บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

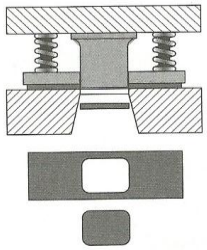
2.1 งานขึ้นรูปโลหะ Stamping Die

การขึ้นรูปโลหะใช้กันอย่างกว้างขวางในรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า รถจักรยานยนต์ นาฬิกา กล้องถ่ายรูป เครื่องเขียน ภาชนะประจำโต๊ะอาหาร และชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป โดยการขึ้นรูปโลหะใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ฯลฯ จะเห็นว่ารถยนต์แต่ละคันจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ มากมายมีชิ้นส่วนจำนวนมากของรถยนต์ ซึ่งผลิตโดยการขึ้นรูปโลหะกรรมวิธีการขึ้นรูปโลหะจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่ออุตสาหกรรมการผลิต [1]

กระบวนการขึ้นรูปโลหะหมายถึงกระบวนการผลิตชิ้นงานที่เปลี่ยนรูปร่างของวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ ชิ้นงานที่มีรูปทรงตามที่ต้องการโดยใช้แม่พิมพ์หรือเครื่องมือเฉพาะในการขึ้นรูปในขณะที่เป็นวัตถุดิบอยู่ในสภาวะของแข็งโดยไม่มีการทำให้เสียเศษและไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายในของวัสดุนั้นเราจึงเรียกกระบวนขึ้นรูปนี้ว่างานขึ้นรูปโลหะ Metal Forming Process งานขึ้นรูปโลหะเป็นขบวนการที่ทำให้เกิดความเค้นสูงในเนื้อวัสดุที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปของวัสดุแทบทุกส่วนที่เกิดในเวลาเดียวกันในสภาวะของแข็งแม่พิมพ์จึงต้องมีความแข็งแรงมีคุณภาพสูงและจะมีขนาดใหญ่รวมถึงเครื่องปั๊มก็ต้องสามารถส่งผ่านแรงได้มากเพียงพอจึงเป็นกระบวนการที่มีต้นทุนการผลิตสูง ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปจะมีค่าความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากสมบัติความเครียดแข็ง Strain Hardening ของวัสดุเอง และการจัดเรียงเกรนตามการไหลตัวในชิ้นงานบางประเภทที่มีการผลิตไม่มากแต่ต้องการความแข็งแรงสูง เช่น การผลิตชิ้นส่วนสำหรับอากาศยาน ก็ใช้วิธีการขึ้นรูปโลหะเช่นกัน [3]

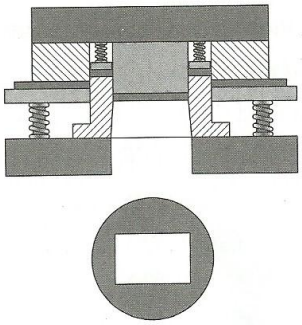
งานขึ้นรูปโลหะแผ่นแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยพิจารณาจากวัสดุเริ่มต้นถ้าวัสดุเป็นโลหะแผ่น จะเป็นกลุ่มการขึ้นรูปโลหะแผ่น เช่น กระบวนการตัดเฉือน Blanking Process กระบวนการปั๊มขึ้นรูป Bending Process และถ้าวัสดุมีลักษณะเป็นก้อนจะเป็นกระบวนการขึ้นรูปโลหะก้อน เช่นกระบวนการทุบขึ้นรูป Forging Process กระบวนการอัดรีดขึ้นรูป Extrusion Process เป็นต้น

แม่พิมพ์เดียว Single Die เป็นแม่พิมพ์ที่ทำงานจุดเดียวรูปแบบเดียวมีลักษณะการตัดเฉือน เจาะรู พับงาน ลักษณะงานที่ต้องการทำงานหลายขั้นจะต้องมีการประกอบแม่พิมพ์เข้าด้วยกันหลายชุดแต่ละชุดจะทำงานขั้นตอนเดียว



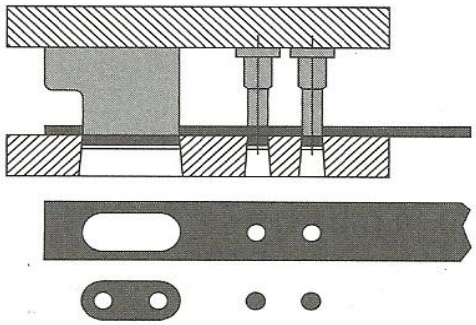
รูปที่ 2.1 แม่พิมพ์เดี่ยว [3]

แม่พิมพ์ผสม Compound Die เป็นแม่พิมพ์ที่ทำงานจุดเดียว แต่มีรูปแบบการทำงานสองรูปแบบขึ้นไป เช่น ต้องการเจาะรู ตัดขอบ หรือมีการขึ้นรูปแล้วตัดขอบชิ้นงาน ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะจบสิ้นในสโตรกเดียว



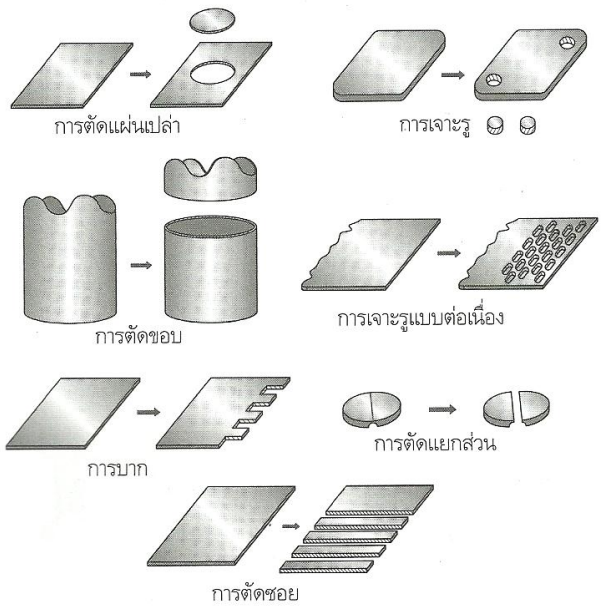
รูปที่ 2.2 แม่พิมพ์ผสม [3]

แม่พิมพ์ต่อเนื่อง Progressive Die จะเป็นแม่พิมพ์ที่ทำงานมากกว่าจุดเดียวโดยการทำงานจะถูกป้อนเข้าหาแม่พิมพ์ที่ละขั้นตอนการทำงานของแต่ละจุดเช่นจุดแรกทำการเจาะรูชิ้นงาน จุดที่สองทำการตัดชิ้นงานออกจากแผ่น Strip เป็นขั้นตอนสุดท้าย



รูปที่ 2.3 แม่พิมพ์ต่อเนื่อง [3]

แม่พิมพ์ตัดเฉือน Shearing Die เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ตัดแยกชิ้นงานออกจากกันมักเรียกตามลักษณะงานที่ต้องการ เช่น แม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่า Blanking Die แม่พิมพ์เจาะ Pressing Die แม่พิมพ์ตัดขอบ Trimming Die แม่พิมพ์เจาะรูต่อเนื่อง Perforating Die แม่พิมพ์บาก Notching Die แม่พิมพ์ตัดแยกส่วน Parting Die แม่พิมพ์ตัดซอย Slitting Die โดยชิ้นงานที่เป็นแผ่นโลหะจะถูกตัดเฉือนให้ขาดออกจากกันโดยคมตัดของพันช์ และ ดาย

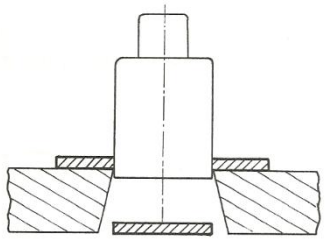


รูปที่ 2.4 กระบวนการตัดเฉือนรูปแบบต่าง ๆ [3]

2.2 งานตัด Shearing

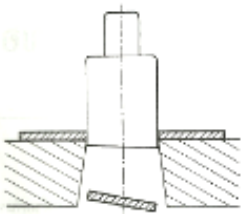
งานตัดเป็นกระบวนการตัดเฉือนชิ้นงานที่ใช้เครื่องมือตัดหนึ่งคู่ ซึ่งก็คือพันช์ และ ดาย ตัดชิ้นงานให้ได้ขนาดและรูปร่างตามต้องการ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

1. Blanking เป็นการตัดชิ้นงานแผ่นเปล่าที่ต้องการเอาส่วนที่ถูกตัดออกไปใช้งานตามความต้องการ ส่วนที่เหลืออยู่ที่บนปากของ ดาย เป็นเศษเราเรียกว่า Scrap



รูปที่ 2.5 การตัดแบบ Blanking [4]

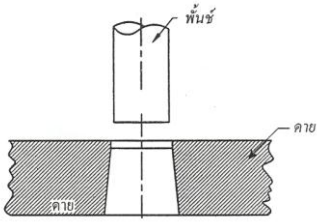
2. Piercing เป็นการเจาะรูชิ้นงานเพื่อนำรูที่เจาะไปใช้งานซึ่งจะแตกต่างจากการ Blanking ซึ่งการเจาะรูนี้ส่วนที่ตกลงผ่านรูของ ดาย นั้นเราจะเรียกว่าเศษ



รูปที่ 2.6 การตัดแบบ Piercing [4]

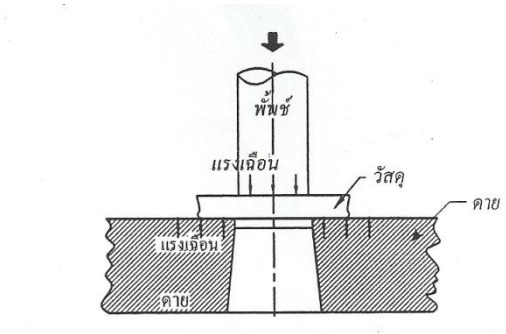
2.3 ทฤษฎีการตัด Principle Cutting

ในกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นการตัดเป็นกระบวนการขั้นพื้นฐานที่มีความสำคัญและมีความยุ่งยากน้อยที่สุด คมตัดที่อยู่ในแม่พิมพ์ตัด Cutting Die ประกอบด้วยคมตัดสองส่วนคือคมตัดตัวผู้ พันช์ และคมตัดตัวเมีย ดาย



รูปที่ 2.7 แสดงพันช์ และ ดาย [1]

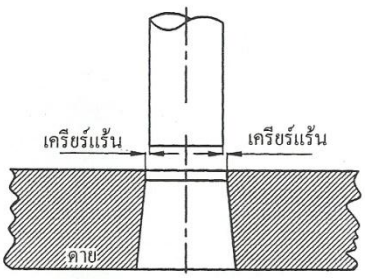
ในการตัดโลหะจะมีแรงกระทำที่โลหะที่ส่งให้พันช์ และ ดาย เป็นแรงเฉือน Shear Force แรงจะมีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม [1]



รูปที่ 2.8 ทิศทางของแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน [1]

โดยปกติของแม่พิมพ์คมตัดตัวผู้และคมตัดตัวเมียจะมีช่องว่างระหว่างคมตัดเราเรียกช่องว่างระหว่างคมตัดพันช์ และ ดาย ว่า Clearance ดังแสดงในรูปที่ 2.9 แรงของพันช์ และ ดาย ที่กระทำต่อโลหะแผ่นจะก่อให้เกิดความเค้นเฉือน Shear Stress ในแผ่นโลหะ เมื่อแรงตัดของพันช์ และ ดาย ทำให้เกิด

ความเค้นเฉือนมากกว่าความต้านทานต่อแรงเฉือน Shear Strength ในแผ่นโลหะ พอที่จะรับได้ โลหะแผ่นก็จะฉีกขาดออกจากกัน



รูปที่ 2.9 แสดงช่องว่างระหว่างคมตัดพันช์ และ ดาย [1]

ถ้าเลือกใช้ขนาดของช่องว่างคมตัดไม่เหมาะสมจะมีผลทำให้การผลิตชิ้นงานออกมาไม่ได้มาตรฐานตามที่ต้องการ หรืออาจทำให้แม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ และ แม่พิมพ์ตัวเมีย ดาย ที่ใช้สึกหรอเร็วกว่าปกติ [5] ขั้นตอนในการตัด Blanking Process มีอยู่ด้วยกัน 5 ขั้นตอน

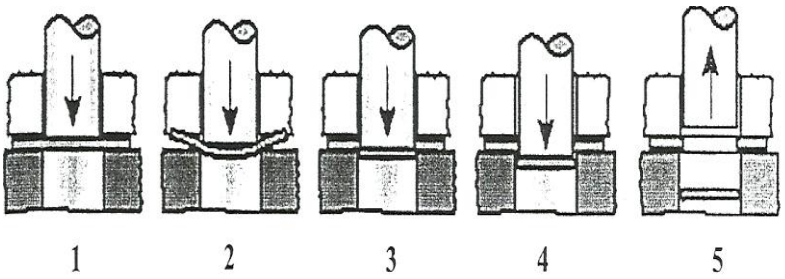
1. ขั้นที่ 1 แม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ เลื่อนลงมาสัมผัสกับเนื้อวัสดุชิ้นงาน โดยจะมีแรงกดจากแผ่นปลดชิ้นงานกดแผ่นงานที่ระดับหนึ่ง

2. ขั้นที่ 2 วัสดุชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนรูปในช่วงยืดหยุ่น Elastic Deformation มีการดัดตัว Bending และพาเนื้อโลหะเข้าไปในช่องว่างของแม่พิมพ์ตัวเมีย ดาย และเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร Plastic Deformation เมื่อแรงกดมากขึ้น

3. ขั้นที่ 3 วัสดุชิ้นงานถูกการตัดเฉือนและเกิดการแตกเมื่อสิ้นสุดขั้นตอนนี้ผิวหน้าของแม่พิมพ์ตัวผู้ พันช์ และ แม่พิมพ์ตัวเมีย ดาย จะอยู่ในระดับเดียวกัน

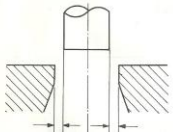
4. ขั้นที่ 4 แม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ จะดันให้ชิ้นงานทะลุลงไปในช่องของดายหลังจากสิ้นสุดการตัดแล้ว วัสดุบริเวณรูมีการดีดตัวกลับมายังแม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ เนื่องจากการดีดตัวกลับ Spring Back ของวัสดุส่วนที่เปลี่ยนรูปร่างในช่วงยืดหยุ่น หรือเกิดในบางขณะจะมีการเชื่อมติดกัน Cold Welding ระหว่างเนื้อวัสดุกับผิวแม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ เช่นเดียวกับด้านนอกของแผ่นมีการดีดตัวกลับมายังช่องบนแม่พิมพ์ตัวเมีย ดาย

5. ขั้นที่ 5 การปลดชิ้นงานให้หลุดจากแม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ ความเค้นในแนวเส้นสัมผัสและแนวรัศมีที่เหลือค้างในเนื้อวัสดุทำให้เกิดความเสียดทานระหว่างแม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ กับผนังรูเจาะเพิ่มมากขึ้นในขณะที่แม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ ถอยกลับ [6]



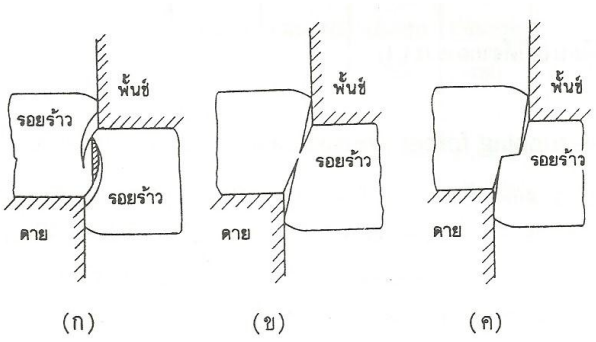
รูปที่ 2.10 แสดงการตัด [7]

Clearance คือช่องว่างระหว่างพันช์และดายซึ่งจะบอกเป็นค่าของผลต่างของรัศมีของพันช์และดาย [4]



รูปที่ 2.11 ช่องว่างระหว่าง พันช์ และ ดาย [6]

แรงที่ต้องการใช้ในการตัดจะมีค่าลดลงถ้าเลือกใช้ขนาด Clearance ระหว่างพันช์ และดาย ให้เหมาะสมที่สุดสำหรับวัสดุแต่ละชนิด และแต่ละความหนา เพื่อว่าเมื่อวัสดุขาด รอยร้าวที่เกิดขึ้นจากพันช์ และดายจะไปพบกันพอดี ผิวที่ได้จากการตัดในลักษณะนี้เป็นผิวที่ดีที่สุด และไม่มีเสี้ยนหรือครีบ Burr และยังมีส่วนช่วยให้แม่พิมพ์มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นอีกด้วย [8]



รูปที่ 2.12 ผล Clearance ระหว่างพันช์ และ ดาย [8]

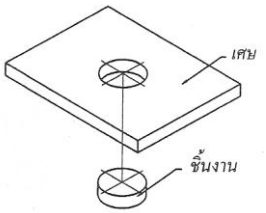
เมื่อขนาด Clearance ระหว่างพันช์ และ Die แคบเกินไปรอยร้าวที่เกิดขึ้นจะไม่พบกันพอดี ซึ่งเป็นผลให้ได้รอยตัดที่ไม่เรียบและเกิดเป็นแถบขึ้นสองแถบเมื่อขนาด Clearance ระหว่างพันช์ และ ดายกว้างเกินไปจะทำให้เกิดการฉีกขาดและมีเสี้ยนเกิดขึ้นตามแนวเส้นรอบรูปของชิ้นงานผิวของรอยตัดขึ้นอยู่กับขนาด Clearance รอบรูปชิ้นงาน [8]

ในการตัดแผ่น Blank ทำ Clearance โดยการลดขนาดของพันช์ โดยให้ขนาดของดายเท่ากับขนาดของชิ้นงานในการตัดเจาะทำ Clearance โดยการเพิ่มขนาดของช่องดาย โดยให้ขนาดของพันช์ เท่ากับขนาดของรูเจาะเมื่อต้องการตัดเจาะให้ได้ผิวของรูเจาะที่เรียบมาก ควรให้ Clearance แคบเมื่อต้องการให้ได้ผิวที่ดีที่สุดควรมี Blank Holder มากดวัสดุไว้ในขณะตัดและใช้ Clearance แคบ สำหรับการตัดและตัดเจาะชิ้นงานที่บางกว่า 0.3 mm ควรใช้แม่พิมพ์ตัดที่ไม่มี Clearance เผื่องานตัดระหว่างพันช์และ ดายในกรณีนี้สามารถทำช่องเปิดของดายได้โดยการแทงเจาะ Broaching Die ด้วยพันช์ ที่ผ่านการชุบแข็งแล้ว หรือในทางกลับกันก็สามารถทำพันช์ ได้ โดยการดึงพันช์ ผ่านช่องเปิดของดายที่ผ่านการชุบแข็งแล้ว เทคนิคนี้สามารถนำมาใช้ในการทำแม่พิมพ์สำหรับตัดเจาะรูขนาดเล็กได้ (ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะเท่ากับความหนาวัสดุหรือเล็กกว่าความหนาวัสดุ) [2]

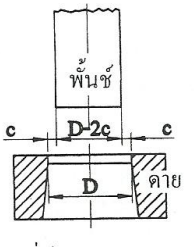
ตารางที่ 2.1 ตารางช่องว่างระหว่างพันช์ และ ดาย สำหรับวัสดุชนิดต่าง ๆ ต่อข้าง [1]

วัสดุ	C ช่องว่างระหว่าง Punch และดาย	วัสดุ	C ช่องว่างระหว่าง Punch และดาย
เหล็กบริสุทธิ์	6-9	เหล็กกล้าละมุน	6-9
เหล็กกล้าซิลิกอน	7-11	เหล็กกล้าความ	8-12
เหล็กกล้าไร้สนิม	7-11	ต้านแรงสูง	
ทองแดง (แข็ง)	6-10	ทองแดง(อ่อน)	6-10
ทองเหลือง (แข็ง)	6-10	ทองเหลือง(อ่อน)	6-10
ฟอสฟอรัสบรอนซ์	6-10	เงินนิเกิล	
อลูมิเนียม(แข็ง)		อลูมิเนียม (อ่อน)	6-10
อลูมิเนียมเจือแข็ง	6-10	อลูมิเนียมเจือ	5-6
ตะกั่ว	6-10	(อ่อน)	
	6-9	เมกกาไลต์	1-3

การตัดแผ่นเปล่า Blank จะกำหนดให้ขนาดของรูดายเท่ากับขนาดของชิ้นงานและลดขนาดของ พันช์ลงตามช่องว่างระหว่างพันช์ และ ดาย ตามที่กำหนด



รูปที่ 2.13 รูปการตัดแผ่นเปล่า [1]



รูปที่ 2.14 การกำหนด ดายในกรณีที่ตัดแผ่นเปล่า [1]

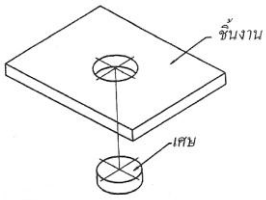
ในการตัดแผ่นเปล่าสามารถใช้ สูตร D – 2C

กำหนดให้

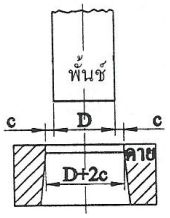
D = ขนาดของรูดาย

C = ช่องว่างระหว่างพันช์ และ ดาย (เปิดจากตาราง)

ในการตัดเจาะ Piercing จะกำหนดขนาดความโตของพันช์ เท่ากับขนาดของชิ้นงานและเพิ่มขนาดของดายออกตามช่องว่างระหว่างพันช์ และ ดาย



รูปที่ 2.15 การตัดเจาะ[1]



รูปที่ 2.16 การกำหนดขนาดของพันช์ ในกรณีที่ตัดแผ่นเปล่า [1]

ในการตัดเจาะสามารถใช้สูตร D + 2C

กำหนดให้

D = ขนาดความโตของพันช์

C = ช่องว่างระหว่างพันช์ และ ดาย (เปิดจากตาราง)

ตัวอย่าง ให้หาขนาดของพันช์ และ ดาย จาก สูตร D + 2C ในกรณีที่ตัดเจาะ อลูมิเนียมอ่อน

เมื่อ

D = 250 มิลลิเมตร

C = ช่องว่างระหว่างพันช์ และ Die

= 6/100 x t

= 6/100 x 1.2

= 0.72

C = 0.72 มิลลิเมตร

จากสูตร D + 2C

ดังนั้น 250 + (2 x 0.72)

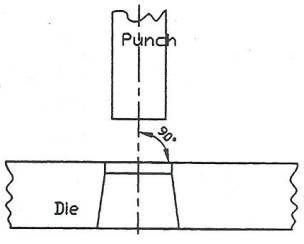
= 250.144 มิลลิเมตร

เพราะฉะนั้น

ขนาดของพันช์ = 250 มิลลิเมตร

ขนาดของดาย = 250 144 มิลลิเมตร [1]

พันช์ และ ดาย ที่ใช้ตัดโลหะส่วนใหญ่มักจะมีปลายคมตัดแบนราบคือทำมุม 90 องศา กับเส้นผ่านศูนย์กลางของดาย นอกจากนั้นพันช์ และ ดาย ที่มีปลายแบนราบยังสามารถง่ายต่อการนำไปลับคมตัดใหม่โดยการเจียระไนผิวหน้าตัดคมตัด ในบางครั้งเมื่อต้องการลับคมตัดโลหะ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการตัดอย่างต่อเนื่องตามเส้นรอบรูป การที่คมตัดของพันช์ และดายกระทำการตัดได้ถูกเรียกว่า การตัดเฉือน Shearing กระบวนการตัดโลหะบนดายทุกกระบวนการจะมีการยึดติดระหว่างโลหะกับผิวของพันช์ ดังนั้นจึงต้องมีการเอาโลหะแผ่นออกจากพันช์ และในส่วนนี้จะกล่าวถึงภายหลังถึงวิธีการคำนวณถึงแรงในการใช้ตัดโลหะ การคำนวณแรงที่ใช้ตัดโลหะก็เพื่อใช้ประโยชน์ในการเลือกขนาดของแรงที่ใช้ในการตัดโลหะที่เหมาะสม Tonnage กับเครื่อง Press Machine และการคำนวณหาแรงที่ใช้ในการปลดชิ้นงาน ก็เพื่อต้องการทราบขนาด การอัดตัวของสปริง หรือยาง แรงดันของลม ซึ่งสิ่ง ๆ ต่าง เหล่านี้จะเป็นตัวพิจารณาในการกำหนดเลือกใช้ในการกำหนดแผ่นปลดชิ้นงาน [1]



รูปที่ 2.17 แสดงแนวตัดทำมุม 90 องศา [1]

โดยวิธีการทั่ว ๆ ไป การคำนวณหาแรงตัดก็คือ

แรง = ความดัน x พื้นที่

สูตรนี้มักใช้กับของเหลวหรือแก๊ส สำหรับความดันที่ใช้ในวัสดุของแข็งหรือโลหะจะเช็ความดันซึ่งมีหน่วย นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร การหาสูตรสำหรับแรงที่ใช้ตัดโดยผิวหน้าคมตัดแบบราบดังนี้

สูตรพื้นฐาน

แรง = ความดัน x พื้นที่

สำหรับการตัดโลหะ

แรง = ความดัน x พื้นที่

= ความต้านแรงเฉือน x (เส้นรอบรูปการตัด x ความหนาของโลหะ)

จะได้

$F = S \times R \times t$ หน่วยกิโลกรัม

เมื่อ

S = ความต้านแรงเฉือน (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)

R = เส้นรอบรูปการตัด (มิลลิเมตร)

t = ความหนาของชิ้นงานที่ตัด (มิลลิเมตร)

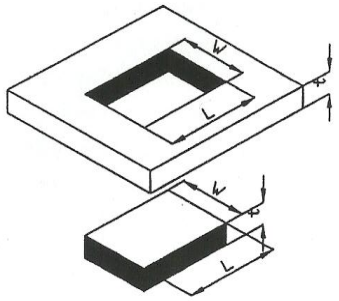
ในกรณีที่รูตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$R = (W + L) \times 2$

กำหนดให้

W = เส้นความกว้างของการตัด (มิลลิเมตร)

L = เส้นความยาวของการตัด (มิลลิเมตร)



รูปที่ 2.18 รูตัดชิ้นงานเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า [1]

จะได้สูตรสำหรับแรงตัดรูปสี่เหลี่ยม

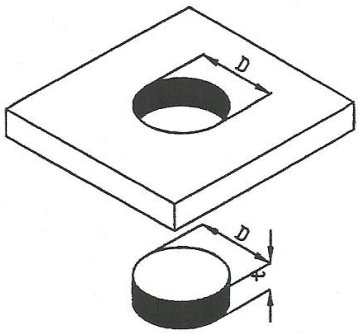
$$F = S \times (W + L) \times 2 \times t$$

ในกรณีที่รูตัดเป็นรูกลม

$$R = (\pi \times D)$$

กำหนดให้

D = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ถูกตัด (มิลลิเมตร)



รูปที่ 2.19 รูตัดชิ้นงานเป็นรูปวงกลม [1]

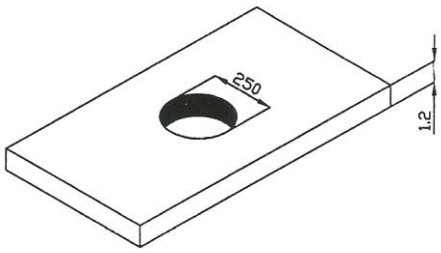
จะได้สูตรสำหรับแรงตัดรูกลม

$$F = S \times (\pi \times D) \times t$$

ความยาวของขอบคมตัดดายจะใหญ่กว่าพันช์ ทั้งนี้เนื่องมาจากมีช่องว่างระหว่างพันช์ และ ดายเกิดขึ้น สำหรับชิ้นงานไม่หนาขนาดระหว่างช่องว่างระหว่างพันช์ และ ดาย สามารถจะนำไปเป็นเส้นรอบรูปในการตัดแทนกันได้ เนื่องจากความยาวที่ได้จากการคำนวณใกล้เคียงกัน ปกติความต้านแรงเฉือน Shear Strength จะมีค่า 50-80 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงทางดึงของวัสดุ Ultimate Strength

อลูมิเนียมและอลูมิเนียมผสมอยู่ระหว่าง 50-70 เปอร์เซ็นต์ เหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำอยู่ระหว่าง 70-80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อความถูกต้องในกระบวนการตัดควรใช้ค่าความแข็งแรงสูงสุดมาคำนวณ [1]

ตัวอย่าง ในการคำนวณหาแรงในการตัดเจาะรูกลมขนาดส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มม. ชิ้นงานเป็นอลูมิเนียมอ่อน (ความต้านแรงเฉือน 7-11 kgf / mm^2) ความหนาแผ่นชิ้นงาน 1.2 มม.



รูปที่ 2.20 ชิ้นงาน [1]

ในตัวอย่างนี้จะใช้ความต้านแรงเฉือนสูงสุด 11 kgf / mm^2

1 kgf / mm^2 = 9.81 N

11 kgf / mm^2 = 9.81 N x 11 kgf / mm^2 = 108 N /mm^2

สำหรับรูตัดกลม

$$F = S \times (\pi \times D) \times t$$

แทนค่า $F = 108\ N/mm^2 \times 250\ mm. \times 1.2\ mm.$

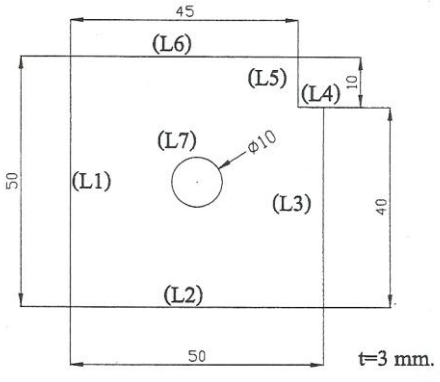
$= 101{,}736\ N$

แต่ว่าเครื่องตัดโลหะโดยทั่วไปมีหน่วยเป็นตัน TON ดังนั้นแปลงได้

$= 101{,}736\ N / 9810$

$= 10.4\ TON$

ตัวอย่าง จงคำนวณหาแรงตัดดังรูป กำหนดให้ชิ้นงานเป็นสแตนเลสอ่อนหนา 3 มม. มีค่าความต้านแรงเฉือน 52 kgf / mm^2 (52 x 9.81 N /mm^2)



รูปที่ 2.21 ชิ้นงาน [1]

สูตร $F = SR^t$

$R = L1+ L2+ L3+L4+L5+L6+L7$

$= 50 + 50 + 40 + 5+ 10 + 45 + (\pi x10)$

$= 180 + 31.4$

$= 211.4$ มม.

แทนค่า

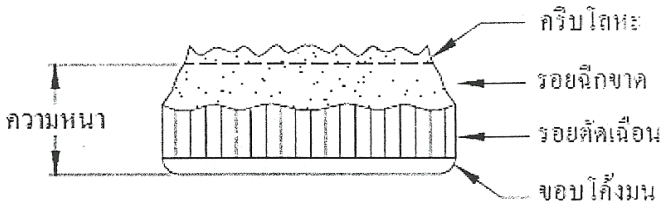
$= (52x9.81 \text{ N /mm}^2) \text{ x } 211.4 \text{ มม. x } 3 \text{ มม.}$

$= 323,158 \text{ N}$

$= 32 \text{ TON}$

2.4 ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัด

ในกรรมวิธีการตัดวัสดุชิ้นงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบถาวรในปริมาณสูงจนกระทั้งเกิดการฉีกขาดของวัสดุโดยทั่วไปชิ้นงานหรือเศษที่ได้จากสภาพการตัดที่เหมาะสม [6] จากสภาวะในขันตอนแรกของการเปลี่ยนรูป Plastic Deformation ระหว่างการตัดจะทำให้เกิดขอโค้งมน Edge Radius ขึ้นที่ขอบของชิ้นงาน รอยตัดเฉือน Shear Surface ซึ่งเป็นแนวตรงมีลักษณะเงามัน เกิดจากสภาวะการตัด ในขั้นตอนที่ 2 คือการกดลึก Penetration ความกว้างของรอยตัดเฉือนจะมีขนาดประมาณ 1/3 ของความหนาวัสดุและส่วนของรอยฉีกขาดเกิดจากปฏิกิริยาการตัดในขั้นตอนที่ 3 เป็นลักษณะของรอยแตกหรือการฉีกขาด Fracture Surface และขั้นตอนที่ 4 เกิดขึ้นหลังจากการเกิดรอยแตกจะเป็นส่วนของการเกิดครีบ Burr ซึ่งเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิดครีบหรือตำแหน่งเริ่มต้นของการเกิดรอยแตกขณะการตัดชิ้นงาน ซึ่งครีบจะเกิดขึ้นปานกลาง [9] ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.22 ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัดทั่วไป [9]

1. ส่วนที่เกิดโค้งมน Edge Radius ส่วนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อแท่ง พันช์ กดชิ้นงานให้ไหลตัวลงในช่องว่างของ พันช์ และ ดาย ทำให้มีรูปร่างคล้ายกับก้นจาน การเกิดโค้งมนจะมีเล็กน้อยและมากขึ้นถ้าใช้ช่องว่างของ พันช์ และ ดาย ใหญ่ และโลหะที่นำมาตัดนั้นเป็นโลหะอ่อน

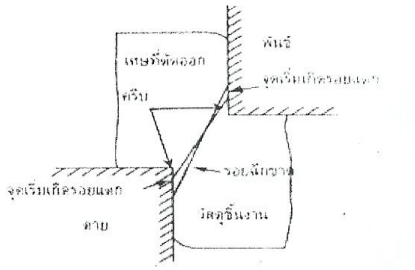
2. ส่วนที่หน้าตัดเฉือน Cutband เป็นส่วนที่เกิดขึ้นหลังจาก พันช์ ถูกกดกินลึกลงไปในเนื้อของโลหะระยะหนึ่งแล้วก็จะเกิดจากการตัดเฉือนชิ้นงานในแนวดิ่ง ทำให้เกิดการขัดถูระหว่างขอบคมตัด พันช์ และเนื้อของโลหะที่ถูกตัด ส่วนที่ถูกตัดตรงบริเวณพื้นที่นี้จะมีลักษณะเป็นมันวาวและแนวที่ถูกตัดจะได้ฉากกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นงาน หน้าตัดเฉือนเป็นส่วนที่สำคัญมากเพราะขนาด และความเที่ยงตรงของผลผลิตจะถูกกำหนดไว้ที่ส่วนนี้ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของหน้าตัดเฉือนและช่องว่างระหว่าง พันช์ และ ดาย มีดังนี้ คือ ถ้าใช้ขนาดของช่องว่างมากจะทำให้ความสูงของหน้าตัดเฉือนน้อยลง เพราะแท่นที่แผ่นชิ้นงานจะถูก พันช์ ตัดขาดกลับกลายเป็นส่วนที่เปรียบเสมือนถูกดึงขาดมาก แต่ถ้าใช้ขนาดของช่องว่างน้อยจะได้ความสูงของหน้าตัดเฉือนมากขึ้น และพื้นที่ที่ถูกตัดจะดูแล้วสวยงาม ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ กำหนดให้ใช้ขนาดของช่องว่างประมาร 8 เปอร์เซ็นต์ของความหนาของแผ่นชิ้นงาน

3. ส่วนที่เกิดการฉีกขาด Fracture เป็นส่วนที่เกิดขึ้นหลังจากมีการตัดเฉือนของ พันช์ บนแผ่นชิ้นงานแล้ว แรงที่ใช้บนแท่น พันช์ จะทำให้เกิดความเค้นดึงสูงกว่าความแข็งแรงสูงสุดของโลหะ จึงทำให้เกิดการแตกขึ้น การแตกจะเกิดขึ้นในลักษณะถูกดึงขาด ดังนั้นรูปร่างของรอยแตกจึงมีรูปร่างขรุขระไม่เป็นระเบียบ ความสัมพันธ์ของรอยแตกที่เกิดขึ้น และขนาดของช่องว่างระหว่าง พันช์ และดายนั้นจะแตกต่างกับความสัมพันธ์ ในส่วนอื่นๆกรณีที่ใช้ขนาดของช่องว่างน้อยกว่า 10 % ของความหนาของแผ่นชิ้นงานจะทำให้เกิดความกว้างของรอยแตกเล็กลงตามลำดับ แต่ถ้าใช้ขนาดของช่องว่างที่ใช้มากกว่า 25 % จะทำให้ความกว้างของรอยแตกจะเริ่มลดลงอีก และถ้าใช้ขนาดของช่องว่างที่ใช้ให้เหมาะสมสำหรับงานนั้นๆ

4. ส่วนที่เกิดครีบ Burr ที่ผิวหน้าแผ่นชิ้นงาน ส่วนนี้เกิดจากขอบ คมตัดที่แท่ง พันช์ และแท่งดายที่อ ซึ่งในการตัดโลหะแผ่นด้วยดายจะต้องมีเกิดขึ้น ถ้าขอบคมตัดที่อมากจะเกิดรอยขรุขระสูงมาก โลหะอ่อนจะเกิดรอยขรุขระสูงมาก นอกจากนั้นรอยขรุขระยังมีส่วนสัมพันธ์กับช่องว่างระหว่าง พันช์ และดายอีกด้วย ซึ่งถ้ากำหนดให้ขนาดของช่องว่างมากกว่า 18% ของความหนาของแผ่นชิ้นงาน และ

รอยขรุขระจะเกิดมากขึ้นตามลำดับ การทำรอยขรุขระให้มีความสูงประมาณ 0.025 mm. อยู่คงที่นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากเพราะต้องคอยลบคมตัดอยู่เสมอ [1]

สาเหตุการเกิดส่วนโค้งมน เกิดจากแม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ เมื่อเริ่มต้นกดชิ้นงานลงไปในดายเนื้อชิ้นงานบริเวณใต้แม่พิมพ์ตัวผู้ พันช์ และเหนือแม่พิมพ์ตัวเมีย ดาย จะมีความเค้นอัดที่มีค่าสูงมากระทำในขณะที่เนื้อชิ้นงานบริเวณด้านข้างของแม่พิมพ์ตัวผู้ พันช์ และแม่พิมพ์ตัวเมีย ดาย จะมีความเค้นดึงมากระทำ ดังรูปที่ 2.6 ทำให้เนื้อชิ้นงานตรงบริเวณนี้ถูกดึงให้ไหลตามการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ตัวผู้พันช์ ก่อให้เกิดส่วนโค้งมนขึ้น ดังแสดงในรูป [10]

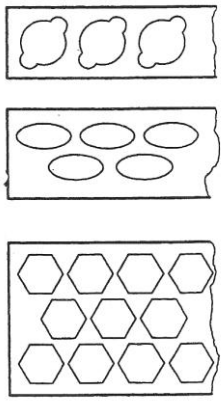


รูปที่ 2.23 กลไกการเกิดส่วนโค้งมน [10]

สาเหตุการเกิดครีบ ตามที่อธิบายตามหลักการขั้นตอนของการตัดไว้ข้างต้น โดยปกติการเริ่มเกิดรอยแตกในเนื้อวัสดุจะไม่ได้เกิดตรงคมตัดพอดี แต่จะเกิดขึ้นเหนือคมตัดเล็กน้อย เนื่องจากความเค้นดึงจะมีค่าสูงสุดเกิดขึ้นตรงจุดดังกล่าวหลังจากรอยแตกในเนื้อวัสดุจากด้านแม่พิมพ์ตัวผู้ พันช์ และแม่พิมพ์ตัวเมีย ดาย มาบรรจบกันจะทำให้วัสดุแยกออกจากกันแต่ส่วนเนื้อวัสดุบริเวณด้านข้างของคมตัดจะยังเหลืออยู่ที่ขอบตัดซึ่งส่วนนี้ก็คือครีบที่เกิดขึ้นนั่นเอง [6]

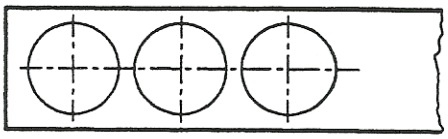
2.5 การเตรียมแผ่นงานในการผลิต

ในการผลิตชิ้นงานจำนวนมากจำเป็นจะต้องเตรียมวัตถุดิบให้เพียงพอต่อปริมาณการผลิตและที่สำคัญควรเตรียมชิ้นงานให้เหมาะสมกับขนาดชิ้นงานที่ต้องการผลิต และประหยัดที่สุด ทั้งนี้ในการผลิตชิ้นงานควรใช้ประโยชน์ของพื้นที่งานให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากในการตัดเจาะจะมีเศษเกิดขึ้น ซึ่งในการจัดเตรียมวัตถุดิบที่นำไปใช้ในการผลิตชิ้นงาน [1]



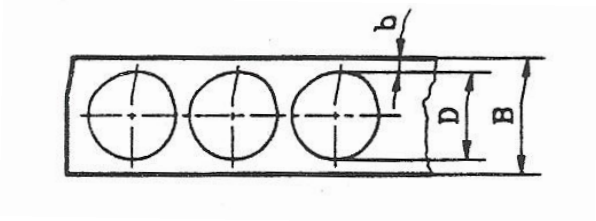
รูปที่ 2.24 การกำหนดลักษณะงานผลิต [1]

ดังนั้นเมื่อทราบถึงรูปร่างของชิ้นงานที่ผลิต จึงดำเนินตามขั้นตอน โดยการวางแผนในการผลิตด้วยการกำหนดลักษณะการตัดเจาะ เช่น วางชิ้นงานในลักษณะใด ทำการผลิตครั้งละกี่แถว



รูปที่ 2.25 ทำการผลิตแถวเดียว [1]

เมื่อทราบถึงลักษณะของการวางแผนการผลิตและขนาดของชิ้นงานที่ผลิต สิ่งที่จำเป็นต่อไป คือ ขนาดของแผ่นงาน Strip ก่อนที่จะนำเข้าไปในแม่พิมพ์เพื่อการผลิตต่อไป ซึ่งการเตรียมแผ่นงาน สามารถคำนวณได้จาก



รูปที่ 2.26 ชิ้นงานแถวเดียว $B = D + 2.b$ [1]

B = ความกว้างของแผ่นงาน

D = ด้านยาวที่สุดของชิ้นงานที่จะผลิต

b = ระยะเผื่อขอบงาน จากตาราง

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงระยะเผื่อขอบงานในการตัด [1]

ความหนา (มม.)	ด้านยาวที่สุดของชิ้นงาน (มม.)						
	50	100	150	250	350	500	1000
1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	6.0
1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	7.0
2.0	3.0	3.5	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0
2.5	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	6.0	8.0
3.0	4.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.5	8.0
4.0	5.0	5.0	5.5	5.5	6.0	6.5	8.5
5.0	6.0	6.0	6.5	6.5	7.0	7.5	8.5
6.0	7.0	7.0	7.5	8.0	8.0	8.5	9.0
7.0	8.0	8.5	8.5	9.0	9.0	9.0	10.0
8.0	10.0	10.0	10.0	11.0	11.0	11.0	12.0

เมื่อทราบถึงขนาดความกว้างของแผ่นงาน เพื่อให้ทราบถึงจำนวนชิ้นงานที่จะผลิตได้ต่อแผ่นงาน 1 แผ่นนั้น จะต้องกำหนดให้ได้ว่าในการเลื่อนเพื่อทำการตัดเจาะแต่ละครั้งนั้น ควรเลื่อนเท่าใดจึงจะช่วยให้ประหยัดวัตถุดิบมากที่สุด โดยคำนวณจาก

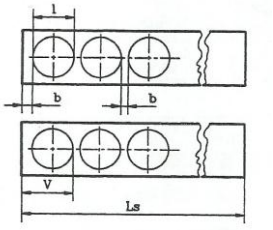
$$V = l \times b$$

กำหนดให้

V = ระยะเลื่อนของแผ่นงานแต่ละครั้ง

l = ด้านกว้างของชิ้นงาน

B = ระยะเผื่อขอบงาน



รูปที่ 2.27 การหาระยะเลื่อนแผ่นงาน [1]

ดังนั้นจึงทำให้ทราบว่าแผ่นงาน 1 แผ่นนั้นสามารถผลิตชิ้นงานได้เท่าใด โดยคำนวณจาก

$$Z_w = L_S / V$$

กำหนดให้ Z_w = จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อความยาวของแผ่นงาน

L_S = ความยาวของแผ่นชิ้นงาน

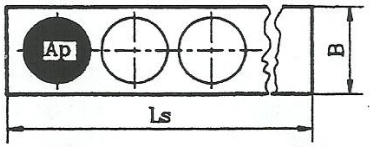
การหาประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ของแผ่นงานเพื่อช่วยในการประหยัดวัสดุ และลดต้นทุนในการผลิต โดยคำนวณจาก

$$n = A_p / A_S$$

กำหนดให้ n = ประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ของแผ่นวัตถุดิบ

A_p = พื้นที่ของชิ้นงานที่ผลิตได้ใน 1 แผ่นงาน

A_S = พื้นที่ของแผ่นงาน



รูปที่ 2.28 พื้นที่ของชิ้นงาน [1]

นั้นคือ

$$n = Z_w \cdot A_P / L_S \cdot B$$

แต่ถ้าแผ่นงานมีความยาวมาก ๆ ทำการหาประสิทธิภาพได้โดยการประมาณดังนี้

$$n = R \cdot A_P / B \cdot V$$

กำหนดให้

R = จำนวนแถวในการวางตำแหน่งในการผลิต

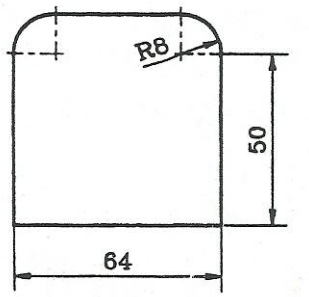
ตัวอย่าง ในการผลิตชิ้นงานดังภาพ ชิ้นงานมีความหนา 1 mm. แผ่นงานมีความยาว 1 m.

จงคำนวณหา

ก. ความกว้างของแผ่นงาน

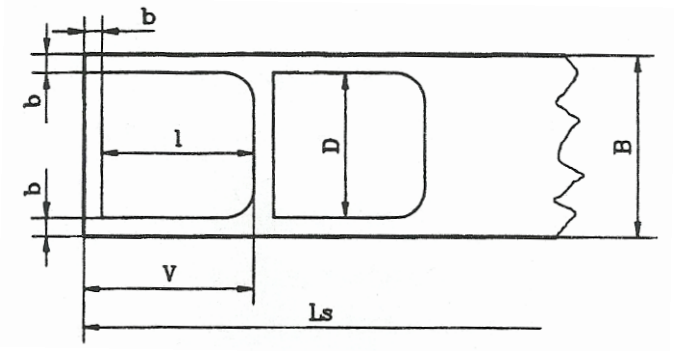
ข. จำนวนชิ้นงานผลิตได้

ค. ประสิทธิภาพการใช้พื้นที่แผ่นงาน



รูปที่ 2.29 รูปชิ้นงาน [1]

วิธีทำ กำหนดการวางตำแหน่งการผลิตเป็นแบบแถวเดี่ยว



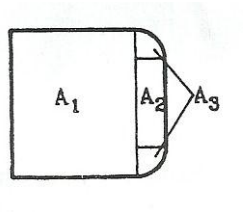
รูปที่ 2.30 การวางตำแหน่งการผลิตแบบแถวเดียว [1]

จาก	B	=	D + 2.b
	D	=	64 มม.
	B	=	2 มม.
แทนค่า	B	=	64 + (2 + 2)
	B	=	68 มม.
จาก	Z_w	=	L_S / V
	L_S	=	1 ม.
	V	=	l + b
	V	=	(50 + 8) + 2
	V	=	60

แทนค่า Z_W = 1,000 / 60

Z_W = 16.66 ชิ้น

สามารถผลิตชิ้นงานได้ = 16 ชิ้น



จาก $n = Z_W \cdot A_P / L_S \cdot B$

$A_p = A_1 + A_2 + A_3$

$A_p = (64 \times 50) + (48 \times 8) + (3.1416 \times 16^2 / 4 \times 2)$

$A_p = 3684.53$ มม.^{2}

แทนค่า $n = 16 \times 3684.53 / 1000 \times 68$

$n = 0.87$

ประสิทธิภาพการใช้พื้นที่แผ่นงาน 87 %[1]

2.6 วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต พันช์ และ ดาย

โดยปรกติแล้ววัสดุที่จะนำมาทำเป็นคมตัดในงานตัดเฉือนจะต้องมีความแข็ง ต้านทานต่อการสึกหรอ ต้านทานต่อการหลอมละลายติดและการขูดขีด ต้านทานต่อการบิ่นหรือแตกหัก และมีความเหนียวนุ่ม Toughness การเลือกชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ Insert Punch หรือ Insert Die ขึ้นอยู่กับปริมาณชิ้นงานที่จะทำการผลิตด้วย ถ้าปริมาณการผลิตน้อย อาจใช้วัสดุที่มีคาร์บอนผสม หรือเหล็กคาร์บอน ถ้ามีปริมาณการผลิตปานกลางถึงมาก อาจใช้วัสดุประเภทเครื่องมือ Tool Steel และถ้ามีการผลิตมาก ๆ อาจใช้วัสดุประเภททังสเตนคาร์ไบด์ และทำการเคลือบผิวด้วย เพื่อลดจำนวนครั้งในการซ่อมบำรุงด้วยการเจียระไนลับคมตัดให้มีจำนวนครั้งลดลงอันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องปั๊มในการผลิตชิ้นงานได้มากยิ่งขึ้นด้วย [11]

2.7 การเจียระไนคมตัด พันช์ และ ดาย

การเจียระไนคมตัด พันช์ และ ดาย จะกระทำภายหลังจากได้ผลิตงานไปแล้วจำนวนหนึ่ง โดยปกติมักจะกำหนดเป็นจำนวนชิ้นต่อการเจียระไน 1 ครั้ง หรือกำหนดเป็นจำนวนสโตรก (จำนวนครั้งใน

การตัดชิ้นงาน) ต่อการเจียระไน 1 ครั้ง ซึ่งชิ้นส่วน พันช์ หรือดายที่จะเจียระไนนั้นจะเป็นชิ้นส่วนประเภทที่มีคมตัด Cutting Edge โดยปกติแล้ว พันช์ หรือ ดาย ที่ใช้ในแม่พิมพ์ที่มีความละเอียดนั้นมักจะออกแบบเป็นคนละชิ้นกับ Punch Plate หรือ Punch Pad และ Die Plate ซึ่งเรียกว่า Insert Punch หรือ Insert Die เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยน Insert Punch หรือ Insert Die ชิ้นใหม่เมื่อ Insert ตัวเดิมชำรุดเสียหายหมดอายุการใช้งาน [11]

2.8 การอบชุบพันช์ และ ดาย

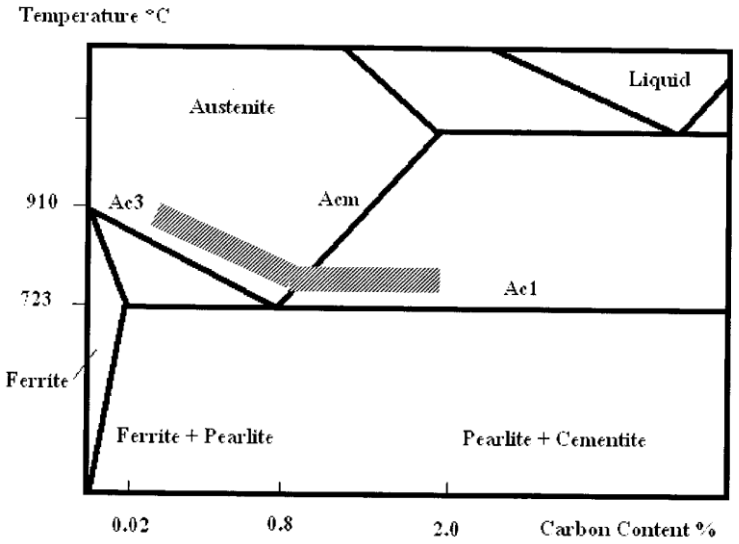
คุณภาพของการชุบ พันช์ และดายมีผลต่ออายุของคมตัดเช่นกัน เช่น การชุบแล้วไม่ได้ความแข็งตามต้องการ ความแข็งของ พันช์ และดายไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดการสึกหรอและต้องเจียระไนเร็วกว่าปกติ การชุบแข็ง Hardening คือการอบชุบความร้อนเพื่อต้องการให้เหล็กภายหลังจากการชุบมีความแข็งเพิ่มขึ้นเพื่อทนต่อการเสียดสีในขณะใช้งานการชุบแข็งเป็นวิธีจะให้ได้โครงสร้างของเหล็กสุดท้ายเป็น Martensite หรือ Bainite ขึ้นอยู่กับความแข็งสุดท้ายที่ต้องการ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจาก Austenite ไปเป็น Martensite หรือ Bainite ซึ่งจะได้เหล็กที่มีความแข็งสูงจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญอย่างน้อย 3 ประการคือ [12]

อุณหภูมิสำหรับการชุบแข็ง Hardening Temperature แบ่งออกตามส่วนผสมคาร์บอนดังนี้

1. Hypo Eutectoid Steels Hardening Temp จะอยู่ที่เหนือ AC_3 ประมาณ 50 องศา C ซึ่งอุณหภูมินี้จะได้โครงสร้างที่เป็น Austenite ทั้งหมด ถ้าพิจารณาในกรณีที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ และอยู่ในช่วง AC_1 _ AC_3 จะปรากฏมี Ferrite เหลืออยู่บางส่วน ถ้าทำการชุบที่อุณหภูมินี้ Austenite จะเปลี่ยนเป็น Martensite แต่ Ferrite จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงยังคงสภาพอยู่เช่นเดิม เหล็กภายหลังจากการชุบแข็งแล้วจะไม่ได้ความแข็งสูงเท่าที่ควร และบริเวณโครงสร้างที่เป็น Ferrite จะเป็นบริเวณที่อ่อน Soft Spots ขาดคุณสมบัติต้านทานต่อการเสียดสี ในกรณีถ้าเผาที่อุณหภูมิเหนือเส้น AC_3 ไปมาก Overheating จะได้โครงสร้างของ Austenite ที่มีเกรนโตภายหลังการชุบน้ำจะได้ Martensite ที่หยาบ Coarse Martensite ซึ่งจะทนแรงกระแทกได้น้อยลง อีกประการหนึ่ง ชิ้นงานในขณะชุบน้ำจะเกิดการบิดงอหรือแตกร้าวได้ง่าย [12]

2. Hyper Eutectoid Steels จะใช้อุณหภูมิเหนือเส้น AC_1 ประมาณ 30 – 50 องศา C เท่านั้น จะเห็นว่าในช่วงของอุณหภูมินี้จะปรากฏโครงสร้างของ Proeutectoid Cementite เหลืออยู่บางส่วนเท่านั้นที่กลายหรือสลายตัวไปเป็น Austenite หรือ Cementite เหลืออยู่นี้จะกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในโครงสร้างของ Austenite เมื่อทำการชุบน้ำจะได้โครงสร้างของ Martensite โดยมี Proeutectoid Cementite มีความแข็งประมาณ 700 – 800 H_B ซึ่งแข็งกว่า Martensite 650 – 700 H_B ประเด็นที่สำคัญคือจะต้องเลือกอุณหภูมิที่จะไม่เกิด Proeutectoid Cementite ในลักษณะต่อเนื่องเป็ยลูกโซตามขอบเกรน

ในกรณีที่เผาอุณหภูมิเหนือเส้น AC_m จะไม่เกิดผลดีนอกจากต้องใช้พลังงานมากขึ้นแล้ว Austeniteจะขยายตัวให้เกรนโตเร็วมาก จะทำให้ผลที่ได้ภายหลังการชุบไม่ดีเพราะจะได้ Martensite เกรนหยาบทนแรงกระแทกได้ไม่ดี และยังอาจจะเกิดการบิดงอและแตกร้าวได้โดยง่าย [12]



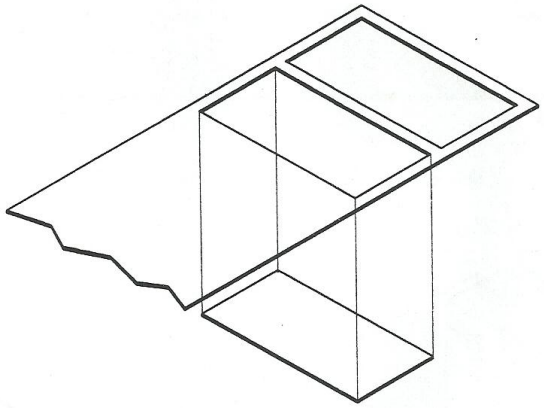
รูปที่ 2.31 รูปกรรมวิธีการทำ Hardening [13]

2.9 การอบคืนตัว Tempering

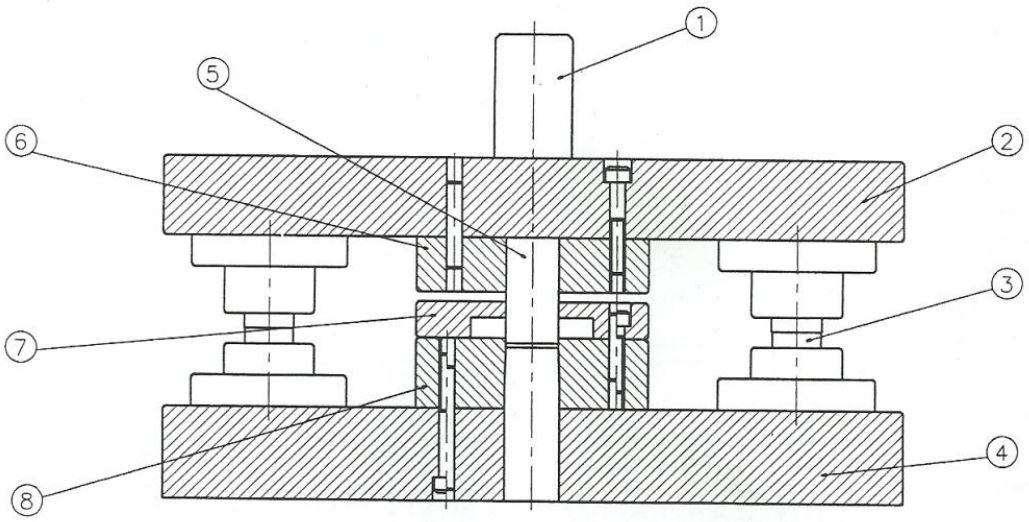
เหล็กภายหลังจากการชุบแข็งจะมีโครงสร้างส่วนใหญ่ประกอบด้วย Martensite และ Austenite เหลือค้าง Residual austenite ถ้าเป็นเหล็กคาร์บอนสูงจะมี Proeutectoid Cementite กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป นอกจากนี้เหล็กที่ผ่านการชุบแข็งจะเกิดความเครียดภายใน อันเนื่องมาจากอัตราการเย็นตัวที่เร็วจากอุณหภูมิสูง คุณสมบัติของเหล็กตามลักษณะที่กล่าวจะมีความแข็งสูง แต่จะขาดคุณสมบัติด้านความเหนียวไม่ทนต่อแรงกระแทก Poorimpact strength และความเครียดภายในที่เกิดขึ้นจะมีส่วนทำให้ชิ้นงานบิดงอหรืออาจเกิดการบิดร้าวในขณะใช้งานได้ ดังนั้นเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งก่อนนำไปใช้งานควรจะต้องนำมาทำการอบคืนตัว เพื่อคลายความเครียดภายในให้หมดไป หรือเหลืออยู่น้อยที่สุด และในขณะเดียวกันจะทำให้ Martensite แตกตัวให้โครงสร้างที่สมดุล Tempred Martensite ซึ่งจะมีผลอย่างกว้างขวางต่อคุณสมบัติของเหล็ก ดังเช่น ความแข็งจะลดลง แต่ความเหนียวจะกลับสูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอุณหภูมิของการอบคืนตัวและเวลาที่ใช้ [12]

2.10 แม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่า Blanking

แม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่าหรือแม่พิมพ์เดี่ยว Single Die โดยทั่วไปแม่พิมพ์เดี่ยว Single Die จะมีเงื่อนไขเบื้องต้นว่าการทำงานของแม่พิมพ์จะใช้คนทำงานเป็นส่วนใหญ่และมีลักษณะการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง และอาจกล่าวได้ว่า การแปรรูปชิ้นงานโดยใช้แม่พิมพ์เดียว Single Die เป็นขั้นตอนสำคัญของการทำงานแม่พิมพ์ต่อ ๆ ไปถ้าเราใช้แม่พิมพ์เดี่ยวในการทำงานเราสามารถทำงานได้ชิ้นงานที่ได้มาจากแม่พิมพ์ต่อไปนี้

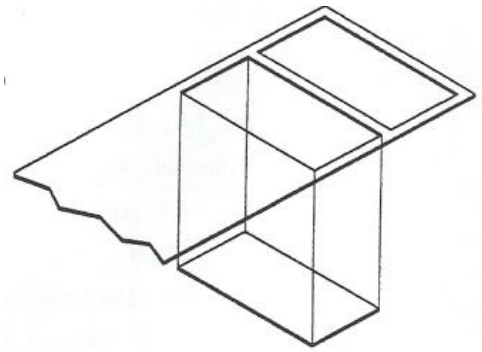


รูปที่ 2.32 รูปชิ้นงานที่ได้มาจากแม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่า [1]



รูปที่ 2.33 แม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่า [1]

1. ด้าม Shank
2. ตัวยึดพั้นช์ Punch holder or Upper shoe
3. ไกค์โพสต์ Guide Post set
4. ตัวยึดดาย Die holder or Lower shoe
5. พั้นช์ Punch
6. แผ่นพั้นช์ Punch Plate
7. สตริปเปอร์ตายตัว Fig Stripper
8. ดาย Die

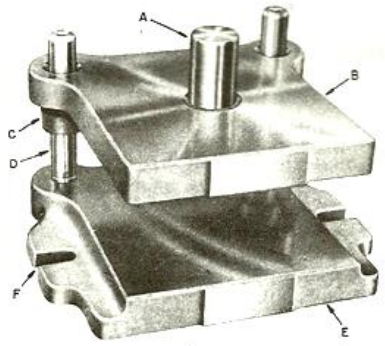


รูปที่ 2.34 ชิ้นงานที่ผ่านการปั๊มตัด [1]

แม่พิมพ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น คือแม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่าส่วนประกอบของแม่พิมพ์ที่กล่าวมานั้นอาจจะออกแบบมาไม่ครบซึ่งอาจจะต้องมีการเพิ่มชิ้นส่วนหรืออาจลดชิ้นส่วนขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน

2.11 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ตัด

1. Die Set คือ ชุดแม่พิมพ์ ซึ่งตัว พันช์ และ ดาย และชิ้นส่วนที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ใช้ในการปั๊มชิ้นงานจะถูกนำมาประกอบในชุด Die Set นี้ ซึ่งส่วนประกอบของ Die Set จะประกอบด้วยดังนี้



รูปที่ 2.35 รูปร่างของชุด Die Set [4]

2. Shank มีลักษณะก้านกลมรูปทรงกระบอกติดแน่นอยู่กับ Punch Holder เป็นส่วนที่สอดเข้าไปใน Ram ของเครื่อง Press เพื่อยึด Die Set ส่วนบนให้ติดแน่นกับ Ram ของเครื่อง Press

3. Punch Holder เป็นส่วนที่ใช้ยึดพันช์ และจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามจังหวะของ Ram

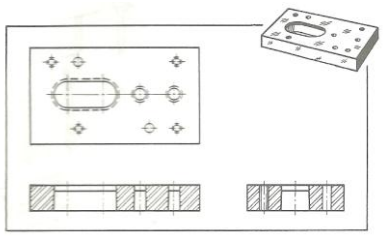
4. Bushing มีลักษณะเป็นปอกสวมอัดอยู่กับ Punch Holder เพื่อบังคับให้ Punch Holder เคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่ในแนวเส้นตรงตาม Guide Post

5. Guide Post มีลักษณะเป็นเสากลมติดอยู่กับ Die Holder

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

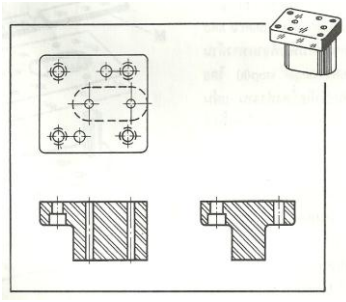
7. Slots มีไว้สำหรับยึด Die Holder เข้ากับ Bolster Plate

8. Die Block จะทำจากเหล็กกล้าทำเครื่องมือและเมื่อทำการไส เจาะ และเจียระไน ตบแต่งได้ตามแบบแล้วก็จะทำการชุบแข็งตรงส่วนที่จะทำการเจาะหรือตัดชิ้นส่วน ส่วนรูอื่น ๆ คือรูเกลียวสำหรับยึด Die Block ให้ยึดติดกับ Die Holder และส่วนประกอบอื่น นอกจากนี้ก็จะมีรูคว้านสำหรับใส่สลักเพื่อป้องกันไม่ให้ Die Block เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม[4]



รูปที่ 2.36 Die Block [4]

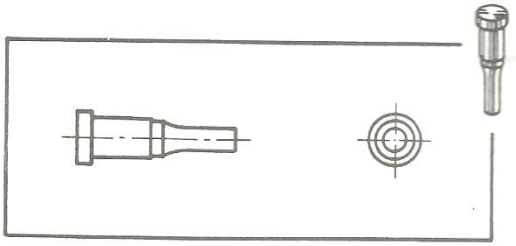
9. Blanking Punch ใช้สำหรับการตัดชิ้นงานให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการโดยการทำให้ส่วนล่างของ พันช์มีรูปร่างและขนาดตามชิ้นงานที่ต้องการ ส่วนบนจะทำเป็นปีกยื่นออกไปเพื่อใช้สำหรับยึดสกรูและสลักกันการเคลื่อนที่ของตัวพันช์ จะคว้านรูสำหรับใช้ใส่ Pilot ซึ่งทำหน้าที่ขยับแผ่น Strip ให้ตรงตำแหน่งก่อนที่ พันช์ จะทำการตัด [4]



รูปที่ 2.37 รูป Blanking Punch [4]

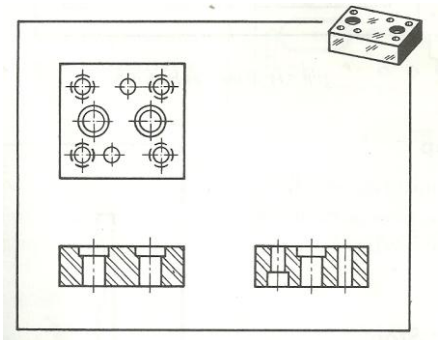
10. Piercing Punch มีหน้าที่ในการเจาะรูออกจากแผ่น Strip หรือ Blank ซึ่งส่วนมากจะเป็นรูกลม ส่วนบนทำเป็นบ่าสำหรับใส่ใน Punch Plate ความแตกต่างระหว่าง Piercing Punch กับ

11. Blanking Punch ก็คือ ถ้าส่วนที่ถูกตัดออกไปเป็นส่วนที่ไม่ใช้งานจะเรียกว่า Piercing Punch แต่ถ้าส่วนที่ถูกตัดออกไปเป็นส่วนที่ใช้งานเรียกว่า Blanking Punch



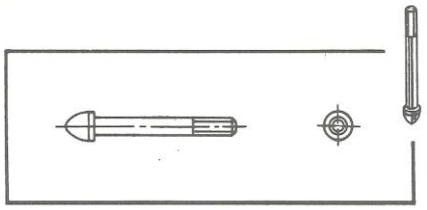
รูปที่ 2.38 Piercing Punch [4]

12. แผ่นยึด พันช์ มีลักษณะเป็นก้อนเหล็กแผ่นรูปสี่เหลี่ยมสำหรับยึดส่วนบนของ พันช์ ให้ติดกับ Punch holder ด้วยสกรูและสลักเคลื่อนโดยตัว พันช์ จะสวมตัวอัดอยู่กับ Punch Plate ซึ่งส่วนบนจะทำเป็นบ่าไว้พอดีกับหัว พันช์



รูปที่ 2.39 รูปแผ่นยึด Punch [4]

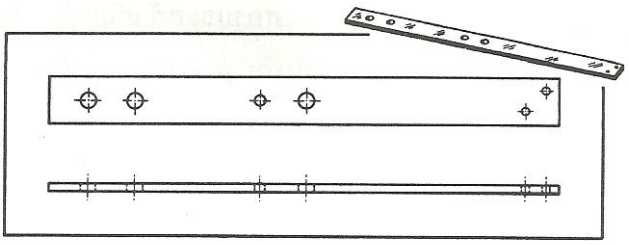
13. สลักนำ Pilots ที่บริเวณส่วนหัวของ Pilots จะมีลักษณะกลมมน มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับรูที่ถูกเจาะมาก่อนหัว Pilots จะสอดเข้าไปในรูและขยับให้แผ่นสตลิปอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องก่อนที่ Blanking Punch จะทำการตัด



รูปที่ 2.40 ลักษณะของสลักนำ Pilots [4]

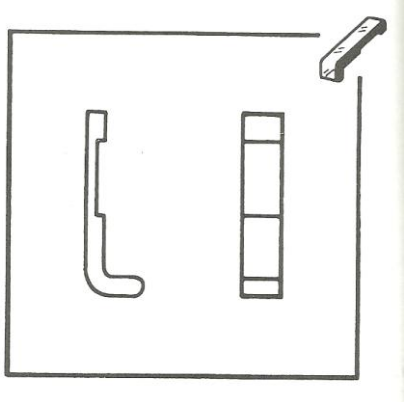
14. Back Gage มีลักษณะเป็นเหล็กแผ่นมีความหนาใกล้เคียงกับแผ่น Strip ยึดติดอยู่บน Die Block ช่วงหลัง ส่วนช่วงหน้าก็มีแผ่นเหล็กหนาเท่ากันแต่สั้นกว่า เรียกว่า Front spacer , Back gage, กับ

15. Front spacer จะทำหน้าที่เป็น Guide ให้แผ่น Strip โดยมีช่องว่างระหว่าง Back gage กับ Front spacer กว้างกว่าความกว้างของแผ่น Strip เล็กน้อยเพื่อให้แผ่น Strip เลื่อนไปได้สะดวก [4]



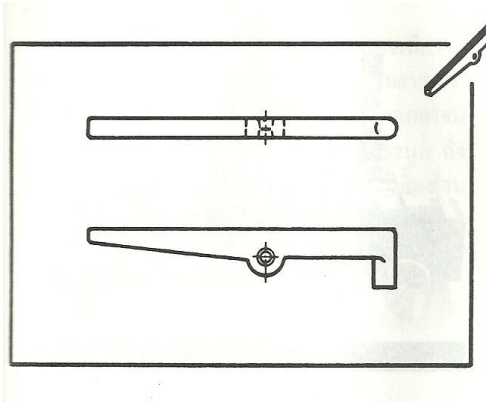
รูปที่ 2.41 ลักษณะของ Back Gage [4]

16. Finger Stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่นสตริปในช่วงแรก ๆ แต่ละช่วงของ Progressive Die ซึ่งมีหลายขั้นตอนก่อนที่ปลายของแผ่นสตริปจะไปชนกับ Automatic Stop [4]



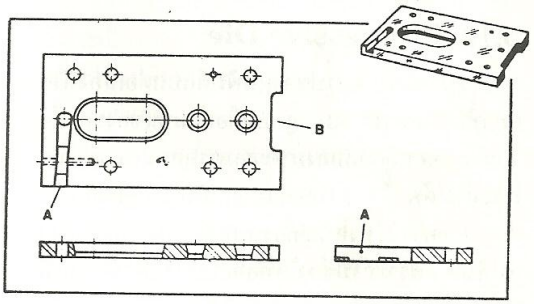
รูปที่ 2.42 Finger Stop [4]

17. Automatic Stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่นสตริปเมื่อผ่านมาถึงจุดสุดท้าย ผู้ปฏิบัติงานจะเลื่อนแผ่นสตริบไปจนชนส่วนของ Automatic Stop แผ่นสตริปจะหยุดนิ่งในขณะที่เครื่องทำการตัด และจะยอมให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งตัดที่อยู่ถัดไปโดยอัตโนมัติ [4]



รูปที่ 2.43 Automatic Stop [4]

18. Stripper Plate ทำหน้าที่กันไม่ให้แผ่นสตริปติด พันช์ ขึ้นไปในขณะที่เครื่องทำการตัด ซึ่งมีลักษณะตามรูป ร่อง A สำหรับการประกอบ Automatic Stop ส่วนร่อง B ทางด้านขวาทำให้สะดวกในการป้อนแผ่นสตริปเมื่อเริ่มป้อนเข้าสู่แม่พิมพ์



รูปที่ 2.44 Stripper Plate [4]

ชิ้นส่วนมาตรฐานขอ Standard part of Stamping die ของแม่พิมพ์หลายชนิดที่ทำออกจำหน่าย วัตถุประสงค์ของการใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานของแม่พิมพ์ซึ่งมีข้อดีของการใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานก็คือ การทำแม่พิมพ์ที่ใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานจะผลิตได้เร็วกว่าการผลิตขึ้นเอง ชิ้นส่วนที่ผู้ผลิตออกมามีขนาดเป็นมาตรฐานคุณภาพราคาถูก ทำให้แม่พิมพ์ที่ผลิตขึ้นมามีคุณภาพหน้าเชื่อถือเพราะชิ้นส่วนมาตรฐานนั้นสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย ระยะเวลาในการออกแบบชิ้นส่วนก็สั้นลง และ ใช้เครื่องมือเครื่องจักรในการผลิตน้อยลง เช่น ชุดยึดแม่พิมพ์ Guide Post และ Guide Bush เหล็กแผ่นเรียบ พันช์กลม สำเร็จรูป ดายปลอก Die Bush สปริงขด Coiled spring สลัก Dowel pin ตัวยก Lifter และอื่น ๆ

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.12.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด

ชาญยุทธ มะกา, พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์, วารุณี เปรมานนท์ และรัชนี ไพศาล [15] ได้ทำการศึกษาวัสดุทำแม่พิมพ์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยศึกษาพฤติกรรรการสึกหรอของเหล็กเครื่องมือ 4 ชนิด ที่นำมาทำพันช์ ประกอบด้วย (JIS) SKD11,SKS3,SKH51,S50C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm. นำมาผ่านกรรมวิธีชุบแข็งให้ได้ความแข็งเท่ากันคือ 59±1 HRC ใช้ช่องว่างของแม่พิมพ์คงที่ คือร้อยละ 5 ของความหนาชิ้นงาน โดยทำกับเหล็กแผ่น (JIS) G3141 SPCC (AISI 1012) ความหนาของชิ้นงาน 0.8 mm. ในการตัดชิ้นงานจำนวน 10,000 ชิ้น พบว่าพันช์ ที่มีอัตราการสึกหรอน้อยที่สุดคือ SKD11 รองลงมาคือ SKS3,SKH51 และ S50C ตามลำดับ

ณัฐศักดิ์ พรพุฒิศิริ, วารุณี เปรมานนท์ และพงษ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ [16] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของช่องว่างของแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด โดยการศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ตัดโดยกำหนดค่าช่องว่างระหว่าง พันช์ และ ดาย ที่ระดับต่างกัน คือ 3 % ,8 % และ 18 % ของความหนาวัสดุชิ้นงาน วัสดุแผ่นตัดชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 430 โดยวัสดุ พันช์ และ ดาย เป็น SKD11 ทำการชุบแข็งที่ระดับความแข็ง 60 HRC ในการทดลองพบว่าระยะค่าช่องว่างระหว่างคมตัด 3 % การสึกหรอของ พันช์ เกิดขึ้นสูงที่สุด แต่ความสูงของครีบของชิ้นงานจะเกิดขึ้นน้อยที่สุด และ ความสูงของครีบจะสูงขึ้นเมื่อเกิดการสึกหรอของพันช์ ส่วนระยะค่าช่องว่าง 8 % พบว่าการสึกหรอของพันช์จะเกิดขึ้นปานกลาง ความสูงของครีบที่ชิ้นงานจะเกิดขึ้นน้อยกว่า ส่วนที่ระยะค่าช่องว่างพันช์ กับ ดาย ที่ 18 % พบว่าการสึกหรอจะเกิดขึ้นต่ำที่สุด แต่ความสูงของครีบชิ้นงานจะเกิดขึ้นมากที่สุด

2.12.2 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างของชิ้นงานที่ได้จากการตัด

ศิริชัย ต่อสกุล [14] ได้ทำการศึกษาอิทธิของรูปทรงคมตัดพันช์ ต่อคุณภาพขอบตัดเฉือนชิ้นงานอลูมิเนียม ได้ทดลองตัดเฉือนชิ้นงานของแม่พิมพ์ตัวผู้ทั้ง 3 แบบ ได้ผลการทดลองออกมาคือ แม่พิมพ์ตัวผู้แบบคมตัดตรงที่ความเร็ว 190 ครั้งต่อนาที ตัดชิ้นงานได้คุณภาพดีที่สุด คือได้ค่ารอยตัดเฉือน Shear Band สูงที่สุดคือ 1.05 mm. และได้ค่ารอยแตกหัก Fracture และ ครีบ Burr น้อยที่สุด คือ 0.85 mm. และ 0.03 mm. ตามลำดับ ที่แม่พิมพ์ตัวผู้ขอบคมตัดตรงสามารถตัดชิ้นงานได้คุณภาพดีที่สุด เพราะการตัดชิ้นงาน เกิดจากการตัดอย่างเต็มพื้นที่หน้าตัดของแม่พิมพ์ตัวผู้ด้วยความเร็วสูง ซึ่งจะทำให้เกิดรอยตัดเฉือน ไม่มีรอยแตกหัก ครีบน้อย แต่ในขณะเดียวกันแม่พิมพ์ตัวผู้คมตัดเฉียง และคมตัดหัวบาก ถูกออกแบบมาเพื่อลดแรงในการตัดชิ้นงานโดยจะเกิดการตัดไม่พร้อมกัน ส่งผลให้เกิด ความไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรอยตัดเฉือนที่น้อย มีรอยแตกหักและครีบมาก [14]