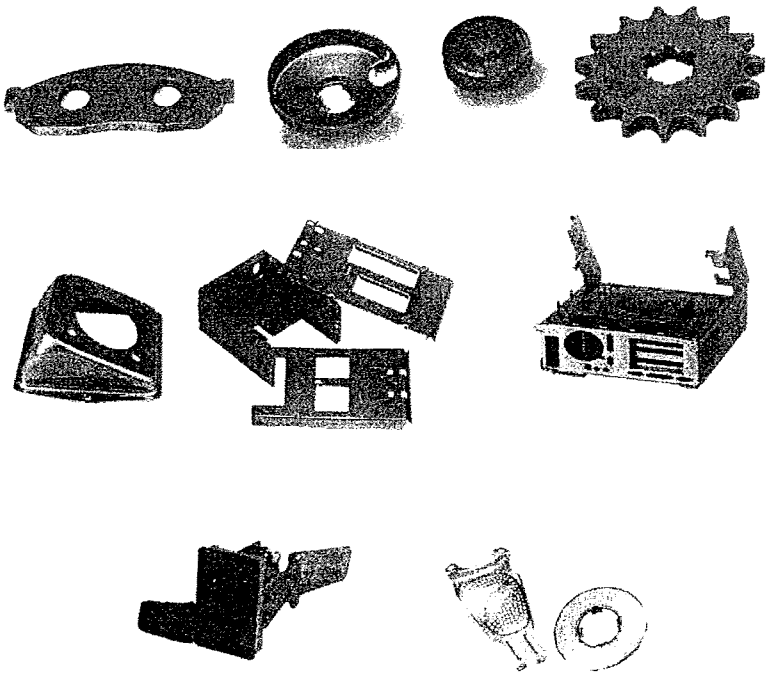
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานตัด

การผลิตชิ้นส่วนลักษณะเป็นแผ่นบางๆ ในปริมาณมากๆ อย่างมีประสิทธิภาพ มักใช้กรรมวิธีการตัดด้วยแม่พิมพ์ตัด (หรือเรียกว่างานปั๊มตัด) ด้วยระยะเวลาการผลิตสั้นที่สุด จะได้รับชิ้นงาน ซึ่งมีความแม่นยำสูงด้านขนาดและรูปทรง รวมทั้งคุณภาพผิวงานตรงตามความต้องการ ขอบข่ายของแม่พิมพ์ ครอบคลุมตั้งแต่แม่พิมพ์อย่างง่ายไปจนถึงแม่พิมพ์ซับซ้อน ปัญหาที่เกิดขึ้นในการสร้างแม่พิมพ์มักแก้ไขโดยอาศัยประสบการณ์หรือการทดลองเฉพาะเท่านั้น สำหรับการคำนวณในงานสร้างแม่พิมพ์ก็เช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่ใช้หลักการคำนวณตามประสบการณ์เป็นหลัก



รูปที่ 2.1 แสดงชิ้นงานจากแม่พิมพ์ตัดและขึ้นรูปหลายขั้น [1]

2.1.1 กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊ม กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊มโลหะแผ่นมีหลายกรรมวิธี แต่แบ่งได้เป็น 3 กรรมวิธีพื้นฐานหลัก คือ

1. การตัดเฉือน (Shearing) เป็นการปั๊มเจาะ (Blacking) และการตัดเจาะรู (Piercing)
2. การตัด (Bending) หรือการขึ้นรูป (Forming)

3. การลากขึ้นรูป (Drawing)

นอกจากนี้ยังมีกรรมวิธีอื่นๆ เช่น การปั๊มนูน (Embossing) การปั๊มจม (Coining) การบีบอัด (Swaging) การฝานขอบ (Shaving) และการตัดขอบ (Trimming) การผลิตชิ้นงานโลหะแผ่นจะต้องใช้หลายกรรมวิธีที่กล่าวมาแต่ไม่จำเป็นต้องใช้กรรมวิธีทั้งหมด ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงลักษณะของงานตัดเท่านั้น

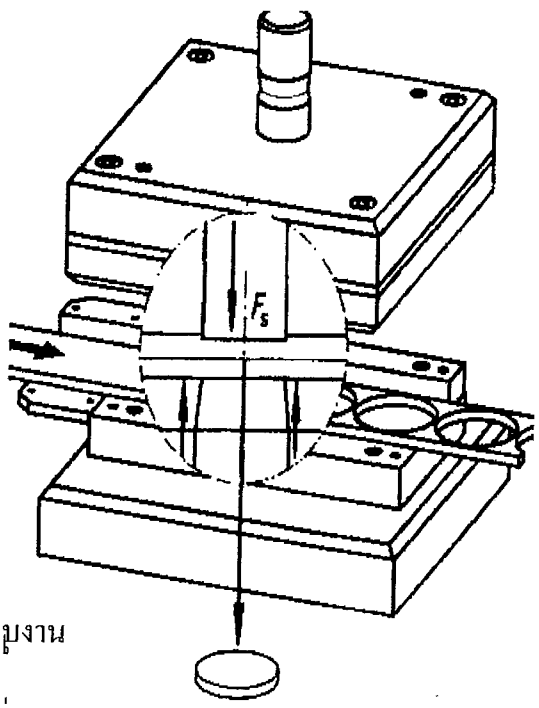
การตัดเฉือน (Shearing) เป็นงานขั้นพื้นฐาน แบ่งออกเป็น [2]

1. Shearing เป็นการตัดทั่วไปที่ใช้คมตัดเฉือนโลหะให้ขาดออกจากกัน
2. Blanking เป็นงานตัดที่ต้องการเอาส่วนที่ถูกตัดไปแปรสภาพเป็นชิ้นงานต่อไป โดยส่วนที่ถูกตัดจะมีรูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว
3. Trimming เป็นงานตัดขอบของส่วนที่ไม่ต้องการออกจากชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปมาแล้ว
4. Bevel shearing เป็นงานตัดริมขอบของชิ้นงานโดยมีคมตัดด้านบนเอียงทำมุมกับแนวดิ่ง
5. Notching เป็นงานตัดเฉพาะบางส่วน ทางด้านริมของชิ้นงาน
6. Slitting เป็นการตัดในแนวยาวของชิ้นงาน โดยส่วนที่ถูกตัดไม่แยกอกจากกัน
7. Parting เป็นการตัดแยกชิ้นงานที่สมมาตรกัน ออกเป็นสองส่วน
8. Piercing เป็นการตัดเจาะรู เพื่อนำรูไปใช้งาน
9. Perforating เป็นการตัดรูหลายๆ รู พร้อมกัน ซึ่งส่วนใหญ่ทุกรูจะมีขนาดและรูปร่างที่เหมือนกัน
10. Shaving เป็นตัดครั้งที่สองหลังจากที่ตัดมาแล้วเพื่อทำให้ขอบเรียบ

2.1.2 ตัวแปรในกระบวนการ ชิ้นงานแผ่นกลมที่ผลิตได้ต้องตัดออกจากแผ่นเหล็ก การตัดแบ่ง (Severing) เป็นการตัดวัสดุด้วยวิธีทางกลแบบไร้เศษ รูปที่ 2.2 แสดงตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการตัดแบ่งด้วยกระบวนการสามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ต่อชิ้นงานและเครื่องมือ

<u>เครื่องมือ เช่น</u>
- แรงตัด
- แรงเบียด
- จำนวนชิ้นที่ผลิต
- การสึกหรอ

<u>รูปทรงเครื่อง เช่น</u>
- ขนาดช่องว่างของคมตัด
- รูปทรงแผ่นตัดผ่าน
- สันนำเลื่อนเครื่องมือ
- ลักษณะเครื่องมือ
- วัสดุคมมีด



<u>วัสดุกึ่งสำเร็จ เช่น</u>
- รูปทรงแถบงาน
- คุณสมบัติวัสดุ
- ความคลาดเคลื่อนแถบงาน

<u>เศษ เช่น</u>
- ความกว้างขอบกลาง
- ความกว้างขอบริม

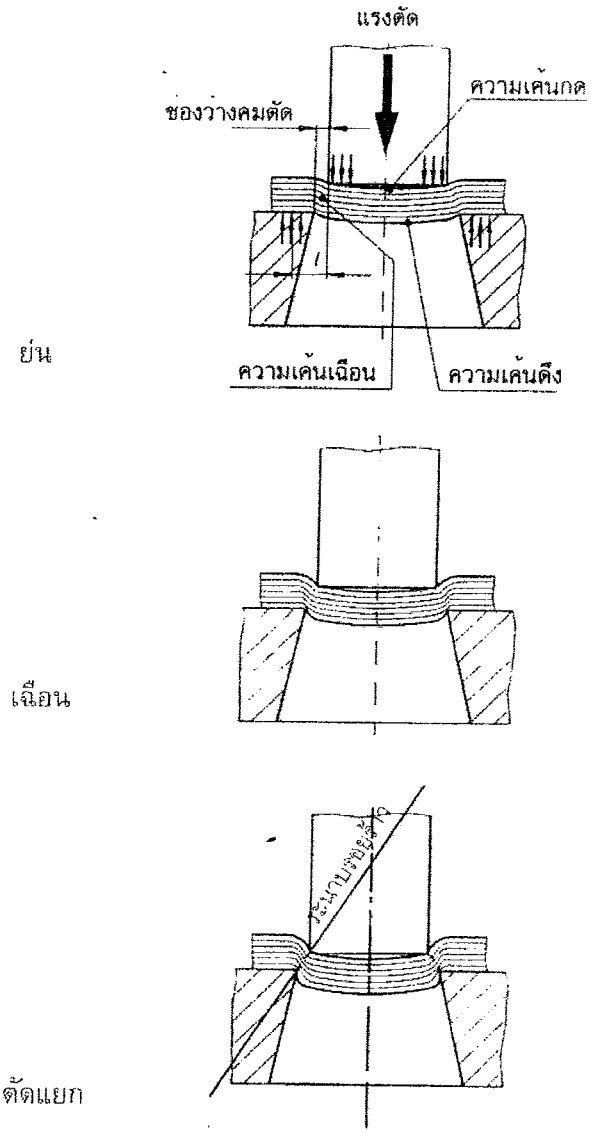
<u>ชิ้นงานตัด เช่น</u>
- การใช้ประโยชน์วัสดุ
- การเกิดครีบ
- การเข้าของคมตัด
- คุณภาพผิวของแนวตัด
- ความแม่นยำขนาด รูปทรง ตำแหน่ง
- จำนวนชิ้นต่อช่วงชัก

รูปที่ 2.2 แสดงตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการตัด [1]

2.1.3 กระบวนการตัด การตัดเฉือนเป็นการแยกชิ้นงานออกจากกัน ระหว่างคมตัดสองคมที่เคลื่อนที่ผ่านซึ่งกันและกันไป ระยะของการเกิดการตัดเฉือนสามารถจำแนกออกตามลำดับดังนี้

1.การย่น เนื่องจากการนั่งของพั้นช์ (Punch) บนชิ้นงานก่อให้เกิดแรงตัดชิ้น ชิ้นงานเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่นเมื่อเกิดกว่าขอบเขตการเฉือนครากตัวของวัสดุ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบคงตัว (Plastic) ซึ่งก่อให้เกิดการโค้งเข้าที่ขอบคมตัด

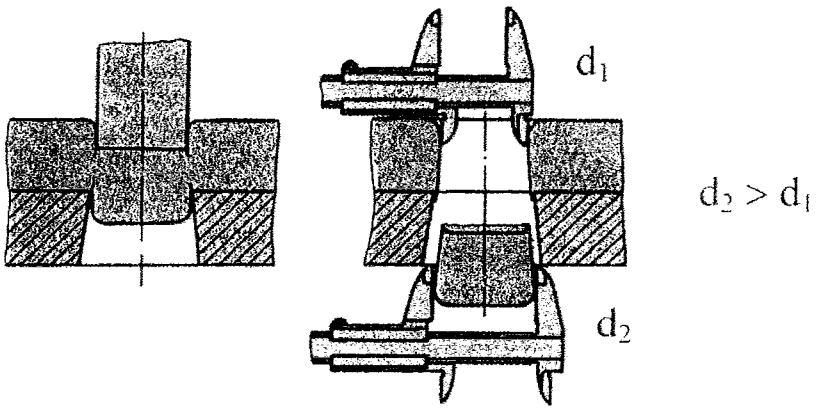
2. การเฉือน การแทรกตัวของพั้นช์ (Punch) ในวัสดุจะเกิดขึ้นเมื่อแรงตัดเกิดความต้านการเฉือนจากการตัดก่อให้เกิดรอยร้าวละเอียด ในชิ้นงาน ซึ่งขยายตัวอย่างรวดเร็วและซ้อนเข้าหากัน



รูปที่ 2.3 แสดงกระบวนการตัดเฉือน [1]

3.การแยก ระหว่างคมตัดของเครื่องมือเกิดรอยร้าวรูปกรวยรอบงานขึ้น พื้นที่ส่วนที่เหลือของวัสดุลดน้อยลง ซึ่งนำไปสู่การทะลุทะลวงอย่างฉับพลัน การสปริงตัวกลับของวัสดุส่งผลให้

- ชิ้นงานตัดขึ้นรูป (ชิ้นงานหรือแท่งเศษ) จะโตขึ้น
- แถบวัสดุหดตัว รัดพั้นช์ (Punch) และต้องดึงออก รูจะเล็กลง

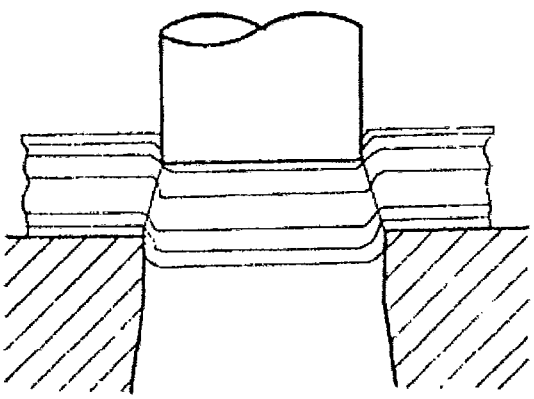


รูปที่ 2.4 แสดงผลของกระบวนการตัด [1]

ซึ่งจะส่งผลให้ชิ้นตัดจะมีขนาดโตกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางดาย ขนาดรูเจาะจะเล็กกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพั้นช์ (Punch) การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการตัดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของ

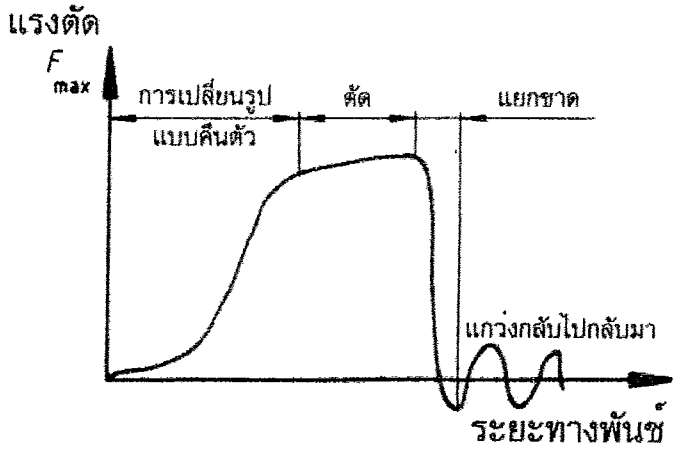
- ชิ้นงาน ได้แก่ ความหนาแน่น ความต้านแรงเฉือน ค่าอัตราการยัดตัว
- เครื่องมือ (แม่พิมพ์) ได้แก่ ช่องว่างคมตัด สภาพเครื่องมือ

2.1.4 แรงตัดและการคำนวณหาแรงตัด แรงตัด คือ การตัดโลหะออกจากกันโดยใช้คมตัดของพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) กดโลหะจนเลยจุด Ultimate Strength ซึ่งจะทำให้โลหะฉีกขาดออกจากกัน แรงตัดต้องมากกว่าความต้านแรงเฉือนของวัสดุในบริเวณพื้นที่ตัด ความต้านแรงเฉือนของวัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณประมาณใกล้เคียงจากค่าความต้านแรงดึง (ความเค้นดึงขาดสูงสุด)



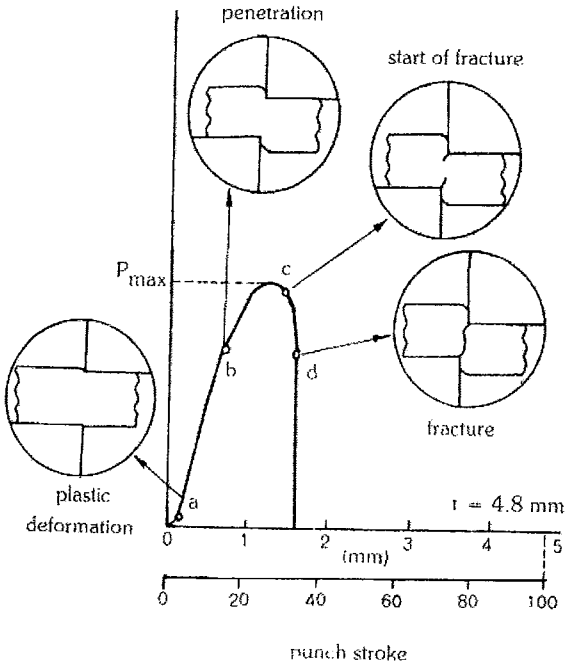
รูปที่ 2.5 แสดงการตัด [2]

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงเฉือนตามระยะการเคลื่อนที่ของพั๊นช์(Punch) พื้นที่ตัดและแรงตัด จะเป็นองค์ประกอบในการเลือกเครื่องมือและวัสดุ



รูปที่ 2.6 แสดงภาระบนเครื่องเพรส [1]

ขั้นตอนในการตัดเริ่มจาก การที่พั๊นช์ (Punch) กดลงบนโลหะและพาเนื้อโลหะเข้าไปในช่องว่างของดาย (Die) จนเลยจุด Elastic Limit ของโลหะ ช่วงนี้ทางผิวด้านล่างของโลหะจะเริ่มย้อยเข้าไปในดาย (Die) และทางผิวด้านบนก็จะถูกพั้นช์ (Punch) กดลง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นพั้นช์ (Punch) จะเจาะเข้าไปในเนื้อโลหะ โดยความลึกของส่วนที่ถูกกดทางผิวด้านบนจะเท่ากับส่วนที่ถูกกดลงในดาย (Die) ทางผิวด้านล่าง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นจนเลยจุด Ultimate Strength ของโลหะแล้ว โลหะจะฉีกขาดออกจากกันรายละเอียดของขั้นตอนในการตัดดูได้จากรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงลำดับขั้นของการตัดโลหะ [2]

จากรูป a punch เริ่มกดลงบนเนื้อโลหะ

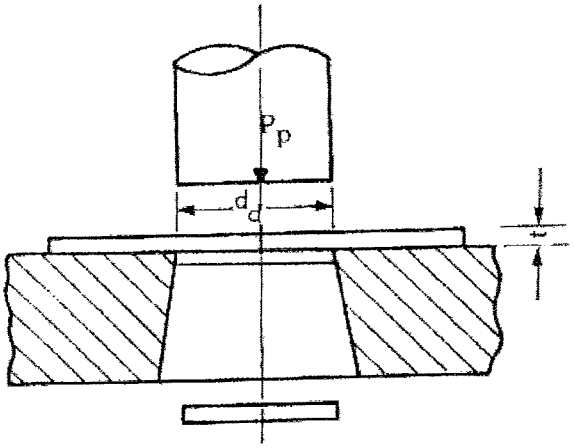
b punch เพิ่มแรงกดลงบนเนื้อโลหะ

c โลหะเริ่มฉีกตัว

d การฉีกของโลหะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การฉีกของโลหะจะดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับ Clearance ระหว่างพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) ถ้า Clearance มากไปหรือน้อยไป จะทำให้เพิ่มแรงที่มากกระทำต่อพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) ทำให้สึกเร็ว นอกจากนั้นยังทำให้รอยฉีกไม่เรียบร้อยอีกด้วย

การคำนวณหาแรงตัด (Cutting Force) ขนาดแรงตัดที่จำเป็นจะเพิ่มขึ้นตามแนวตัด, ความหนาแผ่นงานและความต้านแรงเฉือนของวัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าแรงได้สูตร



รูปที่ 2.8 แสดงองค์ประกอบการหาแรงตัด [2]

สูตรการคำนวณหาแรงตัด

$$CF = LT\sigma S \frac{1}{1000} \qquad .....(2.1)$$

กำหนดให้

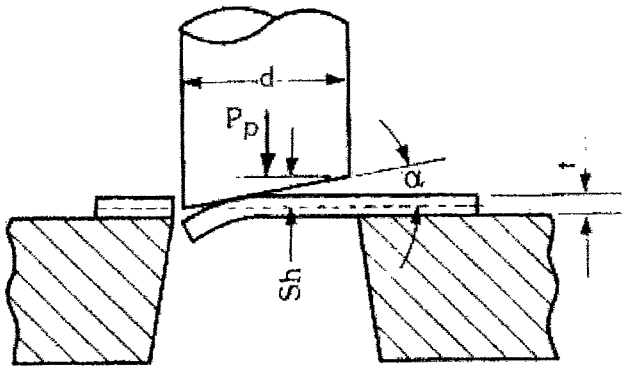
CF = แรงตัดที่ต้องการในการตัด(Ton)

L = เส้นรอบวงหรือเส้นรอบรูปของการตัด(mm.)

T = ความหนาของวัสดุที่ตัด(mm.)

σS = แรงตัดเฉือนวัสดุ (kg/mm^2)

2.1.5 การลดแรงในการตัด (Reduction of Shearing Force) ในการตัดทั่วๆ ไปนั้นผิวหน้าของคมตัดของพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) จะเป็นแบบเรียบหรือขนานกัน ซึ่งแบบนี้จะทำให้ต้องใช้แรงในการตัดมา เพราะการตัดเกิดขึ้นพร้อมกันทุกจุด เราสามารถที่จะลดแรงการตัดได้ โดยการออกแบบคมตัดของพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) ให้มีความเอียงลาดเพื่อที่จะทำให้การตัดเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน ซึ่งแรงที่ใช้ตัดก็จะลดลงไปด้วย การลดแรงตัดเจาะผู้มีประสบการณ์ [3] แนะนำว่าควรลดประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของแรงตัด หรืออาจจะเลือกใช้วีการคำนวณจากสูตร



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะการลดแรงตัด [2]

สูตรการคำนวณเพื่อลดแรงตัด

$$Pps = Pp\frac{tfp}{Sh} \qquad .....(2.2)$$

กำหนดให้

Pps = แรงตัดที่เกิดจากการลดมุม shear (ตัน)

t = ความหนาของชิ้นงาน (มม.)

fp = Pe/t ดูจากตารางที่ 2.2 และ 2.3

Pe = ระยะที่ punch กดเข้าไปในเนื้อโลหะก่อนที่โลหะจะขาดออกจากกัน

Sh = ระยะความเอียงของคมตัด (มม.)

สูตรในกรณีของการตัดรูกลม

$$Pps = \pi t^2 \sigma S \cot\alpha \frac{1}{1000} \qquad .....(2.3)$$

กำหนดให้

$$\tan\alpha = \frac{Sh}{d}$$

α = Shear Angle

ตารางที่ 2.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ Penetration ของ steel [2]

MATERIAL	IN.	1	3/4	5/8	1/2	3/8	5/16	1/4	3/16	1/8	3/32	1/16	1/32
THICKNESS	MM.	25.4	19.1	15.9	12.7	9.5	7.9	6.4	4.8	3.2	2.4	1.6	0.8
PENETRATION %		25	31	35	37	44	47	50	56	62	67	75	87

ตารางที่ 2.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ Penetration ของ Steel แบ่งตามค่าของ Shearing Strength [2]

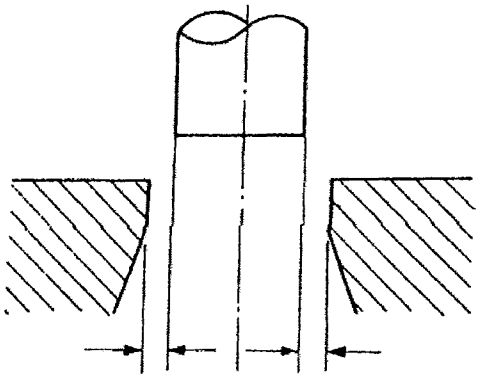
MATERIAL	THICKNESS (mm)			
	UPTO 1	1 — 2	2 — 4	4 AND OVER
STEEL				
(σ_s = 25 — 35 kg/mm^2)	75 — 70	70 — 65	65 — 55	50 — 40
(σ_s = 35 — 50 kg/mm^2)	65 — 60	60 — 55	55 — 48	45 — 35
(σ_s = 50 — 70 kg/mm^2)	50 — 47	47 — 45	44 — 38	35 — 25
ALUMINUM COPPER	80 — 75	75 — 70	70 — 60	65 — 50

σ_s= shearing strength

2.1.6 Clearance คือ ช่องห่างระหว่างพั๊นช์ (Punch)ท กับดาย (Die) ซึ่งจะบอกเป็นค่าของผลต่างของรัศมีของ Punch กับ Die มาตรฐาน Clearance ของวัสดุชนิดต่างๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความหนาของโลหะ Clearance จะแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะความหนาและรูปร่างของชิ้นงานก็มีส่วนสำคัญในการกำหนดขนาดของ Clearance ด้วย โดยชิ้นงานยิ่งมีความหนามากเท่าไร Clearance ก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

ค่าของ Clearance สามารถหาได้จากตารางมาตรฐานตารางที่ 2.3 หรือจากการคำนวณจากสูตร

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



รูปที่ 2.10 แสดงช่องห่างระหว่างพั๊นช์ (Punch) กับดาย (Die) [2]

ตารางที่ 2.3 แสดงขนาดของ Clearance ของโลหะชนิดต่างๆ [2]

MATERIAL	IRREGULAR CONTOUR	ROUND
ALUMINUM		
SOFT LESS THAN 3/64 " THK	3%	2%
SOFT MORE THAN 3/64" THK	5%	3%
HARD	5 - 8%	4 - 6%
BRASS & STEEL		
SOFT	3%	2%
1/2 HARD	4%	3%
HARD	5 - 6%	4%
STEEL		
LOW CARBON SOFT	3%	2%
1/2 HARD	4%	2%
HARD	5%	3%
SILICON STEEL	4 - 5%	3%
STAINLESS STEEL	5 - 8%	4 - 6%

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 31 ส.ค. 2554
เลขทะเบียน 237119
เลขเรียกหนังสือ

สูตรการคำนวณเพื่อหาค่า CLEARANCE

$$C = T \times u/t \qquad .....(2.4)$$

กำหนดให้

C = CLEARANCE (mm.)

T = ความหนาของวัสดุที่ตัด (mm.)

u/t = อัตราส่วนความหนาของชิ้นงาน (%)

ในกรณีตัดเจาะ

ขนาดของ Die = D + 2C (2.5)

ขนาดของ Punch = D - 2C (2.6)

กำหนดให้

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของพั้นช์ (Punch) และดาย (mm.)

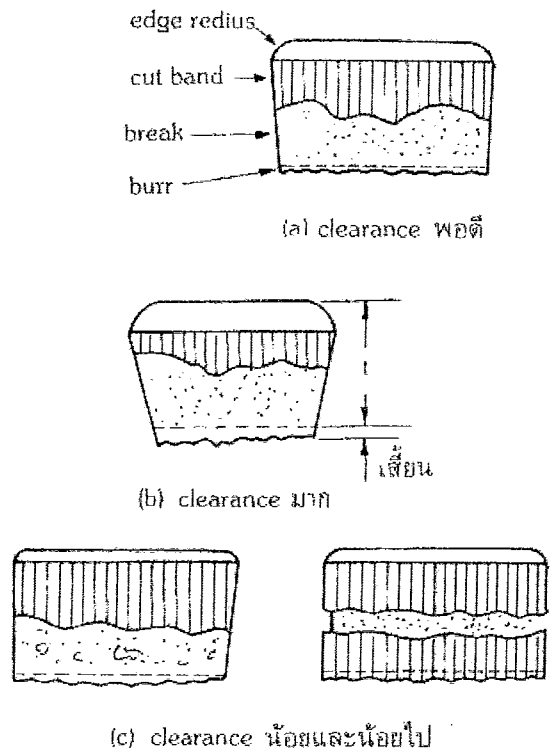
C = CLEARANCE (mm.)

เราสามารถที่จะทราบว่า Clearance ระหว่างพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) นั้นมีค่ามากไป น้อยไปหรือว่าเหมาะสมดีแล้ว โดยดูได้จากสภาพรอยตัดของชิ้นงาน ดังนี้

1. กรณีที่ Clearance พอดีหรือเหมาะสมนั้น Cut Band จะมีความกว้างประมาณ 1/3 ของความหนาของโลหะ และ Burr จะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

2. กรณีที่ Clearance มากเกินไป ที่ Edge Radius จะมีความโค้งมาก Cut Band จะแคบรอยฉีกจะไม่เป็นระเบียบ และมี Burr มาก

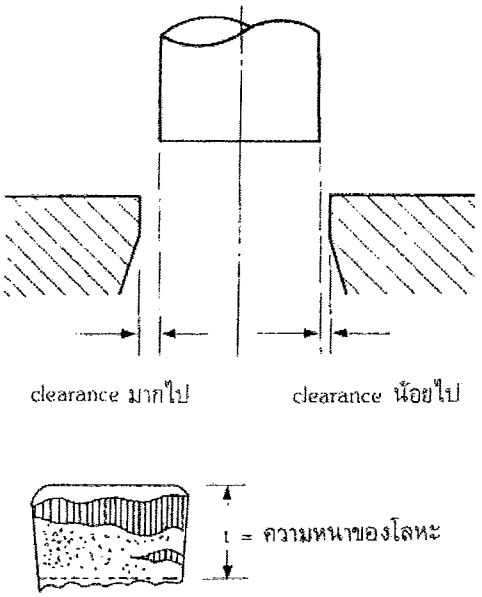
3.กรณีที่ Clearance น้อย และน้อยไป ที่ Cut Band จะมีบริเวณกว้างและอาจมีมากกว่า 2 แห่ง



รูปที่ 2.11 แสดงสภาพของรอยตัดจากการตัดด้วยระยะ Clearance ต่างกัน [2]

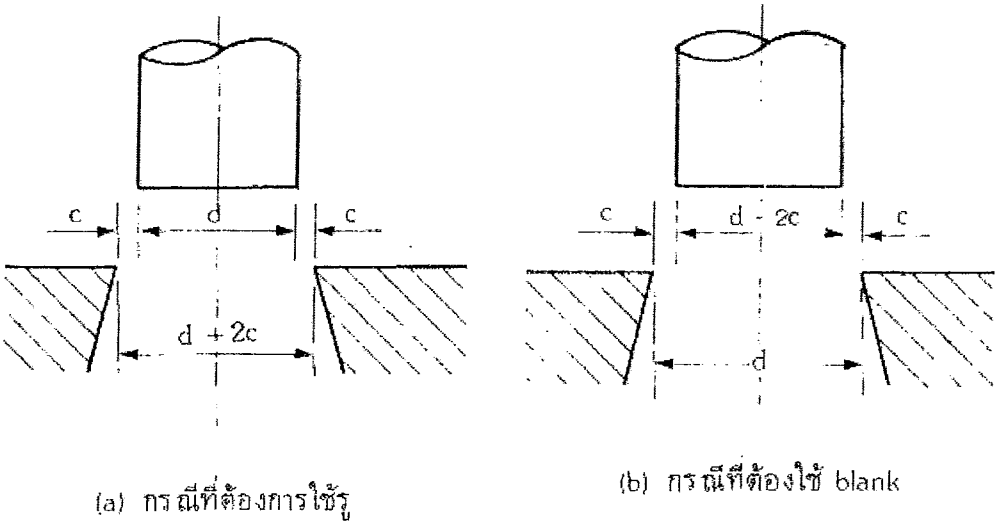
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการตรวจดูสภาพของรอยตัดโดยดูจาก Cut Band และส่วนอื่น ประกอบกันนี้ จะทำให้เราสามารถทราบว่า ตำแหน่งศูนย์กลางของพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) นั้นอยู่ในแนวเดียวกันหรือไม่

ในกรณีที่พั้นช์ (Punch) และดาย (Die) เยื้องศูนย์กันแล้วพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) จะได้รับแรงกระทำไม่เท่ากันทุกจุดทำให้อายุการทำงานของพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) สั้นลง



รูปที่ 2.12 แสดงสภาพของ Slug ที่ได้จากการเจาะของพั้นช์และดายที่เยื้องศูนย์ [2]

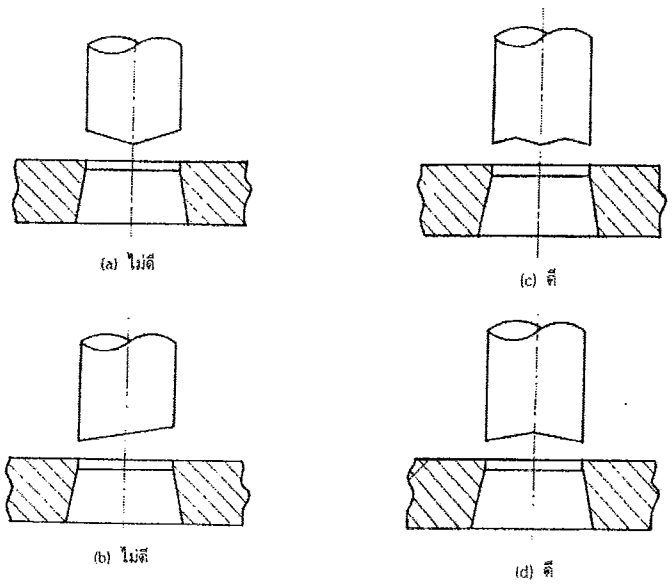
2.1.7 การกำหนดขนาดของ Punch และ Die ในการกำหนดขนาดของพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) ว่าควรจะมีขนาดเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของชิ้นงานที่จะนำไปใช้ เช่น ถ้าต้องการใช้รู ก็กำหนดขนาดของพั้นช์ (Punch) ให้เท่ากับขนาดของรู แล้วไปเพิ่มขนาดของดาย (Die) ตาม Clearance ที่หาได้ (ดูรูปที่ 2.13a) ถ้าต้องการใช้ Blank ให้กำหนดขนาดของดาย ตามขนาดของ Blank แล้วลดขนาดของพั้นช์ ลงตาม Clearance (ดูรูปที่ 2.13b)



รูปที่ 2.13 แสดงการกำหนดขนาดของพั้นช์และดายตามประเภทของการใช้งาน [2]

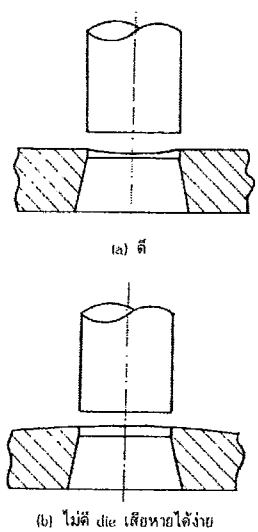
2.1.8 การออกแบบคมตัดของพั๊นช์ (Punch) และดาย (Die) ในการที่จะแต่งคมตัดของพั้นช์ (Punch) และดาย (Die) เพื่อลดแรงในการตัดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงาน ที่จะนำไปใช้ด้วย คือ ถ้าต้องการนำรูไปใช้ก็ให้แต่งคมตัดของพั้นช์ (Punch) แต่ถ้าต้องการนำชิ้นงาน Blank ไปใช้ให้แต่งคมตัดของดาย

ลักษณะการแต่งคมตัดของพั๊นช์ (Punch) เพื่อเอารูไปใช้



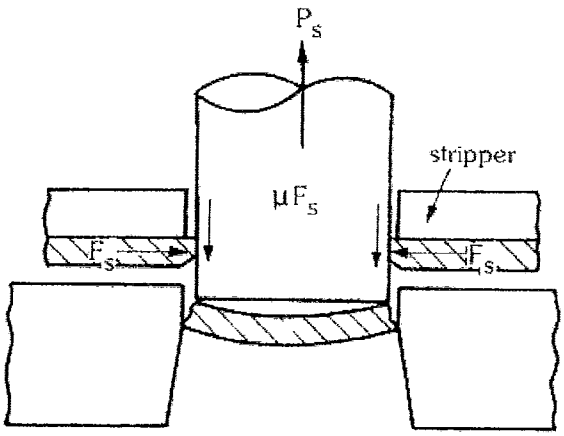
รูปที่ 2.14 แสดงการแต่งคมตัดของพั๊นช์ (Punch) [2]

ลักษณะการแต่งคมตัดของดาย (Die) เพื่อเอา Blank ไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงการแต่งคมตัดของดาย (Die) [2]

2.1.9 แรงที่ใช้ดันชิ้นงานให้หลุดออกจากพั๊นช์ (Stripping Force) ตามปกติจะมีค่าตั้งแต่ 2.5 – 20 % ของแรงตัดหรือแรงเจาะ หรือคำนวณจากสูตร



รูปที่ 2.16 แสดงแรงปลดชิ้นงาน (Stripping Force) [2]

สูตรการคำนวณแรงดันชิ้นงาน

$$Ps = 2.5lt\frac{1}{1000} \qquad .....(2.7)$$

กำหนดให้

Ps = แรงตัดที่ต้องการในการตัด (Ton)

l = เส้นรอบวงหรือเส้นรอบรูปของการตัด (mm.)

t = ความหนาของวัสดุที่ตัด (mm.)

ค่าที่ได้ตามสูตรข้างบนนี้เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น เพราะค่าของ Stripping Force ยังขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรอีกหลายค่าซึ่งไม่สามารถประเมินค่าได้ตัวแปรเหล่านี้ได้แก่ [3]

1. ความหยาบและมุมของรอยฉีกขาด

2. อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของ blank

3. สภาพคมตัดของ punch และ die

4. ความห่างของคมตัด (die clearance)

5. การหล่อลื่นของ punch

6. ระยะห่างระหว่างรู หรือ ระยะห่างจากรูถึงขอบของชิ้นงาน

7. สภาพผิวหน้าของ punch เช่น แต่งคมตัดเพื่อลดแรงตัดหรือไม่แต่ง

8. จำนวนของรู

9. เนื้อที่ที่เหลือบนชิ้นงานหลังจากการเจาะรูหรือตัด blank ออกไปแล้ว

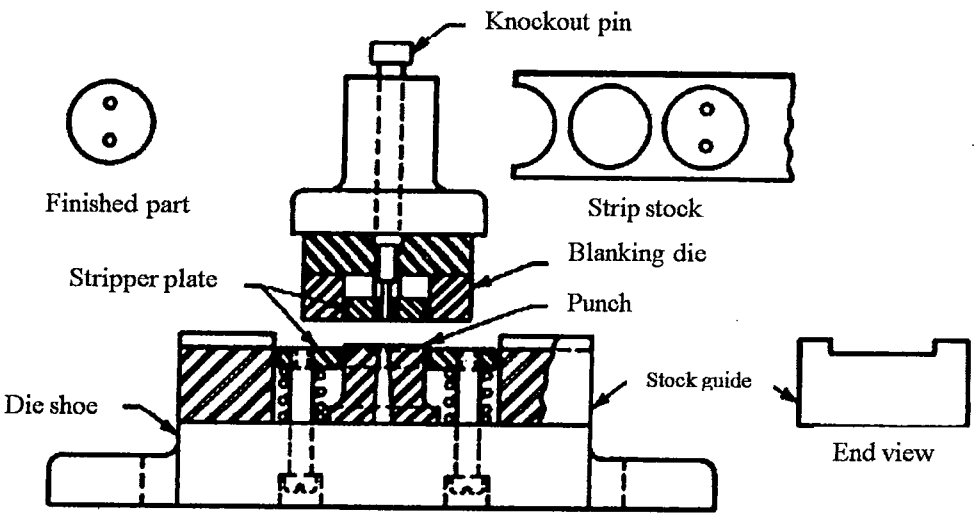
10. ชนิดของโลหะ

2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับแม่พิมพ์

2.2.1 ชนิดของแม่พิมพ์ การแบ่งชนิดของแม่พิมพ์สามารถแบ่งตามกรรมวิธีเช่น แม่พิมพ์ดัด (Bending Die) หรือจะแบ่งตามวิธีการทำงาน ซึ่งแบ่งได้ดังต่อไปนี้

1. แม่พิมพ์ธรรมดา (Simple Die) เป็นแม่พิมพ์ที่ทำงานได้กรรมวิธีเดียวในการกดหนึ่งครั้ง เช่น ปั๊มตัด (Blanking) เป็นต้น

2. แม่พิมพ์ผสม (Compound Die) เป็นแม่พิมพ์ที่ทำงานตัด (Shearing) ตั้งแต่สองกรรมวิธีขึ้นไปอยู่ในสถานีเดียวกันและสามารถทำงานได้พร้อมกันในการกดหนึ่งครั้ง เช่น สามารถทำ Blanking และ Piercing ได้พร้อมกันในการกดหนึ่งครั้ง ดังนั้นในการกดหนึ่งครั้งจะได้ชิ้นงานซึ่งหลุดออกจากแถบโลหะ (Strip) ที่ป้อนเข้าไป



รูปที่ 2.17 แสดงแม่พิมพ์แบบผสม (Compound Die) [4]

3. แม่พิมพ์รวม (Combination Die) เป็นแม่พิมพ์ที่ทำงานเหมือน Compound Die นอกจากทำงานตัดแล้ว จะทำงานอย่างอื่นไปพร้อมกันได้ด้วยเช่น Bending และ Drawing เป็นต้น

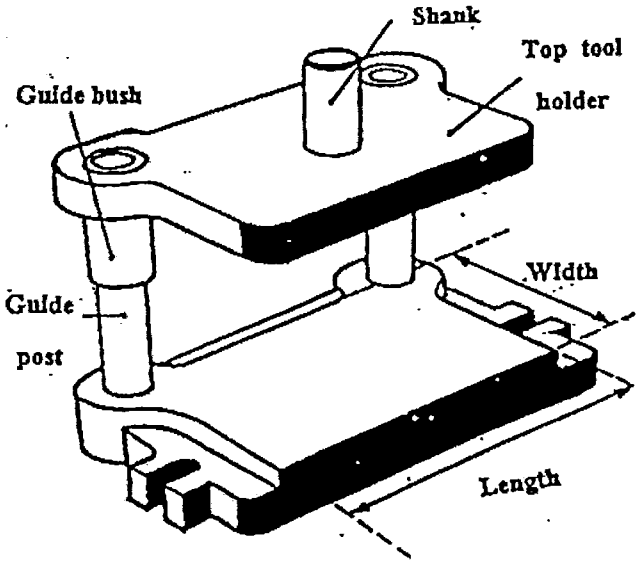
4. แม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง (Progressive Die) เป็นแม่พิมพ์ที่สามารถทำงานพร้อมกันได้ตั้งแต่สองกรรมวิธีขึ้นไป แตกต่างจากแม่พิมพ์รวม Compound Die ตรงที่แต่ละกรรมวิธีจะอยู่แยกสถานีกัน ดังนั้นการออกแบบแม่พิมพ์ต่อเนื่องจะง่ายกว่าแม่พิมพ์รวม ชิ้นงานที่ถูกป้อนผ่านแต่ละสถานีด้วยระบบกลไกอัตโนมัติจะยังคงติดอยู่กับแถบโลหะจนถึงสถานีสุดท้ายจึงจะหลุดออกมาเป็นชิ้นงานสำเร็จ

5. แม่พิมพ์แบบชิ้นงานเคลื่อน (Transfer Die) เป็นระบบแตกต่างจาก Progressive Die ตรงที่ชิ้นงานเป็นชิ้นที่หลุดออกจากแถบโลหะแล้วจะถูกส่งผ่านแต่ละสถานีด้วยกลไกของก้านโยก (Lever) หรือลูกเบี้ยว (Cam) ที่สร้างขึ้นหรือติดตั้งบนเครื่องกด ระบบนี้ต้องการอุปกรณ์เพิ่มเช่น ตัวปลด (Stripper), เข็มกระทุ้ง (Ejector Pin) และตัวกันกระแทกแม่พิมพ์ (Die Cushion)

2.2.2 ชิ้นส่วนมาตรฐานแม่พิมพ์โลหะ แม่พิมพ์โลหะแผ่น เป็นแม่พิมพ์และเครื่องมือที่ริเริ่มใช้ชิ้นส่วนมาตราฐานตั้งแต่ ค.ศ 1930 มีการทำชุดแม่พิมพ์หลายแบบและรูปร่างต่างๆ ตลอดหลายปีผ่านมาโดยความต้องการใช้เครื่องมือและแม่พิมพ์ที่ทำอย่างประหยัดได้ขยายตัวออกไปและการเพิ่มความต้องการใช้เครื่องมือในการผลิตซับซ้อนขึ้น ส่วนเครื่องมือต่างๆ จึงต้องมีการพัฒนาคุณภาพการใช้งาน ปัจจุบันเป็นไปได้ที่จะทำเครื่องมือสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นโดยอาศัยงานออกแบบและส่วนประกอบของการใช้งานของชิ้นงานที่จะผลิต ความเที่ยงตรงของชิ้นงานชิ้นส่วนมาตราฐาน ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. Shank ในการออกแบบ จะคำนึงถึง แรงกดตัดของชุดแม่พิมพ์ด้วยและต้องเลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้หมาะสม เมื่อเลือกได้แล้วก็จะมาเขียนแบบตามมาตรฐานที่กำหนด

2. Die set เป็นชิ้นสวนมาตราฐานที่บริษัทต่างๆ นิยมทาออกจำหน่ายกันอย่างกว้างขวางซึ่งมีรูปแบบการวางเสา (Post) ต่างกันตามการใช้งาน Die Set มาตราฐานที่ใช้กับเครื่องเพรสเปิดด้านข้าง เครื่องเพรสแบบนี้มักมีรูอยู่ที่แร็ม เพื่อให้แช็งก์ที่มีขนาดเหมาะสมใส่เข้าไปได้ ตำแหน่งของแช็งก์จะอยู่ที่ศูนย์กลางของพื้นที่ดายเซต การวางลายเซตจะต้องให้ แรงกระทำผ่านศูนย์กลางของแช็งก์



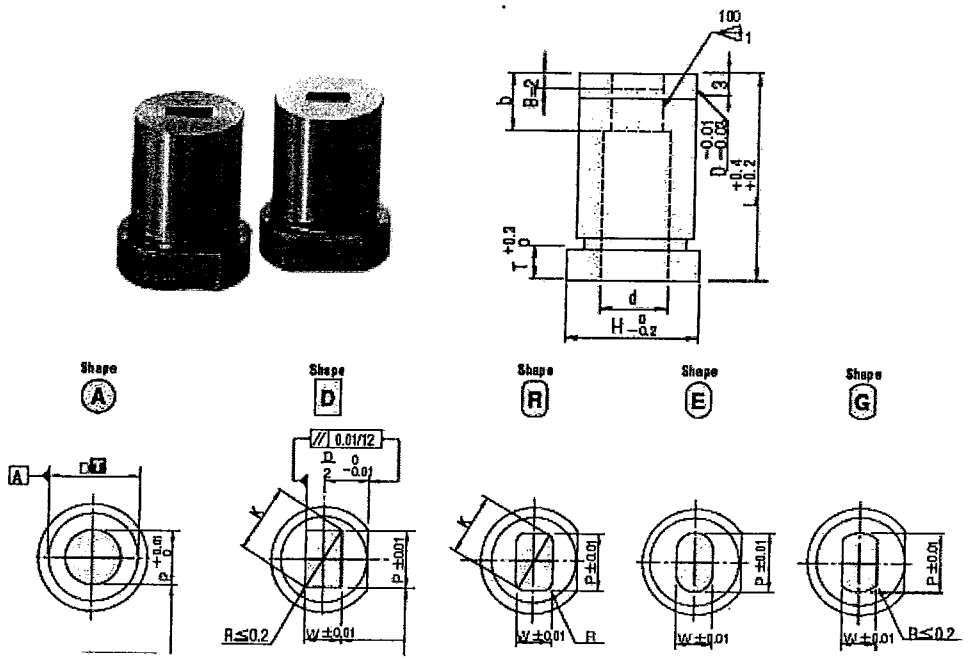
รูปที่ 2.18 แสดงตัวอย่าง Die Set ชนิดเสาอยู่ด้านหลัง [3]

3.Piercing Punch เป็นแกนปั๊มเจาะรูที่นิยมสั่งมาตราฐานมาใช้กันอย่างกว้างขวางโดยมีการใช้ Piercing Punch จะสั่งมาใช้ในงานกลมมากกว่า ส่วนงานรูปแบบอื่นๆ จะนิยมตัดด้วยเส้นลวด (Wire Cut) เพราะต้นทุนจะต่ำและการขาย Piercing Punch จะขายคู่กับแม่พิมพ์ตัวเมีย (Button Die) โดยผู้สั่งเป็นผู้กำหนดราคา ขนาดต่างๆ ของ Piercing Punch

รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะของ Piercing Punch [3]

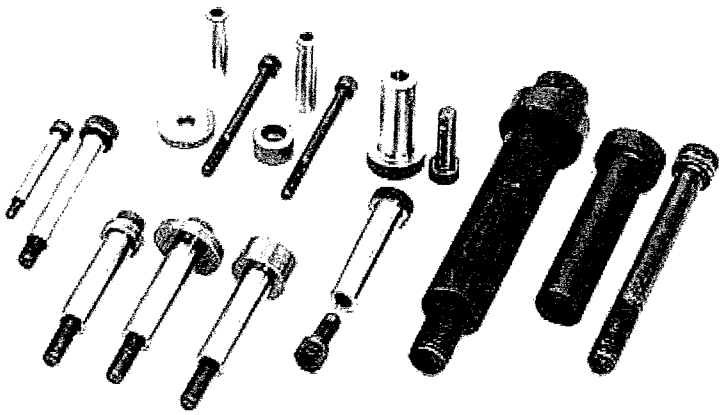
4. Die In Sert (Button Dies) แม่พิมพ์ตัวเมียที่ใช้กับพั้นธ์มาตรฐานสำหรับงานปั๊มขึ้นรูปขนาดเล็ก ก็มีการสร้างมาตรฐานเป็นขนาดละความยาวต่างๆ กันให้เลือก แต่เนื่องจากลักษณะการใช้งานตัวพั้นธ์จะสึกเร็วกว่าแม่พิมพ์ตัวเมีย ดังนั้นเกรดเหล็กที่นิยมจึงใช้ SKD-11 ในกรณีที่

ต้องการให้มีอายุการใช้งานมากๆ จึงจะใช้เหล็ก HAP40 สำหรับ Button Dies มาตรฐานจะมีสองแบบ คือ แบบตรงสำหรับใช้ฝังในแม่พิมพ์ขนาดใหญ่หรือแม่พิมพ์ทั่วๆ ไป และมีแบบบ่า ซึ่งใช้กับแม่พิมพ์ขนาดเล็กเพราะต้องมีการคว้านรูด้านหลัง ข้อดีของ Button Dies แบบมีบ่าคือ เมื่อใช้งานไปนานๆ จะไม่มีการถอนหลุดจากแม่พิมพ์ได้ ด้วยเหตุผลนี้ Button Dies แบบตรงจะมีค่า Tolerance ลำตัวเป็น N5 เพื่อให้เมื่อเวลาอัด Button Dies ตรงจะได้แน่น ไม่หลุดง่าย ส่วนแบบมีบ่า Tolerance เป็น M5 ในกรณี Button Dies ไปใช้ฝังในส่วนของแม่พิมพ์ที่มีส่วนโค้งเว้ามากและบริเวณหน้า Button Dies จะถูกตกแต่งให้เข้ากับรูปโค้งเว้าของแม่พิมพ์ สำหรับ Button Dies ที่ใช้กับแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง (Progressive Dies) ที่มีการปั๊มเร็วๆ มักนิยมใช้แบบที่มีรูหลบสำหรับใช้เศษโลหะตกเป็นแบบเทเปอร์ เพื่อให้เศษเหล็กตกหล่นจากแม่พิมพ์ได้สะดวกขึ้นในกรณีที่ขนาดความยาวมาตรฐานของ Button Dies ไม่เหมาะกับการใช้งานก็สามารถสั่งเป็นขนาดตามต้องการได้ สำหรับแม่พิมพ์ที่ปั๊มด้วยความเร็วสูง บางครั้งต้องการไม่ให้มีปัญหาเรื่องเศษโลหะที่เกิดจากการปั๊มหลุดขึ้นมาบนหน้าแม่พิมพ์ได้



รูปที่ 2.20 แสดงการเลือกใช้ชนิดและขนาด Button Dies [5]

5. Stripper Bolt เป็นตัวยึดแผ่น Stripper Plate ในกรณีที่ออกแบบ Stripper ไว้กับแม่พิมพ์ชุดบนซึ่งมีหน้าที่ทำไม่ให้ Stripper Plate หลุดลงมาและ Stripper Bolt ทำหน้าที่รับแรงสปริงที่ดันแผ่น Stripper ด้วย



รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะของ Stripper Bolt แบบต่างๆ [5]

6. Guide Posts and Bush เป็นชุดชิ้นส่วนมาตราฐานที่ยึดติดกับ Die set เพื่อทำหน้าที่พาแม่พิมพ์ชุด Punch ลงตัด Die ซึ่งการออกแบบและเขียนแบบก็จะกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเสา (posts) และปลอก (Bush) ตามมาตรฐานที่กำหนดคู่กับ Die set โดยต้องเลือกรูปแบบของ Posts และปลอก (Bush) ตามลักษณะการใช้งาน รายละเอียดต่างๆดังนี้

BO =ไกด์โพสท์แบบธรรมดา, บูชเหล็กใช้กับแม่พิมพ์ Cutting

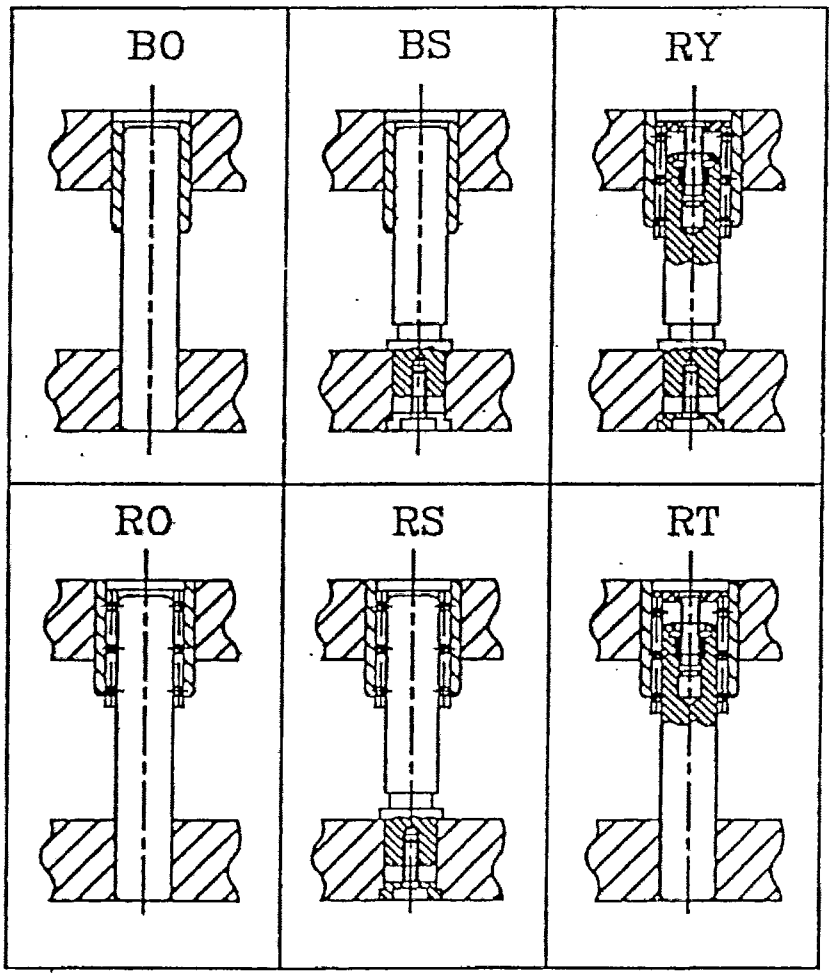
BS =ไกด์โพสท์แบบถอดได้, บูชเหล็กใช้กับแม่พิมพ์ Cutting ทั่วไป

RY =ไกด์โพสท์ลูกปืนแบบถอดได้, บูชลูกปืน,มีฝาปิด,กันปลอกลูกปืน

RO =ไกด์โพสท์แบบธรรมดา, บูชลูกปืน,มีฝาปิด,กันปลอกลูกปืน

RS =ไกด์โพสท์แบบถอดได้, บูชลูกปืน,มีฝาปิด,กันปลอกลูกปืน

RT =ไกด์โพสท์แบบธรรมดา, บูชลูกปืน,มีฝาปิด,กันปลอกลูกปืน



รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะ Guide Posts and Bush เป็นชุดแบบต่างๆ [6]

7. สปริง (Spring) เป็นชุดชิ้นส่วนมาตรฐานที่ใช้กับแม่พิมพ์ ตามความสามารถในการรับแรงกด โดยใช้สีเคลือบสปริง เพื่อง่ายแก่การสังเกต และสะดวกในการใช้งาน แบ่งออกเป็น 5 ประเภท

1.แรงกดมาก

2. แรงกดเบา

3.แรงกดปานกลาง

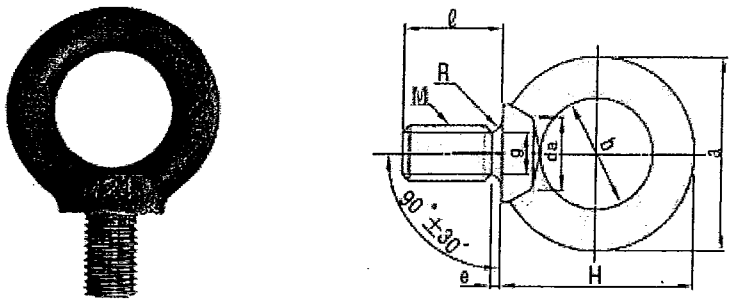
4.แรงกดหนัก

5.แรงกดหนักพิเศษ

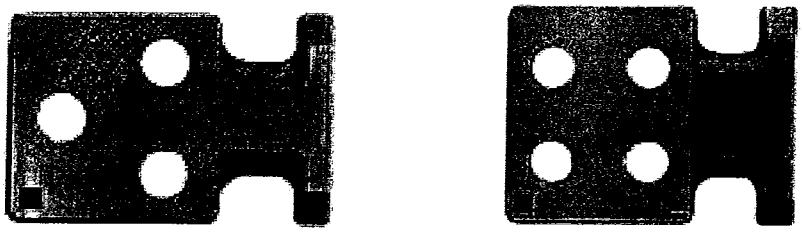
8. หูหิ้วแม่พิมพ์โลหะ (Hooke) หูหิ้วแม่พิมพ์โลหะเป็นชิ้นส่วนมาตรฐานที่ผลิตขึ้นเพื่อสะดวกในการใช้แม่พิมพ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.หูหิ้วแม่พิมพ์ชนิดมีเกลียว

2. หูหิ้วแม่พิมพ์ชนิดแผ่น



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะหูหิ้วแม่พิมพ์ชนิดมีเกลียว [6]



รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะหูหิ้วแม่พิมพ์ชนิดแผ่น [6]

2.2.3 ชนิดของเครื่องกด (Press Machines) การแบ่งชนิดของเครื่องกดสามารถแบ่งได้หลายวิธีเช่น แบ่งตามแหล่งให้กำลัง แบ่งตามชนิดก้านกระทุ้ง (Ram) แบ่งตามโครงสร้างของเครื่อง หรือแบ่งตามจุดมุ่งหมายในการทำงาน เป็นต้น แต่ในที่นี้จะแบ่งชนิดของเครื่องกดตามกลไกการถ่ายทอดกำลังให้แก่ก้านกระทุ้ง ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

1.กลไกแบบข้อเหวี่ยง (Crank) เป็นระบบขับเคลื่อนที่ธรรมดาที่สุด ใช้ข้อเหวี่ยง ในจังหวะเคลื่อนที่ลงความเร็ววจะเพิ่มขึ้น ความเร็วจะสูงสุดที่กึ่งกลางของช่วงชัก (Stroke) ส่วนมากการกดแม่พิมพ์จะเกิดขึ้นที่ความเร็วสูงสุดนี้

2.กลไกแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric) จะเหมือนกับ Crank แต่ช่วงชักจะสั้นกว่า และจะมีความแข็งแรงกว่า

3.กลไกแบบลูกเบี้ยว (Cam) จะคล้ายกับ Eccentric แต่จะใช้กับการเคลื่อนที่ของ Ram ที่พิเศษตามความต้องการ

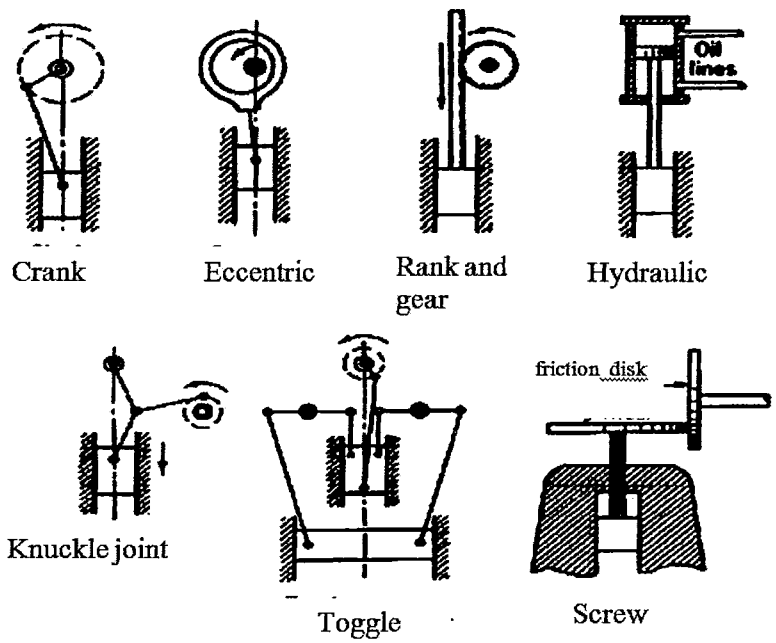
4. กลไกแบบเฟืองรางและเกียร์ (Rank And Gear) ใช้เมื่อต้องการช่วงชักที่ยาวมากๆ การเคลื่อนที่สม่ำเสมอแต่จะช้ากว่าแบบ Crank จะมีตัวหยุดเพื่อควบคุมช่วงชักได้ และอาจจะติดตั้งอุปกรณ์ Quick-Return เพื่อให้ Ram เคลื่อนที่กลับไปจุดตั้งต้นได้อย่างรวดเร็ว

5. กลไกแบบไฮโดรลิก (Hydraulic) ใช้ในเครื่องกดและงานต่างๆ มากมาย การเคลื่อนที่ช้าแต่ให้แรงกดมาก เหมาะกับงาน Forming และ Drawing

6.กลไกแบบข้อต่อร่วม (Knuckle Joint) เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากความได้เปรียบทางกลสูงที่ระบบยืดสุดซึ่งจะให้แรงกดสูง จึงเหมาะสำหรับการทำ Coining และ Sizing

7.กลไกแบบข้อศอก (Toggle) ใช้ในการยึดแผ่นโลหะ (Blank-Holder) ในงานขึ้นรูปเป็นหลัก จุดประสงค์หลักคือต้องยึดแผ่นโลหะให้อยู่ในตำแหน่งได้อย่างเพียงพอ

8.กลไกแบบสกรู (Screw) เป็นระบบขับเคลื่อนที่ใช้แผ่นจานเสียดทาน (Friction Disk) ขับล้อตุนกำลัง (Flywheel) ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มาก ที่ระยะยืดสุดพลังงานที่สะสมที่ล้อตุนกำลังจะถ่ายทอดลงชิ้นงาน เครื่องกดที่ใช้ระบบกลไกโดยใช้ Flywheel ในการให้กำลังจะสามารถให้แรงกดได้ตั้งแต่ 20-6,000 ตันและช่วงชักได้ตั้งแต่ 5-500 มิลลิเมตรและมีความเร็วตั้งแต่ 20-1,500 ครั้งแต่นาที ระบบกลไกนี้จึงเหมาะกับงาน Blanking และงาน Drawing สำหรับเครื่องกดที่ใช้ระบบไฮดรอลิกในการให้กำลังสามารถสร้างแรงกดได้ตั้งแต่ 20-10,000 ตัน ช่วงชักได้ตั้งแต่ 10-800 มิลลิเมตร ระบบไฮดรอลิกสามารถให้กำลังเต็มที่ได้ทุกระยะของช่วงชัก จึงเหมาะสำหรับงานขึ้นรูปลึก

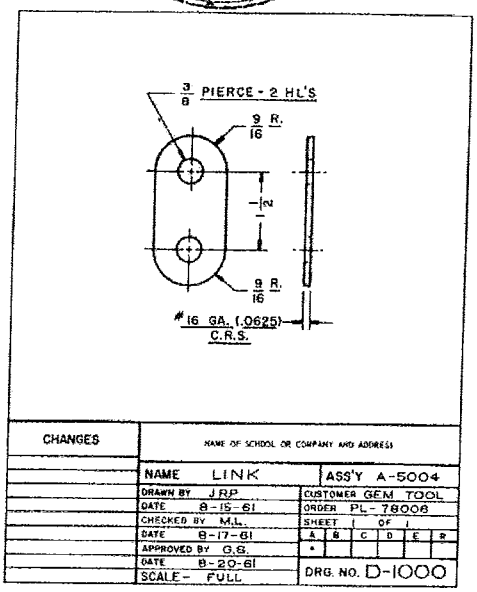


รูปที่ 2.25 แสดงกลไกของเครื่องกดชนิดต่างๆ [4]

2.2.4 องค์ประกอบเบื้องต้นของแม่พิมพ์ ในการออกแบบแม่พิมพ์ทุกชนิดจะมีองค์ประกอบพื้นฐานและเป็นจุดเริ่มต้นที่จำเป็นในการออกแบบและผลิตชุดแม่พิมพ์ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

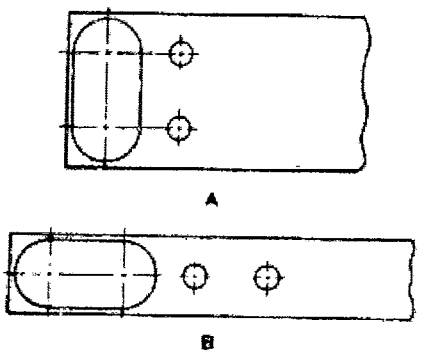
2.2.4.1 แบบของชิ้นงาน ก่อนที่จะทำการออกแบบแม่พิมพ์จะต้องพิจารณาแบบของชิ้นส่วนให้ละเอียดเสียก่อนว่ามีข้อกำหนดอะไรบ้าง รวมทั้งปริมาณที่คาดว่าจะทำการผลิตซึ่งจะมีผลต่อการออกแบบและเลือกใช้วัสดุในการทำแม่พิมพ์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



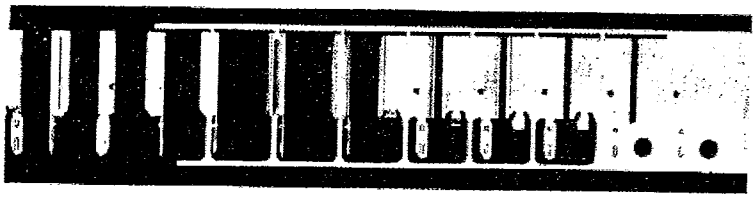
รูปที่ 2.26 แสดงตัวอย่างแบบของชิ้นงาน [2]

2.2.4.2 ลักษณะของการปั๊มชิ้นงาน จากรูปที่ 2.27 เป็นตัวอย่างการวางแนวของชิ้นส่วนที่จะทำการตัด 2 แบบที่มีผลต่อการออกแบบแม่พิมพ์ในขั้นแรกเราควรพิจารณาถึงแบบ A ก่อน เนื่องจากในช่วงความยาวที่เท่ากัน แบบ A นี้จะสามารถตัดชิ้นส่วนได้มากกว่าเพราะช่วงระหว่างชิ้นต่อชิ้นมีระยะใกล้ และใช้เวลาน้อยเพราะไม่ต้องเสียเวลาเปลี่ยนแผ่นสตริ๊ป (Strip) บ่อยๆ แต่ว่าการวาง lay-out แบบ A นี้ก็มีข้อเสียเหมือนกัน คือ เกรนของแผ่นสตริ๊ป (Strip) จะมีแนวไปตามความยาว ทำให้เกรนของชิ้นส่วนที่ถูกต้องออกมามีแนวตามด้านขวางทำให้ชิ้นส่วนอ่อนและไม่แข็งแรงดังนั้นหากต้องการความแข็งแรงสูงในชิ้นงานก็ควรใช้ lay out แบบ B ซึ่งมีเกรนไปตามความยาวของชิ้นส่วน



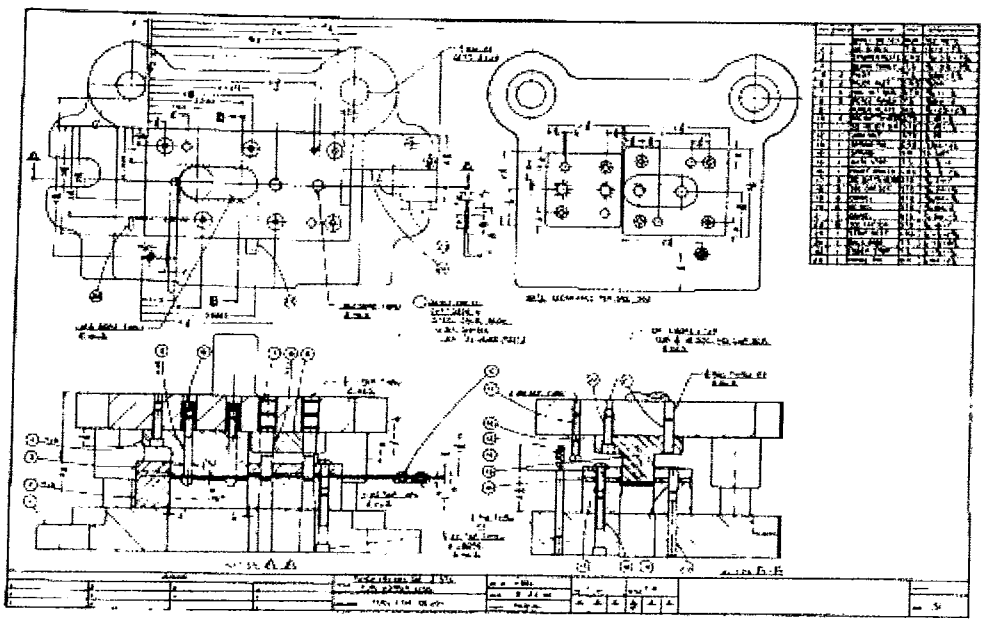
รูปที่ 2.27 แสดงการวาง lay -out ของชิ้นงาน [2]

2.2.4.3 Scrap Strip ในรูปแสดงแผ่น Scrap Strip ซึ่งผ่านการตัดและขึ้นรูปจากแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง (Progressive Die) ซึ่งมี 9 ขั้นตอน เมื่อแผ่นสตริ๊ป (Strip) ผ่านออกมาจากแม่พิมพ์ก็จะมีชิ้นงานเสร็จออกมา 1 ชิ้น ในขณะที่เครื่องทำงานแต่ละครั้ง ตัวอย่างนี้จะแสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนของแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องเป็นอย่างดี แต่ชิ้นงานที่ถูกผลิตขึ้นมาจะมีความเที่ยงตรงสูง และสามารถผลิตได้อย่างรวดเร็ว เมื่อแม่พิมพ์มีการออกแบบอย่างถูกต้องเหมาะสม



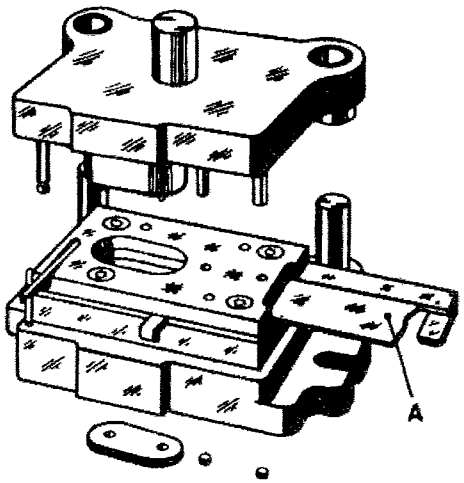
รูปที่ 2.28 แสดงการทำใบมีดโกนจากแผ่นสตริ๊ป (Strip) [2]

2.2.4.4 แบบพิมพ์เขียว เมื่อวิศวกรได้ออกแบบแม่พิมพ์เรียบร้อยแล้วก็จะถ่ายเป็นพิมพ์เขียวส่งไปยังฝ่ายผลิตแม่พิมพ์เพื่อทำการผลิต พิมพ์เขียวที่ดีจะต้องมีขนาด และรายละเอียดต่างๆอย่างชัดเจนสมบูรณ์เพื่อที่ฝ่ายผลิตจะได้สามารถผลิตได้อย่างคล่องตัวโดยที่ไม่มีปัญหาจะต้องมาสอบถามจากผู้ออกแบบอีก



รูปที่ 2.29 แสดงตัวอย่างของแม่พิมพ์เขียว [2]

2.2.4.5 ลักษณะของแม่พิมพ์ รูป 2.30 แสดงชุดแม่พิมพ์ที่ได้ประกอบขึ้นเรียบร้อยแล้ว ในตอนแรกเครื่องจะทำการเจาะรู 2 รู บนแผ่นสตริ๊ป (Strip) ในตำแหน่งที่ 1 เมื่อเครื่องทำการตัดเป็นครั้งที่ 2 ชิ้นงานจะถูกตัดออกจากแผ่นสตริ๊ป (Strip) ในตำแหน่งที่ 2 พร้อมกับตำแหน่งที่ 1 ทำการเจาะรูบนแผ่นสตริ๊ป (Strip) ในช่วงต่อไป เป็นเช่นนี้จนกระทั้งหมดแผ่นสตริ๊ป (Strip)



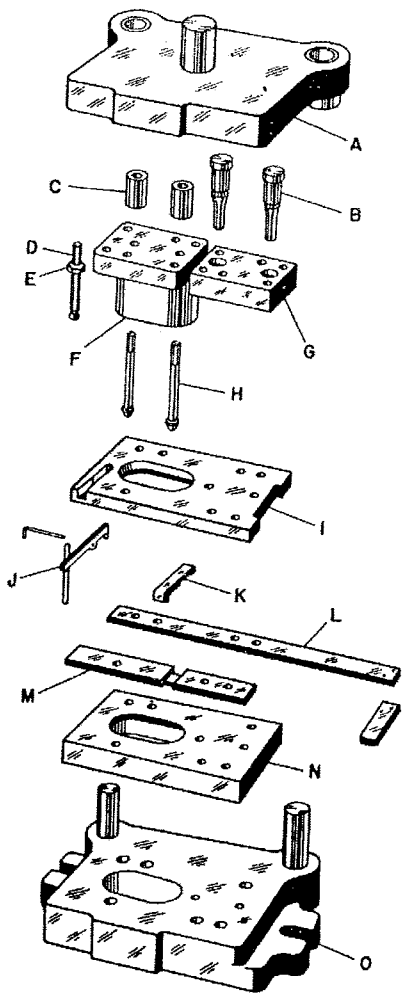
รูป 2.30 แสดงชุดแม่พิมพ์ที่ได้ประกอบขึ้นเรียบร้อยแล้ว [2]

2.3 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ตัดแบบต่อเนื่อง (Progressive Die)

การทำงานของแม่พิมพ์มีหลายชนิด ซึ่งมีอยู่บ่อยๆ ที่เราอาจแยกไม่ออกว่าการทำงานอย่างนี้จะเรียกว่าอะไร ตัวอย่างต่อไปนี้จะทำให้มีความเข้าใจดีขึ้น ในงานวิจัยนี้จะนำหลักการออกแบบแม่พิมพ์ต่อเนื่องเพื่อมาถ่ายถอดความรู้ โดยจะเน้นเนื้อหารายละเอียดเกี่ยวกับแม่พิมพ์ต่อเนื่องตั้งแต่การออกแบบแม่พิมพ์จนถึงการสร้างแม่พิมพ์ การออกแบบแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องนี้ต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดเกี่ยวกับหลักการการออกแบบแม่พิมพ์ เพราะถ้ามีช่วงใดที่ออกแบบไม่ดี ชิ้นงานที่สมบูรณ์ก็ไม่สามารถผลิตขึ้นมาได้

สำหรับผู้ที่เพิ่งจะเริ่มศึกษาอาจจะมีความสับสนเกี่ยวกับเส้นและการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ปัญหานี้จะแก้ได้โดยการศึกษาจากหัวข้อต่อๆ ไป ซึ่งจะแยกเอาชิ้นส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์ออกมากล่าวทีละส่วนเพื่อให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.31

A. punch holder of die set
B. piercing punch
C. pilot nut
D. square head set screw
E. jam nut
F. blanking punch
G. punch plate
H. pilot
I. stripper plate
J. Automatic stop
K. Finger stop
L. Back gage
M. Front spacer
N. Die block
O. Die holder of die set



รูปที่ 2.31 แสดงส่วนประกอบต่างๆของแม่พิมพ์ต่อเนื่อง [2]

2.3.1 Die Set คือ ชุดแม่พิมพ์ซึ่งชิ้นส่วนที่จำเป็นต่างๆ ในการปั๊มชิ้นงานจะถูกนำมาประกอบใน Die Set นี้ ส่วนประกอบต่างๆ ของ Die Set ดังนี้

A. Punch Shank ทีลักษณะเป็นก้านกลมรูปทรงกระบอกติดแน่นอยู่กับ Punch Holder เป็นชิ้นส่วนที่สอดเข้าไปใน Ram ของเครื่อง Press เพื่อยึด Die Set ส่วนบนให้ติดแน่นกับ Ram ของเครื่อง Press

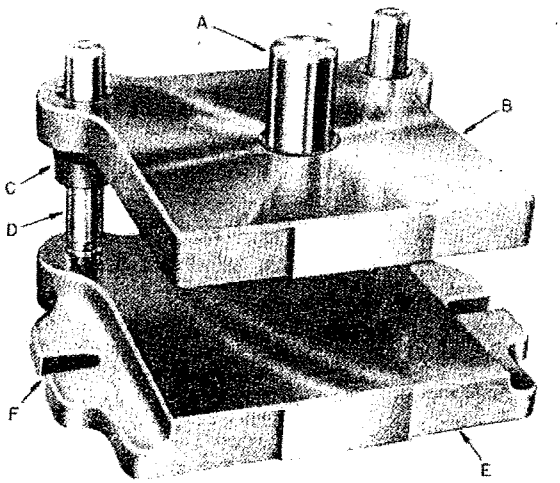
B. Punch Holder เป็นส่วนที่ใช้ยึด Punch และจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงตามจังหวะของ Ram

C. Bushings มีลักษณะเป็นปลอกสวมอัดอยู่กับ Punch Holder เพื่อบังคับให้ Punch Holder เคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่ในแนวเส้นตรงตาม Guide Post

D. Guide Post มีลักษณะเป็นเสากลมติดอยู่กับ Die Holder

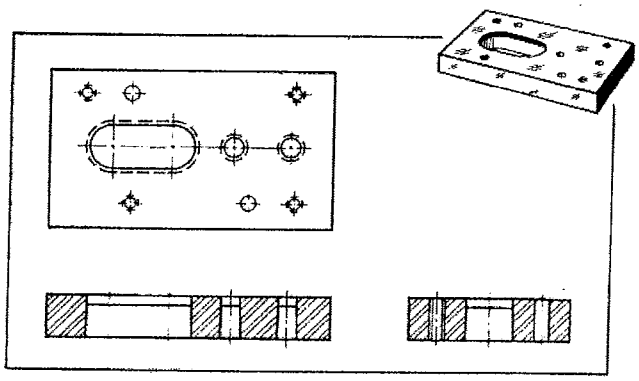
E. Die Holder เป็นส่วนที่ใช้ยึด Die ให้ติดอยู่กับ Die Set และ Die Holder นี้จะยึดติดอยู่กับ Bolster Plate ของเครื่อง Press ด้วยสกรู

F. Slots มีไว้สำหรับยึด Die Holder เข้ากับ Bolster Plate



รูปที่ 2.32 แสดงลักษณะรูปร่างของ Die Set [6]

2.3.2 Die Block ส่วนมากจะทำจากเหล็กกล้าเมื่อผ่านการตัดเฉือนและเจียระไนตบแต่งได้ตามแบบแล้วก็จะทำการชุบแข็งตรงส่วนที่จะต้องทำการเจาะหรือตัดชิ้นส่วน ส่วนรูอื่นๆ คือ รูเกลียวสำหรับยึด Die Block ให้ติดกับ Die Holder และส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ก็มีรูที่คว้านสำหรับใส่สลัก (Dowel Pin) เพื่อป้องกันไม่ให้ Die Block เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม ในรูปภาพบนเป็นภาพที่มองจากทางด้านบน ส่วนภาพล่างซ้ายเป็นภาพหน้าตัดที่ตัดผ่านรูเจาะและรูตัด เส้นขวาง 45 องศา แสดงให้รู้ว่าเป็นภาพหน้าตัดส่วนภาพล่างขวาเป็นการตัดผ่านรู Blank รูเกลียวจะอยู่ทางซ้ายมือส่วนด้านขวาเป็นรูใส่สลัก การเขียนภาพหน้าตัดก็เพื่อแสดงส่วนที่อยู่ภายในให้มองเห็นได้ชัดเจนและง่ายขึ้น เพราะหากเขียนภาพที่มองจากด้านหน้าก็จะต้องมีเส้นประต่างๆมากมาย และอาจซ้อนกันทำให้มองภาพลำบากและอาจเกิดผิดพลาดได้ง่าย



รูปที่ 2.33 แสดงลักษณะของ Die Block [2]

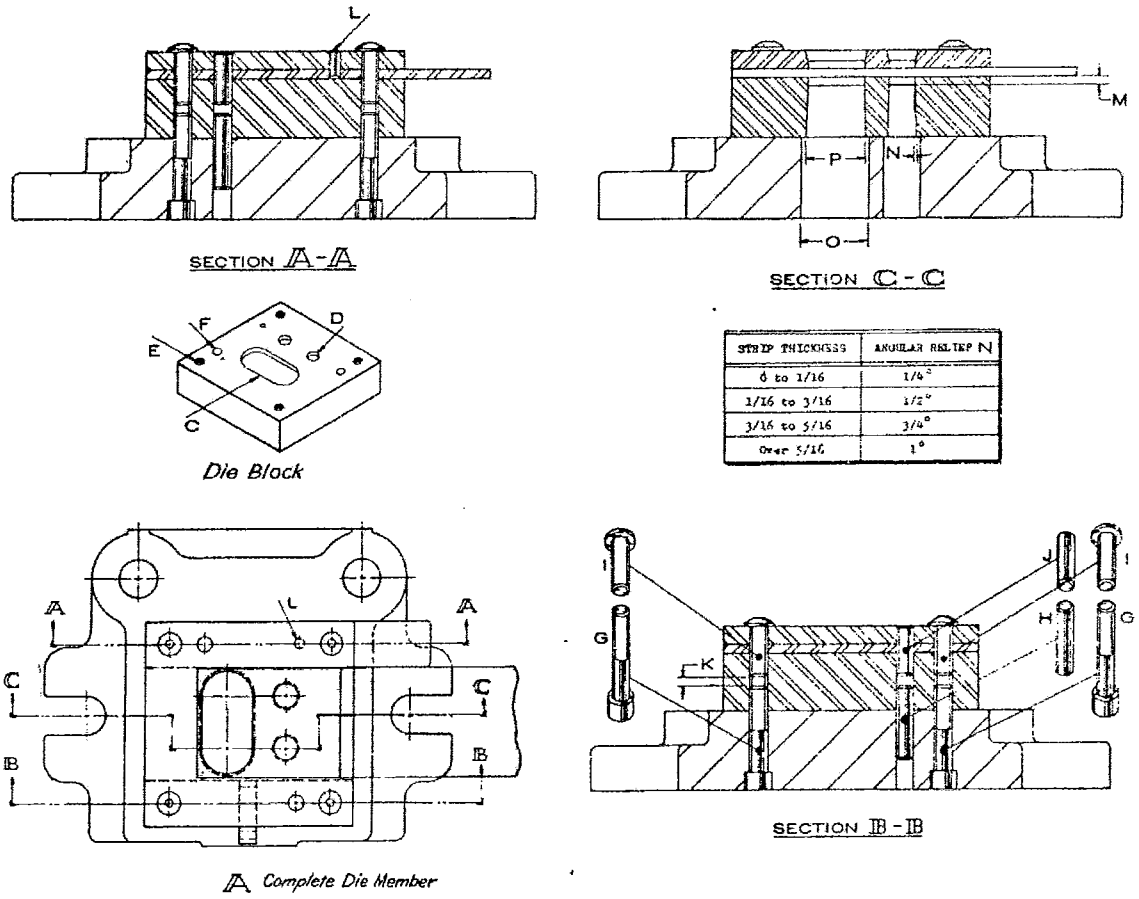
การออกแบบ Die Block มีปัจจัย 4 ประการที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบ Die Block ปัจจัยทั้ง 4 ประการคือ

1. ขนาดของชิ้นส่วน
2. ความหนาชิ้นส่วน
3. ความซับซ้อนของเส้นรอบรูป
4. ชนิดของแม่พิมพ์

การออกแบบ Die Block ในแม่พิมพ์ขนาดเล็กที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ของเครื่องจักรโดยปกติจะเป็น Die Block ตันชิ้นเดียวกันทั้งตัว นอกจากในชิ้นส่วนที่มีเส้นรอบรูปที่ซับซ้อนจึงจะแยก Die Block ออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายแก่การตบแต่งด้วยเครื่องจักร แล้วจึงนำมาประกอบรวมกันเป็นชุดในแม่พิมพ์

Die Block ที่ใช้สำหรับ Piercing Die ขนาดใหญ่ ซึ่ง Die Block นี้จะแบ่งออกเป็นส่วนๆ เพื่อความสะดวกในการกลึง ไส ชุบแข็ง และเจียระไน ลองสังเกตดูจะพบว่าในแต่ละส่วนของ Die Block จะมีรูที่ใช้ตัดชิ้นงาน รูสำหรับยึดสกรูและสลัก เพื่อให้ Die Block แต่ละส่วนยึดติดกับ Die Set การใช้ Die Block ในรูป 2.34 แสดงวิธีที่ดีที่สุดที่จะประกอบ Die Block เข้ากับแม่พิมพ์ขนาดเล็กและขนาดกลาง รูต่างๆใน Die Block ได้แก่ รูสำหรับตัด Blank (C) รูสำหรับเจาะรู (D) รู (E) เป็นรูที่ทำเกลียวทะลุตลอดเพื่อสำหรับยึด Die Block ให้ติดกับ Die Set ด้วยสกรู และรู (F) จะถูกคว้านเพื่อใส่สลักกำหนดตำแหน่ง

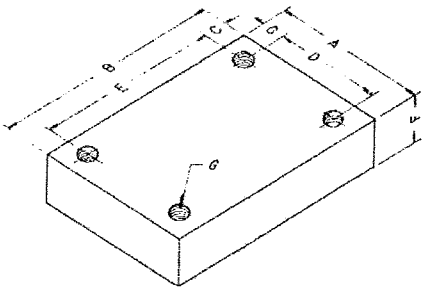
ในภาพตัด A-A และ B-B แสดงให้เห็นวิธีการจับยึด Die Block สกรูแบบหัว Socket 4 ตัว (G) จะยึด Die Block ให้ตัดแน่นกับ Die Holder ของ Die Set สลัก (H) 2 ตัวจะถูกอัดเข้าไปใน Die Set และทะลุเข้าไปใน Die Block เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ออกไปจากตำแหน่งเดิม สกรูหัวมน (I) 4 ตัวจะยึด Stripper Plate และ Gage ให้ตัดกับ Die Block ในขณะที่สลัก (J) จะกำหนดตำแหน่งให้ถูกต้อง ระยะ (K) ตามปกติจะกำหนดไว้ประมาณ ¼ นิ้วเพื่อเป็นค่าเผื่อไว้สำหรับการเจียระไนผิวหน้าของ Die ใหม่เพื่อให้เกิดคมใหม่ซึ่งจะทำให้ปลายสกรูและสลักลึกต่ำลงไปใน Die Block มากขึ้นอีก



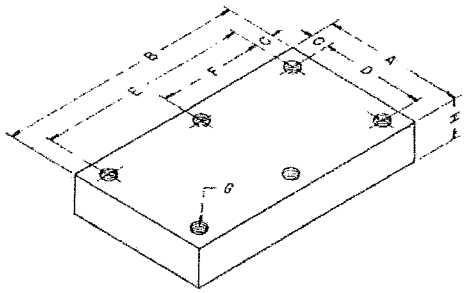
รูปที่ 2.34 แสดงวิธีประกอบ Die Block เข้ากับแม่พิมพ์ขนาดเล็กและขนาดกลาง [2]

เมื่อต้องการทำแม่พิมพ์เป็นปริมาณมากๆ สามารถลดเวลาและค่าใช้จ่ายลงได้โดยกำหนดขนาดมาตรฐานของ Die Block และเลือกใช้ขนาดตามมาตรฐาน ทำให้ใช้เวลาน้อยและยังอาจเก็บสต็อคไว้เพื่อตกแต่งให้เรียบร้อยอีกทีเมื่อต้องการใช้ และ Jig ที่มีราคาไม่แพงนักสามารถนำมาใช้

เจาะรูสกรูได้โดยมั่นใจได้ว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระยะของรู จากรูป 2.35 เป็นขนาดมาตรฐานของ Die Block สำหรับแม่พิมพ์ขนาดกลางที่ใช้กันทั่วไปรูเกลียวสำหรับยึดสกรูจะใช้เกลียวละเอียดเนื่องจากว่าสามารถกันการคลายตัวเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนได้ดีกว่าเกลียวหยาบ



A	B	C	D	E	F	G
3	3 1/2	5/8	1 3/4	2 1/4	15/16	#I (.272) Drill, 5/16-24 Tap Thru
3	5	5/8	1 3/4	3 3/4	15/16	#I (.272) Drill, 5/16-24 Tap Thru
4	4	5/8	2 3/4	2 3/4	15/16	#I (.272) Drill, 5/16-24 Tap Thru
4	5	5/8	2 3/4	3 3/4	15/16	#I (.272) Drill, 5/16-24 Tap Thru
4	6	3/4	2 3/4	4 3/4	15/16	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru
5	5	3/4	3 1/2	3 1/2	15/16	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru
5	6	3/4	3 1/2	4 1/2	15/16	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru

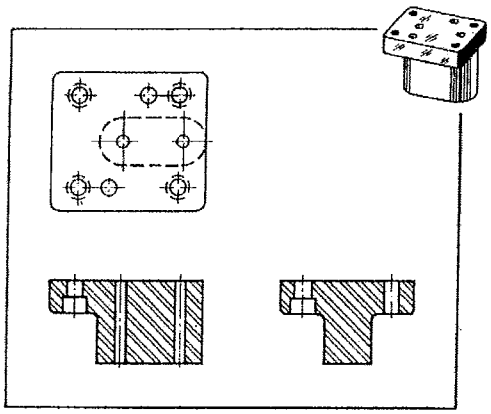


A	B	C	D	E	F	G	H
4	7	3/4	2 1/2	5 1/2	2 3/4	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru	1 1/8
4	8	3/4	2 1/2	6 1/2	3 1/4	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru	1 1/8
5	8	3/4	3 1/2	6 1/2	3 1/4	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru	1 1/8
5	10	3/4	3 1/2	8 1/2	4 1/4	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru	1 1/8
6	8	3/4	4 1/2	6 1/2	3 1/4	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru	1 1/8
6	10	3/4	4 1/2	8 1/2	4 1/4	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru	1 1/8
7	11	3/4	5 1/2	9 1/2	4 3/4	#Q (.332) Drill, 3/8-24 Tap Thru	1 1/8

(a) (b)

รูปที่ 2.35 (a) แสดงขนาดมาตรฐานของ Die Block สำหรับแม่พิมพ์ขนาดเล็ก
(b) แสดงขนาดมาตรฐานของ Die Block สำหรับแม่พิมพ์ขนาดกลาง [2]

2.3.3 Blanking Punch ซึ่งใช้สำหรับตัดชิ้นงานให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการโดยการทำให้ส่วนล่างของพั้นช์ (Punch) มีรูปร่างและขนาดตามชิ้นงานที่ต้องการ ส่วนบนจะทำเป็นปีกยื่นออกไปเพื่อใช้สำหรับยึดสกรูและสลักกันเคลื่อน ที่ตัวพั้นช์ (Punch) จะคว้านรู 2 รู สำหรับใส่สลักนำ ซึ่งทำหน้าที่ขยับแผ่นสตริ๊ป (Strip) ให้ตรงตำแหน่งก่อนที่ พั้นช์ (Punch) จะทำการตัด



รูปที่ 2.36 แสดงลักษณะของ Blanking Punch [2]

การออกแบบ Blanking Punch ขอบข่ายงานของ Blanking Punch สามารถทำได้ตั้งแต่ส่วนขนาดเล็กๆ เช่น การผลิตชิ้นส่วนนาฬิกาข้อมือ, ส่วนประกอบของรถยนต์, กันชน, ประตูและหลังคา เป็นต้น ขนาดของ Blank ที่จะทำการผลิตจะเป็นตัวกำหนดชนิดของ Punch ข้อพิจารณาในการออกแบบมีดังนี้

1 Stability ความมั่นคงของ Punch เพื่อป้องกันการโก่งงอ

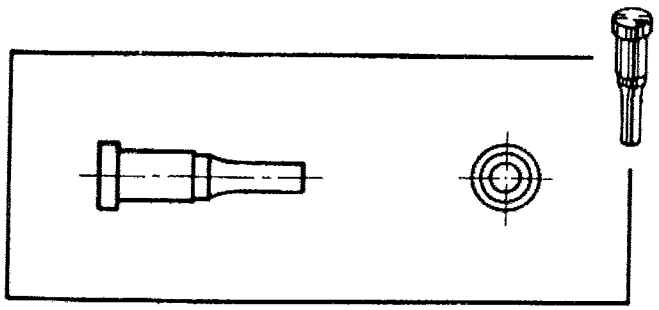
2. สกรูที่ใช้ต้องสามารถรับแรงได้มากพอ

3. สลัก (Dowel) ต้องใส่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องเพื่อความแม่นยำในขณะทำงาน

4. Sectioning แบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ถ้าจำเป็นตามความเหมาะสมในการชุบแข็ง

วิธีการและภาพประกอบต่อไปนี้เป็นการออกแบบ Blanking Punch สำหรับแม่พิมพ์ขนาดเล็ก กลางและใหญ่ ตลอดจนการใส่ลิ่มที่พั้นช์ (Punch) เพื่อไม่ให้เกิดการหมุนตัวของพั้นช์ (Punch) การใช้ Insert เพื่อความประหยัดและสะดวกในการเปลี่ยนและซ่อม การแบ่งพั้นช์ (Punch) เป็นส่วนย่อยๆ เพื่อการชุบแข็งและให้บิดตัวได้น้อย การใช้ตัวดัน Blank ไม่ให้ตัดพั้นช์ (Punch) ขึ้นมาและโครงสร้างของพั้นช์ (Punch) ที่เหมาะสม

2.3.4 Piercing Punch มีหน้าที่เจาะรูออกจากแผ่นสติ๊ป (Strip) หรือ Blank ซึ่งส่วนมากจะเป็นรูกลม ส่วนบนจะทำเป็นบ่า สำหรับใส่ใน Punch Plate ความแตกต่างระหว่าง Piercing Punch กับ Blanking Punch ก็คือ ถ้าส่วนที่ถูกตัดออกไปเป็นส่วนที่ไม่ใช้งานก็เรียกว่า Piercing Punch แต่ถ้าส่วนที่ถูกตัดออกไปเป็นส่วนที่ใช้งานก็จะเรียกว่า Blanking Punch



รูปที่ 2.37 แสดงพั๊นช์เจาะรู (Piercing Punch) [2]

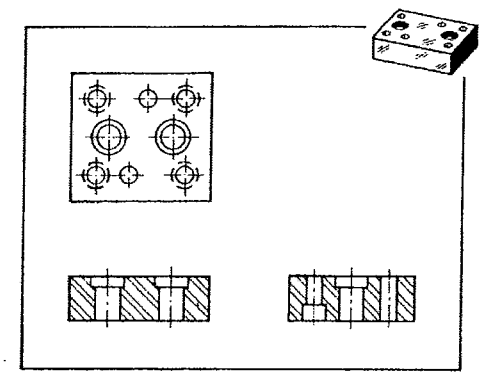
การออกแบบ Piercing Punches ในการออกแบบแม่พิมพ์ ส่วนที่เสียหายง่ายที่สุดคือ Piercing Punch ดังนั้นจึงต้องระวังและคำนึงถึงหัวข้อต่อไปนี้

1. พั้นช์ (Punch) จะต้องแข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงกระแทกในขณะทำงาน

2. พั้นช์ (Punch) ที่มีความโตเล็กมากแต่ยาว จะต้องมีปลอกสำหรับนำทาง เพื่อบังคับให้พั้นช์ (Punch) อยู่ในแนวเส้นตรงกับชุดดาย (Die) และยังช่วยป้องกันไม่ให้พั้นช์ (Punch) โก่งงอ

3. การประกอบต้องจัดให้ถอดและประกอบได้ง่ายเพื่อความสะดวกในการเปลี่ยน Punch

2.3.5 แผ่นยึด Punch มีลักษณะเป็นก้อนเหล็กแผ่นรูปสี่เหลี่ยมสำหรับยึดส่วนบนของ Punch ให้ติดกับ Punch Holder ด้วย สกรูและสลักกันเคลื่อนโดยตัว Punch จะสวมอัดอยู่กับ Punch Plate ซึ่งส่วนบนจะทำเป็นบ่าไว้พอดีกับหัว Punch



รูปที่ 2.38 แสดงแผ่นยึดพั๊นช์ (Punch Plate) [2]

การออกแบบ Punch Plate เราสามารถเลือกใช้ขนาดที่เท่ากับ Die Block ก็ได้หรือแตกต่างจากที่ว่าก็ได้ไม่ได้กำหนดไว้ตายตัว แต่จะกำหนดที่ความหนาของ Punch Plate ได้เลย ทำหน้าที่ยึดและรองรับพั้นช์ (Punch) ส่วนมากทำจากเหล็กเหนียวธรรมดา แต่บางครั้งก็อาจทำด้วยเหล็กแข็งเมื่อต้องการความมั่นคงและถาวรสูง Punch Plate สามารถออกแบบให้มีความเล็กๆ สำหรับจับยึด Punch เพียงตัวเดียวหรือให้มีขนาดใหญ่เพื่อจับยึด Punch หลายๆ ตัวก็ได้

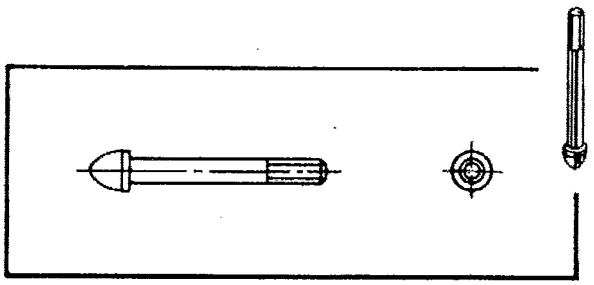
ข้อพิจารณาในการออกแบบ Punch Plate คือ

1.ต้องมีความหนาเพียงพอที่จะรองรับ Punch ได้อย่างมั่นคง

2.ต้องใส่สลักให้เที่ยงตรง

3.ยึดสกรูให้แน่นและมากพอที่จะรับแรงกระแทกได้

2.3.6 สลักนำ (Pilots) ส่วนหัวของ Pilots จะมีลักษณะกลมมน มีเส้น ผ่าศูนย์กลางเท่ากับรูที่ถูกเจาะมาก่อน หัวสลักนำ (Pilots) จะสอดเข้าไปในรูและขยับให้แผ่นสตริ๊ป (Strip) อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องก่อนที่ Blanking Punch จะทำการตัด



รูปที่ 2.39 แสดงลักษณะของสลักนำ (Pilots) [2]

สลักนำ (Pilot) เป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของแม่พิมพ์ ซึ่งโดยมากจะอยู่ในแม่พิมพ์ตัด โดยปกติแล้วแม่พิมพ์ที่ต้องมีสลักนำประกอบอยู่ด้วยนั้น จะเป็นแม่พิมพ์ที่มีขั้นตอนการทำงานมากกว่าหนึ่งขั้นตอนขึ้นไป คือพวก Multiple Station Dies ในการที่จะออกแบบสลักนำเพื่อใช้งานนั้น มีปัจจัยต่างๆ ที่จะต้องคำนึงถึงเสมอ ดังนี้คือ

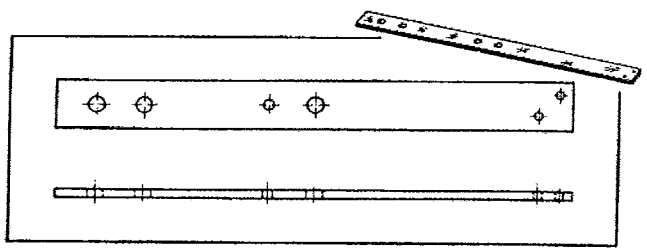
1. เกี่ยวกับในด้านความแข็งแรงของสลักนำ การออกแบบและการทำสลักนำขึ้นใช้งานนั้นจะต้องออกแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนต่อแรงกระแทก (Shock Load) ซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้งได้ เพราะว่าในการปฏิบัติงานจริงนั้น การที่จะทำให้ชิ้นงาน (Material Strips) เคลื่อนตัวเข้าสู่

ตำแหน่งที่ถูกต้องก่อนที่แม่พิมพ์จะทำการปั๊มตัดหรือปั๊มเจาะนั้น โดยการใช้สลักนำเป็นตัวกำหนดตำแหน่งนั่นเอง การชำรุดเสียหายของสลักนำ นั้นจะทำให้เกิดผลเสียหายอย่างมากมายเพราะจะทำให้ชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นจากแม่พิมพ์นั้นเกิดการผิดพลาดขึ้นได้ เช่น ทำให้ระยะรูที่เจาะผิดไป เป็นต้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยนี้ด้วย

2. สลักนำที่มีลักษณะรูปร่างเล็กและยาวจำเป็นจะต้องมีไกด์ (Guide) และตัว Support เพื่อป้องกันการโค้งงอเนื่องจากการกระแทก ซึ่งถ้าสลักนำเกิดการโค้งงอขึ้นแล้ว จะทำให้การกำหนดตำแหน่งผิดไป นอกจากนี้แล้วยังจะต้องคำนึงถึงวัสดุ (Material) ที่ใช้ในการทำสลักนำ วัสดุที่เรานำมาใช้ทำสลักนำนั้นจะต้องเป็นเหล็กกล้าเกรดดี (Good Grade of Tool Steel)และจะต้องผ่านการกระทำด้วยความร้อน (Heat Treatment) ให้มีความแข็งโดยประมาณ 57 – 60 ร้อคเวลล์สเกลซี (57 – 60 HRC.)

3.เกี่ยวกับการออกแบบติดตั้ง จะต้องออกแบบให้สามารถติดตั้งได้ง่ายสะดวกและรวดเร็ว พอเมื่อเกิดความต้องการที่จะถอด Punch ไปลับคมตัด

2.3.7 Back Gage มีลักษณะเป็นเหล็กแผ่นมีความหนาใกล้เคียงกับแผ่นสตริ๊ป (Strip) ยึดติดอยู่บน Die Block ช่วงหลัง ส่วนช่วงหน้าก็มีแผ่นเหล็กหนาเท่ากันแต่สั้นกว่า เรียกว่า Front Spacer Back Gage กับ Front Spacer จะทำหน้าที่เป็นGuide ให้แผ่นสตริ๊ป (Strip) โดยมีช่องว่างระหว่าง Back Gage กับ Front Spacer กว้างกว่าความกว้างของแผ่นสตริ๊ป (Strip) เล็กน้อยเพื่อให้แผ่นสตริ๊ป(Strip) เลื่อนไปได้สะดวก



รูปที่ 2.40 แสดงลักษณะของ Back Gage [2]

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

การออกแบบ Back Gage ความยาวจะเลือกใช้คือคำนวณจากสูตร 1.2 - 1.5 เท่าของความยาว Die Block และไม่จำเป็นว่าจะต้องเอาขนาดตามที่คำนวณเสมอไป สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบและการเลือกใช้ Gage

1.วัสดุที่นำมาทำเป็น Gage ถ้าเป็นแม่พิมพ์ที่ใช้งานเพียงชั่วคราว วัสดุที่นำมาทำ Gage ก็อาจจะเลือกใช้พวกเหล็กรีดเย็น (Cold Rolled Steel) แต่ถ้าเป็นแม่พิมพ์ที่ต้องใช้งานนานๆ ก็ใช้วัสดุประเภทเหล็กเครื่องมือ (Tool Steel) เพื่อให้อายุการใช้งานยาวนานยิ่งขึ้น

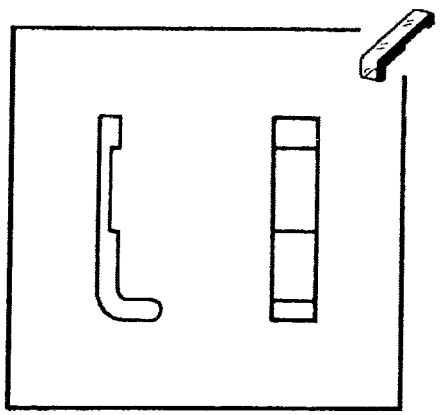
2.ความหนาของ Gage จะต้องมากพอในกรณีของแผ่นเหล็กที่จะปั๊มเป็นม้วน (Coil Stock Material) ซึ่งอาจจะมีการโค้งงอ ถ้าทำให้ Gage ที่มีความหนาน้อยเกินไป การป้อนแผ่นสติ๊ป (Stock Strip) จะทำได้ลำบาก อาจจะเกิดการติดขัดขึ้นได้

3.ในการติดตั้ง Gage บนแม่พิมพ์ เพื่อความเที่ยงตรงอาจใช้สลัก (Dowel Pin) กำหนดตำแหน่งของ Gage

4.ระยะห่างระหว่าง Die Hole กับผิวหน้าสัมผัสของ Gage ต้องให้ได้ตามแบบ (Drawing) ซึ่งมักจะกำหนดเป็นจุดทศนิยม ซึ่งถ้าระยะนี้ผิดไปจะทำชิ้นงานที่ได้มีขนาดระยะผิดไปด้วย

5.ผิวหน้าสัมผัสของ Gage ต้องเจียระไนให้เรียบเพราะว่าเป็นส่วนที่สัมผัสกับชิ้นงาน ซึ่งถ้าไม่เรียบแล้วจะทำให้การป้อนสติ๊ป (Material Strip) ลำบากและความเที่ยงตรงก็จะลดน้อยลง

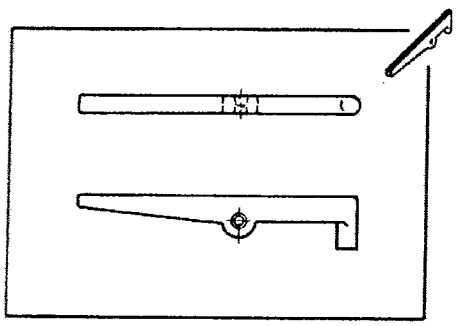
2.3.8 Finger Stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่นสตริ๊ป (Strip) ในช่วงแรกๆ แต่ละช่วงของแม่พิมพ์ต่อเนื่อง (Progressive Die) ซึ่งมีหลายขั้นตอนก่อนที่ปลายของแผ่นสตริ๊ป (Strip) จะไปชนกับ Automatic Stop



รูปที่ 2.41 แสดงลักษณะของ Finger Stop [2]

การออกแบบ Finger Stop เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบแม่พิมพ์ปั๊มโลหะ เพื่อจุดประสงค์ในการกำหนดตำแหน่งของ Stock Strip โดยเฉาพะในแม่พิมพ์ที่มีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอนอยู่ในแม่พิมพ์ตัวเดียวกัน เช่น แม่พิมพ์ต่อเนื่อง (Progressive Die) หรือ แม่พิมพ์รวม (Compound Die) จะมี Finger Stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของ Stock Strip ในสถานีแรกและในสถานีสุดท้ายก็อาจจะใช้ Automatic Stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่ใช้ในแม่พิมพ์ชุดหนึ่งๆ นั้นขึ้นอยู่กับว่าแม่พิมพ์ชุดนั้นมีการทำงานเป็นกี่ขั้นตอน โดยปกติแม่พิมพ์ที่ใช้ป้อน Stock Strip ด้วยมือ จำนวน Finger Stop จะมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนขั้นตอนการทำงาน แต่ถ้าป้อนอัตโนมัติจำนวน Finger Stop ที่ใช้ ใช้เพียงหนึ่งตัวก็เพียงพอ

2.3.9 Automatic Stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่นสตริ๊ป (Strip) เมื่อผ่านมาถึงช่วงสุดท้าย ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเลื่อนแผ่นสตริ๊ป (Strip) ไปจนชนส่วนปลายของ Automatic Stop แผ่นสตริ๊ป (Strip) จะหยุดนิ่งในขณะที่เครื่องทำการตัดและจะยอมให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งตัดที่อยู่ถัดไปโดยอัตโนมัติ

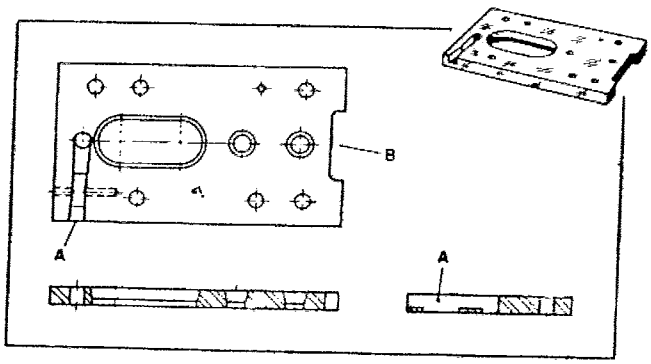


รูปที่ 2.42 แสดงลักษณะของ Automatic Stop [2]

การออกแบบ Automatic Stops เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบในแม่พิมพ์ปั๊มโลหะ เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งชิ้นงานในขั้นตอนสุดท้ายของการทำงาน Automatic Stop ต่างจาก Finger Stop ตรงที่ว่า Automatic Stop กำหนดตำแหน่งชิ้นงานโดยอัตโนมัติ แต่ Finger Stop จะต้องใช้ผู้ทำงานดันหรือดึง Finger Stop ในการกำหนดตำแหน่งของ Stock Strip ด้วยเหตุผลนี้เองถ้าการป้อน Stock Strip การใช้ Automatic Stop กำหนดตำแหน่งของ Stock Strip จะให้ความสะดวกและรวดเร็วในการทำงานมากกว่า

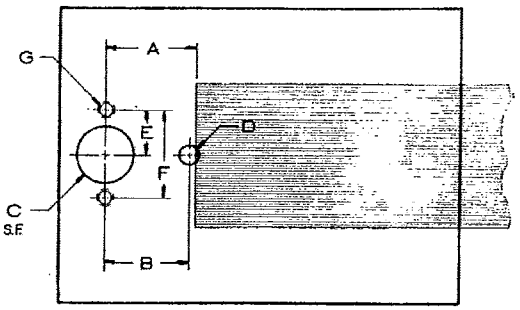
วัสดุที่ใช้ในการจัดสร้าง Automatic Stop งานทั่วๆ ไปอาจใช้วัสดุจำพวกเหล็กเหนียวทั่วไป แต่สำหรับแม่พิมพ์ที่ต้องการอายุการใช้งานยาวนาน วัสดุที่ใช้อาจเป็นพวกเหล็กเครื่องมือ ที่ผ่านการกระทำด้วยความร้อน (Heat-Treatment) ก็จะทำให้ Automatic Stop มีความแข็งแรงมากขึ้น

2.3.10 Stripper Plate ทำหน้าที่กันไม่ให้แผ่นสตริ๊ป (Strip) ติดกับพั้นช์ (Punch) ขึ้นไปในขณะที่เครื่องทำการตัดแล้ว Stripper Plate มี 2 แบบคือ Spring-Operated Stripper Plate กับแบบ Solid Stripper Plate ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 2.43 ร่อง A สำหรับประกอบ Automatic Stop ส่วนร่อง B ทางด้านขวาทำให้สะดวกในการป้อนแผ่นสตริ๊ป (Strip) เมื่อเริ่มเข้าสู่แม่พิมพ์



รูปที่ 2.43 แสดงลักษณะ Stripper Plate [2]

รูปที่ 2.44 แสดงสัดส่วนของรูที่จะเจาะรูบนแผ่น Stripper Plates เพื่อติดตั้ง Holder และ Automatic Stop แบบไม่มีเสาที่จะยึด Spring ดึง Automatic Stop การติดตั้ง Automatic Stop แบบนี้ทำให้สามารถที่จะถอดชุดของ Automatic Stop จากแม่พิมพ์ชุดหนึ่งไปประกอบกับแม่พิมพ์อีกชุดหนึ่งได้โดยสะดวกและรวดเร็วโดยการคลายสกูร (Screws) เพียงสองตัวเท่านั้น



NO.	A	B	C	D	E	F	G
1	1.4687	1.3750	1	5/16	3/4	1 1/2	1/4-20 Tap
2	1.5625	1.4687	1 1/8	5/16	13/16	1 5/8	1/4-20 Tap
3	1.7187	1.6406	1 1/4	11/32	1 29/32	1 13/16	5/16-18 Tap
4	1.8750	1.7656	1 3/8	13/32	31/32	1 15/16	5/16-18 Tap
5	2.0000	1.8906	1 1/2	13/32	1 3/32	2 3/16	3/8-16 Tap
6	2.1562	2.0625	1 5/8	7/16	1 5/32	2 5/16	3/8-16 Tap

รูปที่ 2.44 แสดงแสดงสัดส่วนของรู (Holes) ที่จะเจาะรูบน Stripper Plates [2]

2.4 สมการการคำนวณที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแม่พิมพ์ต่อเนื่อง

2.4.1 สมการคำนวณหาเส้นรอบรูปวงกลม

$$l = \pi \times D \qquad .....(2.8)$$

กำหนดให้

l = พื้นที่ชิ้นงาน (mm.)

D = เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm.)

สมการคำนวณหาเส้นรอบรูปชิ้นงานรวม

$$L = l1+l2+l3 \qquad .....(2.9)$$

กำหนดให้

$l1$ = พื้นที่ชิ้นงานที่ 1 (mm.)

$l2$ = พื้นที่ชิ้นงานที่ 2 (mm.)

$l3$ = พื้นที่ชิ้นงานที่ 3 (mm.)

2.4.2 สมการคำนวณหากำลังเครื่องกด (Press)

$$MF = 1.3 \times CF \qquad .....(2.10)$$

กำหนดให้

MF = กำลังเครื่องที่ต้องการในการตัด (Ton)

CF = แรงตัดชิ้นงาน (Ton)

2.4.3 สมการคำนวณหาแรงสปริง

$$SF = \frac{2.5LT1}{1000} \qquad .....(2.11)$$

กำหนดให้

SF = แรงตัดที่ต้องการในการตัด (Ton)

L = เส้นรอบวงหรือเส้นรอบรูปของการตัด (mm.)

T = ความหนาของวัสดุที่ตัด (mm.)

2.4.4 สมการคำนวณหาค่าการวาง LAY – OUT แผ่น STRIP

$$a = 1.5 \times T \qquad .....(2.12)$$

กำหนดให้

T = ความหนาของวัสดุที่ตัด (mm.)

2.4.5 สมการคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้พื้นที่งาน

$$\eta = \frac{a \times N \times 100\%}{A} \qquad .....(2.13)$$

กำหนดให้

η = ประสิทธิภาพการใช้พื้นที่งาน (%)

a = พื้นที่ชิ้นงานทั้งหมด (mm^2)

N = จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (ชิ้น)

A = พื้นที่แผ่นโลหะทั้งหมด (mm^2)

2.5 การประเมินผล [7]

ในการประเมินผลการถ่ายทอดความรู้ ได้มีการคำนวณหาผลระดับคะแนนที่ได้จากการประเมินด้วยตัวเราเป็นผู้ประเมินเองหรือบุคคลที่มีความรู้ ความชำนาญในเรื่องที่เกี่ยวข้องเป็นผู้ประเมินเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ใช้ว่าผลที่ได้รับจากการประเมินอยู่ในระดับใดและมีคุณภาพหรือประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด โดยจะต้องมีการเก็บผล บันทึก และมีการคำนวณออกมาหาทั้งคุณภาพและประสิทธิภาพ โดยมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

2.5.1 สูตรที่ใช้ในการหาคุณภาพ [8]

1) สูตรการหาคะแนนเฉลี่ยคุณภาพ

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{N} \qquad .....(2.14)$$

กำหนดให้ $\overline{X}$ = ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพ

ΣX = ผลรวมค่าคะแนนเฉลี่ย

N = จำนวนข้อมูล

โดยมีเกณฑ์การเปรียบเทียบหาระดับคุณภาพ [8]

ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ดีมาก

ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ดี

ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ปานกลาง

ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง พอใช้

ระดับคะแนนเฉลี่ย 0.00-1.50 หมายถึง ปรับปรุง

2.5.2 สูตรการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [9]

1) หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S.D. = \sqrt{\frac{\Sigma\left(X-\overline{X}\right)^2}{N-1}} \qquad .....(2.15)$$

2) หามัชฌิมเลขคณิต

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{N} \qquad \text{..... (2.16)}$$

กำหนดให้ $\overline{X}$ = คะแนนรวมของแต่ละหัวข้อ

N = จำนวนหัวข้อประเมิน

2.6 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัย [10]

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้วิจัยต้องกำหนดให้เหมาะสม และมีความเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรที่ทำการศึกษา เพื่อจะช่วยให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นจึงเกิดคำถามว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่าไรจึงจะทำให้ผลการวิจัยมีความเชื่อถือได้ ซึ่งความจริงแล้วไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอนตายตัวว่าจะต้องใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวนเท่าใด ได้มีผู้เสนอวิธีการกำหนดของตัวอย่างไว้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การกำหนดเกณฑ์ร้อยละของประชากร การใช้ตารางสำเร็จรูป หรือการใช้สูตรคำนวณ ซึ่งผู้วิจัยสามารถเลือกตามความเหมาะสม

กลุ่มตัวอย่าง หมายถึง บางส่วนของประชากรที่ถูกเลือกมาเป็นตัวแทนของประชากรที่ทำการศึกษา การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะทำให้มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนมาก และการใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่จะมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนน้อย เนื่องจากขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่ให้ข้อมูลที่เที่ยงตรง การคำนวณทางสถิติมีความถูกต้องมากกว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก กลุ่มตัวอย่างยิ่งมีขนาดใหญ่มากเท่าใด ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มจะลดน้อยลงแต่เมื่อถึงจุดหนึ่งแม้จะเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นอีกแต่ความคลาดเคลื่อนก็ลดลงได้ไม่มากนัก

2.6.1 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างควรมีขนาดเท่าใดนั้น ผู้วิจัยควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ หลายอย่างมาประกอบดังนี้

1) ค่าใช้จ่าย เวลาแรงงานและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนั้นว่ามีพอที่จะทำให้ได้หรือไม่ และคุ้มค่าเพียงใด

2) ขนาดของประชากร ถ้าประชากรมีขนาดใหญ่ มีความจำเป็นต้องเลือกกลุ่มตัวอย่าง ถ้าประชากรมีขนาดเล็ก และสามารถที่จะศึกษาได้ควรจะศึกษาจากประชากรทั้งหมด

3) ความเหมือนกัน ถ้าประชากรมีความเหมือนกันมากความแตกต่างของสมาชิกมีน้อย นั้นคือ ความแปรปรวนในกลุ่มตัวอย่างมีน้อยก็ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กได้ แต่ถ้าประชากรมีลักษณะ

ไม่เหมือนกัน ความแตกต่างของสมาชิกมีมาก ความแปรปรวนในกลุ่มมีมากจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เพื่อให้ครอบคลุมคุณลักษณะต่างๆ ของประชากร

4) ความแม่นยำชัดเจน ถ้าต้องการความแม่นยำชัดเจนในเรื่องที่จะศึกษาค้นคว้าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ ยิ่งขนาดของกลุ่มตัวอย่างใหญ่มากเท่าใด ผลการศึกษายิ่งมีความแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น

5) ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้จากการสุ่มตัวอย่าง โดยทั่วไปแล้ว มักจะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ 1% หรือ 5% (สัดส่วน 0.01 หรือ 0.05)

6) ความเชื่อมั่น ผู้วิจัยต้องกำหนดความเชื่อมั่นว่ากลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมานั้นมีโอกาสได้ค่าอ้างอิงไม่แตกต่างจากค่าที่แท้จริงของประชากรประมาณเท่าไร เช่น ถ้ากำหนดระดับเชื่อมั่น 95% หมายถึง ค่าอ้างอิงมีโอกาสถูกต้อง 95% มีโอกาสผิดพลาดจากค่าที่แท้จริง 5%

2.6.2 วิธีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง มีด้วยกันหลากหลายวิธี ในที่นี้จะเสนอการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของเครจซี่และเมอร์แกน (Krejcie & Morgan) ตารางนี้ใช้ในการประมาณค่าสัดส่วนของประชากรเช่นเดียวกัน และกำหนดให้สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร เท่ากับ 0.5 ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5% และระดับความเชื่อมั่น 95% สามารถคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างกับประชากรที่มีขนาดเล็กได้ตั้งแต่ 10 ขึ้นไป ดังตารางที่ 2 วิธีการอ่านตารางผู้วิจัยต้องทราบขนาดของประชากร เช่น ถ้าประชากรมีขนาดเท่ากับ 2,000 คน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการจะเท่ากับ 322 คน เป็นต้น ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครซี่และมอร์แกน [10]

ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง	ขนาดประชากร	ขนาดตัวอย่าง
10	10	100	80	280	162	800	260	2,800	338
15	14	110	86	290	165	850	265	3,000	341
20	19	120	92	300	169	900	269	3,500	346
25	24	130	97	320	175	950	274	4,000	351
30	28	140	103	340	181	1,000	278	4,500	354
35	32	150	108	360	186	1,100	285	5,000	357
40	36	160	113	380	191	1,200	291	6,000	361
45	40	170	118	400	196	1,300	297	7,000	364
50	44	180	123	420	201	1,400	302	8,000	367
55	48	190	127	440	205	1,500	306	9,000	368
60	52	200	132	460	210	1,600	310	10,000	370
65	56	210	136	480	214	1,700	313	15,000	375
70	59	220	140	500	217	1,800	317	20,000	377
75	63	230	144	550	226	1,900	320	30,000	379
80	66	240	148	600	234	2,000	322	40,000	380
85	70	250	152	650	242	2,200	327	50,000	381
90	73	260	155	700	248	2,400	331	75,000	382
95	76	270	159	750	254	2,600	335	100,000	384