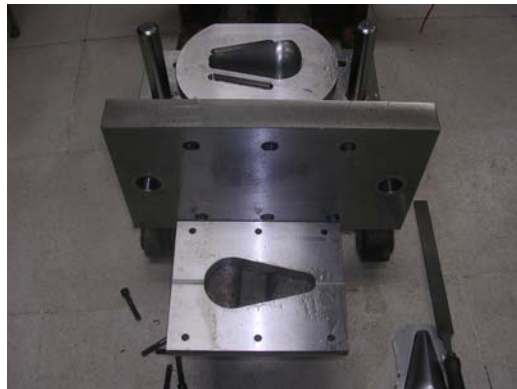
2.4.1 การประกอบแม่พิมพ์และติดตั้ง

- ก. ทำความสะอาดชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมด
- ข. ประกอบชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง โดยการนำพunch (Punch) มายึดติดกับแผ่นล่าง (Die holder) โดยที่ยึดด้วยสกรู ทั้ง 3 ตัวยึดให้แน่น
- ค. ประกอบชุดแม่พิมพ์ตัวบน โดยการนำคาย (Die) มายึดติดกับบน (Punch holder) โดยที่สกรูทั้ง 6 ตัว โดยที่ไม่ต้องยึดแน่นมาก
- ง. นำแผ่นรอง ที่มีความหนาขนาด 1 มม. มาไว้บริเวณรอบๆพunch (Punch) และนำไม้มารองไว้เพื่อที่จะสวมชุดแม่พิมพ์ตัวบน และชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง ดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การใส่แผ่นเสริมรองขนาด

จ. สวมชุดแม่พิมพ์ตัวบน ไปสวมที่ชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง และยึดด้วยสกรูของชุดแม่พิมพ์ตัวบน ให้แน่น ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การสวมชุดแม่พิมพ์ตัวบนกับชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง

ฉ. นำอุปกรณ์จับยึดแม่พิมพ์ทั้งชุดบนและชุดล่างแล้วยกชุดบนขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องเพรส

ช. ใส่แผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder)

ซ. แม่พิมพ์พร้อมใช้งานติดตั้งบนเครื่องปั๊ม ดังแสดงในภาพที่ 2.9



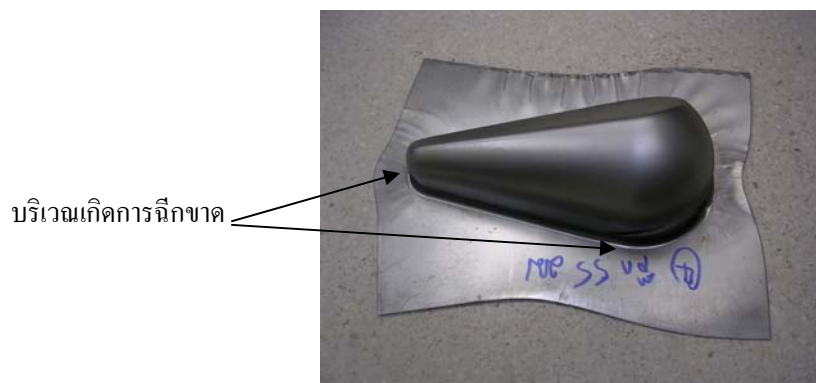
ภาพที่ 2.9 แม่พิมพ์พร้อมใช้งาน

2.4.2 ขั้นตอนการทดลองแม่พิมพ์ (Try-out)

เพื่อที่จะตรวจสอบว่าความสามารถในการทำงานของแม่พิมพ์จะทำงานบรรลุถึงวัตถุประสงค์ และแม่พิมพ์สามารถผลิตงานให้มีคุณภาพดีเพียงใด หลังจากนั้นจึงทำการแก้ไขข้อบกพร่องของแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพดีตามที่ต้องการ ซึ่งในการทดลองแม่พิมพ์ได้พบปัญหา พร้อมแนวทางการแก้ไขดังนี้

ก. ทดสอบแม่พิมพ์ครั้งที่ 1

เมื่อทำการติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊มไฮดรอลิกขนาดแรงดันสูงสุด 80 ตัน เริ่มทำการขึ้นรูปที่ความลึก 45 มม. ผลปรากฏว่าเกิดการร้าวของชิ้นงานบริเวณสันด้านบนเป็นแนวยาว อันเนื่องมาจากด้านบนลักษณะเป็นคมตัด แนวทางการแก้ไขโดยการเพิ่มขนาดรัศมีสันด้านบนขนาด 2 มม. ตลอดแนวเส้นตัดแล้วทำการทดสอบขึ้นรูปอีกผลปรากฏว่า บริเวณสันด้านบนที่เพิ่มรัศมีไม่เกิดการร้าวแต่พบจุดที่บัพรองที่รัศมีปากดาขนาด 4 มม. แทน ดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 การเกิดปัญหาหลังจากทดสอบการขึ้นรูปชิ้นงาน

ข. ทดสอบแม่พิมพ์ครั้งที่ 2

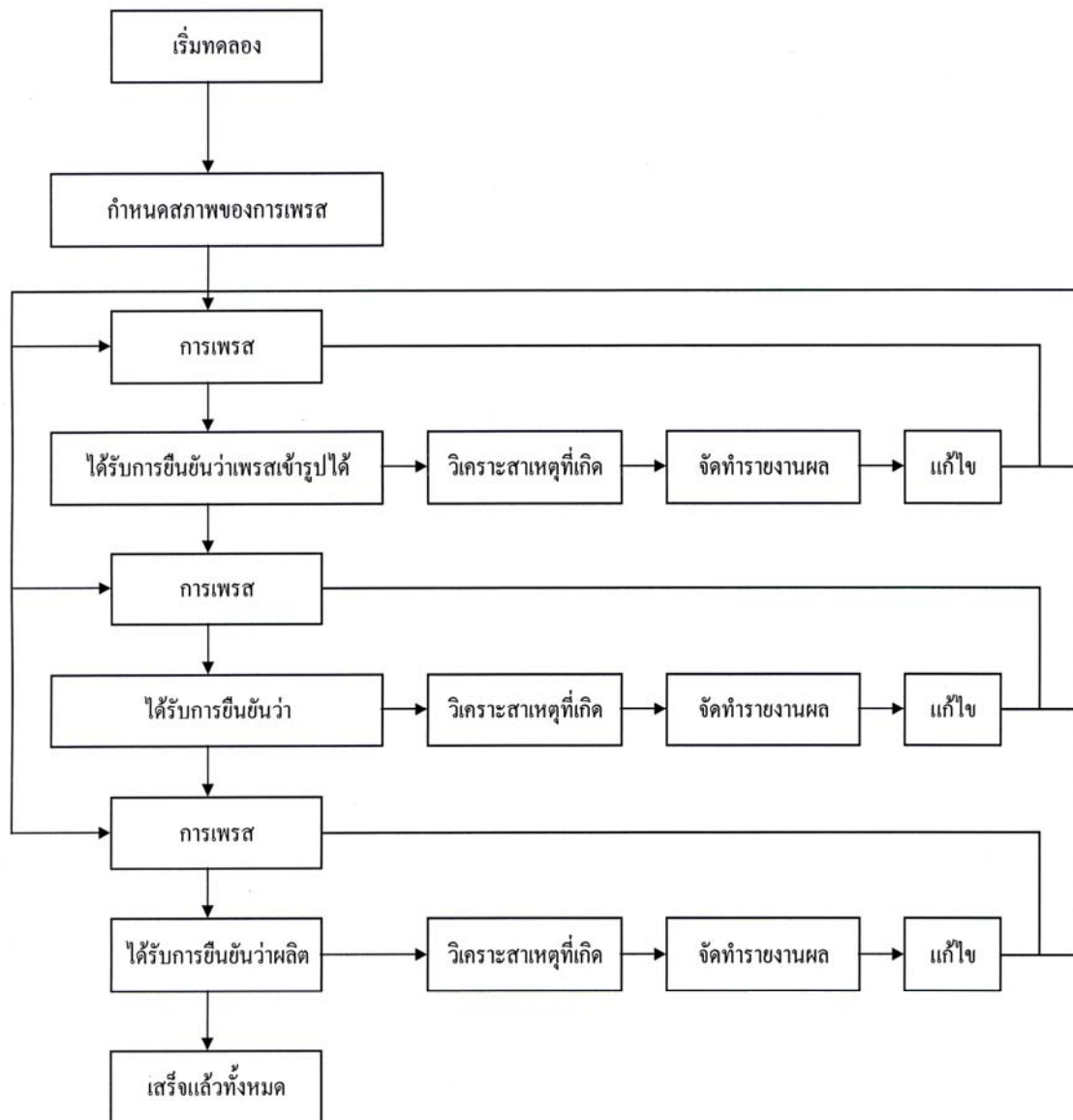
หลังจากติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊มแล้วเริ่มทำการทดสอบขึ้นรูปชิ้นงานอีก ผลปรากฏว่ายังเกิดการฉีกขาดเป็นแนวยาวตามขอบรัศมี 4 มม. จึงทำการแก้ไขโดยการขัดผิวของพื้นที่ทั้งรอบตัว และปากของดายให้ลดความเสียดทานที่ผิวให้น้อยที่สุด เมื่อทำการทดสอบอีกครั้ง พบว่าตามแนวยาวไม่เกิดการฉีกขาดบริเวณรัศมี 4 มม. อีก แต่จะเกิดการฉีกขาดตามขอบรัศมีของดาย 12.5 มม. และรัศมีบนปากดาย 4 มม. แทน ซึ่งเป็นจุดที่มีรัศมีของดายเล็กสุด เมื่อทำการทดสอบซึ่งขนาดของแผ่นตัดเปล่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 200×140 มม. จะส่งผลโดยตรงต่อการไหลตัวของชิ้นงานเข้าสู่ปากดาย จึงแก้ไขโดยการคำนวณแผ่นตัดเปล่าไปตามรูปทรง (ภาคผนวก ก) ของการขึ้นรูปเพื่อทดสอบในครั้งต่อไป

ค. ทดสอบแม่พิมพ์ครั้งที่ 3

หลังจากทำการคำนวณขนาดและรูปร่างของแผ่นตัดเปล่า (ภาคผนวก ก) และเมื่อทดสอบการขึ้นรูปอีกครั้งแล้วคอยสังเกตพบว่า ปัญหาที่เกิดในการทดสอบในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 หายไป การไหลตัวของแผ่นงานไหลเข้าสู่ช่องของดายเป็นได้อย่างสม่ำเสมอจะไม่เกิดข้อบกพร่อง เช่นการฉีกขาดตามจุดวิกฤต แต่จะเกิดการโป่งบริเวณแนวสันดานบนตลอดแนว เนื่องจากการไหลตัวของชิ้นงานเข้าสู่ดายเป็นไปได้อย่างอิสระในการควบคุมการไหลตัวของชิ้นงาน ควรมีการบังคับการไหลตัวโดยการติดครอว์บิด บริเวณโดยรอบของปากดายในแนวนานเป็นเส้นตรง และจะได้ทำการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์สาเหตุ



ภาพที่ 2.11 ชิ้นงานที่ขึ้นรูปและตีกริดเพื่อวิเคราะห์ความเครียดที่แผ่นชิ้นงาน



ภาพที่ 2.12 ไคอะแกรมแผนการทำงานในการทดลองแม่พิมพ์

2.5 การเตรียมแผ่นขึ้นงาน

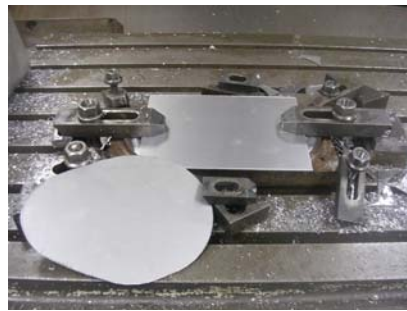
2.5.1 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นตัดเปล่า

ก. ตัดชิ้นงานตามแนวรีดสีเหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด 200x140 มม. ด้วยเครื่องตัดโลหะแผ่น



ภาพที่ 2.13 ชิ้นงานสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด 200x140 มม.

ข. เตรียมอุปกรณ์จับยึดและติดตั้งบนเครื่องกัดระบบควบคุม CNC



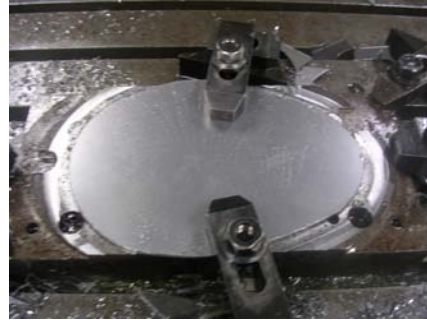
ภาพที่ 2.14 การจับยึดและติดตั้งบนเครื่องกัด

ค. วางแผนงานบนอุปกรณ์ให้ตรงจุดและทำการจับยึดให้มั่นคงด้วยประแจ



ภาพที่ 2.15 การจับยึดชิ้นงานบนเครื่อง CNC

ง. เครื่องกัด CNC เดินกัดชิ้นงานโดยคำสั่งจากโปรแกรมในระบบควบคุมอัตโนมัติ และใช้สารหล่อเย็นตลอดเวลาจนงานเสร็จ



ภาพที่ 2.16 การกัดชิ้นงานและชิ้นงานสำเร็จ

2.5.2 ตีกรีดวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มม.

ก. อุปกรณ์ในการตีกรีดวงกลม [8]

- โต๊ะงาน
- แผ่นเหล็กรองขึ้นทดสอบขนาดกว้างกว่า 300×300 มม.
- ตัวปรับไฟ(Rectifier) พร้อมด้วยสายต่อ 2 สายที่ประกอบด้วยลูกกลิ้งและสายดินต่อเข้ากับแผ่นรองชิ้นงาน
- แผ่นเบาะรองมีลักษณะเป็นใยสังเคราะห์นุ่มๆ มีขนาดใหญ่กว่าแผ่น Stencils เล็กน้อย
- แผ่น Stencils ที่มีขนาดกรีดวงกลม Ø 2.5 มม. ซ้อนกันโดยขอบของแต่ละวงมาชนกัน
- แผ่นขึ้นทดสอบที่มีขนาด 200×140 มม.
- น้ำยาล้างทำความสะอาดแผ่นโลหะ (Cleaner, Formula1, All purpose cleaner, From manufactured by lectroetch)
- น้ำยาอิเล็กโทรไลต์เพื่อใช้ในการกัดแผ่นโลหะซึ่งใช้สำหรับเหล็กเท่านั้น (Electrolyte solution for etching, Ferrous alloy, Formula1 12A, Electroplated zinc and cadmium)
- ภาชนะพลาสติกที่ใส่น้ำยาทั้งสองชนิด
- กระดาษชำระและฟองน้ำ
- น้ำยากัดสนิม(Sonak)

ข. วิธีการตีกรีดวงกลมบนแผ่นโลหะ

- นำแผ่นเหล็กรองขึ้นทดสอบวางบนโต๊ะงาน

- ประกอบตัวแปลงไฟโดยให้สายดินหนีบกับแผ่นเหล็กทรง อีกสายหนึ่งติดลูกกลิ้ง
- วางแผ่นโลหะซึ่งเป็นชิ้นทดสอบที่จะใช้ขึ้นรูปบนแผ่นเหล็กทรงอีกทีหนึ่ง โดยแผ่นขึ้นงานจะต้องผ่านการแต่งครีบและขอบ พร้อมกับล้างคราบไขมันให้สะอาดแล้วเช็ดให้แห้งระวังอย่าให้มีเศษโลหะหรือวัสดุใดๆ เพราะจะทำให้แผ่น Stencils เกิดทะลุได้ในขณะใช้ลูกกลิ้งกดขึ้นรูปด้วยไฟฟ้า
- นำแผ่น Stencils วางบนชิ้นงานโดยจัดให้เหมาะสมกับชิ้นงาน
- นำแผ่นเบาะรองที่จุ่มด้วยน้ำยาอิเล็กทรอนิกส์โรลด์หมาดๆ เช็ดบนแผ่น Stencils ในบริเวณที่จะตีกริดให้ทั่วถึงโดยให้หมาดๆ ก็พอ แล้วจัดแผ่น Stencils ให้ตั้งอย่าให้โยน
- นำแผ่นเบาะรองจุ่มด้วยน้ำยาอิเล็กทรอนิกส์โรลด์และบิดพอให้เปียกๆ วางบนแผ่น Stencils อีกทีหนึ่ง ในกรณีที่แผ่นเบาะรองยังจุ่มด้วยน้ำยาอิเล็กทรอนิกส์โรลด์ก็ยังไม่ต้องจุ่มน้ำยาจนกว่าจะแห้งพอประมาณ
- เปิดสวิทช์ที่เครื่องปรับไฟ ปรับตั้งขนาดไฟฟ้าให้เหมาะสม ใช้ลูกกลิ้งกดลงบนแผ่นเบาะรองด้วยน้ำหนักพอประมาณ (เคลื่อนที่ไปอย่างช้าๆ เพียงครั้งเดียว) ซึ่งสังเกตโดยให้เข็มวัดกระแสไฟฟ้ากระดิกมาที่กึ่งกลางหรือสูงกว่าของมาตรวัด จะทำให้กริดวงกลมบนแผ่นโลหะมีความชัดเจนและเส้นมีความคมสวยงาม หลังจากนั้นจึงปิดสวิทช์ไฟแล้วนำแผ่นเบาะรองและ Stencils ออกเพื่อดูว่ากริดวงกลมมีความชัดเจนหรือไม่
- หลังจากตีกริดวงกลมเสร็จแล้วให้นำแผ่นทดสอบมาล้างด้วยน้ำยาล้างทำความสะอาดและเช็ดให้แห้งแล้วพ่นน้ำยากัดสนิม (Sonak) เพื่อรอการขึ้นรูปต่อไป

ก. ข้อควรระวัง

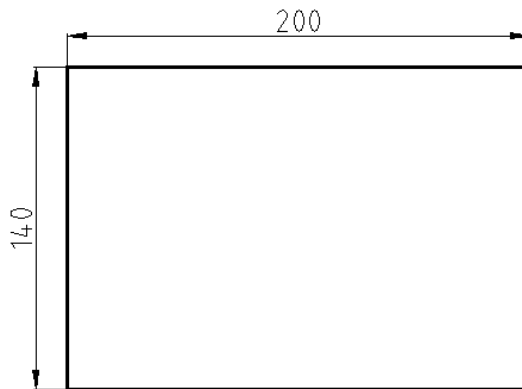
- อย่าให้มีเศษเหล็กหรือผงของวัสดุอยู่บนชิ้นงานเพราะจะเกิดการสปาร์ก (Spark) ทำให้แผ่น Stencils ทะลุได้
- ในขณะที่เปิดสวิทช์ไฟจะต้องไม่ใช่มือจับแผ่นเบาะรอง Stencils หรือแผ่นเหล็กทรงเพราะจะทำให้ไฟฟ้าช็อตมือได้ เมื่อเสร็จแล้วควรปิดสวิทช์ก่อนนำชิ้นทดสอบออกมา
- ในขณะที่ใช้ลูกกลิ้งกดบนแผ่นเบาะรองเพื่อตีกริดอยู่นั้นอย่าหมุนลูกกลิ้งกลับไปมาหลายครั้งเพราะจะทำให้แผ่น Stencils เลื่อน กริดวงกลมซ้อนขึ้นมาทำให้แผ่นทดสอบเสีย ควรจะกดเลื่อนไปทางเดียวครั้งเดียว

2.6 กำหนดตัวแปรทดสอบ

2.6.1 การทดสอบตามชนิดของแผ่นตัดเปล่า (Blank geometry)

ก. ชิ้นงานแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ในการตัดแผ่นงานทดสอบด้วยเครื่องตัดโลหะแผ่นเรียบตามแนวรีดในกระบวนการผลิตของแผ่นโลหะแบบเย็นตามมาตรฐาน JIS: SPCC

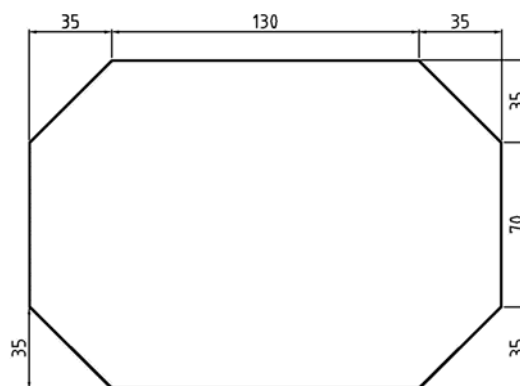


ภาพที่ 2.17 แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า

สิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของแผ่นงาน ที่ใช้สำหรับการดึงขึ้นรูปให้ เทียงตรงประการแรก คือ เนื่องจากเหตุผลด้านการประหยัด ดังนั้นสิ่งที่ต้องพิจารณา ได้แก่ การตัดแผ่นชิ้นงานให้เล็กสุดเท่าที่เป็นไปได้ ประการที่สองไม่มีความจำเป็นที่จะใช้แผ่นชิ้นงานขนาดใหญ่ เพราะจะทำให้เป็นการเพิ่มอัตราขึ้นรูป β จะเป็นสาเหตุให้เกิดการฉีกขาดของชิ้นงาน ซึ่งแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กำหนดคือ 200x140 มม. ดังแสดงในภาพที่ 2.17 มีขนาดเท่ากันของแผ่นตัดเปล่าทั้งสามชนิด

ข. ชิ้นงานแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม

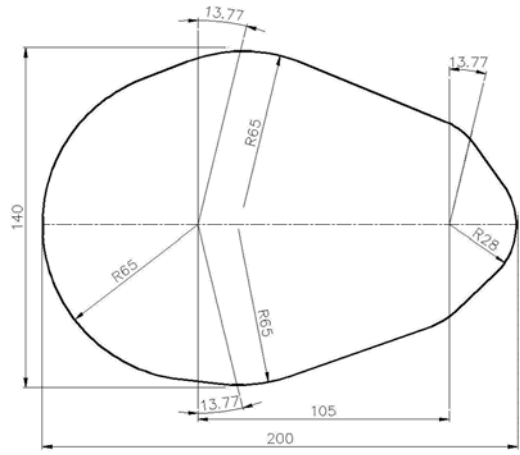
โดยการตัดแผ่นงานเลือกตัดแผ่นงานตามแนวรีดเหมือนกับแผ่นตัดเปล่าแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด 200x140 มม. ดูจากภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม

ก. ชิ้นงานจากการคำนวณโดยประมาณค่าตามรูปทรงขึ้นรูปลึก

การตัดแผ่นงานตามแนวรีดมีขนาด 200x140 มม. ประมาณค่าโดยการคำนวณจากสมการพื้นฐานของขนาดของแผ่นงาน (Blank size) นำมาประยุกต์กับรูปทรงที่ทำการศึกษา (ภาคผนวก ก) จนได้ขนาดและรูปร่าง ดังแสดงในภาพที่ 2.19

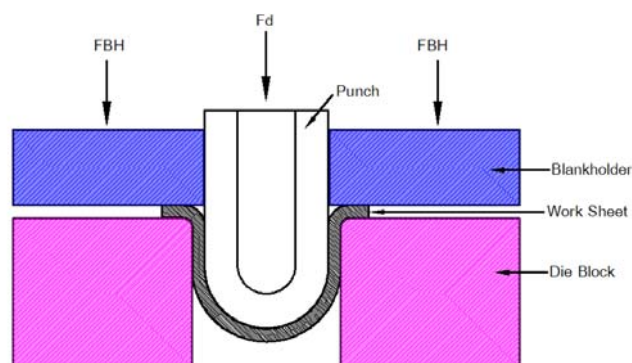


ภาพที่ 2.19 แผ่นตัดเปล่าคำนวณโดยการประมาณค่า

ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะต้องนำไปทดสอบว่าได้หรือไม่ตามขนาดที่ต้องการหลังการขึ้นรูป และส่วนมากค่าที่ได้จากการคำนวณจะไม่ใช่ว่าตามความเป็นจริง เป็นเพียงค่าใกล้เคียงเท่านั้น โดยนำค่าที่ได้จากการคำนวณไปเป็นค่าที่กำหนดของชิ้นงานแรกเมื่อเริ่มลองผลิตลองถูกแล้วปรับขนาดต่อไป

2.6.2 แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force)

ปริมาณความต้องการของแรงกดชิ้นงานจะต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับชนิดของวัสดุ นั้นๆ จากรูปที่ 2.20 ในการกดชิ้นงานโดยอาศัยแรงกด (FBH) กดแผ่นชิ้นงาน (Work sheet) ก่อน แล้ว แรงกดขึ้นรูปลึก (F_d) ที่พื้นที่กดผ่านช่องดายทำให้ชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรจนได้ระลึกลักษณะที่กำหนด



ภาพที่ 2.20 การขึ้นรูปชิ้นงานในขณะที่เกิดการเปลี่ยนรูป

จากการคำนวณแรงใช้เพื่อขึ้นงานตามสมการที่ (2.4) ได้เท่ากับ 104.84 kN และใช้แรงกดขึ้นงานที่ตามสมการที่ (2.5) เท่ากับ 49.69 kN ทำการศึกษาโดยเทียบเป็นขนาดของแรงกดที่ระดับ 10% ,30% ,50% และ 70% ของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปได้ดังนี้

$$\text{จากการคำนวณเทียบได้} = \frac{49.69 \times 100}{104.84} = 47.4\% \text{ เป็นค่าของแรงกดเริ่มต้น}$$

$$\text{ก. แรงกดขึ้นงานที่ 10\%} = \frac{10 \times 104.84}{100} = 10.48 \text{ kN}$$

$$\text{ข. แรงกดขึ้นงานที่ 30\%} = \frac{30 \times 104.84}{100} = 31.45 \text{ kN}$$

$$\text{ค. แรงกดขึ้นงานที่ 50\%} = \frac{50 \times 104.84}{100} = 52.42 \text{ kN}$$

$$\text{ง. แรงกดขึ้นงานที่ 70\%} = \frac{70 \times 104.84}{100} = 73.39 \text{ kN}$$

2.6.3 สารหล่อลื่น (Lubricant) ใช้ทดสอบ

การเลือกสารหล่อลื่นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการขึ้นรูป สารหล่อลื่นที่ใช้กันทั่วไปกับงานขึ้นรูปลึงมีมากมายหลายชนิด ทำการทดสอบที่ 4 ชนิดของสารหล่อลื่นดังนี้

ก. ไม่ใช้สารหล่อลื่น

ในสภาวะอุณหภูมิและความชื้นทั่วไป ไม่มีการลดความเสียดทานระหว่างผิวโลหะของแผ่นดาย (Die) แผ่นกดขึ้นงาน (Blank holder) และขึ้นงาน

ข. สารหล่อลื่นสังเคราะห์

จำพวก EP (Extreme pressure oil) เป็นน้ำมันผสมไขมัน วิธีการใช้จะไม่ผสมน้ำ โดยการทาลงบนผิวงานที่มีความสะอาดเมื่อใช้งานลึงขึ้นรูปลึงจะไม่มีรอยขีดข่วนและง่ายต่อการทำความสะอาดทำให้ผิวงานขึ้นรูปดีขึ้น

- ข้อมูลจำเพาะ ลักษณะน้ำมันจะมีสีเหลืองอ่อน
- ความหนาแน่น ที่ 15.5 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1.190 กรัม/ลิตร³
- ความหนืด ที่ 20 องศาเซลเซียส เท่ากับ 812 มม²/วินาที
- ความหนืด ที่ 50 องศาเซลเซียส เท่ากับ 83 มม²/วินาที

ค. แผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีน

โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene : HDPE) จะมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงลักษณะโปร่งแสงหรือขุ่น แข็งและเหนียว ราคาถูก ขึ้นรูปง่าย ทนต่อสารเคมี ก๊าซซึมผ่านได้ยาก ที่มีความหนาเท่ากับ 0.10 มม.

ง. น้ำมันมะพร้าว

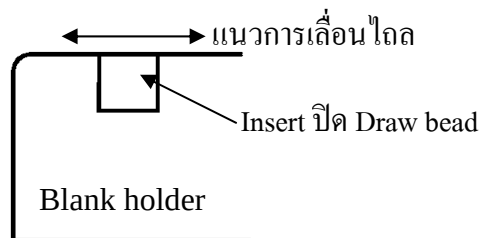
เป็นน้ำมันพืชมีสีเหลืองสามารถใช้ในงานขึ้นรูปลึงได้ทั้งเหล็กกล้าและเหล็กกล้าไร้สนิม การนำไปใช้งานสามารถหล่อลื่นได้โดยตรงไม่ผสมกับน้ำ และมีราคาถูก

- ข้อมูลจำเพาะ ความหนืด ที่ 40 องศาเซลเซียส เท่ากับ 40 มม.²/วินาที
- ที่ 100 องศาเซลเซียส เท่ากับ 8 มม.²/วินาที
- ความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 10.1 [8]

2.6.4 ดรอร์บีตชนิดเดี่ยว (Draw bead single)

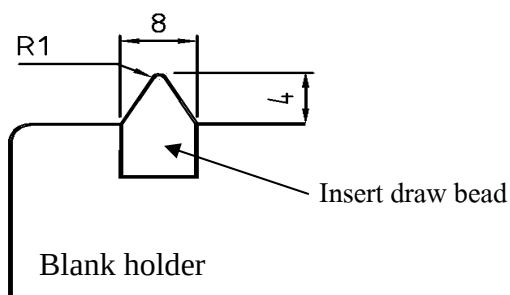
เพื่อควบคุมการไหลตัวของแผ่นชิ้นงานให้เกิดความสม่ำเสมอ ด้วยสาเหตุรูปทรงของชิ้นงานสำเร็จมีรูปทรงที่ไม่สมมาตรจึงทำให้ความต้องการของปริมาณของแรงกดขึ้นที่แตกต่างกัน จึงต้องมีเครื่องมือที่ใช้ในการบังคับนั้นได้แก่ ดรอร์บีต (Draw bead) และขยายขนาดของแผ่นตัดเปล่า (Blank size) ออกอีก 10 มม. โดยรอบ ซึ่งตัวแปรนี้ได้ทำการทดสอบที่ 3 ระดับ ดังต่อไปนี้

- ก. ไม่ใช้ดรอร์บีต อาศัยความเสียดทานบนระนาบของแผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder) และแผ่นตาย (Die) ที่ราบเรียบ ดูภาพที่ 2.21



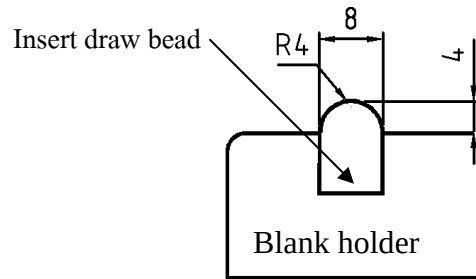
ภาพที่ 2.21 แผ่นกดชิ้นงานที่ไม่ใช้ดรอร์บีต

- ข. ดรอร์บีตชนิดสามเหลี่ยม มุม 60 องศา มีความสูง 4 มม. ดังแสดงในภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 ดรอร์บีตชนิดสามเหลี่ยม (Insert in blank holder)

ก. ดรอว์บีคชนิดส่วนโค้งครึ่งวงกลม มีความสูง 4 มม. ดังแสดงในภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 ดรอว์บีคชนิดส่วนโค้งครึ่งวงกลม (Insert in blank holder)

การผลิตดรอว์บีคด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ (CNC automatic machine) ดังแสดงในภาพที่ 2.24 จึงทำการปรับขนาดความสูงของดรอว์บีคเริ่มที่ความสูง 8 มม. แล้วทำการทดสอบขึ้นรูปพบว่าชิ้นงานไม่สามารถเลื่อนไถลได้ จึงลดระดับความสูงของดรอว์บีคจาก 7, 6, 5 และ 4 มม. จึงประสบความสำเร็จของการขึ้นรูปลึกที่ระดับความสูง 4 มม.นี้

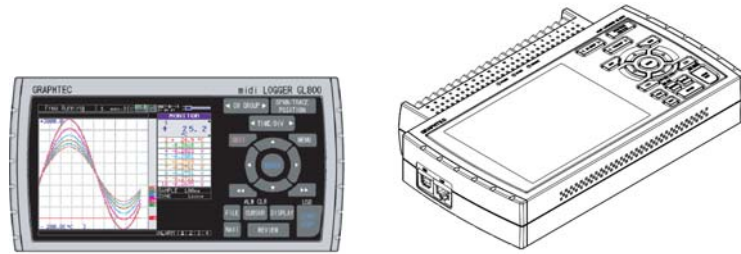


ภาพที่ 2.24 เครื่องจักรกลอัตโนมัติ (CNC Automatic machine)

2.7 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล

หลังจากสร้างกริดบนผิวแผ่นชิ้นงานทดสอบเริ่มในการทดลองเพื่อการเก็บข้อมูลมีขั้นตอนกำหนดตัวแปรของการทดลองอิทธิพลของตัวแปรทั้ง 4 ได้แก่ 1) รูปร่างของแผ่นตัดเปล่า (Blank geometry) 2) ปริมาณแรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) 3) ชนิดของสารหล่อลื่น (Lubricant) 4) ชนิดดรอว์บีค (Draw bead) ทำการทดสอบตัวแปรที่ระดับบันทึกความเปลี่ยนแปลงของแรงต่อระยะลึกที่ขึ้นรูป วัดแรงด้วยอุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Mini data logger) ดังแสดงในภาพที่ 2.25 โดยผ่านตัววัดแรงดันน้ำมัน (Pressure transducer) ตัววัดระยะทาง (Liners guide) ดังแสดงในภาพที่ 2.26

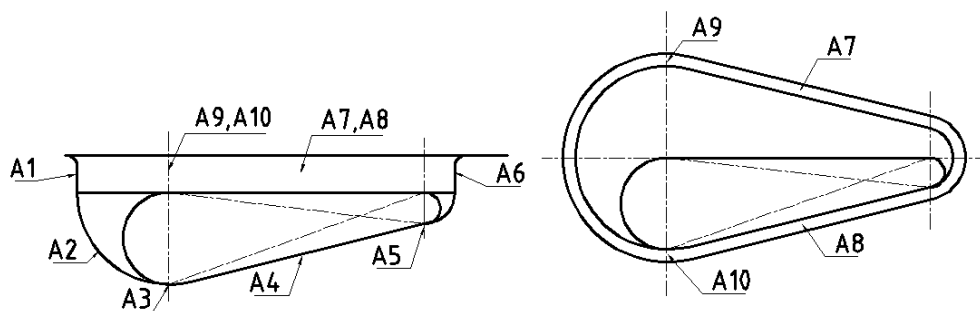
และจุดของการตรวจวัด 10 จุด ดังแสดงในภาพที่ 2.27 ทุกๆ 5 ชั้นที่ทดสอบในแต่ละระดับของอิทธิพลตัวแปรแล้วบันทึกผล



ภาพที่ 2.25 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Mini data logger) [Manual]



ภาพที่ 2.26 อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำมัน (Pressure transducer) [Manual]

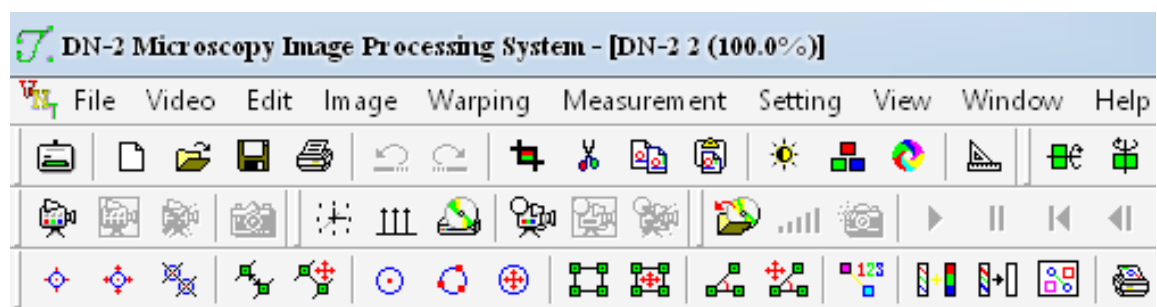


ภาพที่ 2.27 จุดที่ใช้ในการตรวจสอบวัดความเครียดบนชิ้นงาน

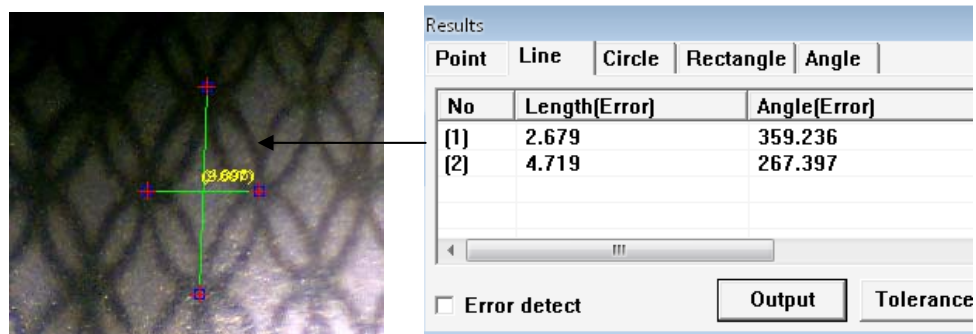
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ใช้สำหรับการวัดความเครียดในชิ้นงาน

Ellipse Number	Major Diameter (dmax)	Minor Diameter (dmin)	Major Strain(ϵ_1)	Minor Strain(ϵ_2)	Thickness Strain(ϵ_3)	Equivalent Strain($\bar{\epsilon}$)
A1						
A2						
A3						
A4						
A5						
A6						
A7						
A8						
A9						
A10						

การตรวจวัดในแต่ละจุดด้วยการถ่ายภาพจากกล้อง Camera OMC ดังแสดงในภาพที่ 2.28 แล้ววัดขนาดความเปลี่ยนแปลงกิริตวงกลมของแกนหลัก (Major) แกนรอง (Minor) ดังแสดงในภาพที่ 2.29 โดยใช้โปรแกรม Microscopy Image Processing System ก่อนวัดขนาดต้องทำการสอบเทียบ (Calibration) ก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น



ภาพที่ 2.28 โปรแกรมในหมวดของคำสั่ง



ภาพที่ 2.29 การวัดขนาดกริดชิ้นงานหลังขึ้นรูปลึกด้วยโปรแกรม