

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

การใช้แม่พิมพ์ในการช่วยทำงานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีความสำคัญมากในกระบวนการผลิต เพราะถ้าเราทำงานด้วยมือเปล่าจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการผลิตมากขึ้น และต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น การใช้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพในการทำงาน จะทำให้งานมีคุณภาพ ลดเวลาในกระบวนการผลิต ลดต้นทุนในการผลิต และสะดวกต่อพนักงานในการทำงาน การปรับปรุงและพัฒนาแม่พิมพ์ให้มีคุณภาพควรศึกษาถึงหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ เช่น โลหะอะลูมิเนียม แม่พิมพ์ และเครื่องมือวัด

2.1 โลหะอะลูมิเนียม (Aluminium)

อะลูมิเนียมจัดเป็นธาตุที่พบมากชนิดหนึ่งบนผิวโลก (Earth's crust) ประมาณ 8% จะพบกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งจะปะปนอยู่กับออกไซด์ของซิลิคอน (SiO_2) และเหล็ก (Fe) [1]

2.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของโลหะอะลูมิเนียม

อะลูมิเนียมจัดเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบา มีความต้านทานต่อการเป็นสนิม มีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่มีความเหนียวสูงสามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางแทนเหล็ก และทองแดงได้ในหลายๆ ด้านของงานวิศวกรรมและอุตสาหกรรม อะลูมิเนียมมีคุณสมบัติทางด้านหล่อหลอมที่ดี โดยมีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำ สามารถรวมตัวกับโลหะอื่นๆ เป็นโลหะผสมได้ง่ายมีความสามารถในการไหลอยู่ในเกณฑ์สูง สามารถหล่อหลอมได้ง่าย ข้อเสียของอะลูมิเนียมมีอยู่บ้างเหมือนกัน โดยเฉพาะอะลูมิเนียมมีขอบเขตการยืดหยุ่น (Elastic limit) ต่ำ ทำให้การใช้งานถูกจำกัดขอบเขตไปมาก [1]

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของโลหะอะลูมิเนียม[1]

น้ำหนักอะตอม	26.97
ระบบผลึก (Crystal Structure)	FCC ($a = b = c = 4.041 \text{ \AA}$)
ความหนาแน่น (20 องศา)	2.70 g/cm
อุณหภูมิหลอมเหลว	658 องศา
จุดเดือดกลายเป็นไอ (Boiling point)	1800 องศา
ความร้อนจำเพาะ (0 - 100 องศา)	0.2259 Cal/g องศา

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของโลหะอะลูมิเนียม[1]

ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย	93 Cal/g
อัตราการหดตัวจากสภาพหลอมเหลว (Solidification Shrinkage)	6.6 %
สัมประสิทธิ์การขยายตัว (20 องศา)	23.8
ความต้านทานจำเพาะ (20 องศา)	2.699 microhm.cm
สภาพตัวนำความร้อน (20 องศา)	0.52 Cal.cm/cm ² .องศา.sec

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเชิงกลของโลหะอะลูมิเนียม[1]

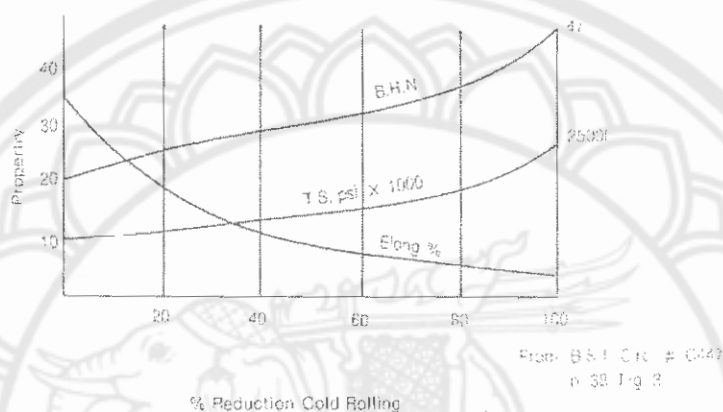
ความแข็งแรง (Shearing Strength)	8 – 10 kg/mm ²
พิกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit)	3 kg/mm ²
อัตราการยืดตัว (Percent Elongation)	40 – 45 %
ความแข็ง (Hardness)	16 – 20 HB
โมดูลัสของการยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)	7800 kg/mm ²

2.1.2 การใช้งานโลหะอะลูมิเนียม

เนื่องจากโลหะอะลูมิเนียม มีความต้านทานต่อการเป็นสนิม อันเนื่องมาจากฟิล์มของ Al_2O_3 ที่เกิดจากการรวมตัวของอะลูมิเนียมกับออกซิเจน มีความเหนียวที่มากช่วยป้องกันมิให้ออกซิเจนสามารถแทรกซึมลงไปทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมได้ฟิล์มของ Al_2O_3 ได้ ทำให้โลหะอะลูมิเนียมเกิดภูมิคุ้มกันต่อการเป็นสนิมได้ด้วยตัวเอง (Passive state) และคุณสมบัติที่ยืดตัวได้ง่ายของอะลูมิเนียม จึงสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ด้วยการรีดเป็นแผ่น หรืออัดขึ้นรูปให้มีรูปร่างได้สะดวก ทำให้การใช้งานอะลูมิเนียมมีขอบเขตกว้างขวางมาก เช่น ใช้กรอบประตูหน้าต่าง ทำท่อ ทำเป็นเส้นลวด แทนลวดทองแดง เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ปกติอะลูมิเนียมที่ใช้กันถึงแม้จะอยู่ในประเภทบริสุทธิ์ก็ตาม แต่ในทางปฏิบัติจะยอมให้โลหะเจือปนได้บ้าง โดยเฉพาะธาตุเหล็ก ซิลิกอน และทองแดงยอมให้มีได้ไม่เกิน 0.5 % ซึ่งธาตุเจือปนเหล่านี้มีผลทำให้คุณสมบัติด้านความเหนียว

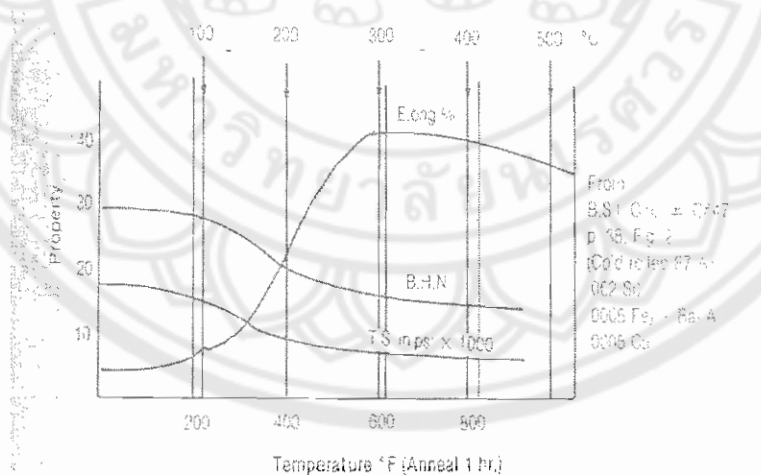
และความต้านทานการกัดกร่อนลดลง การผ่านงานขึ้นรูปเย็นมีผลทำให้ความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น แต่จะให้ความเหนียวลดลงมาก ดังปรากฏในภาพแสดงผลของความแข็ง, ความแข็งแรง และ อัตราการยืดตัว ที่มีต่อปริมาณการรีดเย็น (% Reduction Cold Rolling) [1]

Effect of Cold Working Upon Mechanical Properties



รูปที่ 2.1 แสดง Effect of Cold Working Upon Mechanical Properties[1]

(ที่มา : มนัส สติรจินดา , โลหะนอกกลุ่มเหล็ก , 2543)



With lesser amounts of cold work the softening temperature rises to somewhere between 350 and 400°C except for the very purest Al which anneals at room temperature

ภาพที่ 3 Effect of cold working and Annealing upon Mechanical Properties (เอกสารอ้างอิงหมายเลข 2)

รูปที่ 2.2 แสดง Effect of Cold Working and Annealing upon Mechanical Properties[1]

(ที่มา : มนัส สติรจินดา , โลหะนอกกลุ่มเหล็ก , 2543)

2.2 ประเภทของปั๊ม

ประเภทของปั๊ม มีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ซึ่งพอจะแบ่งออกเป็นใหญ่ ๆ ได้ 5 ประเภท ดังนี้

2.2.1 งานตัด (shearing)

2.2.2 งานพับและงานปั๊มเข้ารูป (bending and forming)

2.2.3 งานขึ้นรูป (drawing)

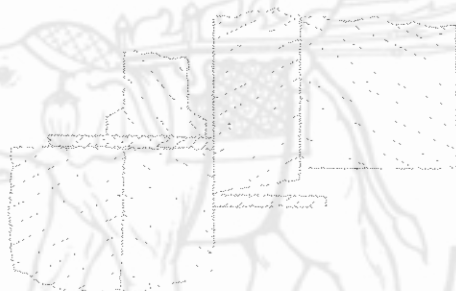
2.2.4 งาน extrusion coining

2.2.5 อื่น ๆ

2.2.1 งานตัด

เป็นงานขั้นพื้นฐานของงานปั๊ม แบ่งออกเป็น

1) Shearing เป็นงานตัดทั่ว ๆ ไปที่ใช้คมตัด ฉีกโลหะให้ขาดออกจากกัน [2]



รูปที่ 2.3 รูปแสดงการ Shearing[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

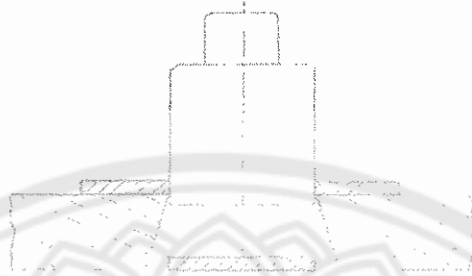
2) Bevel shearing เป็นงานตัดริมขอบของชิ้นงานโดยมีคมตัดด้านบนเอียงทำมุมกับแนวตั้ง [2]



รูปที่ 2.4 รูปแสดงการ Bevel shearing[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

3) Blanking เป็นงานตัดที่ต้องการเอาส่วนที่ถูกตัดไปแปรสภาพเป็นชิ้นงานต่อไป โดยส่วนที่ถูกตัดจะมีรูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว [2]



รูปที่ 2.5 รูปแสดงการBlanking[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

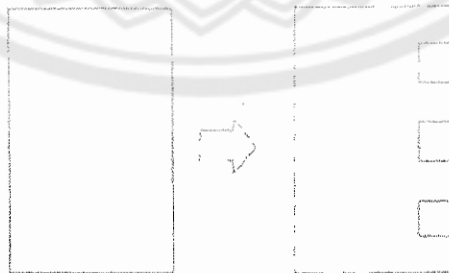
4) Trimming เป็นงานตัดขอบส่วนที่ไม่ต้องการออกจากชิ้นงานที่ขึ้นรูปมาแล้ว [2]



รูปที่ 2.6 รูปแสดงการTrimming[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

5) Notching เป็นงานตัดเฉพาะบางส่วนทางด้านริมของชิ้นงานออกดังรูป [2]



รูปที่ 2.7 รูปแสดงการNotching[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

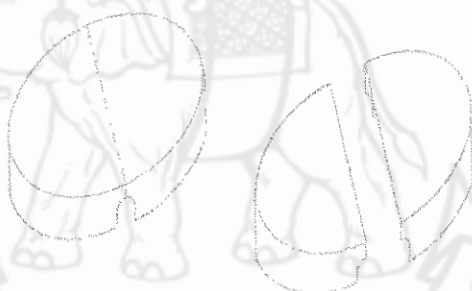
6) Slitting เป็นการตัดในแนวยาวของชิ้นงานโดยส่วนที่ตัดออกไม่แยกจากกัน [2]



รูปที่ 2.8 รูปแสดงการSlitting[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

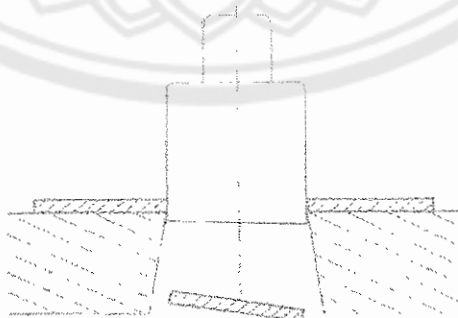
7) Parting หรือ Separating เป็นการตัดแยกชิ้นงานที่สมมาตรกันออกเป็น 2 ส่วน [2]



รูปที่ 2.9 รูปแสดงการParting หรือ Separating[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

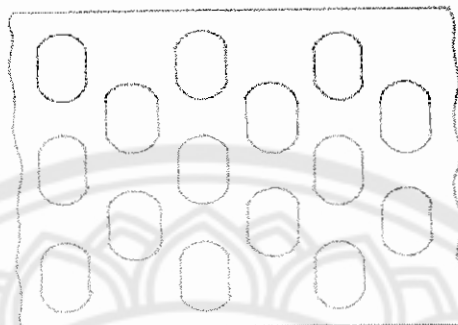
8) Piercing เป็นการตัดเจาะรู เพื่อนำรูไปใช้ ต่างกับ Blanking ที่นำเศษของรูไปใช้งาน [2]



รูปที่ 2.10 รูปแสดงการPiercing[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

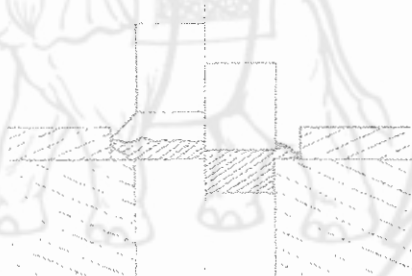
9) Perforating เป็นการตัดเจาะรูหลายรูพร้อมกัน ซึ่งส่วนใหญ่รูเหล่านี้จะมีรูปร่างและขนาดเท่ากันทั้งหมด [2]



รูปที่ 2.11 รูปแสดงการPerforating[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

10) Shaving เป็นการตัดครั้งที่สองหลังจากที่ shearing หรือ cutting [2]

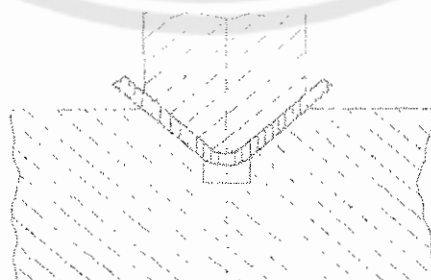


รูปที่ 2.12 รูปแสดงการShaving[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.2.2 งานพับและงานบีมเข้ารูป (Bending and Forming)

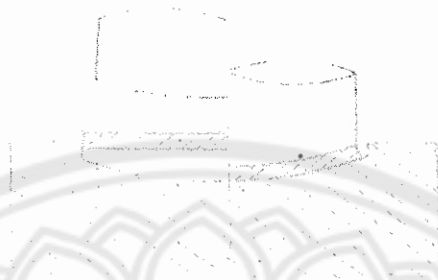
1) Bending เป็นการพับโลหะซึ่งอาจจะเป็นรูปตัว V หรือตัว U ก็ได้ [2]



รูปที่ 2.13 รูปแสดงการBending[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

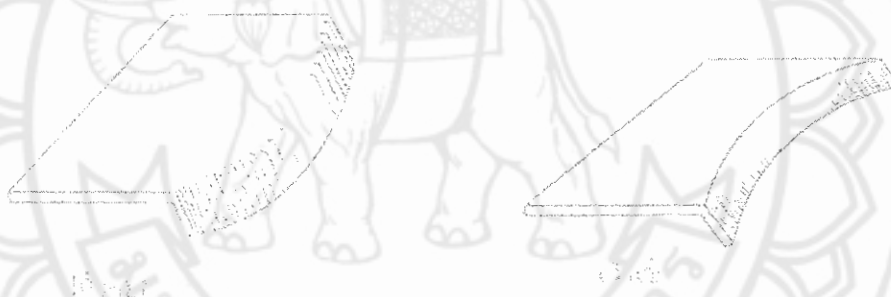
2) Forming เป็นการป้อนเข้ารูปโลหะแผ่นเรียบให้มีรูปร่างตามต้องการโดยที่ชิ้นงานจะมีรูปร่างและขนาดตามรูปร่างและขนาดของ Punch และ die [2]



รูปที่ 2.14 รูปแสดงการForming[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

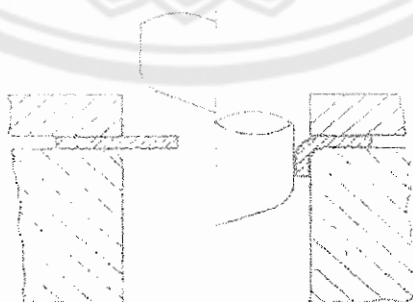
3) Flanging เป็นการพับขอบของชิ้นงานซึ่งอาจมีทั้งพับตรง โค้งออก หรือเว้าเข้าตามรูป [2]



รูปที่ 2.15 รูปแสดงการFlanging[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

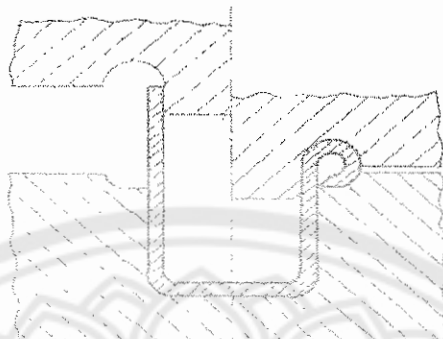
4) Burring เป็นการพับบริเวณขอบของรูหรือบานรูออก [2]



รูปที่ 2.16 รูปแสดงการBurring[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

5) Curling เป็นการม้วนที่ปลายขอบชิ้นงานรูปถ้วย ท่อ หรือโลหะแผ่นเรียบ [2]



รูปที่ 2.17 รูปแสดงการCurling[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

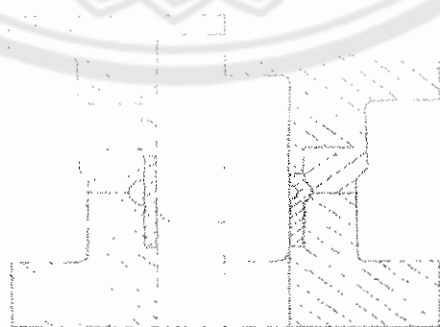
6) Seaming เป็นการต่อปลายของโลหะเข้าด้วยกันโดยวิธีการพับติดกัน [2]



รูปที่ 2.18 รูปแสดงการSeaming[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

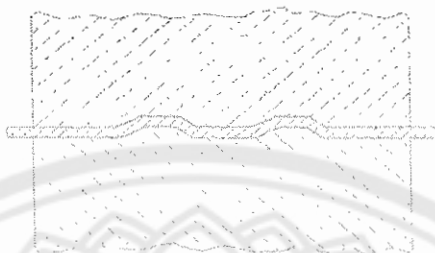
7) Beading เป็นการขึ้นรูปสันเนิน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงาน [2]



รูปที่ 2.19 รูปแสดงการBeading[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

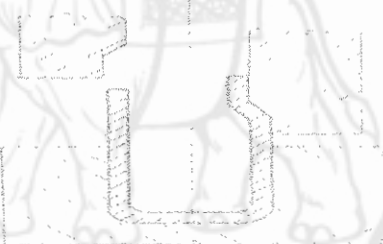
8) Embossing เป็นการปั๊มโลหะเพื่อทำให้เกิดเป็นรอยกดตื้น ๆ ซึ่งตามทฤษฎีแล้วจะไม่ทำให้ความหนาของ [2]



รูปที่ 2.20 รูปแสดงการEmbossing[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

9) Necking เป็นการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะรูปทรงกระบอกลงให้รูปร่างเหมือนกับบริเวณคอของขวด [2]

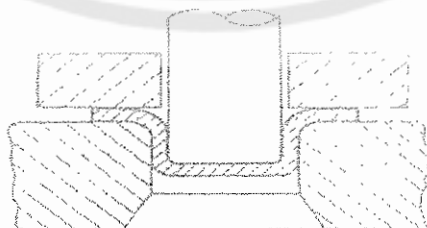


รูปที่ 2.21 รูปแสดงการNecking[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.2.3 การขึ้นรูป Drawing

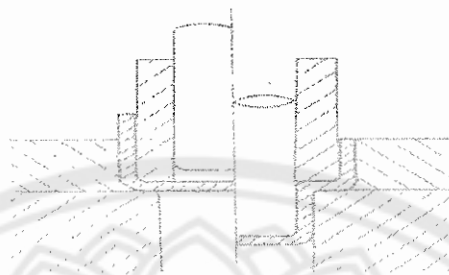
1) Drawing เป็นการขึ้นรูปโดยที่punch จะกดโลหะแผ่นเรียบเข้าไปในช่องว่างของ die เพื่อทำให้เกิดเป็นภาชนะรูปถ้วยก้นวงและไม่มีตะเข็บ [2]



รูปที่ 2.22 รูปแสดงการDrawing[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

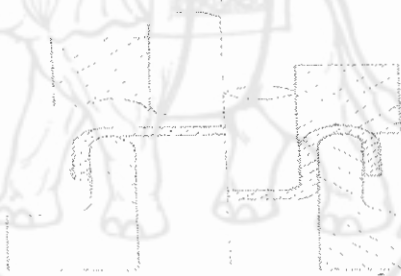
2) Redrawing เป็นการขึ้นรูปต่อจากการขึ้นรูปครั้งแรก ซึ่งภาชนะรูปถ้วยจะมีความลึกเพิ่มขึ้นและพื้นที่หน้าตัดจะลดลง [2]



รูปที่ 2.23 รูปแสดงการRedrawing[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

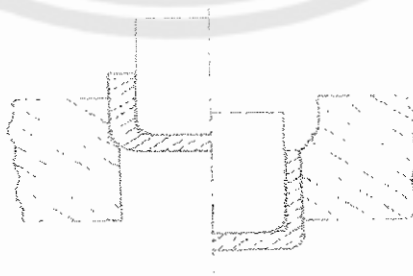
3) Reverse Redrawing เป็นการขึ้นรูปร่างต่อจากการขึ้นรูปครั้งแรก แต่ทิศทางของการขึ้นรูปตรงกันข้ามกับการขึ้นรูปครั้งแรก [2]



รูปที่ 2.24 รูปแสดงการReverse Redrawing[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

4) Ironing เป็นการลดความหนาของผนังด้านหน้าของรูปถ้วยและจะทำให้ผิวหน้าเรียบตลอด [2]



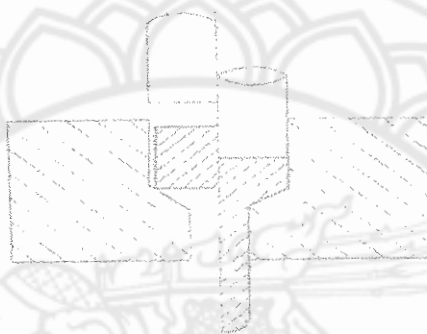
รูปที่ 2.25 รูปแสดงการIroning[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.2.4 งานประเภท Extrusion, Coining

1) Cold Extrusion เป็นการขึ้นรูปชนิดหนึ่งโดยที่ punch จะอัดโลหะเข้าไปใน die orifice ซึ่งจะทำได้ขึ้นงานตามรูปพื้นที่หน้าตัดของ orifice [2]

2) Forward Extrusion เป็นการอัดโลหะโดยที่โลหะที่ถูกอัดจะไหลตัวเข้าไปในช่องว่างของ die และมีรูปร่างตามลักษณะของ die [2]



รูปที่ 2.26 รูปแสดงการ Forward Extrusion[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

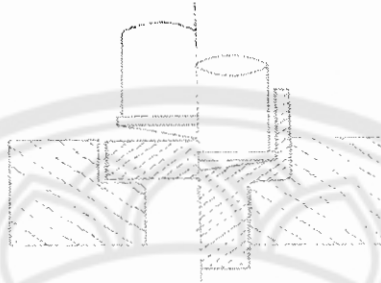
3) Backward Extrusion เป็นการอัดโลหะโดยที่โลหะที่ถูกอัดจะไหลตัวเคลื่อนเข้าหา punch และจะได้รูปร่างของชิ้นงานตามลักษณะของ punch [2]



รูปที่ 2.27 รูปแสดงการ Backward Extrusion[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

4) Forward and Backward Extrusion เป็นการอัดโลหะโดยโลหะจะไหลตัวเข้าไปใน die และมีบางส่วนจะไหลตัวเคลื่อนเข้าหา punch ซึ่งจะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างตามลักษณะของ punch และ die [2]



รูปที่ 2.28 รูปแสดงการForward and Backward Extrusion[2]
(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

5) Impact Extrusion เป็น Backward Extrusion ชนิดหนึ่งซึ่งความหนาของผนังมีความบางมาก ใช้งานได้กับโลหะที่อ่อนมากเช่น อะลูมิเนียม ตะกั่ว ดีบุกและสังกะสี [2]



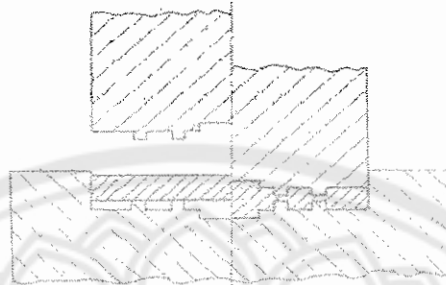
รูปที่ 2.29 รูปแสดงการImpact Extrusion เป็น Backward Extrusion[2]
(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

6) Upsetting เป็นการอัดโลหะเพื่อให้ความยาวลดลง โดยมีบางส่วนของชิ้นงานมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น [2]



รูปที่ 2.30 รูปแสดงการUpsetting[2]
(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

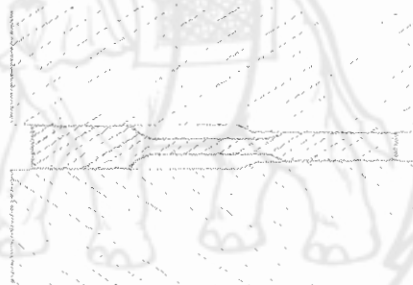
7) Coining เป็นการอัดโลหะโดยที่ทุกส่วนของชิ้นงานจะถูกอัดอยู่ระหว่าง punch กับ die และไม่มีส่วนใดออกมาจาก die [2]



รูปที่ 2.31 รูปแสดงการCoining[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

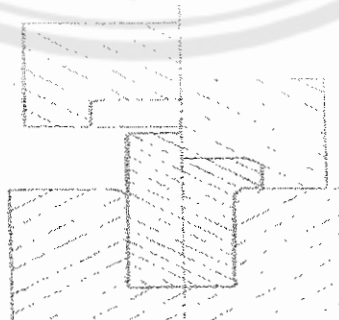
8) Sizing เป็นการปั๊มครั้งที่สองเพื่อให้ได้ขนาดที่ถูกต้องแน่นอนตามต้องการ [2]



รูปที่ 2.32 รูปแสดงการSizing[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

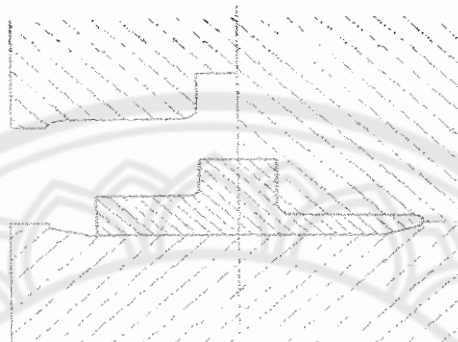
9) Heading เป็นการปั๊มเพื่อขึ้นรูปทางด้านปลายของชิ้นงาน เช่น การปั๊มหัวโบลท์และรีเวท [2]



รูปที่ 2.33 รูปแสดงการHeading[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

10) Swaging เป็นการอัดโลหะจนโลหะไหลตัวเข้าไปจนเต็มช่องว่างของ die และจะมีโลหะบางส่วนไหลออกมานอก die [2]



รูปที่ 2.34 รูปแสดงการSwaging[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.2.5 งานปั๊มประเภทอื่น ๆ

1) Bulging เป็นการขยายผนังของรูปถ้วยทรงกระบอกหรือท่อต่าง ๆ โดยใช้แรงดันจากด้านในออกมา แรงนี้ได้จากการอัดตัวของ punch ซึ่งกระทำต่อตัวกลาง เช่น อากาศ ของเหลว หรือสารพวกขี้ผึ้ง ไข หรือ ยาง [2]



รูปที่ 2.35 รูปแสดงการBulging[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2) Stretch Draw Forming เป็นการขึ้นรูปที่มี clamp ยึดปลายทั้งสองข้างของโลหะไว้หลักการของการขึ้นรูปแบบนี้ก็คือ การทำให้โลหะยืดตัวออกจนอยู่ในช่วงว่างของ plastic range ในขณะที่เดียวกับที่โลหะจะถูกขึ้นรูปโดย punch และด้วยวิธีนี้ก็สามารถป้องกันการเกิด spring back ได้ [2]

รูปที่ 2.36 รูปแสดงการ Stretch Draw Forming[2]
(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

3) Hydro Forming เป็นการขึ้นรูปที่มีแต่ punch เท่านั้น ที่เป็นตัวกำหนดรูปร่างของชิ้นงาน ส่วนที่ die จะเป็นของเหลว ซึ่งมีหน้าที่ในการอัดโลหะให้มีรูปร่างตามลักษณะงานของ punch การขึ้นรูปชนิดนี้ นิยมใช้กับการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปร่างยุ่งยาก [2]

รูปที่ 2.37 รูปแสดงการ Hydro Forming[2]
(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานตัด

2.3.1 Shearing Process

คือ การตัดโลหะออกจากกันโดยใช้คมตัดของ punch และ die กดโลหะจนเลยจุด ultimate strength ซึ่งจะทำให้โลหะฉีกขาดออกจากกัน [2]

รูปที่ 2.38 รูปแสดงการตัด[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

ขั้นตอนในการตัดเริ่มจากการที่ punch กดลงบนโลหะและพาเนื้อโลหะเข้าไปในช่องว่างของ die จนเลยจุด elastic limit ของโลหะ ช่วงนี้ตามผิวด้านล่างของโลหะจะเริ่มย้อยเข้าไปใน die และทางผิวด้านบนก็จะถูก punch กดลง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้น punch จะเจาะเข้าไปในเนื้อโลหะ โดยความลึกของส่วนที่ถูกกดทางผิวด้านบนจะเท่ากับส่วนที่ถูกกดลงใน die ทางผิวด้านล่าง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นจนเลยจุด ultimate strength ของโลหะแล้ว โลหะจะถูกฉีกขาดออกจากกัน รายละเอียดของขั้นตอนในการตัดดูได้จากรูป 2.39 [2]

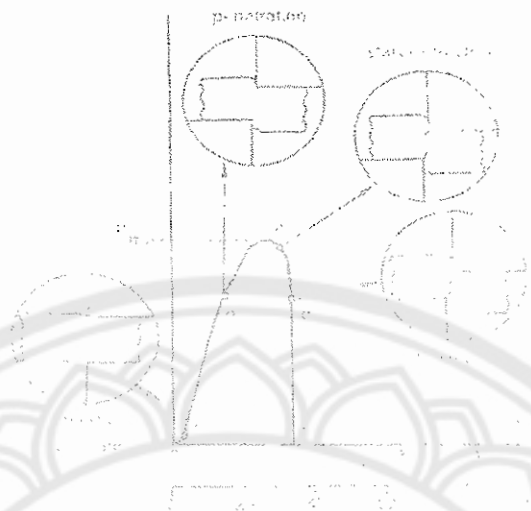
จากรูป a) punch เริ่มกดลงบนเนื้อโลหะ

b) punch เพิ่มแรงกดลงบนเนื้อโลหะ

c) โลหะเริ่มฉีกตัว

d) การฉีกตัวของโลหะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การฉีกของโลหะจะดีหรือไม่ดีนั้นขึ้นอยู่กับ clearance ระหว่าง punch กับ die ถ้า clearance มากไปหรือน้อยไปจะทำให้เพิ่มแรงที่มากกระทำต่อ punch และ die ทำให้สึกเร็ว นอกจากนั้นยังทำให้รอยฉีกไม่เรียบอีกด้วย [2]



รูปที่ 2.39 รูปแสดงลำดับขั้นตอนของการตัดโลหะ[2]
(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.3.2 Clearance

คือช่องว่างระหว่าง punch กับ die ซึ่งจะบอกเป็นค่าของผลต่างของรัศมีของ punch กับ die [2]

รูปที่ 2.40 รูปแสดงช่องว่างระหว่าง punch กับ die[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.3.3 มาตรฐาน clearance ของวัสดุชนิดต่างๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความหนาของโลหะ [2]

ตารางที่ 2.3 ขนาดของ clearance ของโลหะชนิดต่างๆ [2]

CUTTING CLEARANCE PER SIDE PERCENTAGE OF STOCK THICKNESS		
Material	Irregular Contour	Round
Aluminum		
Soft less than 3/64 inch THK	3 %	2 %
Soft more than 3/64 inch THK	5 %	3 %
Hard	5-8 %	4-6 %
Brass and Steel		
Soft	3 %	2 %
½ Hard	4 %	3 %
Hard	5-6 %	4 %
Steel		
Low carbon soft	3 %	2 %
½ Hard	4 %	2 %
Hard	5 %	3 %
Silicon steel	4-5 %	3 %
Stainless steel	5-8 %	4-6 %

Clearance จะแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะ, ความหนาและรูปร่างของชิ้นงานก็มีส่วนสำคัญในการกำหนดขนาดของ clearance ด้วย โดยชิ้นงานยิ่งมีความหนามากเท่าไร clearance ก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น [2]

2.3.4 การกำหนดขนาดของ punch และ die

ในการกำหนดขนาดของ punch และ die ว่าควรจะมีขนาดเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของชิ้นงานที่จะนำไปใช้ เช่น ถ้าต้องการใช้รูปที่กำหนดขนาดของ punch ให้เท่ากับขนาดของรูแล้วไปเพิ่มขนาดของ die ตาม clearance ที่หาได้(ดูรูปที่ 2.41a) ถ้าต้องการใช้ blank ให้กำหนดขนาดของ die ตามขนาดของ blank แล้วลดขนาดของ punch ลงตาม clearance(ดูรูปที่ 2.41b) [2]



รูปที่ 2.41a รูปแสดงกรณีที่ต้องการใช้รูป[2] รูปที่ 2.41b รูปแสดงกรณีที่ต้องใช้ blank[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.3.5 การคำนวณหาแรงตัด (Cutting Force)



รูปที่ 2.42 รูปแสดงแรงตัด[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

สูตรการคำนวณหาแรงตัด

$$P_p = A \sigma_s / 1000$$

เมื่อ P_p = แรงตัด(ตัน)

A = พื้นที่ของส่วนที่ถูกตัด(ตารางมิลลิเมตร)

σ_s = Shearing Strength (กิโลกรัม/มิลลิเมตร²)

และ $A = l \times t$

l = ความยาวของส่วนที่ถูกตัด(มม.)

t = ความหนาของชิ้นงาน(มม.)

ในกรณีของการตัดรูกกลม (ตัดเจาะ)

$$P_p = d t \sigma_s / 1000$$

เมื่อ d = เส้นผ่านศูนย์กลางของรู

2.3.6 Stripping Force

คือ แรงที่ใช้ในการดันชิ้นงานให้หลุดออกจาก punch ตามปกติจะมีค่าตั้งแต่ 2.5-20 % ของแรงตัดหรือแรงเจาะ [2]



รูปที่ 2.43 แสดง stripping force [2]

รูปที่ 2.43 รูปแสดง stripping force[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

สูตร

$$P_s = 2.5lv/1000$$

P_s = Stripping force (ตัน)

l = ความยาวของการตัด (มม.)

t = ความหนาของชิ้นงาน(มม.)

ค่าที่ได้ตามสูตรข้างบนนี้เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น เพราะค่าของ Stripping force ยังขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรอีกหลายค่าซึ่งไม่สามารถประเมินค่าได้ ตัวแปรเหล่านี้ได้แก่

- 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 แต่งคมมีดเพื่อลดแรงตัดหรือไม่แต่ง
- 8) จำนวนของรู
- 9) เนื้อที่ที่เหลือนบนชิ้นงานหลังจากการเจาะรูหรือตัด blank ออกไปแล้ว
- 10) ชนิดของโลหะ

2.4 ขั้นตอนในการออกแบบแม่พิมพ์ตัด

ผู้พยายามรวบรวมวิธีการออกแบบแม่พิมพ์ที่มีส่วนประกอบ รูปร่างและขนาดต่างๆกันทำเป็นขั้นตอนในการออกแบบแม่พิมพ์ตามลำดับ ซึ่งก่อนที่เราจะเริ่มออกแบบแม่พิมพ์ก็ควรจะเข้าใจขั้นตอนการออกแบบเหล่านี้ให้ดีเสียก่อน การออกแบบที่ไม่มีหลักเกณฑ์มักจะทำให้เสียเวลามาก และยังเป็นแบบที่ไม่สมบูรณ์ทำให้ขาดประสิทธิภาพในการทำงาน แต่ถ้าเป็นการออกแบบที่มีหลักเกณฑ์ถูกต้องจะต้องมีผลทำให้ [2]

- 1) ออกแบบได้ถูกต้องและดี
- 2) ออกแบบได้ง่ายและรวดเร็ว
- 3) สะอาด มีรอยลบและแก้ไขน้อย
- 4) เพิ่มทักษะในการออกแบบ เขียนแบบ
- 5) punch และ die มีความแข็งแรงทำให้มีอายุการใช้งานยาวนาน



จากนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนที่จำเป็นในการออกแบบแม่พิมพ์ มี 14 ขั้นตอน ควรศึกษาขั้นตอนเหล่านี้อย่างละเอียด จะเป็นแนวทางที่จะทำให้สามารถออกแบบได้เองในโอกาสต่อไป และเมื่อสามารถออกแบบได้เองโดยสมบูรณ์แล้ว จะทำให้เกิดความประหลาดใจ และภูมิใจในความสามารถของตนเอง [2]

ขั้นตอนการออกแบบที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะสามารถใช้ได้อย่างเหมาะสมกับแม่พิมพ์ชนิดต่างๆ เช่น การออกแบบ progressive die ที่มีหลายๆ ขั้นตอนการทำงานอยู่ในแม่พิมพ์เดียวกัน การออกแบบขนาดและรูปร่างของ die block จะกระทำในขั้นตอนที่ 2 ส่วนการออกแบบ spring stripper หรือ solid stripper จะอยู่ในขั้นตอนที่ 10 และก่อนที่จะเขียนแบบจริงควรที่จะศึกษาภาพคร่าวๆ ลงในกระดาษเปล่าก่อนเพื่อเลือกการ lay out ที่ดีที่สุด ต่อไปนี้เป็นลำดับขั้นตอนต่างๆ ในการออกแบบแม่พิมพ์ [2]



2.4.1 Scrap Strip

ขั้นแรกในการออกแบบแม่พิมพ์จะต้องเขียนการวางรูปแบบของชิ้นส่วน (lay out) บน material strip ที่จะปรากฏบนแท่นเครื่องปั๊มเสียก่อน โดยเขียนภาพฉายทั้ง 3 ด้าน ระยะระหว่างภาพจะต้องระวังไม่ให้ซ้อนทับกันเมื่อเขียนส่วนต่างๆของแม่พิมพ์ลงไป เส้นที่แทน material strip ควรใช้เส้นสีทึบเพื่อให้เห็นได้อย่างชัดเจน [2]



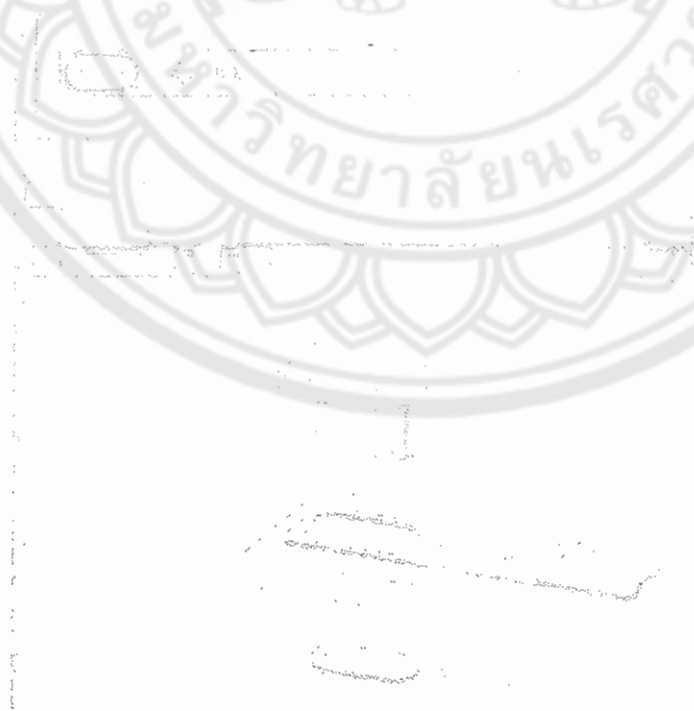
รูปที่ 2.44 รูปแสดงลักษณะของ die block และ material strip[2]
(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.2 Die Block

เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของแม่พิมพ์ ส่วนมากจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเส้นรอบรูปของส่วนที่จะทำการตัดจะเขียนด้วยเส้นทึบที่หนากว่าเส้นอื่นๆ เพื่อให้สังเกตได้ง่ายขึ้น ส่วนเส้นประจะแทนเส้นของรูที่จะตัดที่ขอบด้านล่างของ die block ซึ่งรูที่ด้านล่างนี้จะกว้างกว่าด้านบนทำให้ผนังของรูเกิดเป็นมุมเอียงเพื่อให้ส่วนที่ถูกเจาะและตัดออกสามารถตกลงมาด้านล่างได้สะดวกยิ่งขึ้น die block นี้จะยึดติดกับ die set ด้วยสกรู และใช้สลัก(pin) เป็นตัวป้องกันไม่ให้ die block ขยับเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม ในรูปแสดงถึงการวางแผ่น strip ลงบน die block [2]

2.4.3 Blanking Punch

ในรูปจะเห็น Blanking Punch อยู่เหนือ die block ขึ้นไปในตำแหน่งที่ตรงกับรูที่จะทำการตัดรูปมุมบนด้านขวาจะเป็นรูปกลับหัวของ Blanking Punch เพื่อให้สามารถเห็นรูปร่างแท้จริงของมันได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ส่วนปีกของตัว punch ที่ยื่นออกไปจะต้องมีความกว้างและหนาพอสมควรเพื่อใช้สำหรับยึดสกรูและสลักให้ตัว Blanking Punch ติดกับ Punch holder ของชุดแม่พิมพ์ ส่วนภาพหน้าตัดด้านล่างแสดงให้เห็นขณะที่ตัว Blanking Punch เคลื่อนลงมาตัดแผ่น Material strip ส่วนผิวหน้าคมตัดของ Blanking Punch จะเคลื่อนลงมาเสมอกับผิวหน้าของ die block หรือต่ำกว่าเล็กน้อย เพื่อให้เกิดการตัดขึ้นงานอย่างสมบูรณ์ [2]



รูปที่ 2.45 รูปแสดงตำแหน่งของ blanking punch[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.4 Piercing Punches

ในรูปแสดง Piercing Punches อยู่ในตำแหน่งที่จะใช้เจาะรูกลมทั้ง 2 รูป ขวามือด้านบน แสดงให้เห็นรูปของ Punches ในลักษณะของแม่พิมพ์ที่เปิดออก เช่นเดียวกับหนังสือที่เปิดออกมา คือเมื่อเราพลิกตัว Punches คว่ำกลับลงมา ตำแหน่งของ Piercing Punches และ Blanking Punch จะอยู่ในตำแหน่งตรงกับรูปบน die block พอดี [2]



รูปที่ 2.46 รูปแสดง piercing punch[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.5 Punch Plate

ในชั้นตอนนี้ Punch Plate ซึ่งเป็นตัวจับยึด punches และเป็นตัวช่วยประกอบ punches ให้มีพื้นที่สัมผัสมากขึ้นจะถูกประกอบเข้าไป ซึ่งจะเห็นเป็นกรอบสี่เหลี่ยมในรูป Punch Plate นี้จะทำด้วยเหล็กกล้าเกรดดีที่สามารถตัดแต่งได้ง่าย และจะเจาะรูไว้สำหรับใส่สกรูและสลักเพื่อยึดติดกับ punch holder ของชุดแม่พิมพ์อย่างมั่นคง [2]

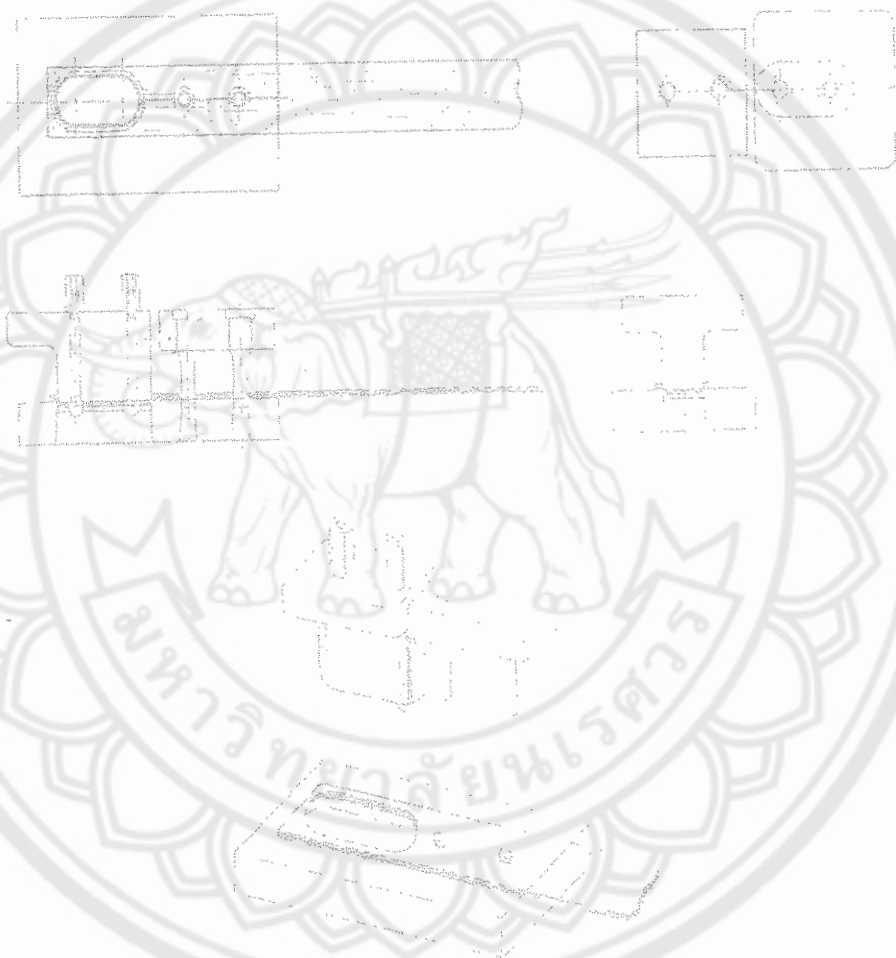


รูปที่ 2.47 รูปแสดงการประกอบ punch plate[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.6 Pilots

Pilots จะถูกบรรจุเข้าไปใน Blanking Punch และยึดติดด้วยน็อต pilotจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่น strip โดยปลายมนของมันจะขยับแผ่น strip ให้ตรงกับตำแหน่งก่อนที่ Blanking Punch จะทำการตัดและควรเขียนภาพแสดงให้เห็นวิธีการติดตั้งบน punch และภาพแสดงให้เห็นขณะที่ทำงาน [2]



รูปที่ 2.48 รูปแสดงการติดตั้ง pilot [2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.7 Gages

Material strip ที่วางอยู่บน die block จะต้องมียึดกำหนดตำแหน่งทางด้านข้าง ดังนั้นจึงต้องติดตั้ง back gage และ front spacer ลงบน die block เพื่อเป็นตัวนำทางให้กับแผ่น strip strip support A มีประโยชน์ในการใช้ประกอบแผ่น strip ที่มีความยาวมากไม่ให้ห้อยตกลงไป ส่วนความหนาของ punch holder และ die holder ของชุดแม่พิมพ์สามารถเลือกได้จากตาราง แม่พิมพ์ชุดเล็กๆ ตามตัวอย่างนี้ใช้ความหนา $\frac{1}{4}$ นิ้ว สำหรับ punch holder และ $\frac{1}{2}$ นิ้ว สำหรับ die holder ก็เพียงพอแล้ว [2]

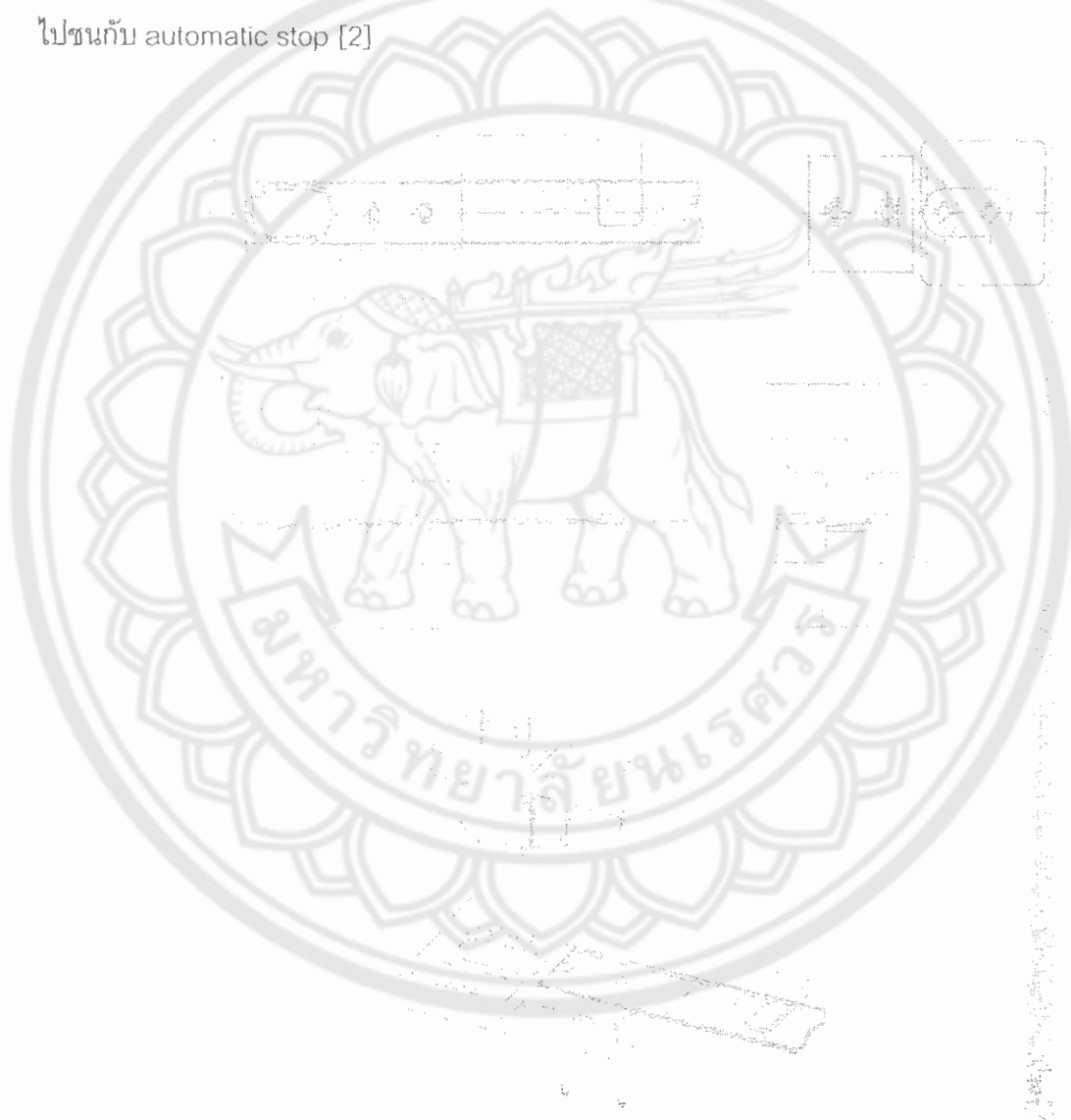


รูปที่ 2.49 รูปแสดงการติดตั้ง back gage และ front spacer[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.8 Finger stop

เมื่อแผ่น stop มี back gage และ front spacer เป็นตัวกำหนดตำแหน่งทางด้านข้างแล้ว แต่ทางด้านปลายของแผ่น strip ยังไม่มีตัวกำหนดตำแหน่ง ดังนั้นจึงใช้ finger stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งในการเจาะรูในการทำงานครั้งแรก โดยการผลัก finger stop เข้าไปจนสุด แผ่น strip จะถูกป้อนเข้าสู่แม่พิมพ์จนส่วนปลายของแผ่น strip ไปชนกับ finger stop เมื่อเครื่องบีบทำการเจาะรูแล้ว finger stop ก็จะถูกดึงให้ถอยกลับมาและแผ่น strip ก็จะเคลื่อนที่ต่อไปจนกระทั่งส่วนปลายไปชนกับ automatic stop [2]



รูปที่ 2.50 รูปแสดงการติดตั้ง Finger stop[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.9 Automatic stop

automatic stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่น strip ในทุกๆ ครั้งของการทำงานของเครื่องปั๊ม automatic stop มีหลายชนิด ในตัวอย่างเป็นชนิดหนึ่งทีนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ในขณะที่ทำงานปลายของแผ่น strip จะถูกเลื่อนไปสัมผัสกับปลายของ automatic stop เพื่อให้ได้ตำแหน่งการตัดที่ตั้งไว้เมื่อ ram ของเครื่องปั๊มเลื่อนลงมาตัดแผ่น strip สกรูหัวสี่เหลี่ยมที่ติดตั้งอยู่กับ punch holder จะกดที่ปลายฝั่งตรงข้ามของ automatic stop ทำให้ปลายด้านที่สัมผัสกับ material strip ยกขึ้น สปริงที่ส่วนปลายจะดึงให้ automatic stop หมุนไปได้เล็กน้อย ดังนั้นส่วนปลายของ automatic stop จะตกลงมาเหนือแผ่น strip ในขณะที่ ram ของเครื่องเลื่อนขึ้นไป ทำให้แผ่น strip สามารถเลื่อนไปได้อีกครั้งหนึ่งจนปลายของ automatic stop ตกลงไปในส่วนที่ถูกตัดออกไปและไปชนกับขอบที่ถูกตัด [2]



รูปที่ 2.51 รูปแสดงการติดตั้ง Automatic stop[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.10 ตัวจับชิ้นงาน(stripper)

Stripper เป็นตัวดันไม่ให้แผ่น strip ติด punch ขึ้นมาหลังจากที่ punch ทำการตัดหรือเจาะแล้ว ในแม่พิมพ์บางชนิดจะเรียกว่า knock out ซึ่งจะทำหน้าที่ดัน blank ออก และทำการขึ้นรูปภายในโพรงของ punch และ die [2]

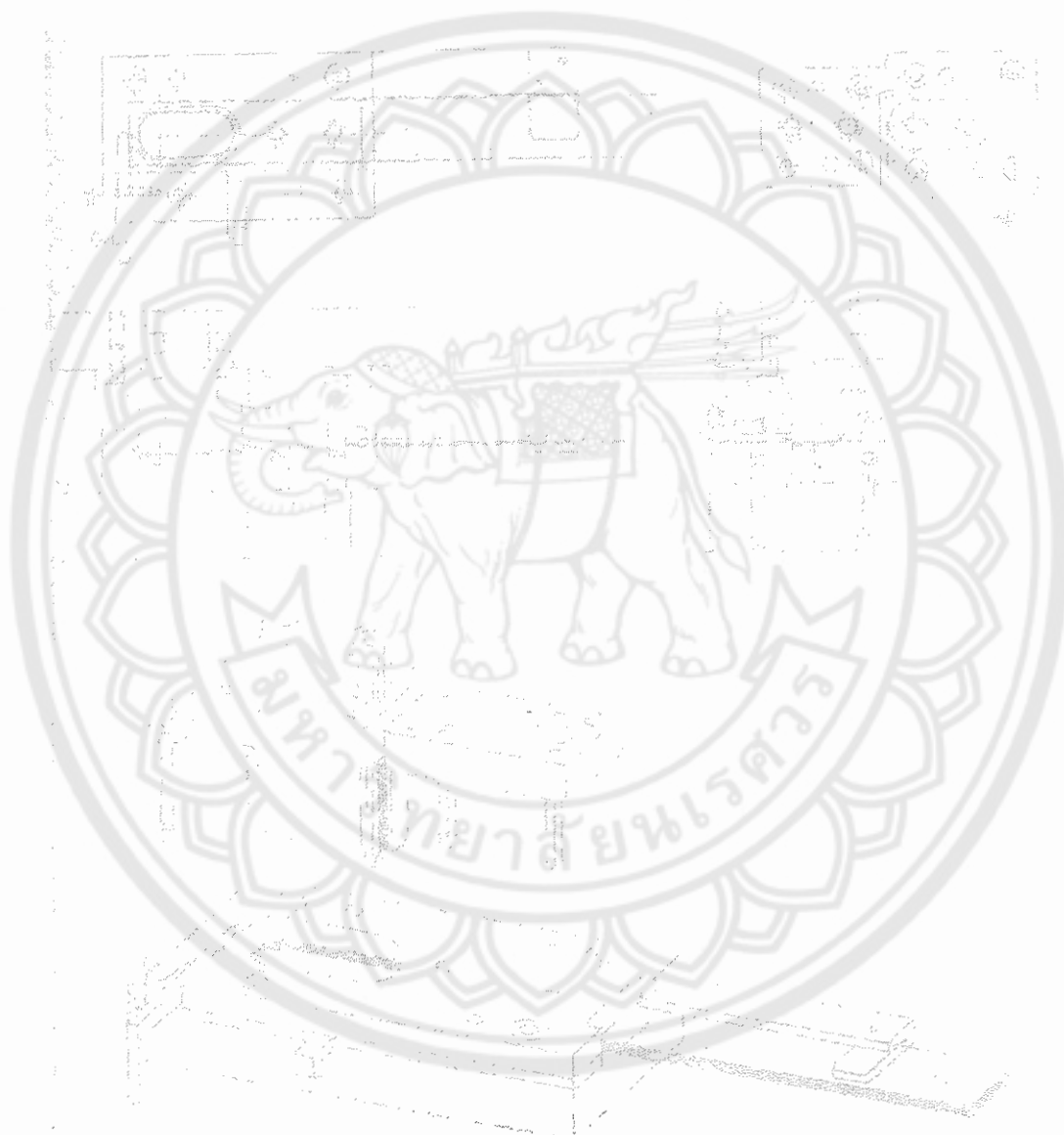


รูปที่ 2.52 รูปแสดงการติดตั้ง stripper[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.11 การยึดแม่พิมพ์

ต่อไปจะเป็นขั้นตอนของการติดยึดส่วนต่างๆของแม่พิมพ์ ซึ่งนิยมใช้สกรูและสลักเป็นส่วนใหญ่ สกรูที่ใช้จะเป็นแบบ socket head cap screw เพราะสามารถคว้านรูเพื่อฝังหัวสกรูไม่ให้โผล่ขึ้นมาบนผิวหน้าของส่วนต่างๆได้ [2]



รูปที่ 2.53 รูปแสดงการใช้สกรู และสลักเพื่อยึดแม่พิมพ์[2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.12 ชุดแม่พิมพ์ (Die Set)

เมื่อออกแบบทุกส่วนของแม่พิมพ์ครบแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะต้องนำเอาส่วนประกอบต่าง ๆ มาติดตั้งบน die set ซึ่งทำหน้าที่ช่วยให้การทำงานของแม่พิมพ์เที่ยงตรง และติดกับเครื่องปั๊มง่าย การเขียนแบบส่วนต่างๆทั้งหมดต้องให้เห็นภาพของชิ้นส่วนที่ประกอบใน die set die set มีรูปร่างและขนาดต่างๆกันซึ่งเราจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการปฏิบัติงาน [2]



รูปที่ 2.54 รูปแสดงชุดแม่พิมพ์ (die set) [2]

(ที่มา : ชาญชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)



รูปที่ 2.55 รูปแสดงแบบแม่พิมพ์ที่มีขนาด โน้ต และตารางวัสดุที่ครบถ้วนสมบูรณ์[2]
(ที่มา : ชาณชัย ทรัพย์ากร และ คณะ , การออกแบบแม่พิมพ์ , 2534)

2.4.13 ขนาดและรายละเอียด

ขนาดและรายละเอียดต่างๆของแม่พิมพ์ต้องแสดงและเขียนลงในแบบให้เห็นอย่างชัดเจน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้สร้างแม่พิมพ์ได้ทราบรายละเอียดที่ออกแบบมาอย่างสมบูรณ์ ถ้าหากส่วนประกอบของแม่พิมพ์สลับซับซ้อนก็ควรเขียน detail drawing แยกส่วนประกอบสำคัญให้เห็นชัดเจน [2]

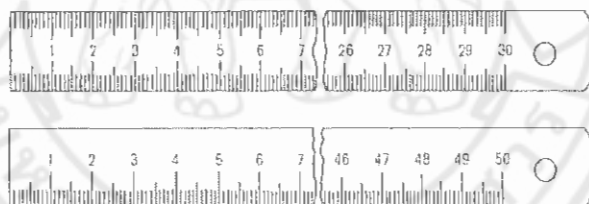
2.4.14 รายการวัสดุ

ขั้นสุดท้ายของการออกแบบแม่พิมพ์ต้องมีรายการวัสดุที่ใช้ในการผลิตส่วนต่างๆของแม่พิมพ์ทั้งหมดเขียนไว้ในแบบเพื่อให้สะดวกในการสร้างแม่พิมพ์และการเตรียมวัสดุ [2]

2.5 บรรทัดเหล็ก(Steel Rule)

ลักษณะโครงสร้างของบรรทัดเหล็ก

บรรทัดเหล็กเป็นเครื่องมือวัดพื้นฐานที่มีขีดมาตรา นิยมใช้ในงานเครื่องมือกล สามารถอ่านค่าจากสเกลได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว แต่ให้ค่าความละเอียดไม่มากพอเมื่อเปรียบเทียบกับเวอร์เนียคาลิเปอร์หรือไมโครมิเตอร์ บรรทัดเหล็กจึงเหมาะกับการใช้วัดงานที่มรค่าความละเอียดไม่เกิน 0.50mm หรือ 1/64in [3]



รูปที่ 3.1 รูปแสดงบรรทัดเหล็ก[3]

(ที่มา : อัมพัน เมธนาวิน , การวัดละเอียด , 2544)

บรรทัดเหล็กมีพัฒนาการมาจากบรรทัดไม้ สาเหตุที่เปลี่ยนจากไม้มาเป็นเหล็ก เนื่องจากบรรทัดที่ผลิตจากเหล็กให้ค่าความละเอียดถูกต้องสูงกว่าบรรทัดที่ผลิตจากไม้ และเพื่อให้เหมาะสมกับงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน บรรทัดเหล็กที่ดีต้องบางและไม่บิดงอได้ง่าย ปลายด้านหนึ่งนิยมใช้ทำให้เป็นมุมโค้งมนและเจาะรูเพื่อใช้แขวน ปัจจุบันบรรทัดเหล็กนิยมทำจากเหล็กไร้สนิมมีความหนาไม่เกิน 1mm และไม่บางกว่า 0.30mm ความยาวของบรรทัดเหล็กที่นิยมใช้ในงานเครื่องมือกลคือ 150mm, 300mm, 500mm และ 1,000mm [3]

2.6 ค่าความปลอดภัย (Safety Factor)

ในการผลิต การออกแบบชิ้นงาน เครื่องจักร เครื่องก่อสร้าง หรือแม้แต่การขนถ่ายวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ภายในโรงงาน หรือที่หน้างานก่อสร้าง เมื่อจะดำเนินการใดๆก็ตาม จะต้องมีความปลอดภัยไว้สำหรับการออกแบบ เพื่อป้องกันไม่ให้แรงหรือกำลังต่างๆที่มากระทำกับเครื่องจักรหรือเครื่องมือก่อสร้างต่างๆ มีมากเกินไปกว่ากำลังที่เครื่องจักร หรือเครื่องมือก่อสร้างนั้นๆจะรับได้ ค่าเผื่อดังกล่าวเรียกว่า ค่าความปลอดภัย [4]

2.6.1 ปัจจัยที่ใช้กำหนดค่าความปลอดภัย

ในการออกแบบ โดยปกติเราจะทราบรูปร่างของชิ้นงานตามหน้าที่การใช้งานของมันพร้อมกับแรงหรือกำลังที่มากระทำกับชิ้นงานนั้นๆ ตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ เพื่อที่จะสามารถเลือกชนิดของวัสดุที่จะนำมาทำเป็นชิ้นงานได้ จะต้องทราบค่าความปลอดภัยก่อน โดยค่าความปลอดภัยที่เราจะเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ลักษณะของแรงหรือกำลังที่มากระทำกับชิ้นงานว่าจะเป็นแรงประเภทอยู่นิ่งๆ หรือเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ความรุนแรงที่จะเกิดขึ้น หากชิ้นงานหรือโครงสร้างพังทลายลงก็เป็นตัวกำหนดค่าความปลอดภัยที่จะใช้เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2.4 ตารางค่าความปลอดภัย [4]

ชนิดของแรงที่มากระทำกับชิ้นส่วน	วัสดุที่นำมาทำเป็นชิ้นงาน	
	เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ
แรงอยู่นิ่ง	3-4	5-6
แรงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา	8	10
แรงกระแทกอย่างหนัก	10-15	15-20