

บทที่ 5
การขึ้นรูปวัสดุ
Metal Forming

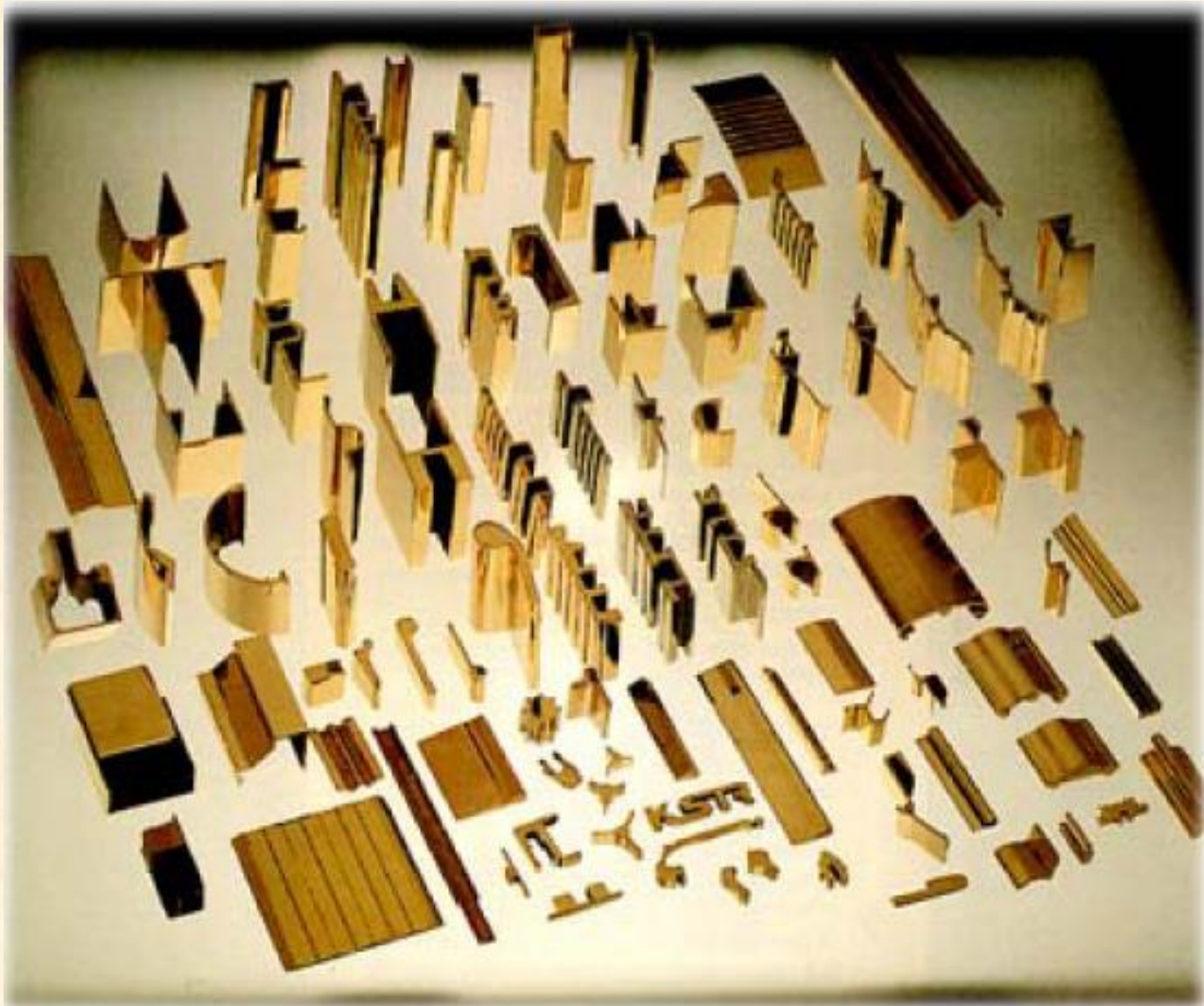
ครั้งที่ 2



รองศาสตราจารย์ธรรม์ณชาติ วันแต่ง

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

EXTRUSIONS



STANDARD EXTRUSIONS



Channels



Hats



Round Tubes



Hollow Hex's



Round Bars



Angles



Solid Hex's



I-Beams



Bars



Tee's



Square Tubes



Square/Rectangle Solids



Bus Bars



Strucural Tee's



Zee Bars



Structural Channels



H-Bars



Structural Angles

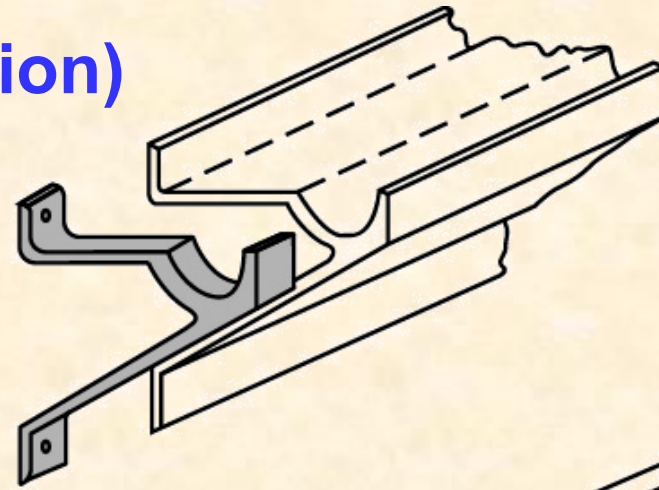


Rectangular Tubes

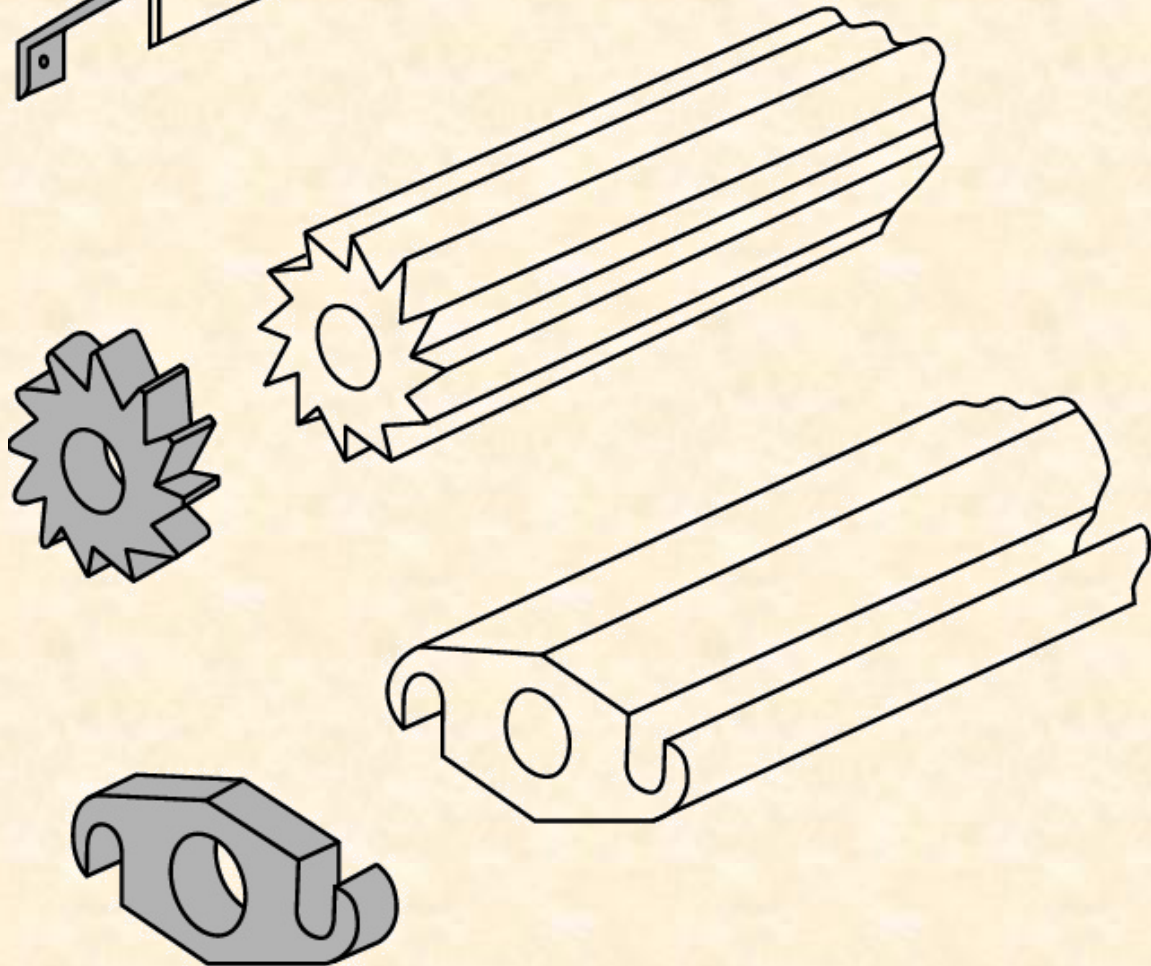
การดันขึ้นรูป (Extrusion)

Types of Extrusion

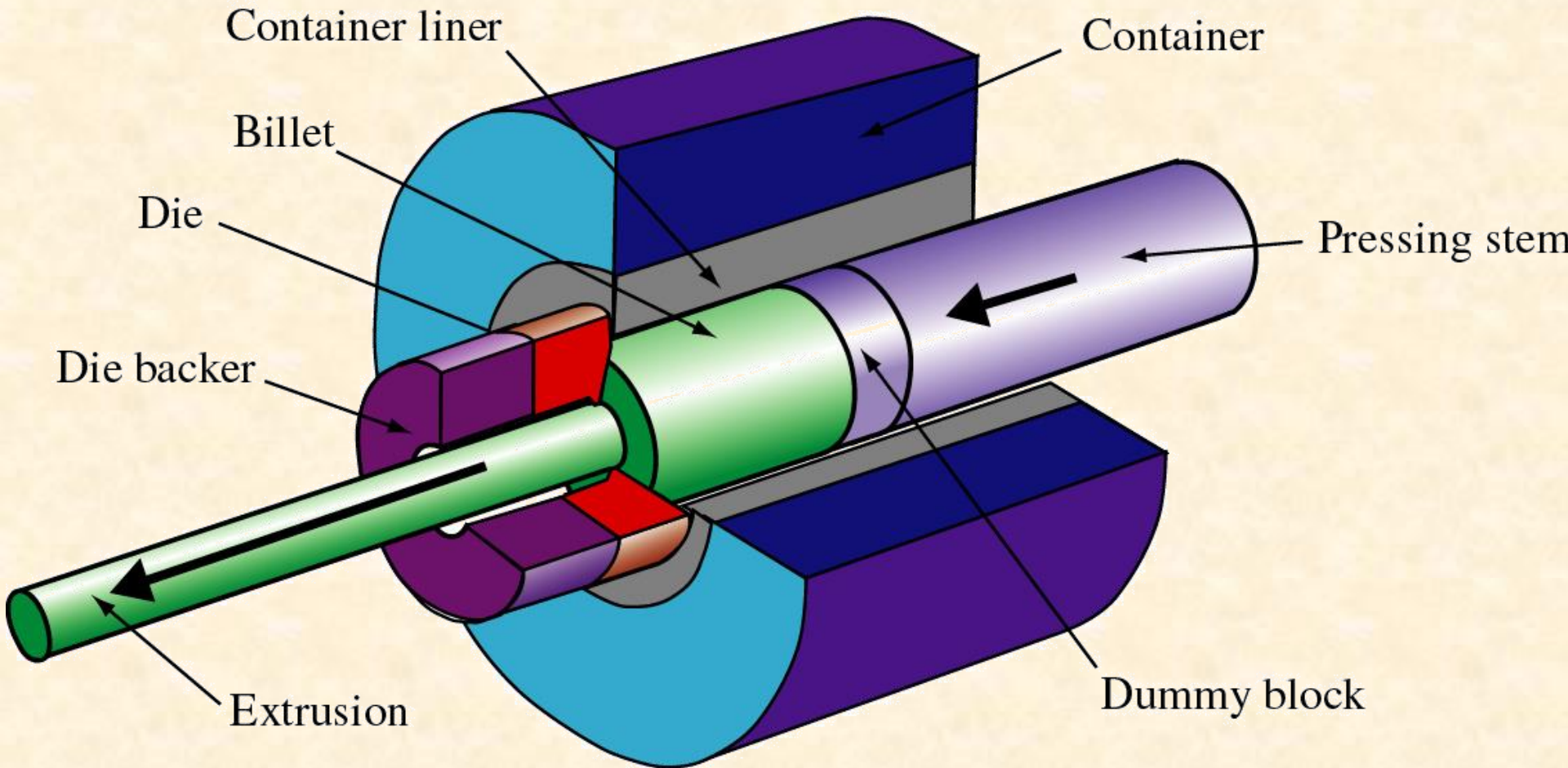
1) การดันขึ้นรูปโดยตรง
(Direct Extrusion)



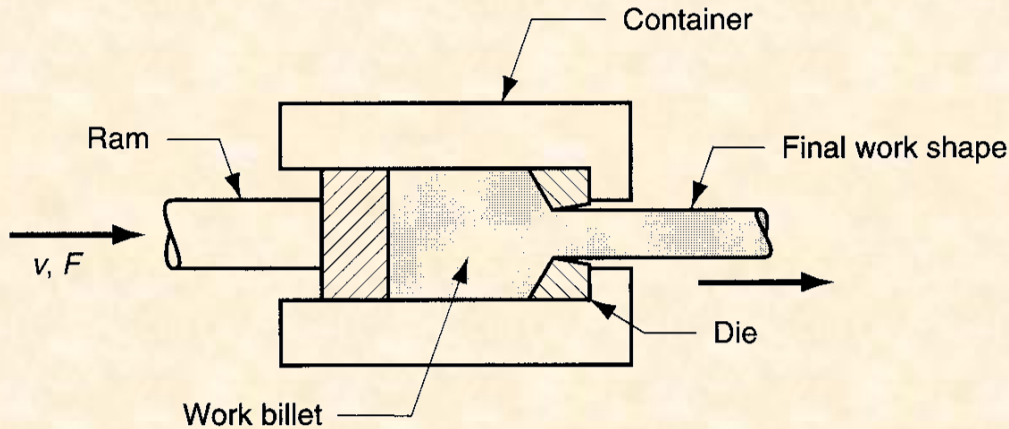
2) การดันขึ้นรูปโดยอ้อม
(Indirect Extrusion)



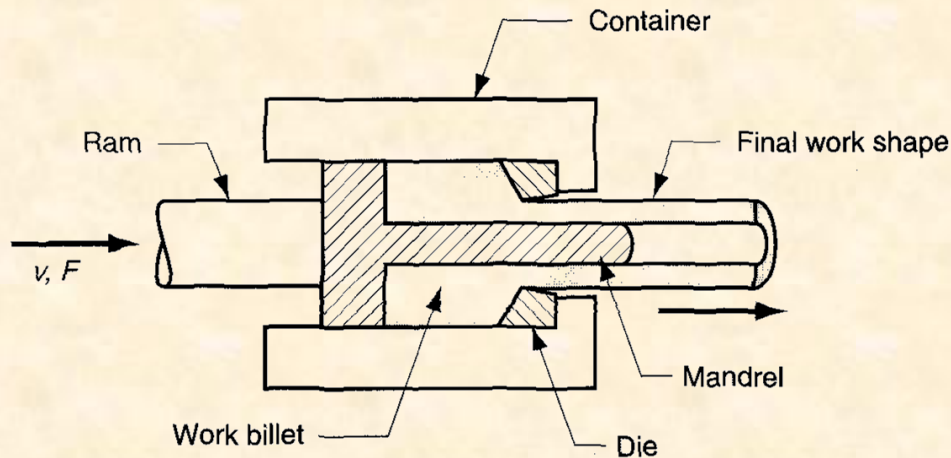
Direct Extrusion



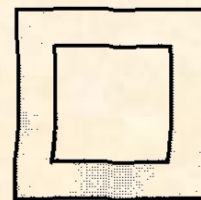
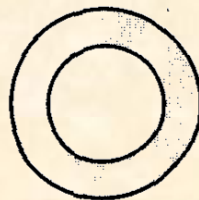
Direct Extrusion



Friction increases the extrusion force.

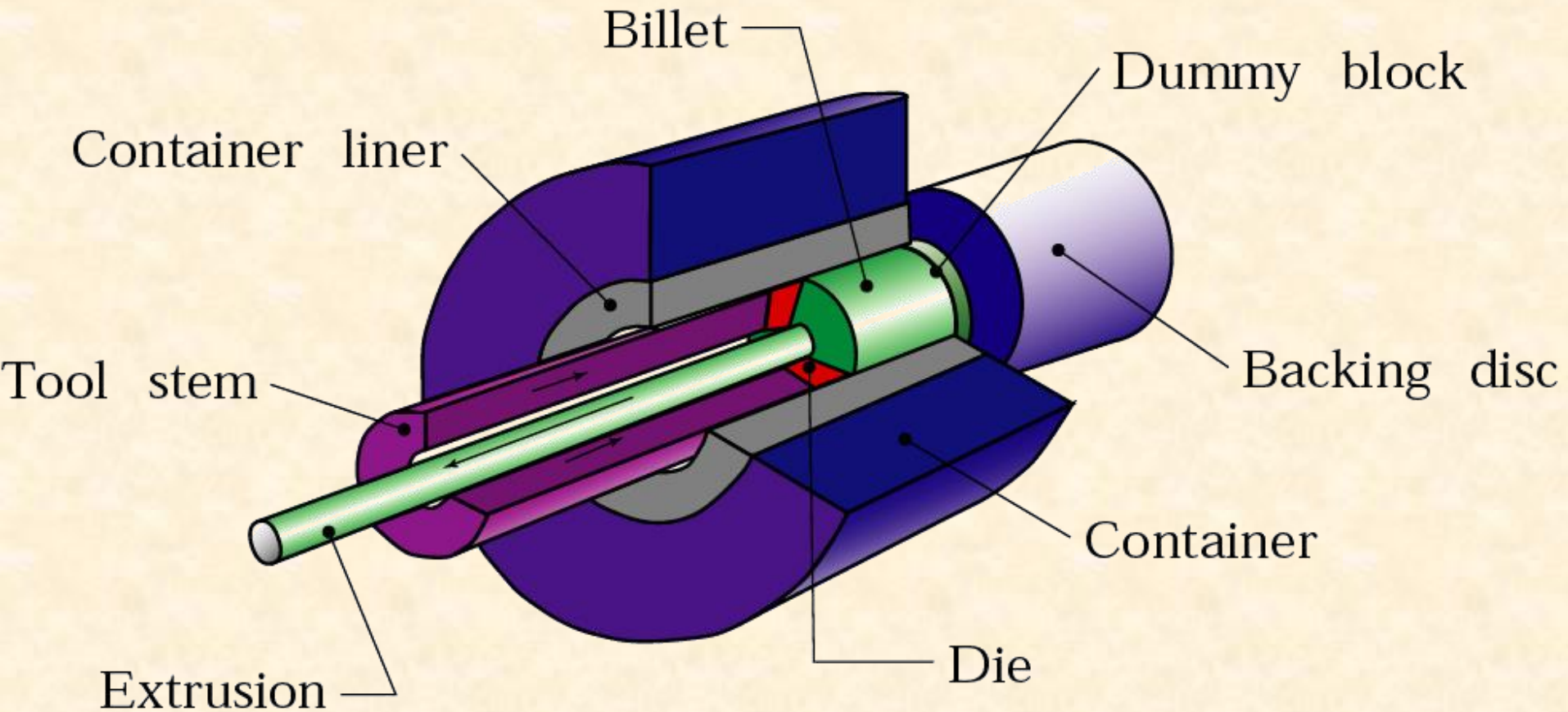


Hollow section is formed using a mandrel.

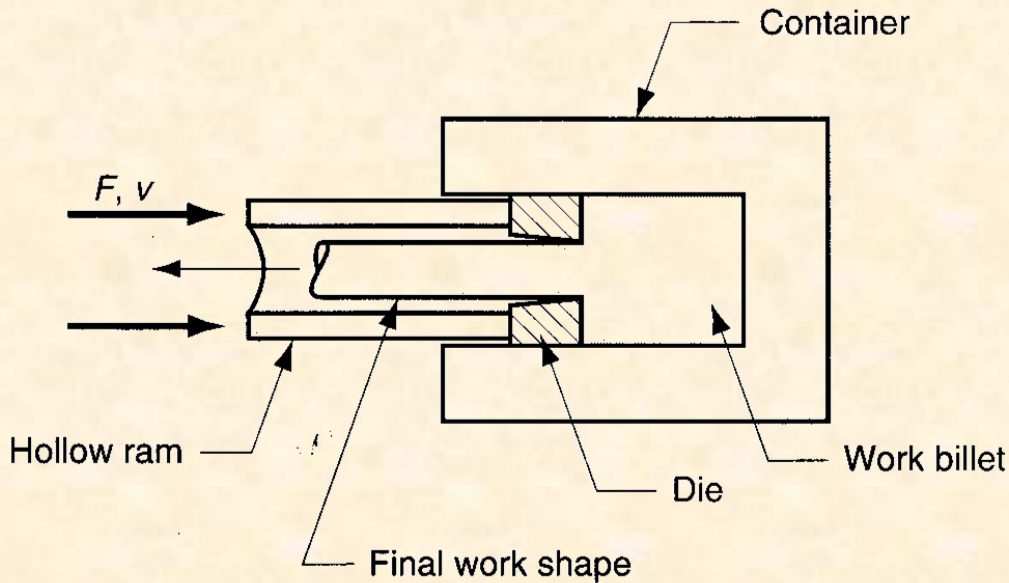


Indirect Extrusion

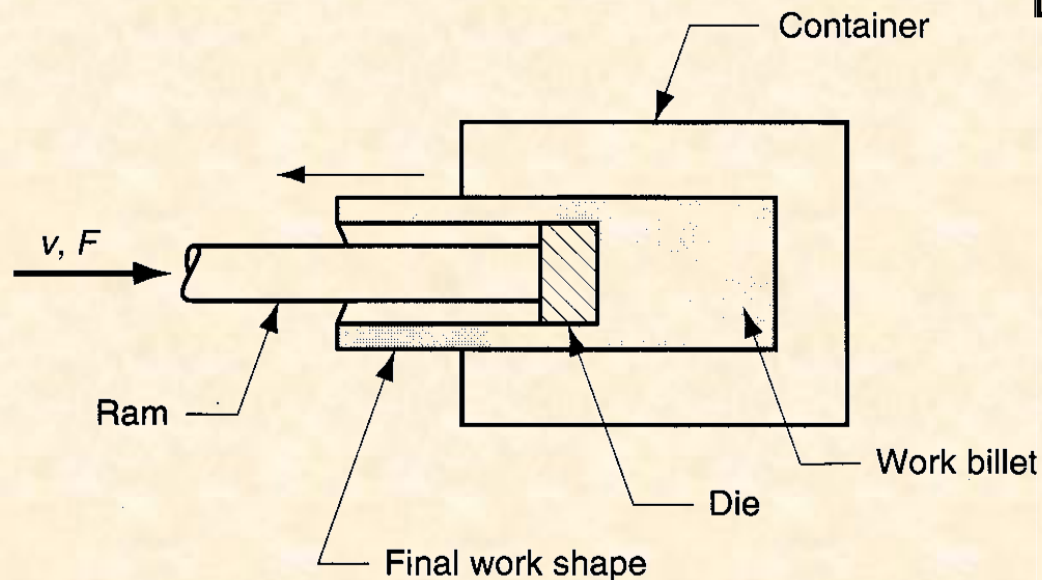
(a)



Indirect Extrusion

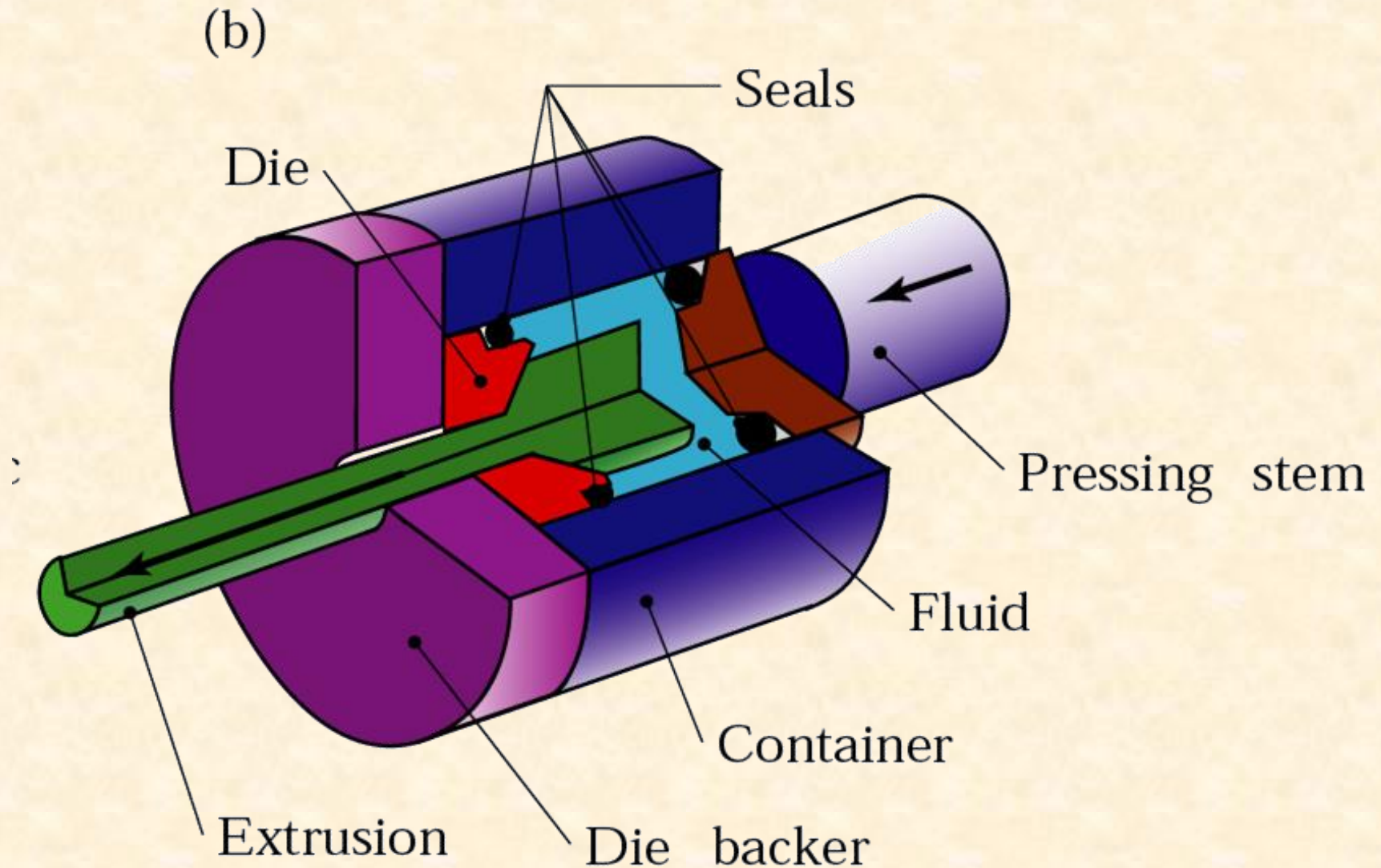


Metal is forced to flow through the die in an opposite direction to the ram's motion.

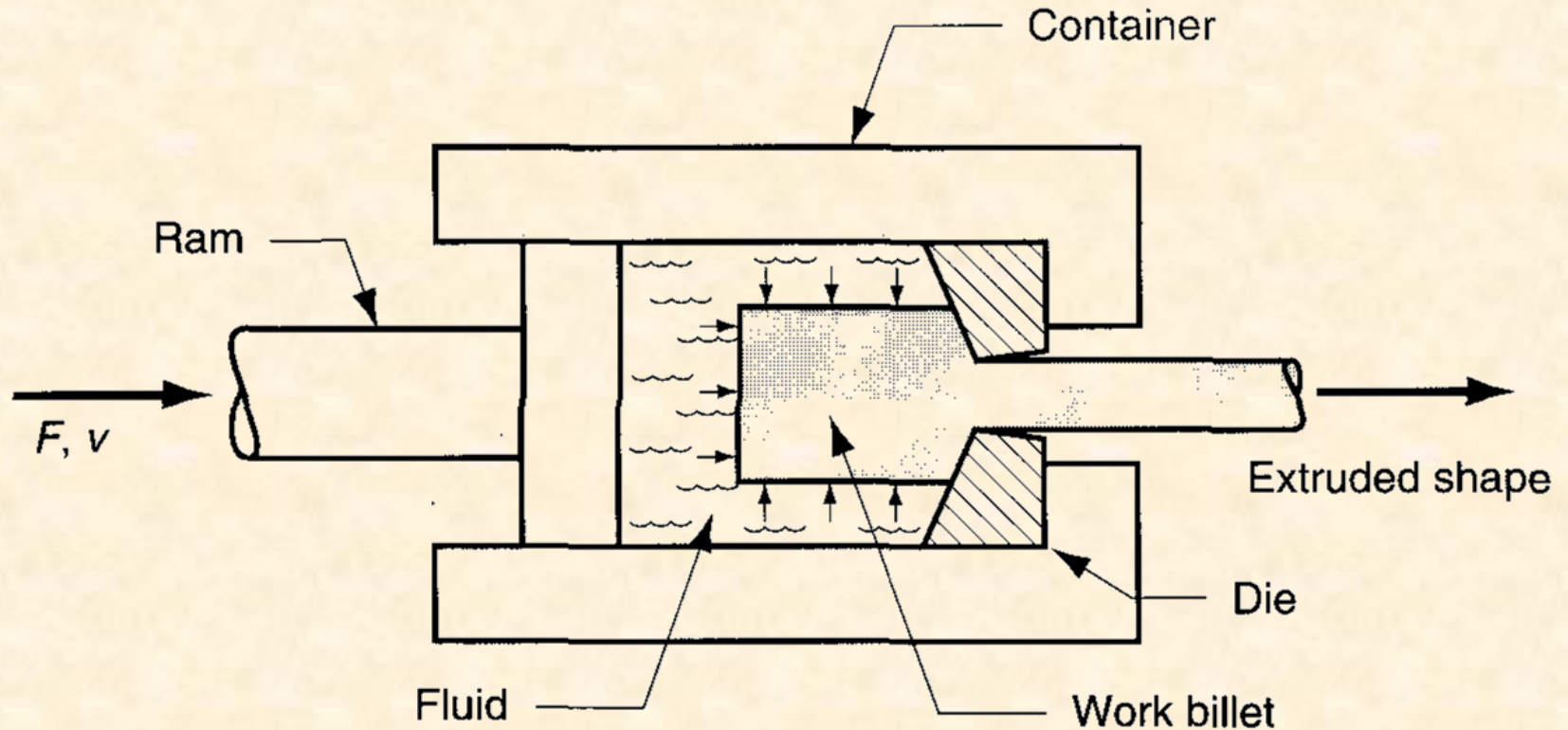


Lower extrusion force as the work billet metal is not moving relative to the container wall.

Hydrostatic Extrusion



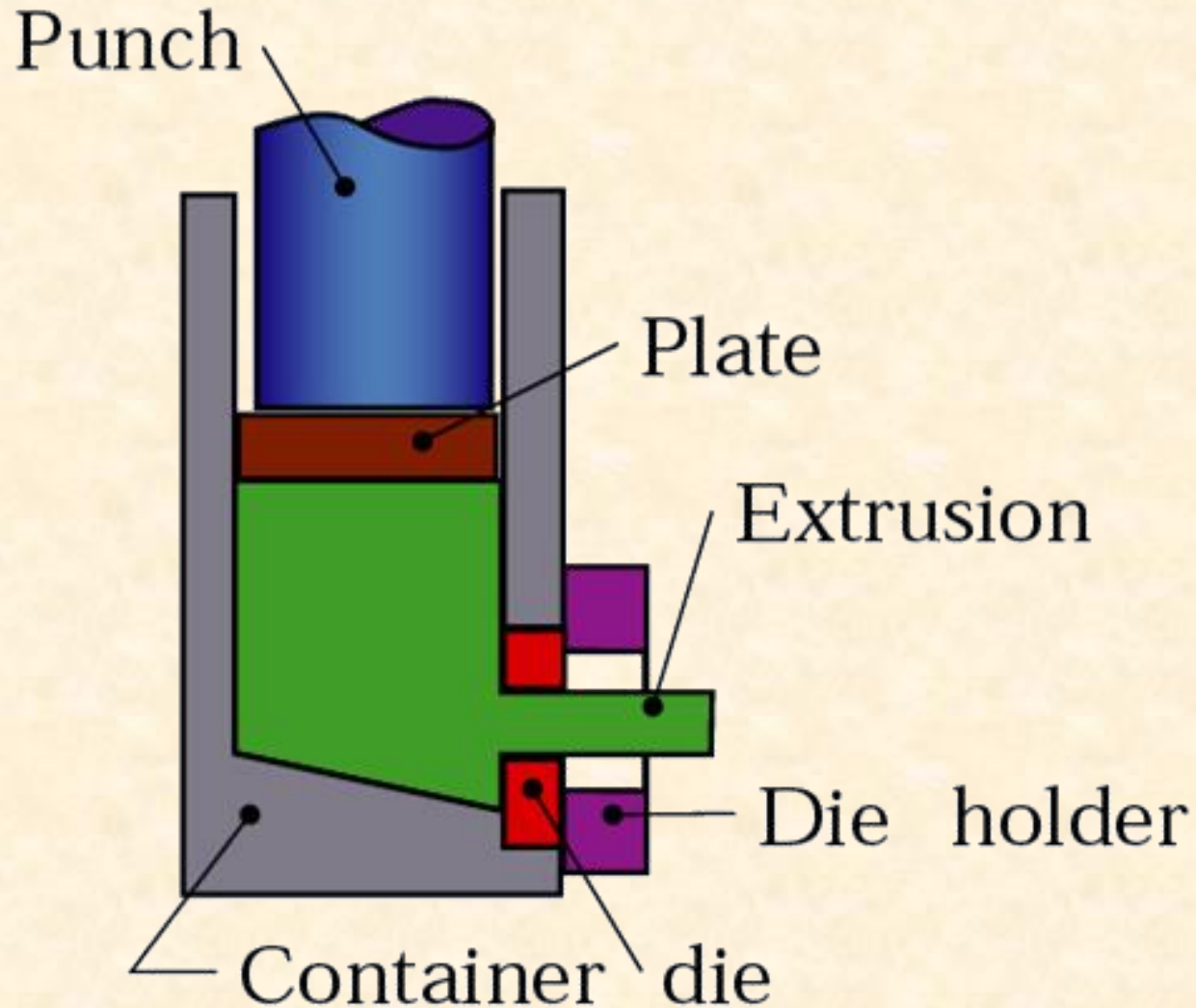
Hydrostatic Extrusion



Using hydrostatic system to reduce the friction and lower the power requirement.

Sealing is the major problem.

Lateral Extrusion



Extrusion-Die Configurations

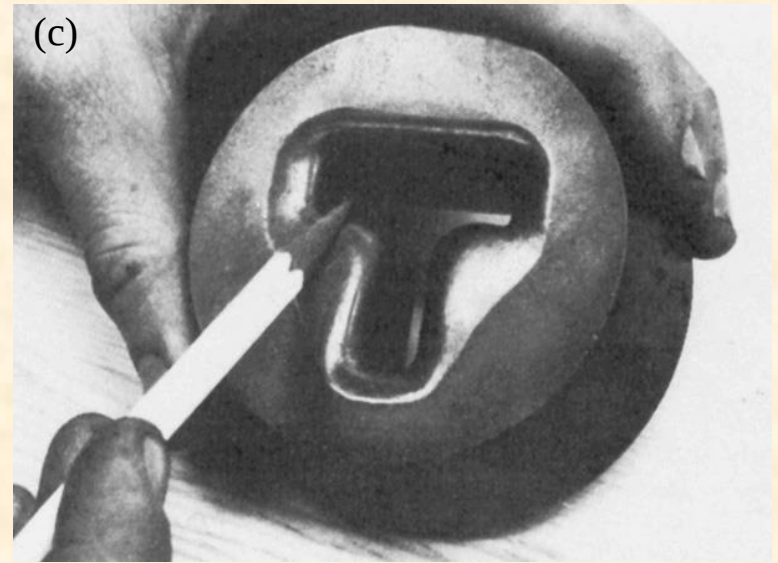
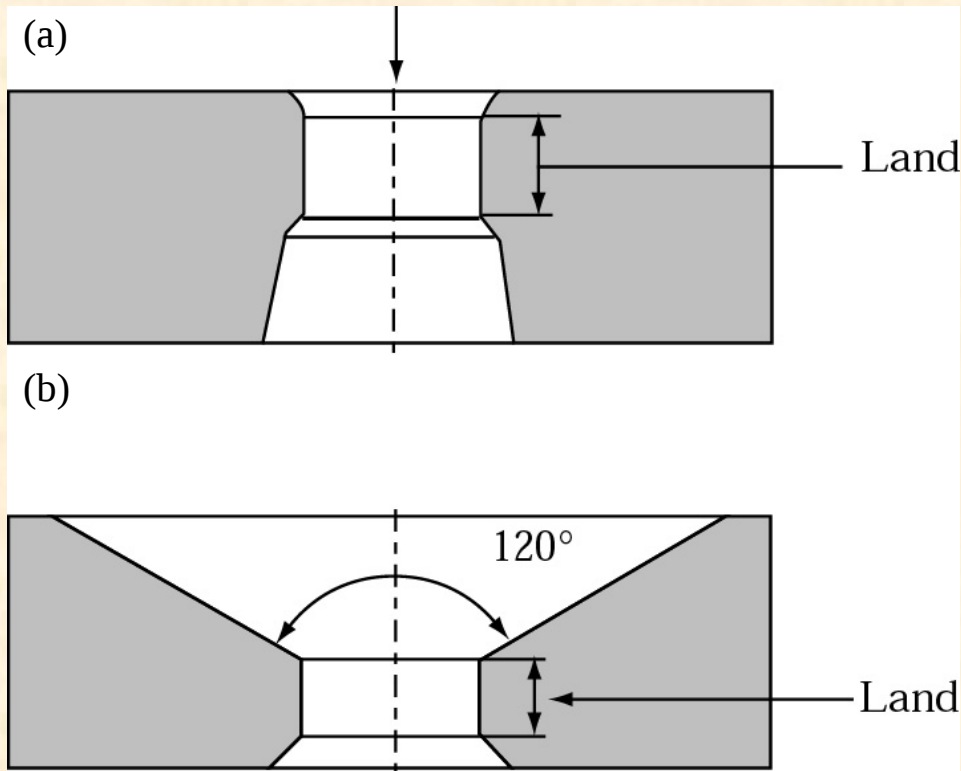
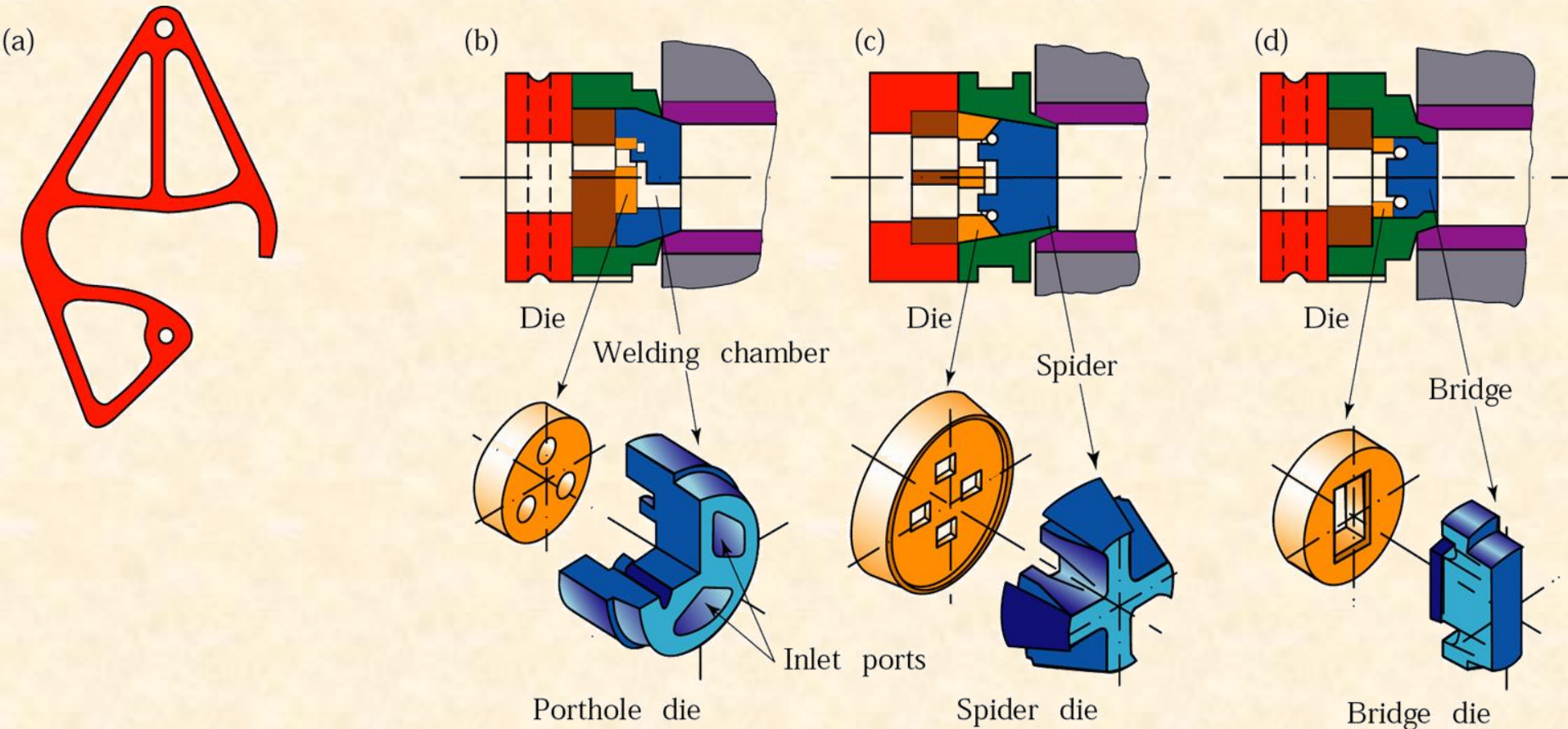


Figure 15.8 Typical extrusion-die configurations: (a) die for nonferrous metals; (b) die for ferrous metals; (c) die for T-shaped extrusion, made of hot-work die steel and used with molten glass as a lubricant.

Hydraulic-Extrusion Press



Components for Extruding Hollow Shapes



Extrusion Processes

Hot extrusion

	°C
Lead	200–250
Aluminum and its alloys	375–475
Copper and its alloys	650–975
Steels	875–1300
Refractory alloys	975–2200

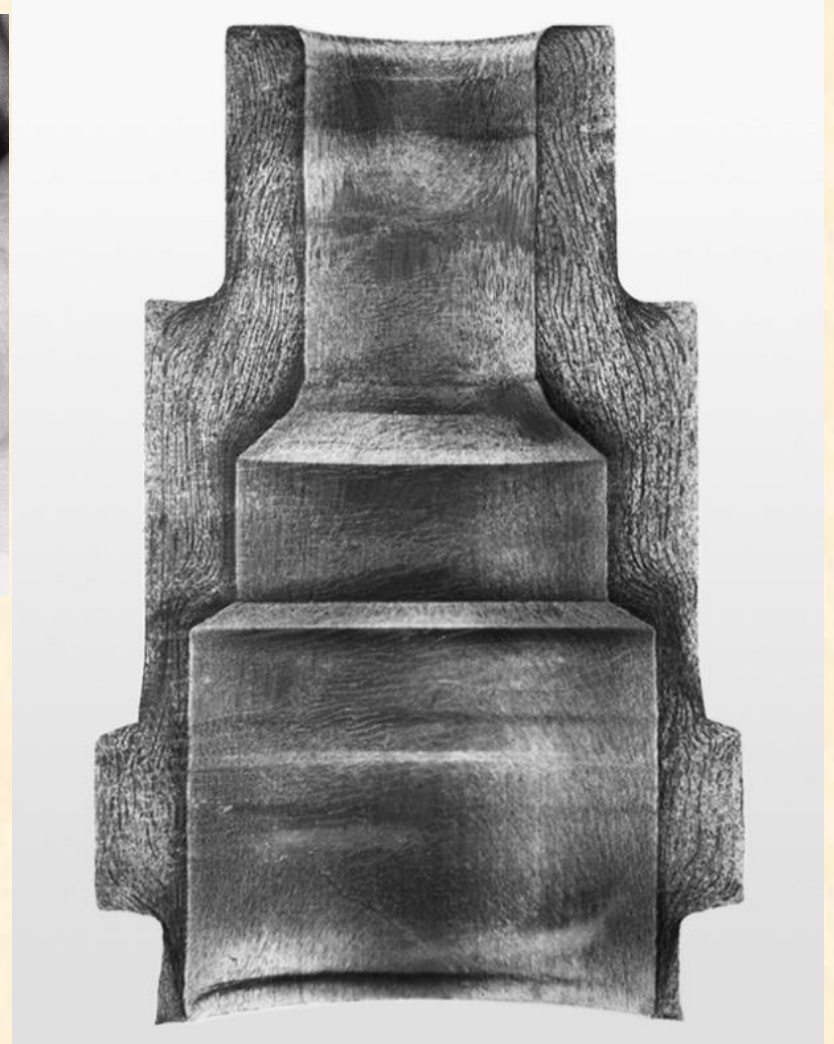
Cold extrusion

Cold Extruded Spark Plug

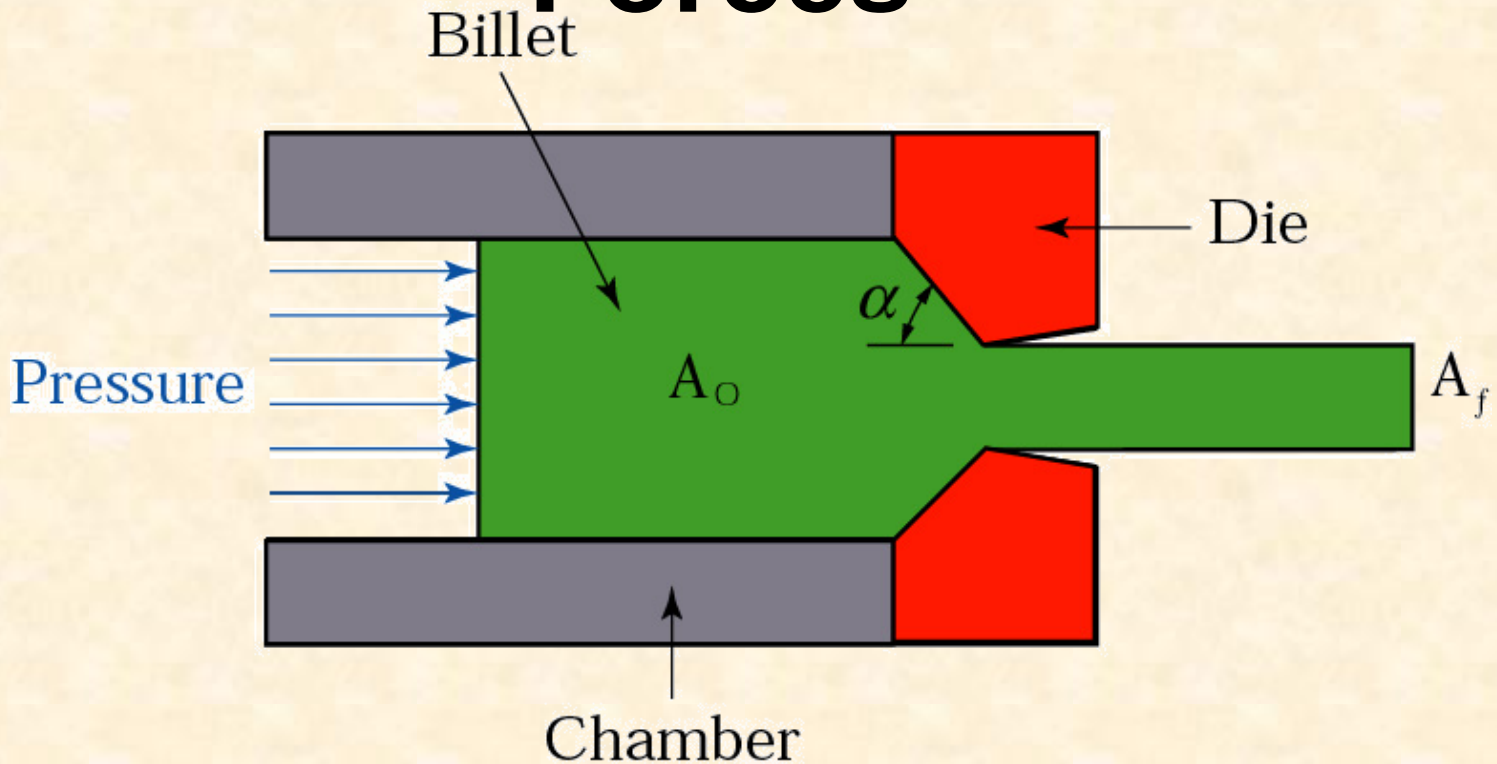


Figure 15.12 Production steps for a cold extruded spark plug.

Figure 15.13 A cross-section of the metal part in Fig. 15.12, showing the grain flow pattern.

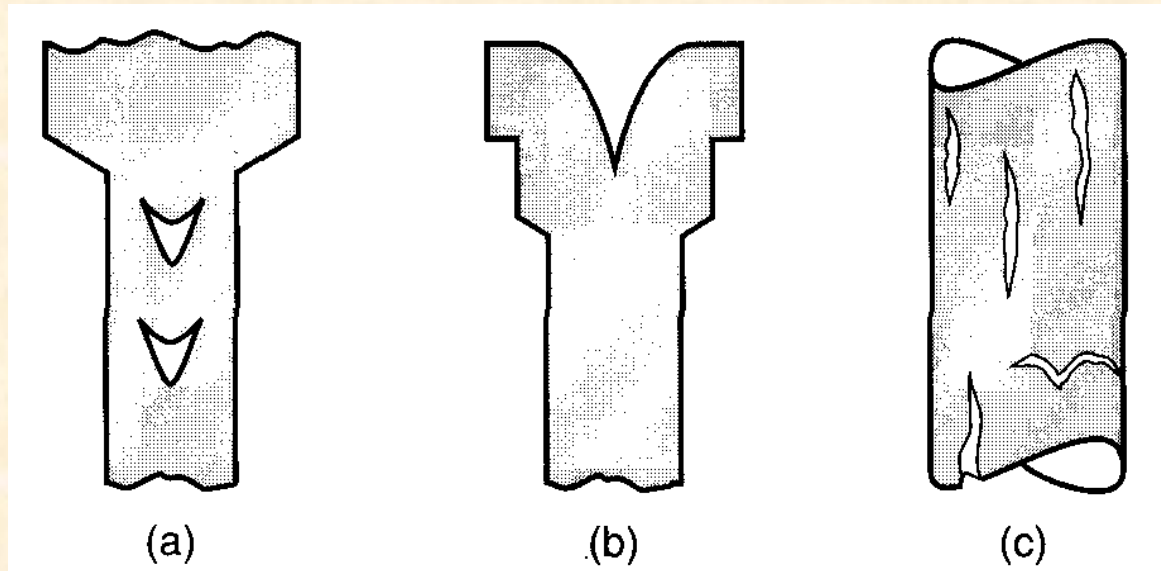


Factors Influencing the Forces



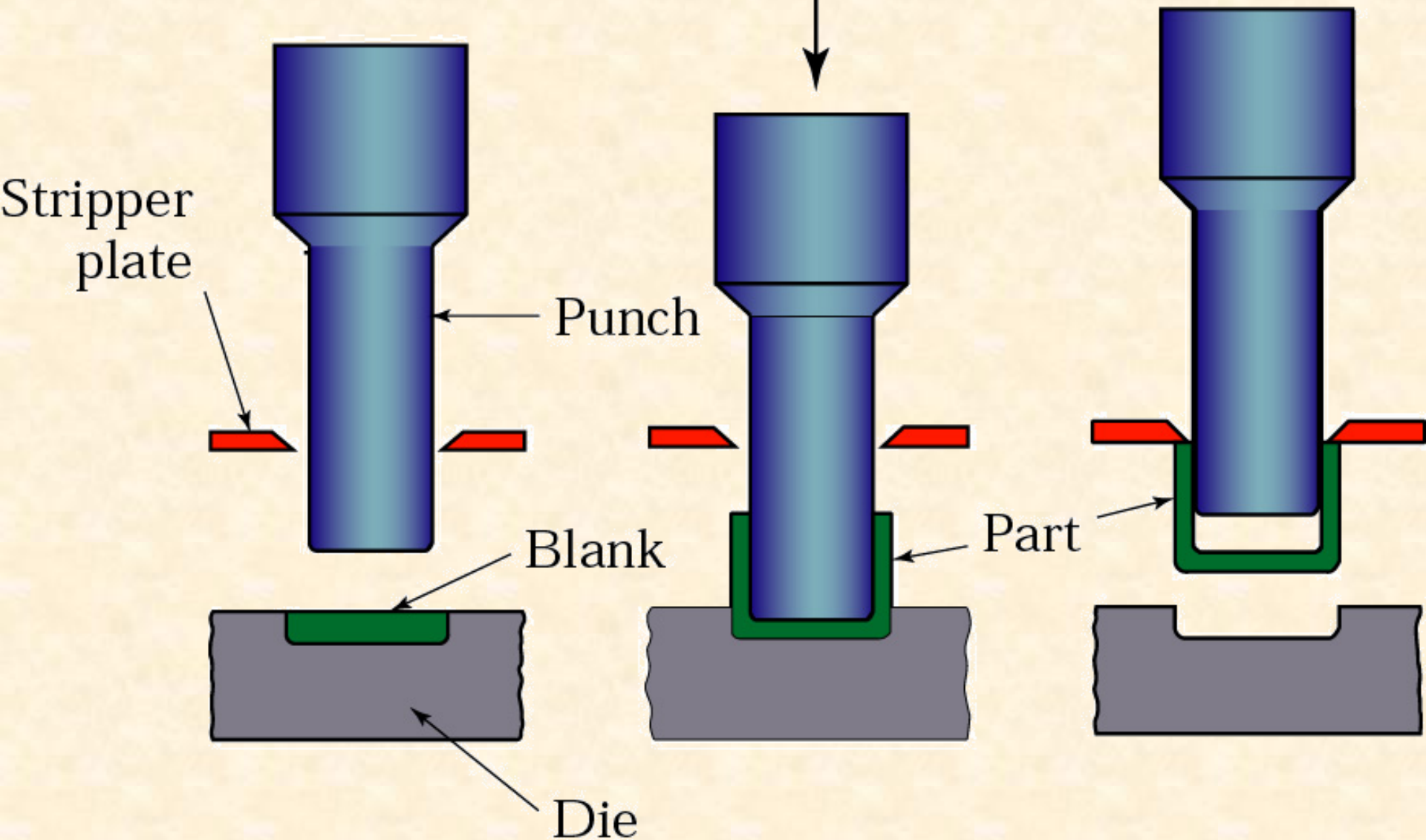
- Friction
- Reduction In Area
- Temperature
- Material Properties
- Speed
- Geometry Of The Die

Extrusion Defects



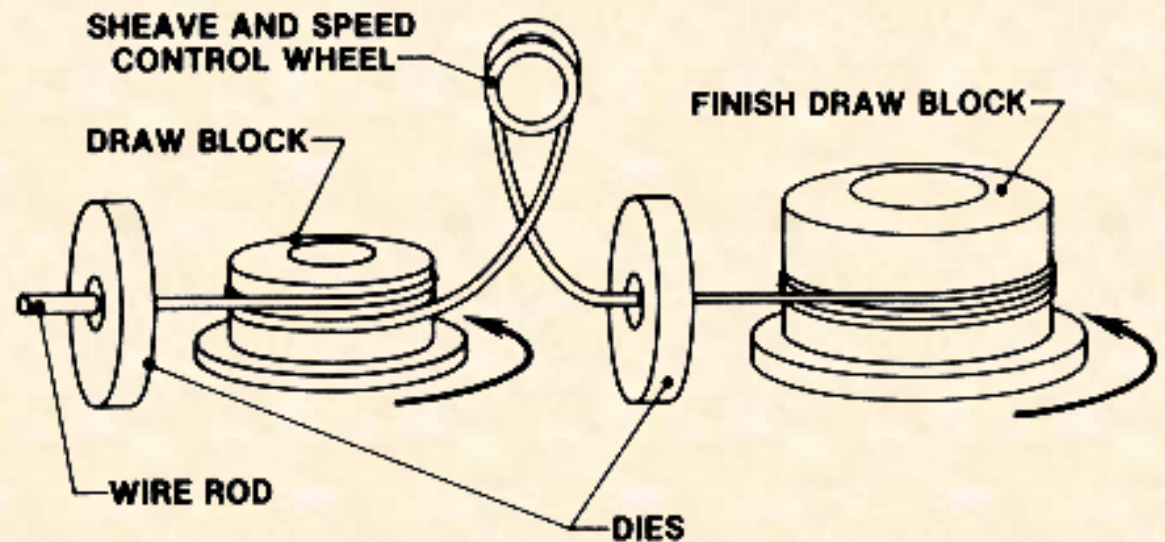
- a) Centre-burst: internal crack due to excessive tensile stress at the centre possibly because of high die angle, low extrusion ratio.**
- b) Piping: sink hole at the end of billet under direct extrusion.**
- c) Surface cracking: High part temperature due to low extrusion speed and high strain rates.**

Impact Extrusion



WIRE DRAWING

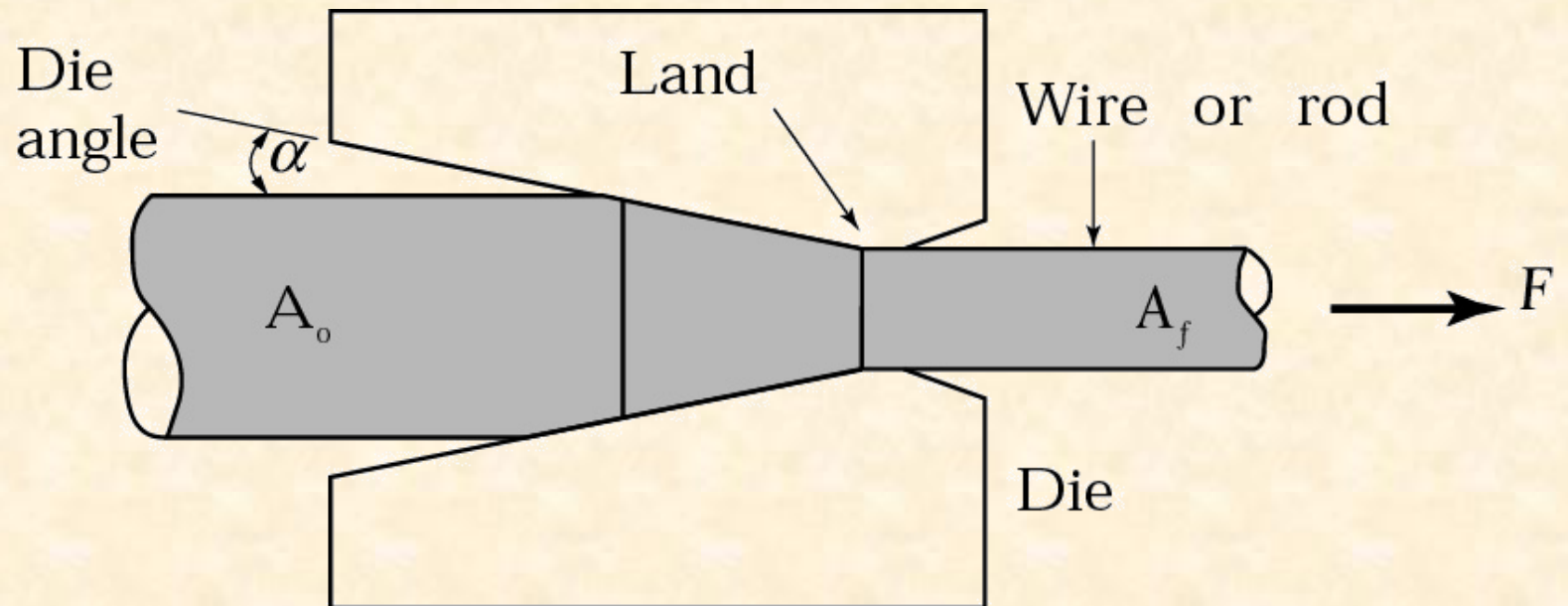
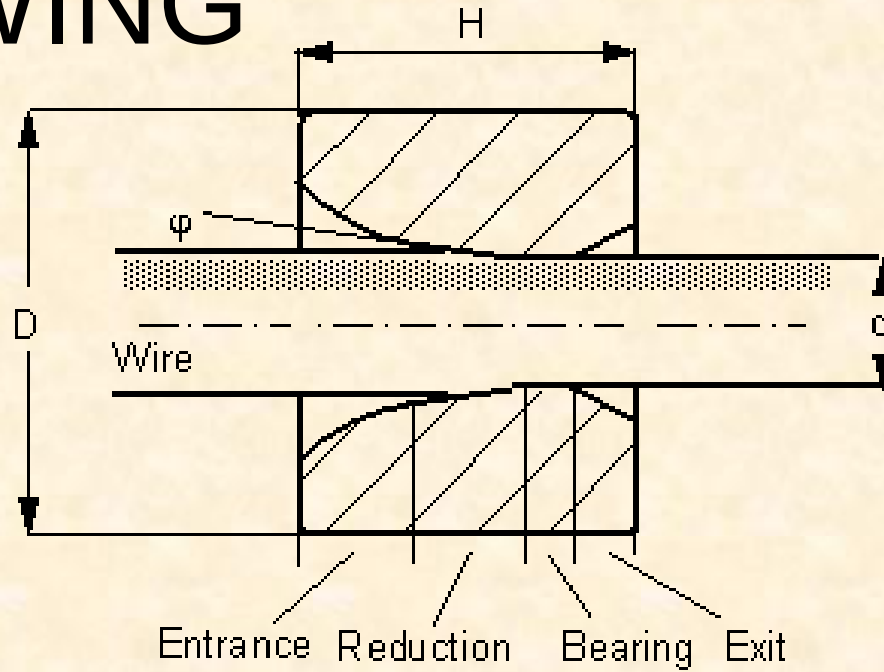
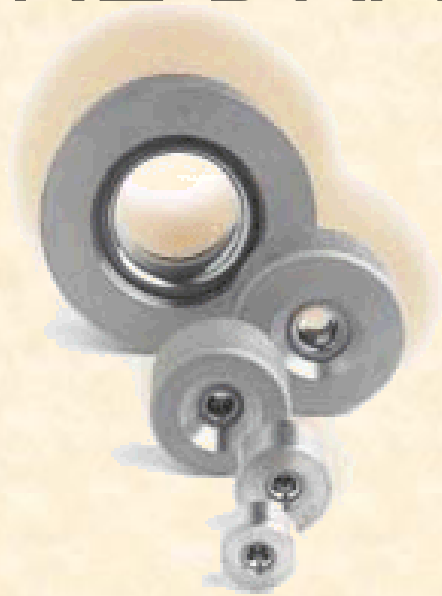
WIRE DRAWING



WIRE DRAWING



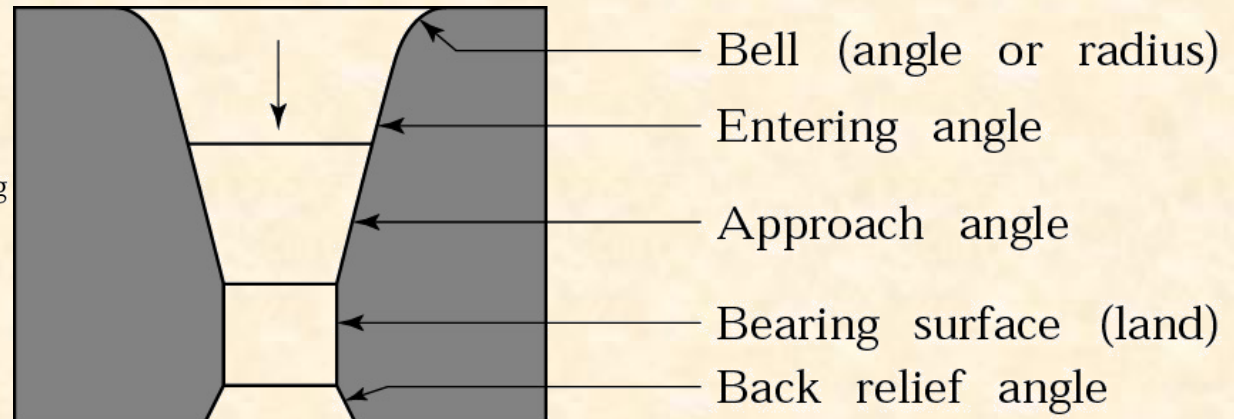
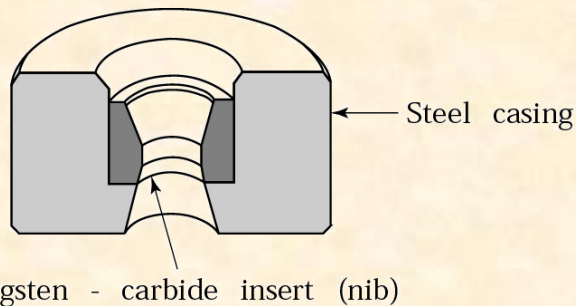
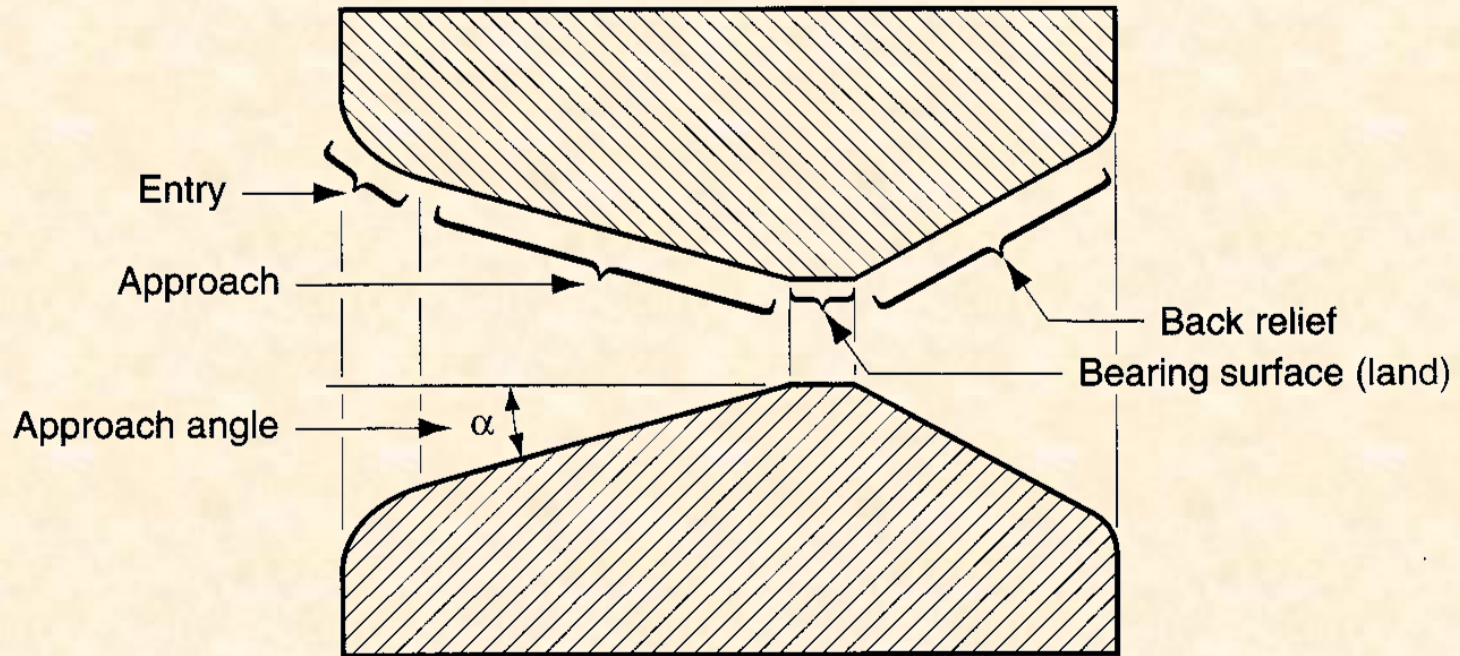
WIRE DRAWING



Draw Dies

Approach angle about 6° to 20°

Back relief angle about 30°

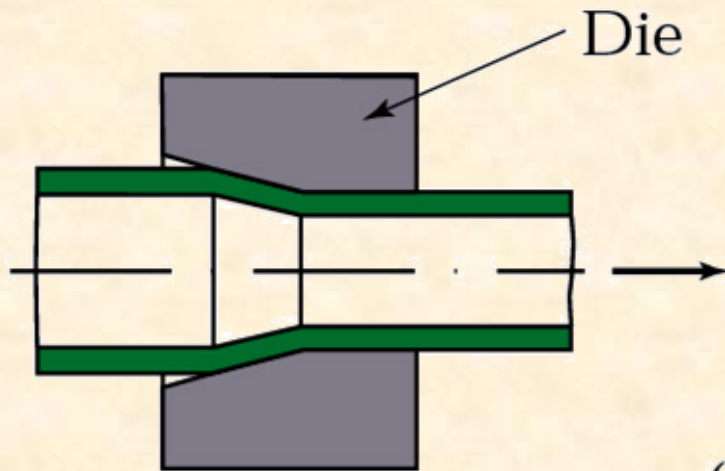


Die Materials Overview

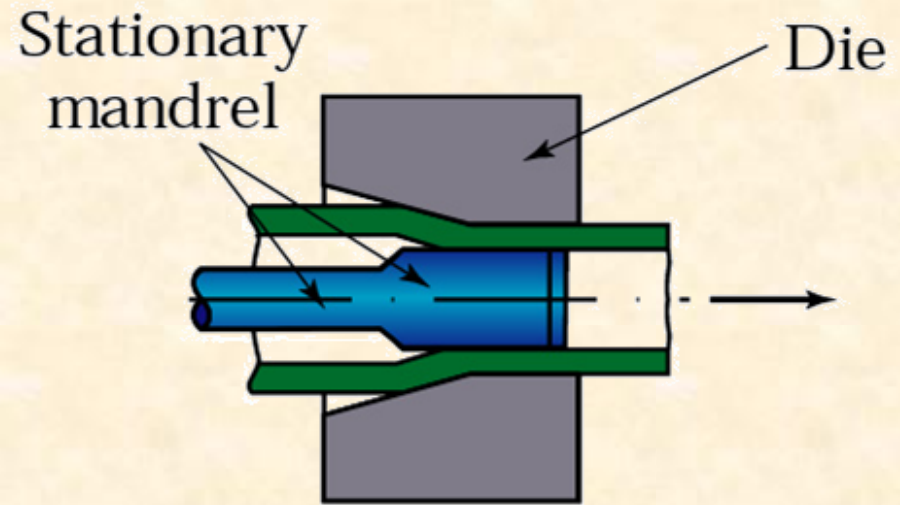
- **Tungsten Carbide:**
 - Lowest cost, shock resistance, ease of production, large sizes available.
 - Lower life expectancy.
- **Natural Diamonds:**
 - Wear resistance, gives excellent wire surface, high thermal conductivity, longer life expectancy
 - Susceptible to fractures from shock or wear, limited availability in required high quality and quantity, constantly escalating price.
- **Synthetic Single Crystal:**
 - Consistently uniform material, gives excellent wire surface, high thermal conductivity, predictable wear schedule, uniform wear pattern gives longer life expectancy.
 - Larger size ranges are still costly at this time.
- **Polycrystalline Diamond:**
 - Excels in life expectancy, wear resistance of diamond, shock resistance of carbide, high availability, cost effectiveness
 - Higher drawing force, smaller fines requires more filtration, may be damaged by temperatures above 700°C, wire surface condition less than from natural diamond.

Examples of Tube-Drawing Operations

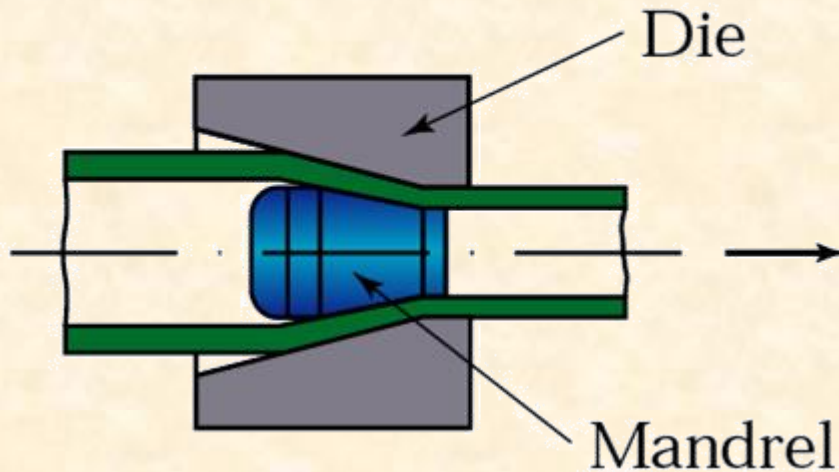
(a)



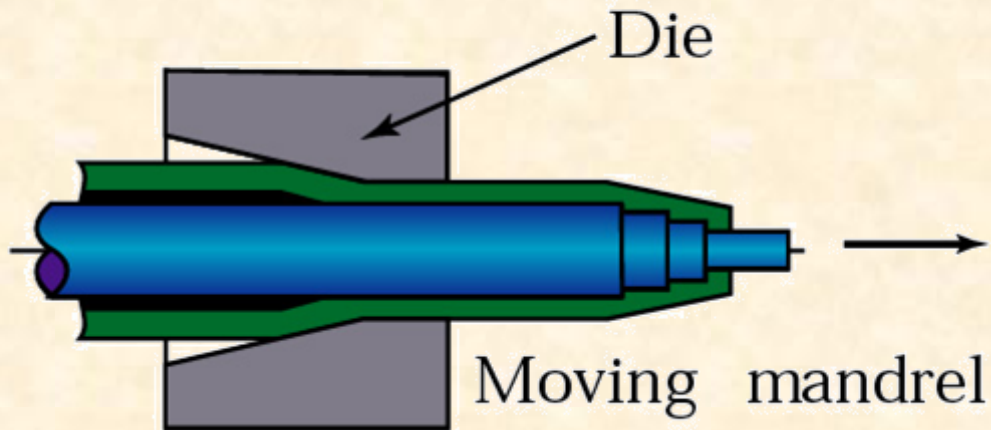
(b)



(c)



(d)



Multistage Wire-Drawing

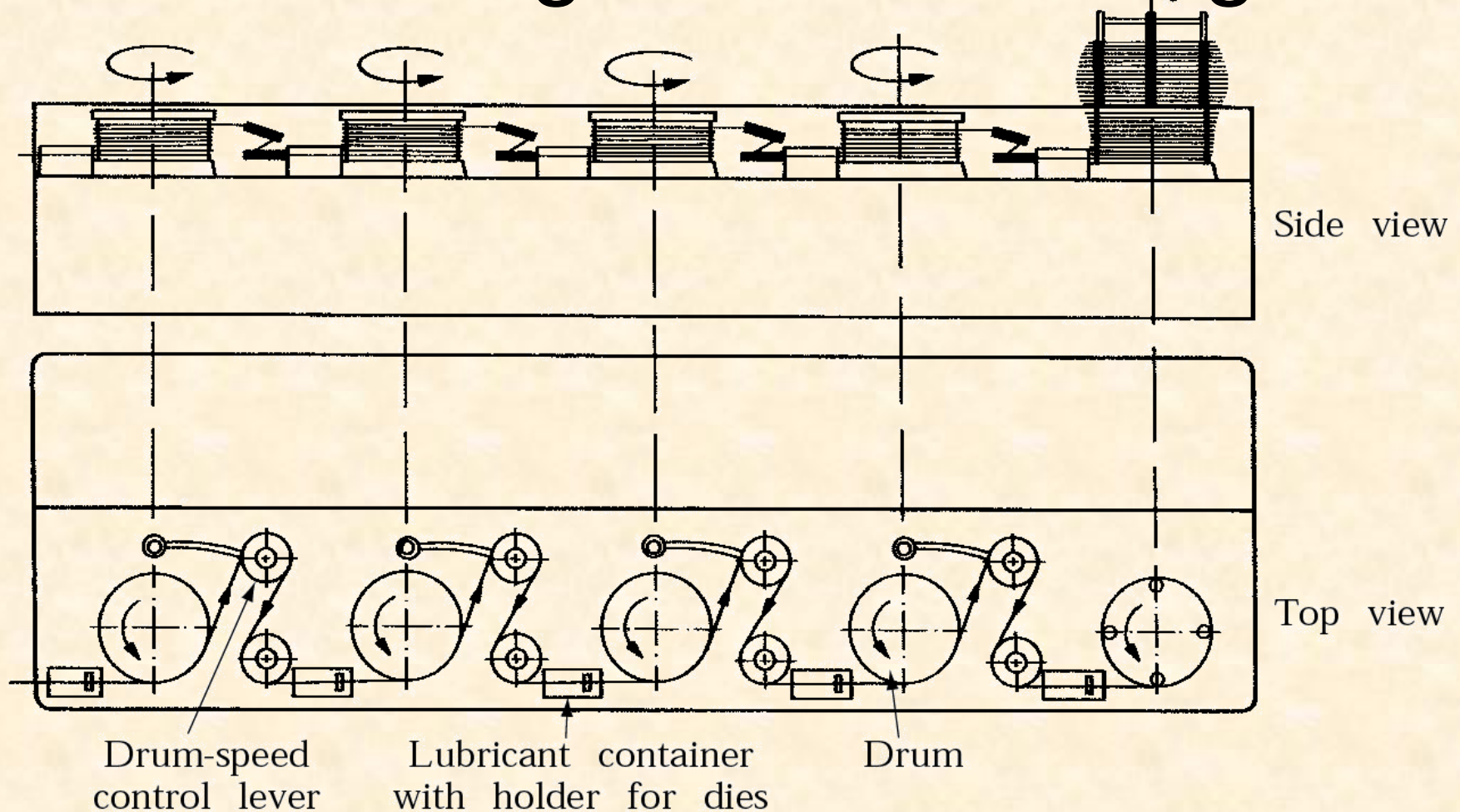
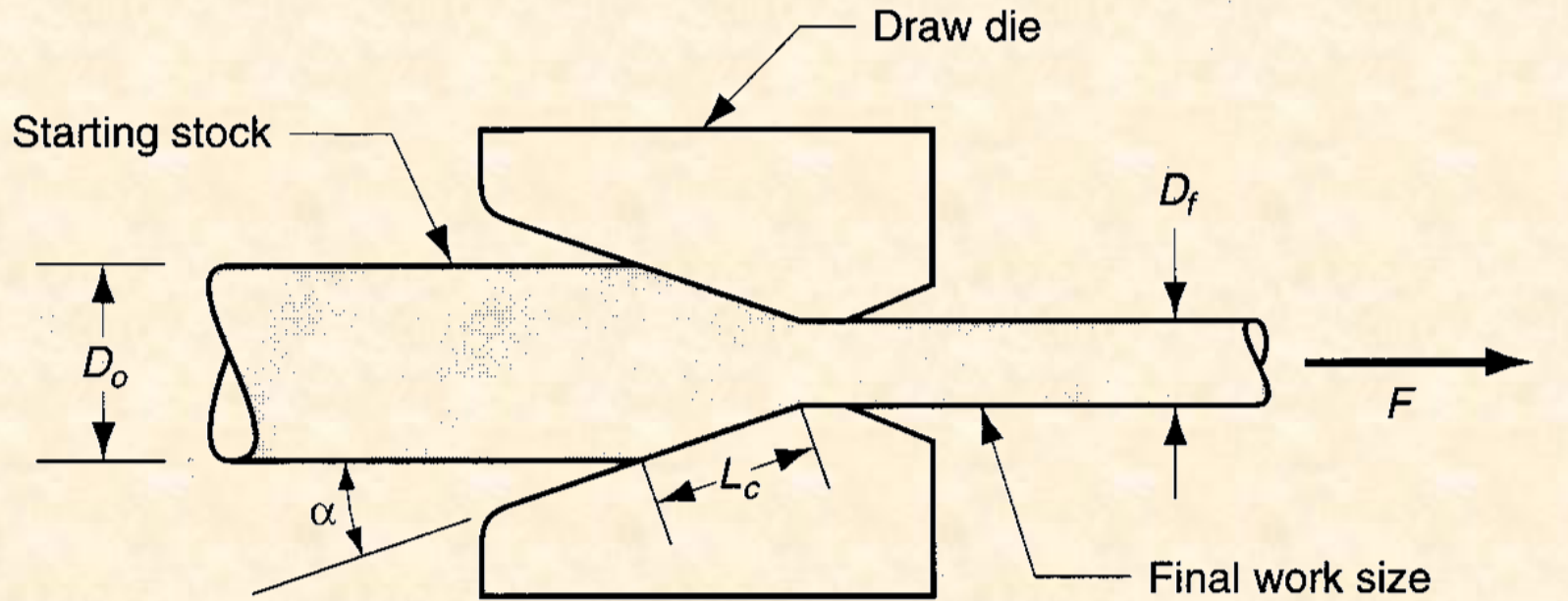


Figure 15.24 Two views of a multistage wire-drawing machine that is typically used in the making of copper wire for electrical wiring. *Source:* H. Auerswald.

Wire and Bar Drawing

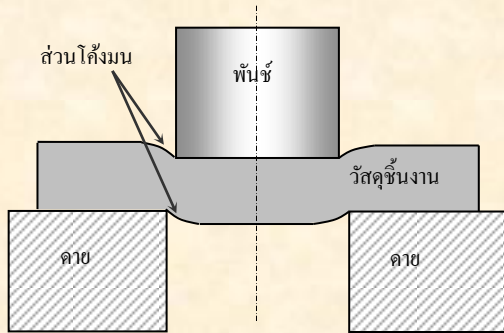


Reducing the cross section of a bar, rod or wire by pulling it through a die.

Bar drawing is generally in a batch mode while the wire drawing is in general in a continuous mode.

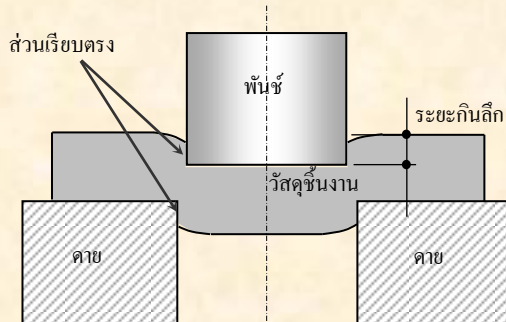
การขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet-Metal Forming)

การตัดเฉือน (Shearing)



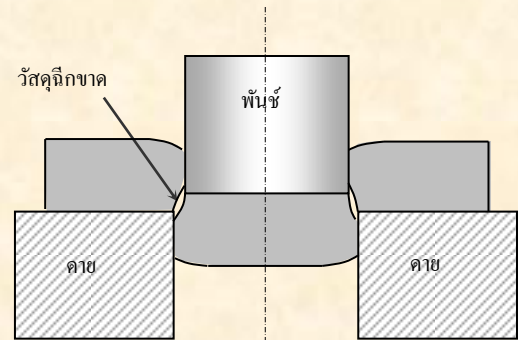
ขั้นตอนที่ 1

การเปลี่ยนรูปอย่างถาวร
(Plastic deformation)



ขั้นตอนที่ 2

การกดลึก (Penetration)



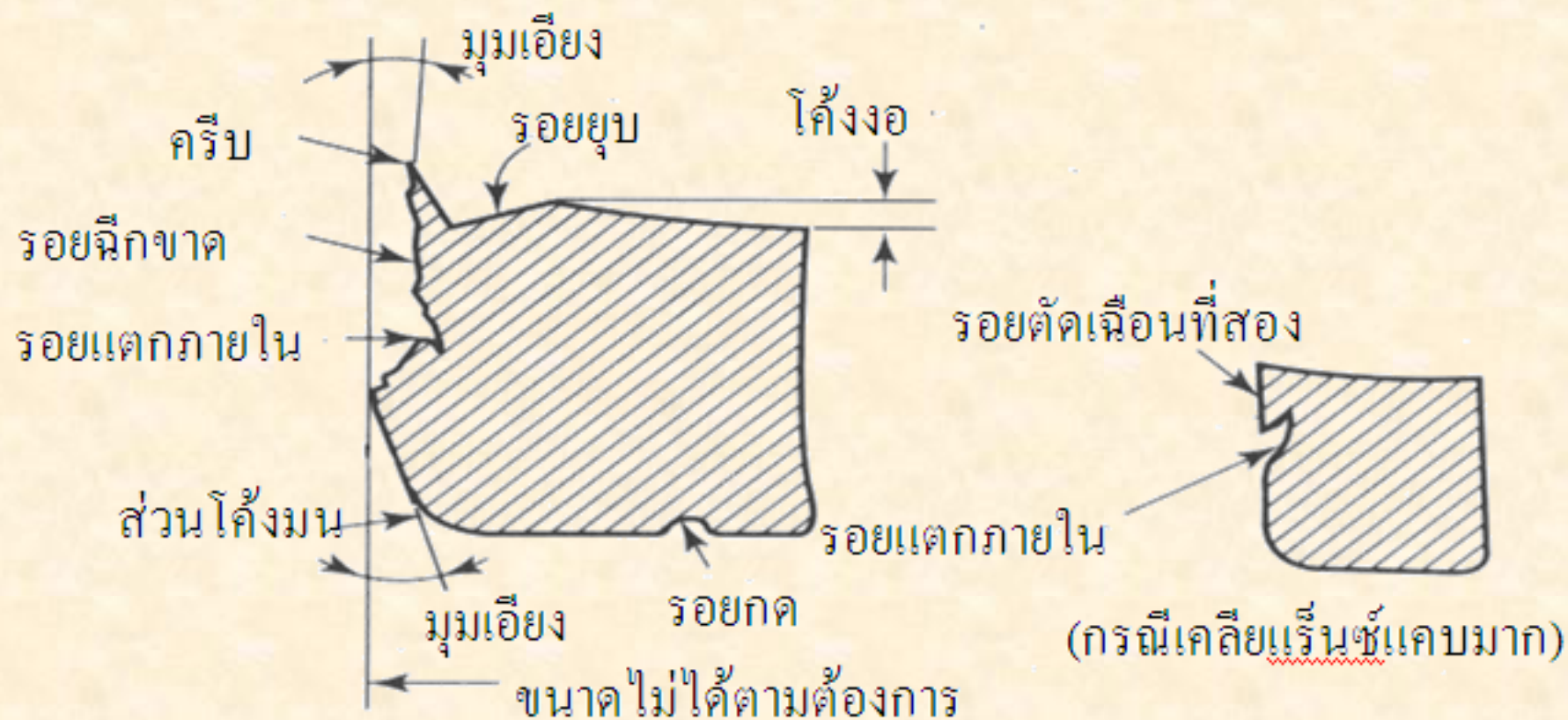
ขั้นตอนที่ 3

การฉีกขาดของเนื้อวัสดุ (Fracture)

ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัด



จุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบนขอบตัดจริง



วัสดุ	เปอร์เซ็นต์ระยะ กินลึก	วัสดุ	เปอร์เซ็นต์ระยะกิน ลึก
ตะกั่ว	50	เหล็กกล้า 0.1%คาร์บอน)	50 (ผ่านการอบอ่อน) 38 (รีดเย็น)
ดีบุก	40		
อะลูมิเนียม	60	เหล็กกล้า 0.2%คาร์บอน)	40 (ผ่านการอบอ่อน) 28 (รีดเย็น)
สังกะสี	50		
ทองแดง	55	เหล็กกล้า 0.3%คาร์บอน)	33 (ผ่านการอบอ่อน) 22 (รีดเย็น)
ทองเหลือง	50		
บร็อนซ์	25	นิกเกิล	55
เหล็กกล้าผสม ซิลิกอน	30		

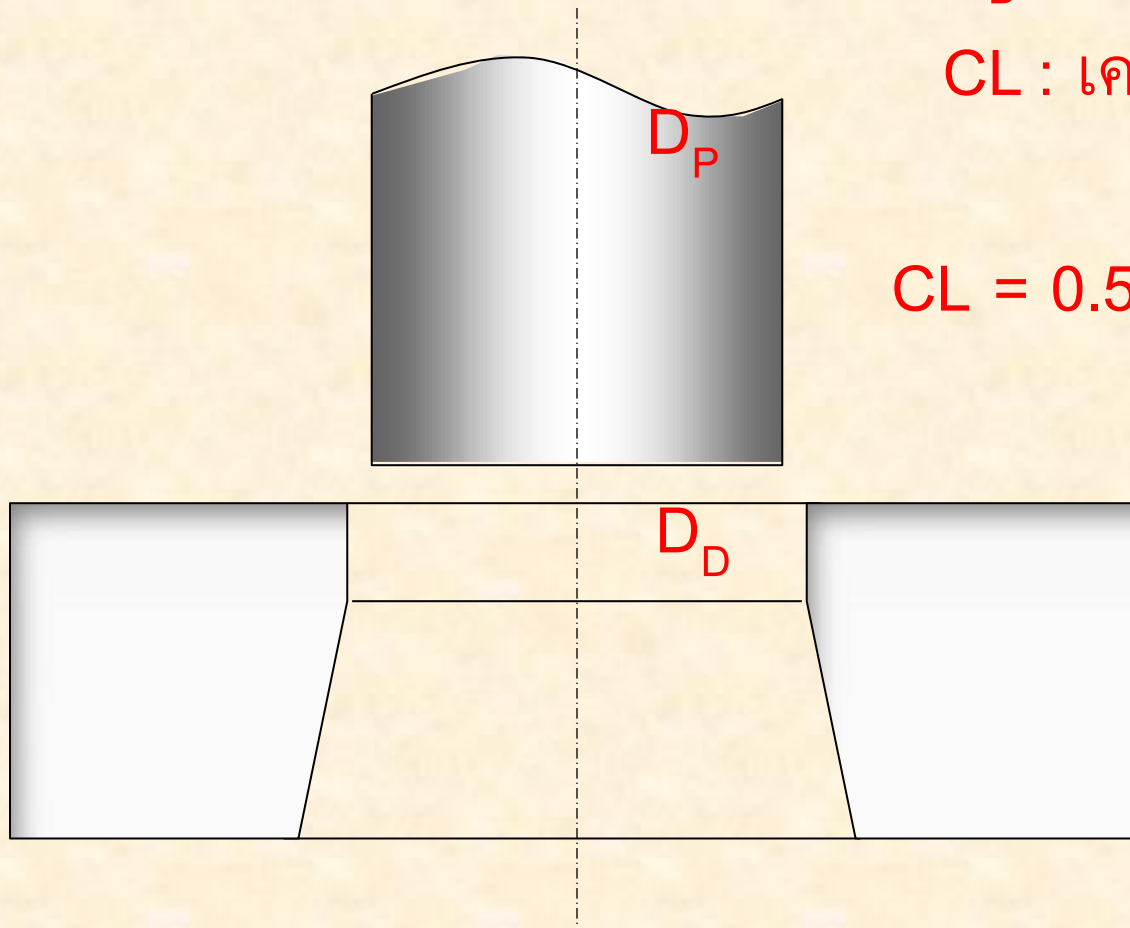
ขนาดช่องว่างแม่พิมพ์หรือระยะเคลียแรนซ์

(Effects of cutting clearance)

D_P : เส้นผ่านศูนย์กลางพันธุ์

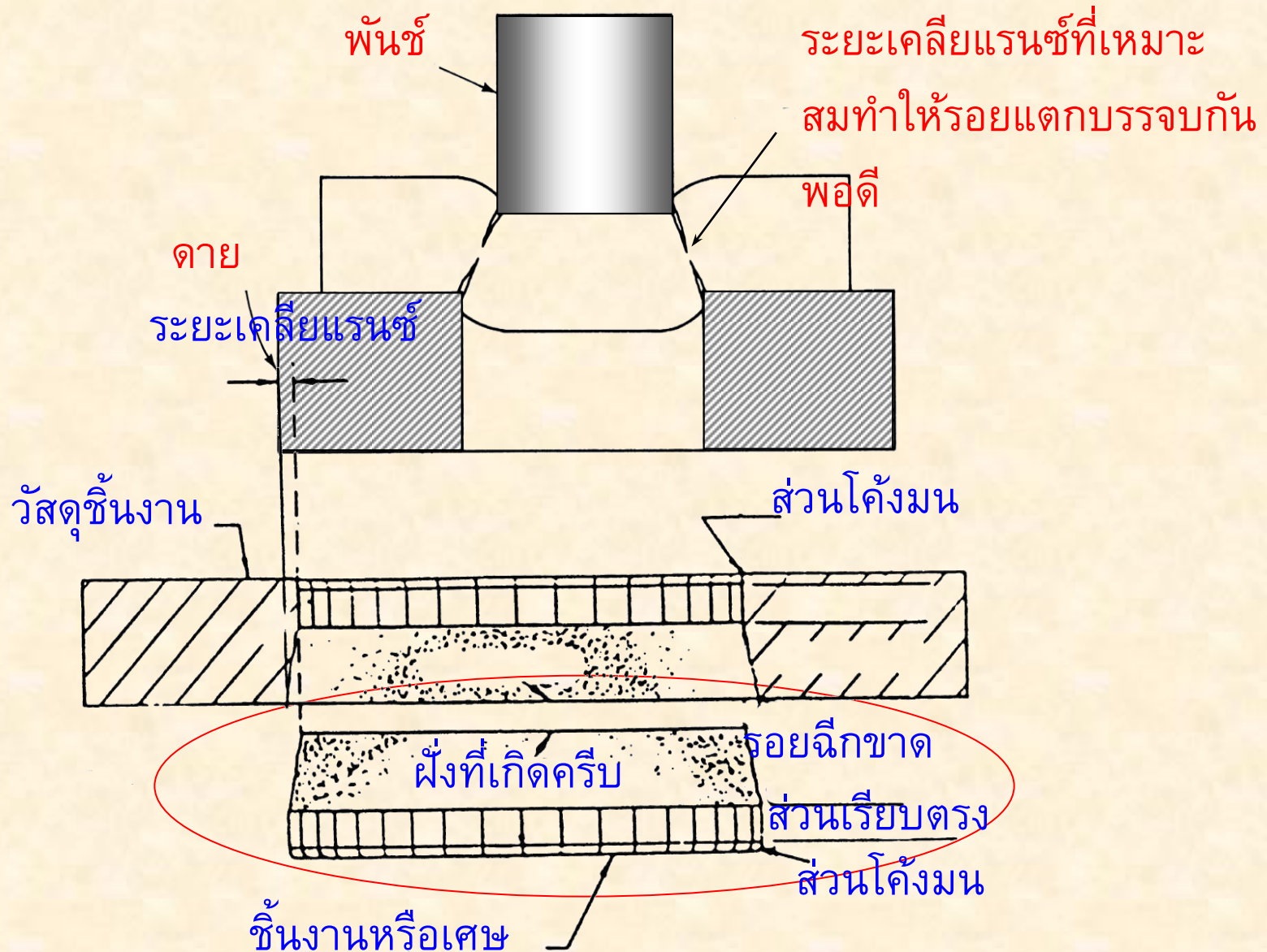
D_D : เส้นผ่านศูนย์กลางตาย

CL : เคลียแรนซ์

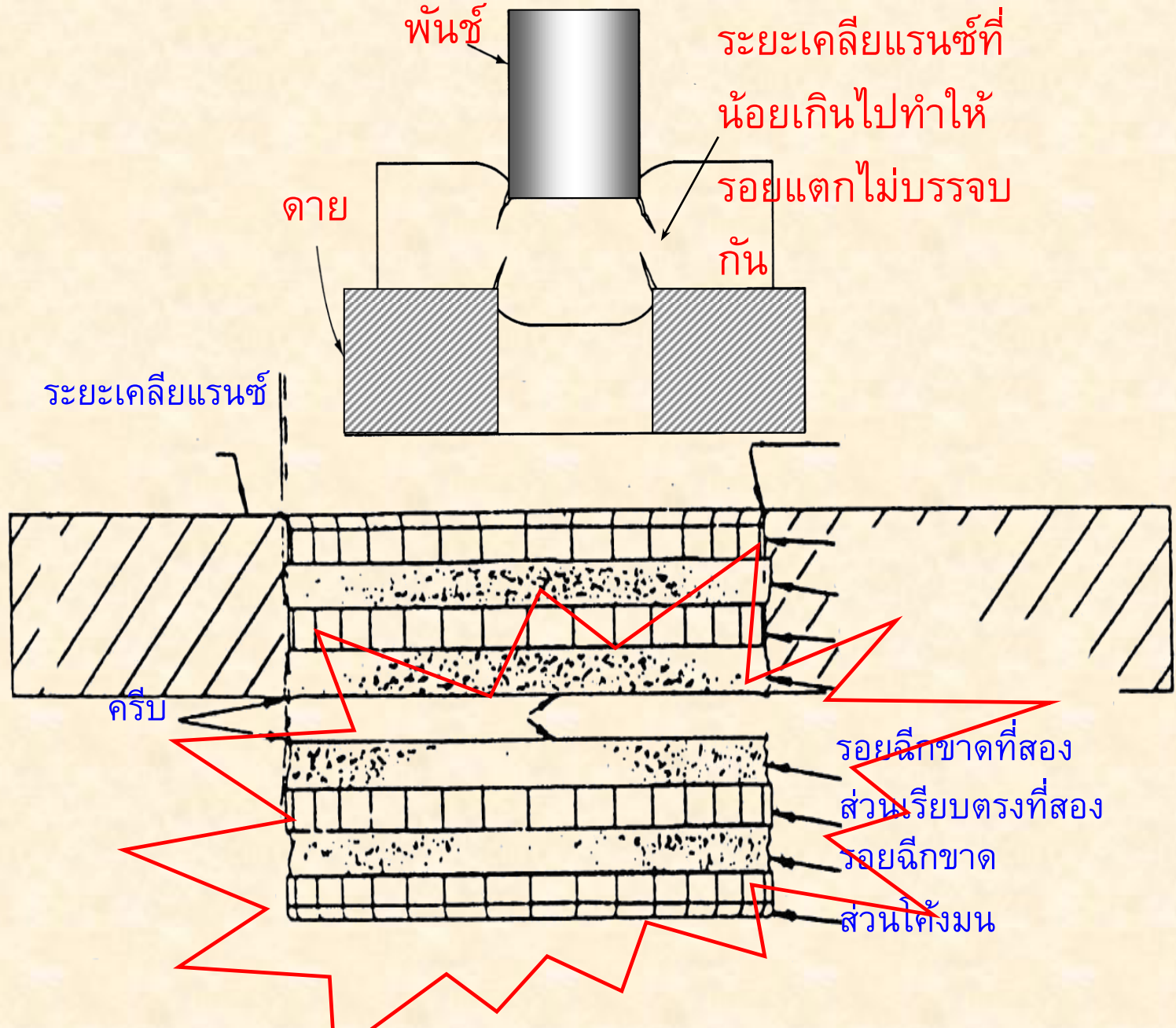


$$CL = 0.5 (D_P - D_D)$$

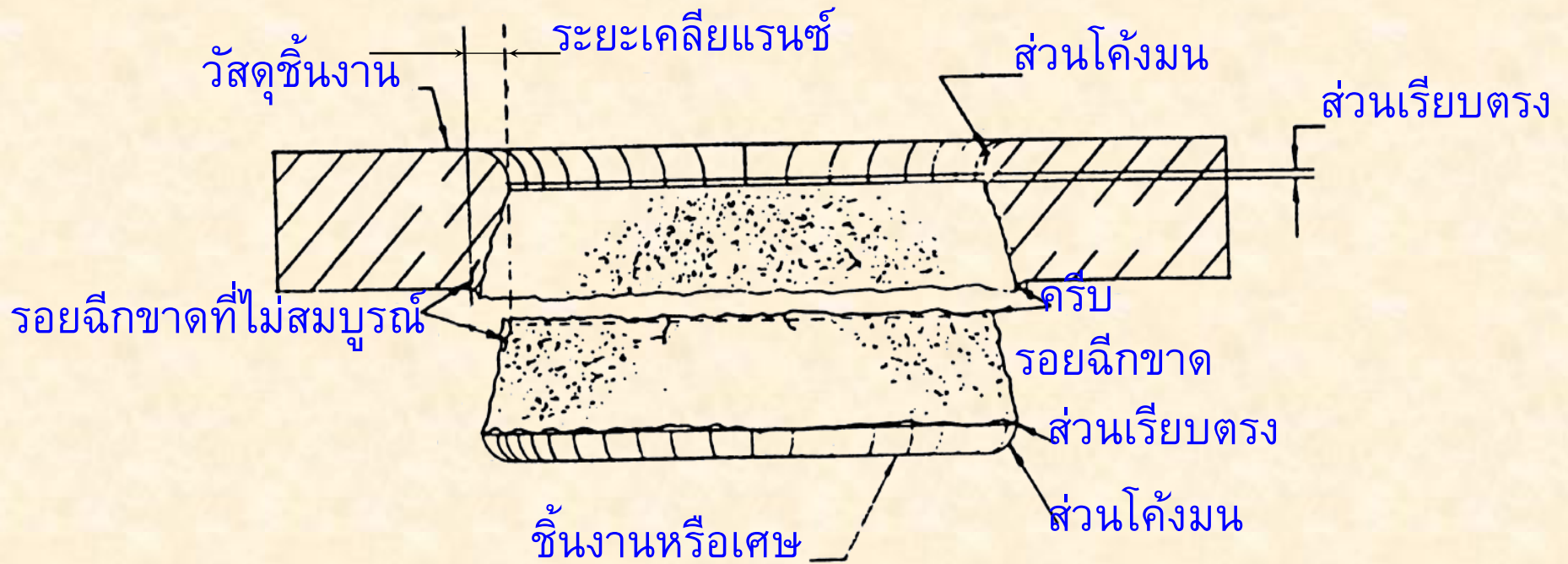
ระยะเคลียแรนซ์เหมาะสม (Optimum cutting clearance)



ระยะเคลียแรนซ์น้อยเกินไป (Insufficient cutting clearance)



กรณีระยะเคลียแรนซ์มากเกินไป (Excessive cutting clearance)



การกำหนดระยะเคลียร์แรนซ์และขนาดของพื้นที่กับดัก

งานแบลงค์ หรือแผ่นเปล่า (Cut out part or Blank)

จะมีขนาดเท่ากับรูตาย

งานเฟียซึ่งจะมีขนาดเท่ากับพื้นที่

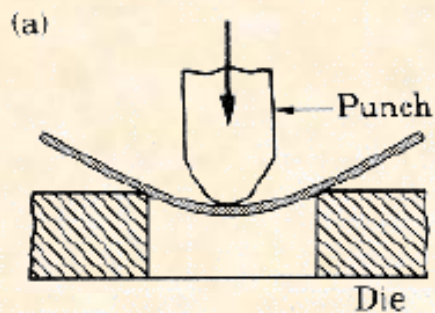
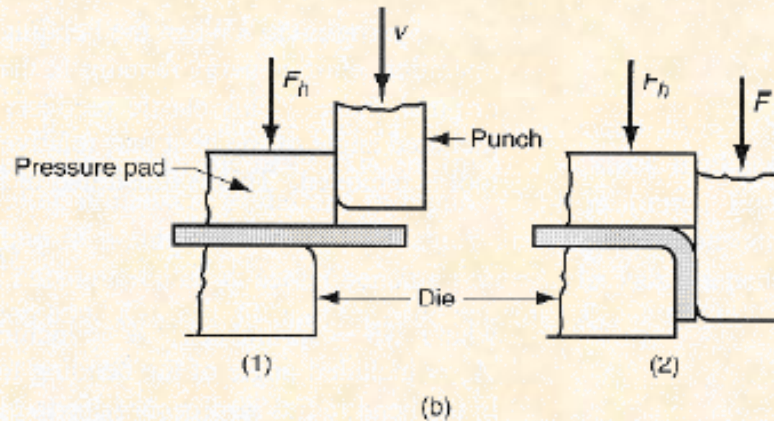
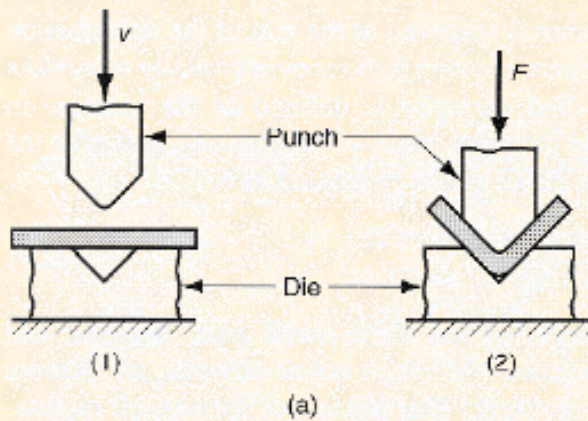
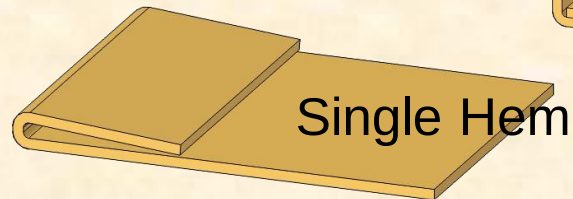
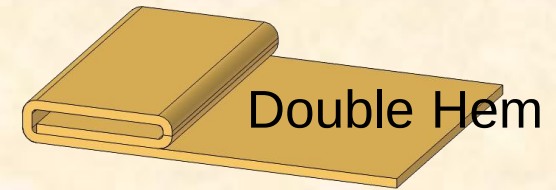
Fine Blanking



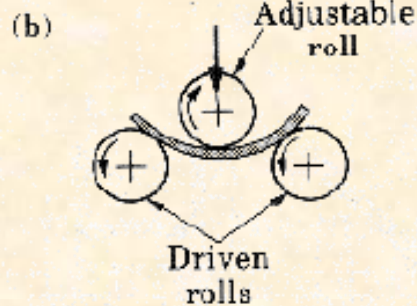
การพับ (Bending)

1. การพับมุมวี (V-Bending)

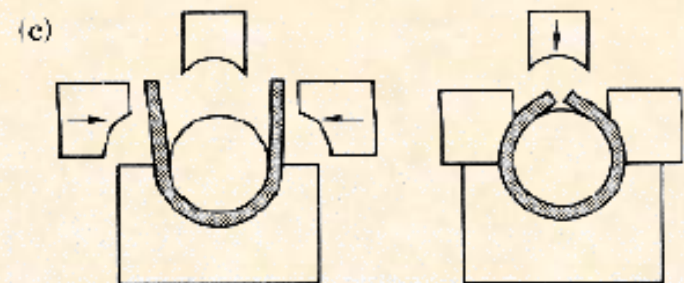
2. การพับขอบ (Edge Bending)



Air bending

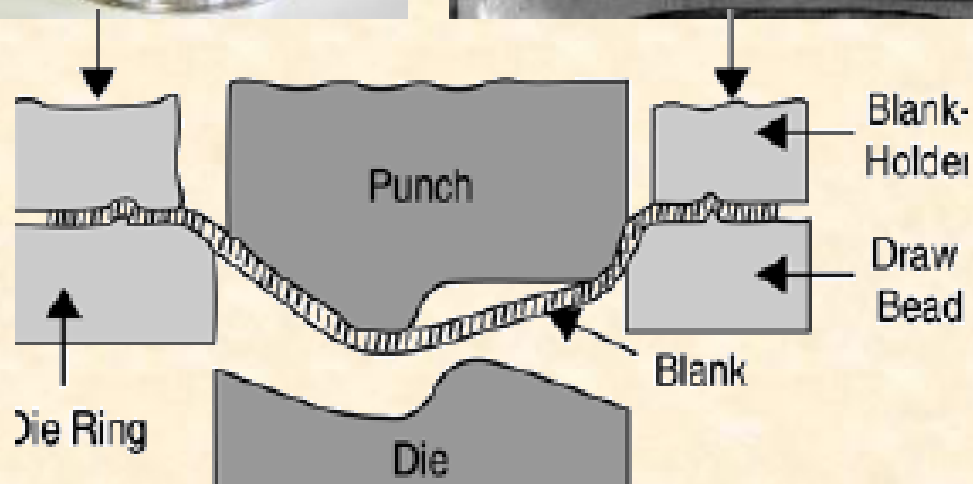


Roll bending



Bending in a 4-slide machine

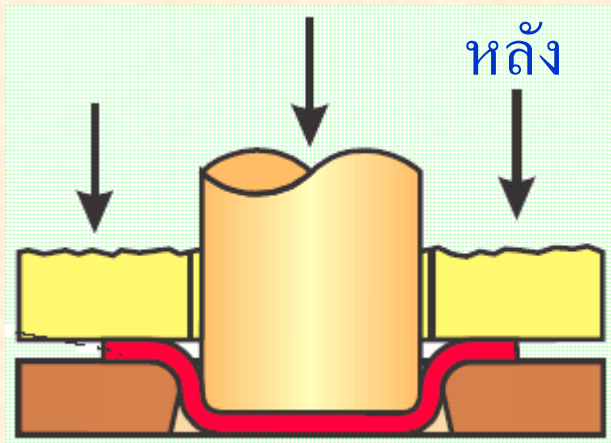
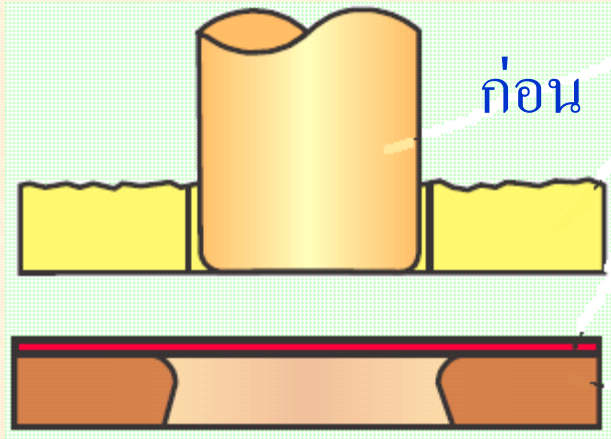
การขึ้นรูปลึก (Deep Drawing)



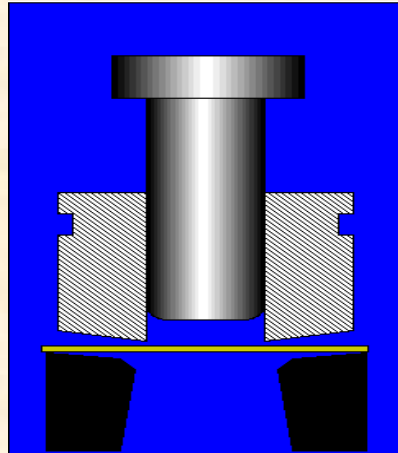
SMOOTHED
ACCUM
EFF
PLASTIC
STRAIN
RST CALC
SHELL MIDSURF
TIME .005013



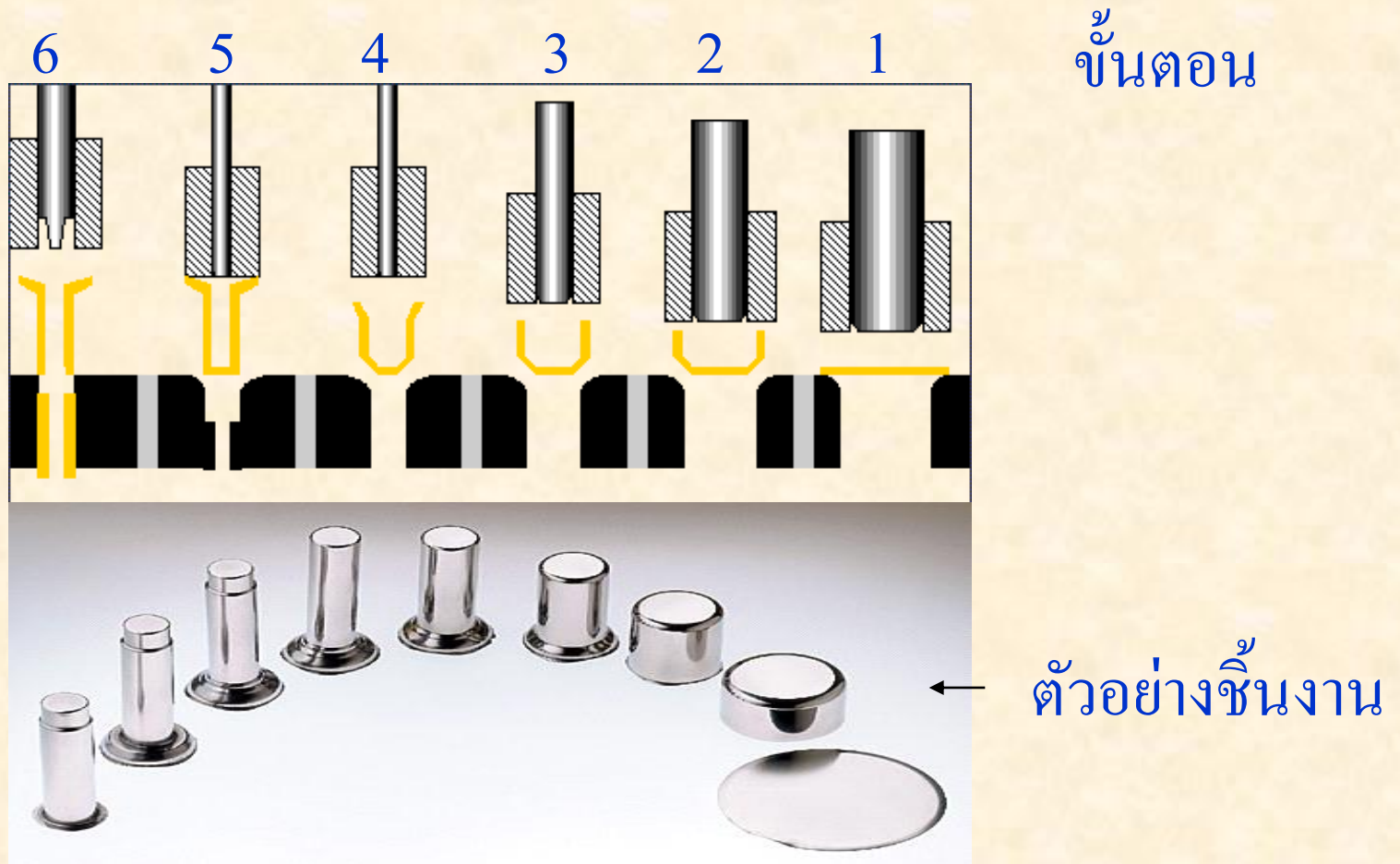
• Drawing การลากขึ้นรูป



ขบวนการขึ้นรูป

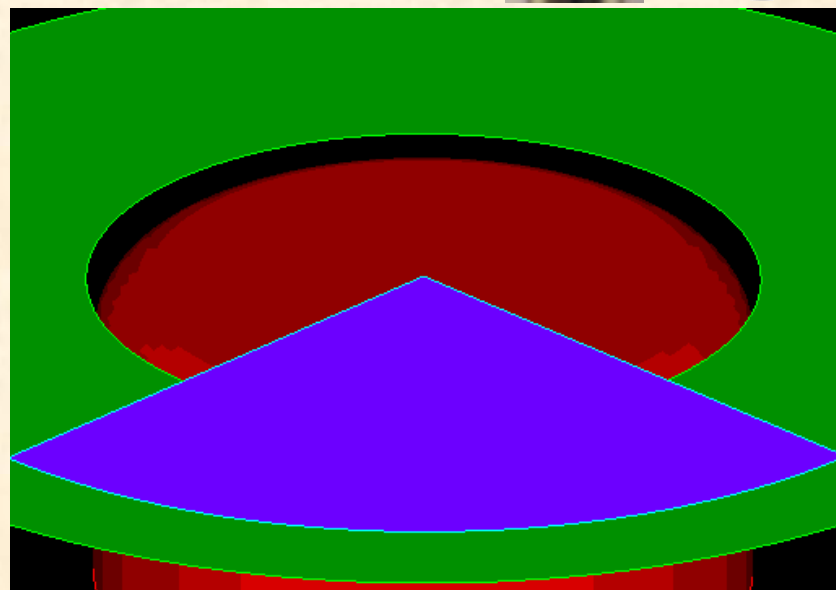
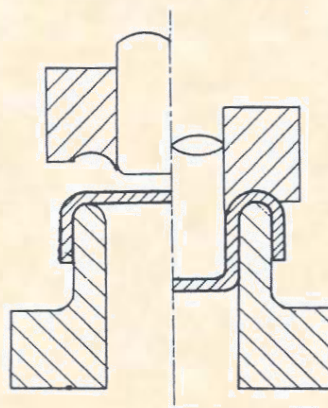
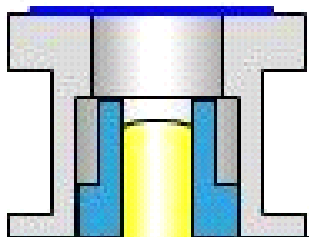
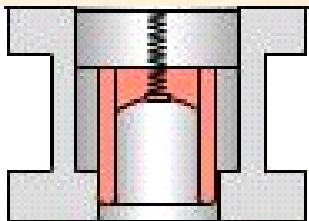


- Redrawing การลากขึ้นรูปใหม่

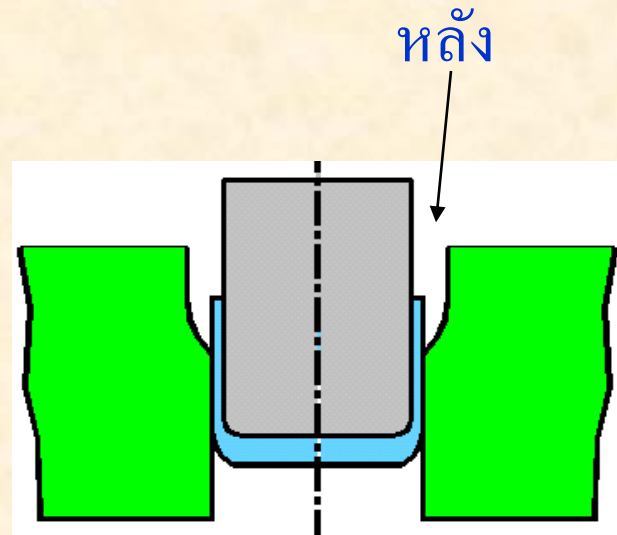
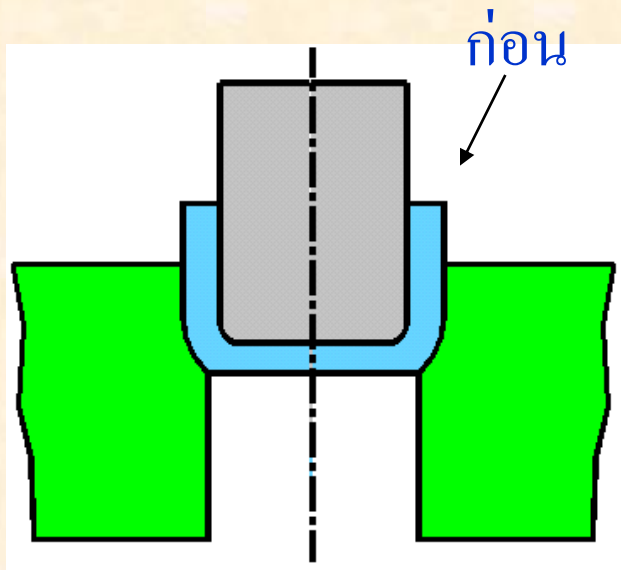


- Reverse Redrawing

การลากขึ้นรูปใหม่กลับทาง



- Ironing การรีด

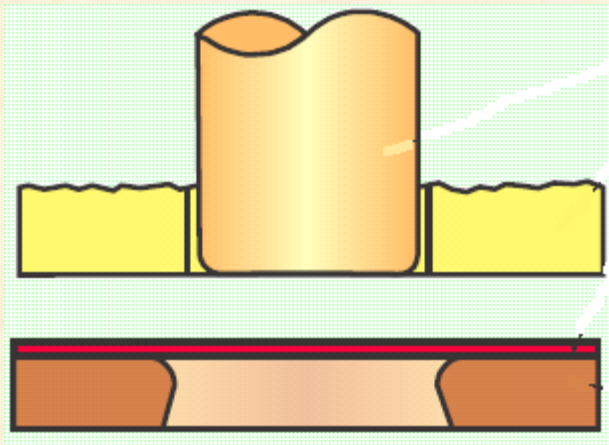


แผ่นเปล่า (Blank)

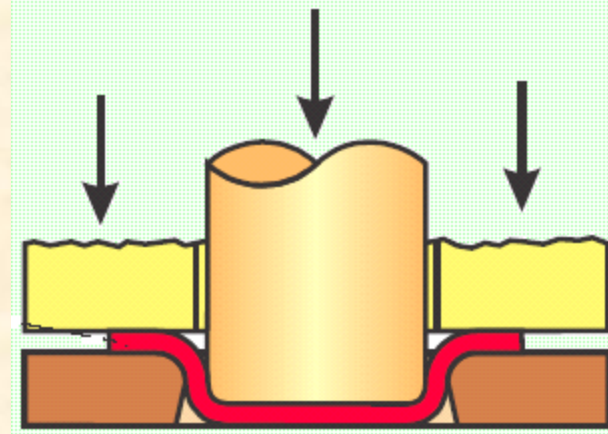
แม่พิมพ์ตัวผู้ (Punch)

ผ่านปากแม่พิมพ์ตัวเมีย (Lip of Die)

ซึ่งจะทำให้มีรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามแม่พิมพ์



Blank Holder Force



ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง

คุณภาพของชิ้นงานสำเร็จ

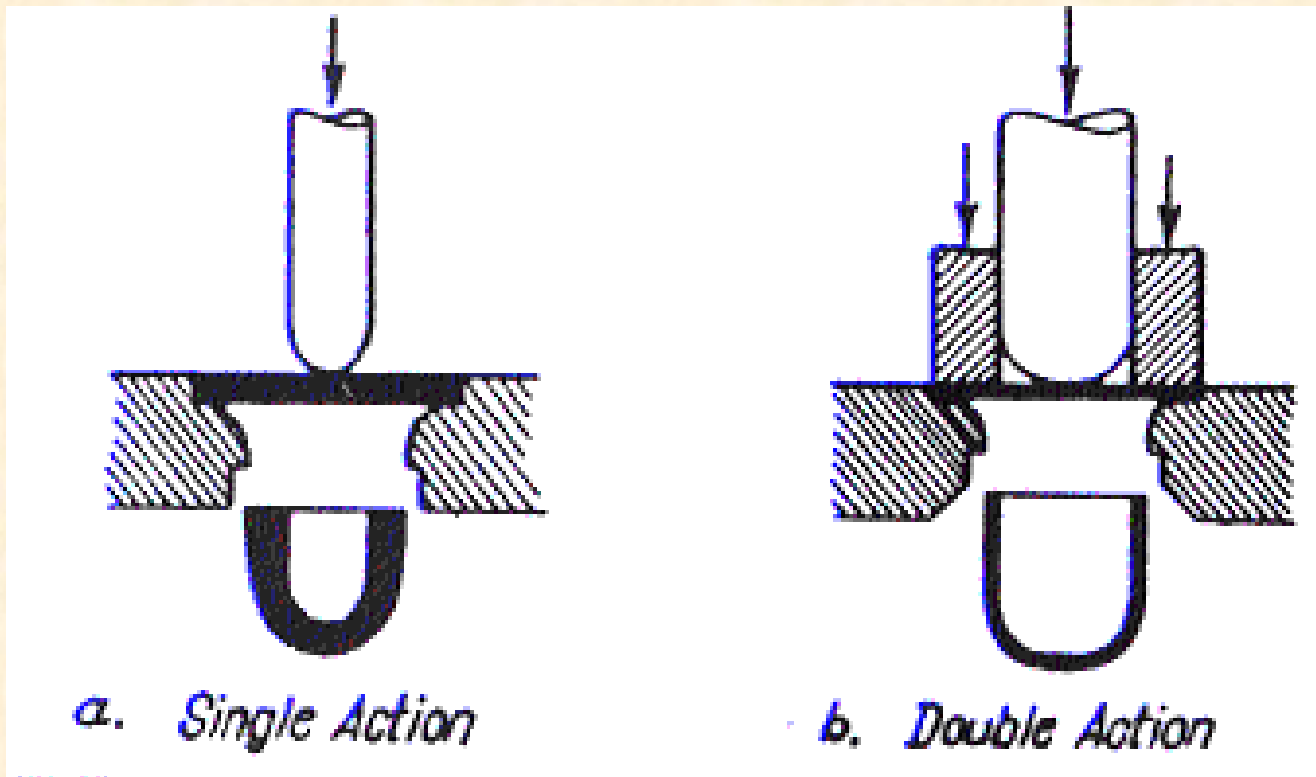
ป้องกันความเสียหาย

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการขึ้นรูป เราสามารถ
จัดกลุ่มตัวแปรได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

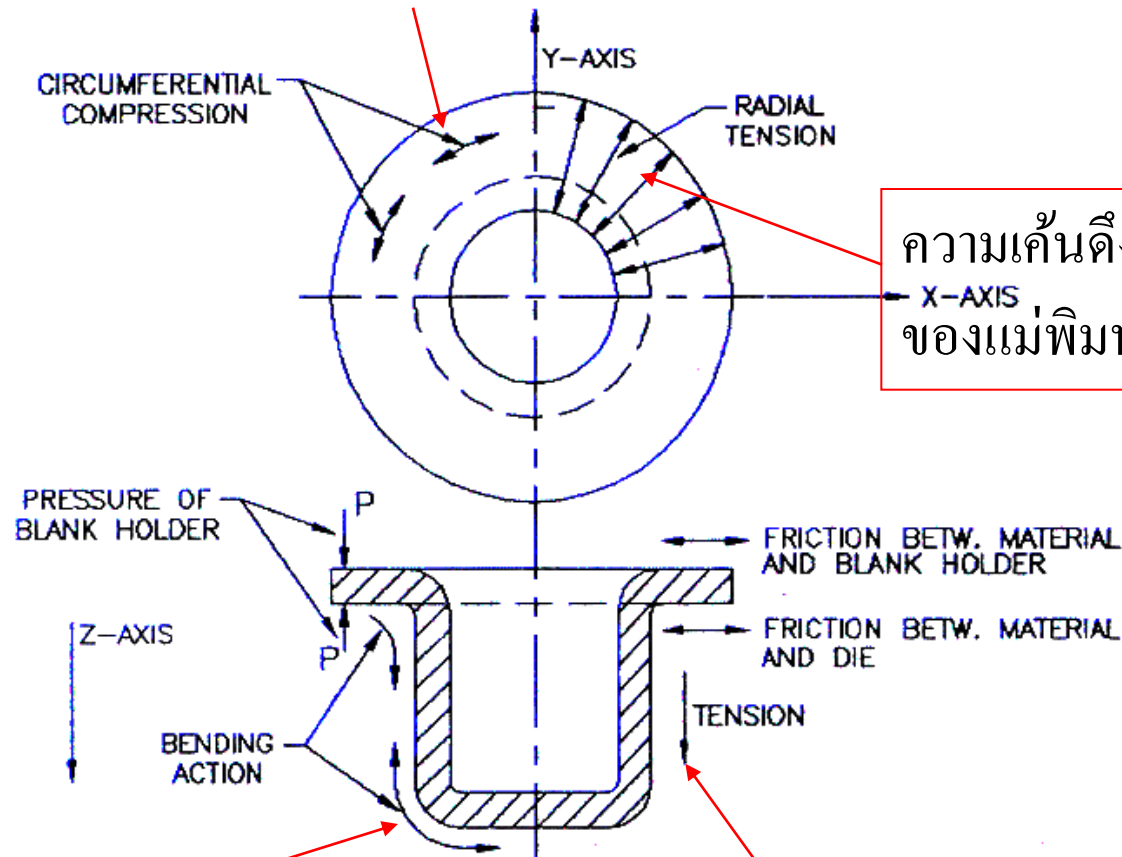
1. Process Variables
2. Material Variables

ลักษณะการลากขึ้นรูปมี 2 ลักษณะคือ

1. Single Action เป็นการลากขึ้นรูปโดยไม่ใช้แผ่นกด
2. Double Action เป็นการลากขึ้นรูปโดยใช้แผ่นกดในการสร้างแรงกดโดยการใช้แผ่นกด เพื่อลดการย่น (Wrinkle) ที่เกิดที่ปีกถ้วย



ความเค้นอัดตามแนวเส้นรอบวง (Hoop compression stress)

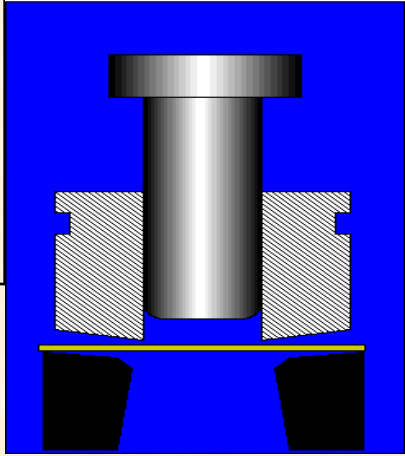


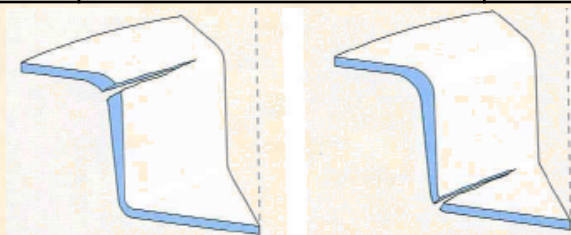
ความเค้นดึงตามแนวการกด
ของแม่พิมพ์ตัวผู้

ที่ก้นถ้วยเกิดสถานะความเค้นดึงทั้งสองแนวแกน

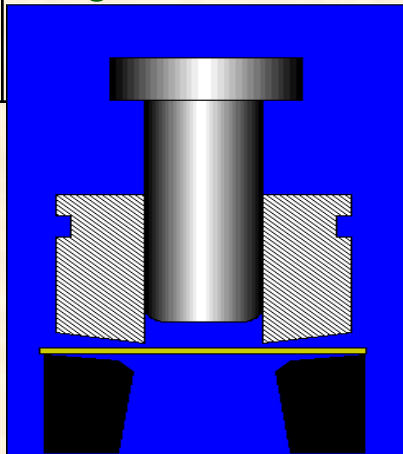
ผนังถ้วยได้รับความเค้นดึง ตามแนวแกน (Axial tension)

ตารางแสดงความเสียหายที่เกิดในการลากขึ้นรูป

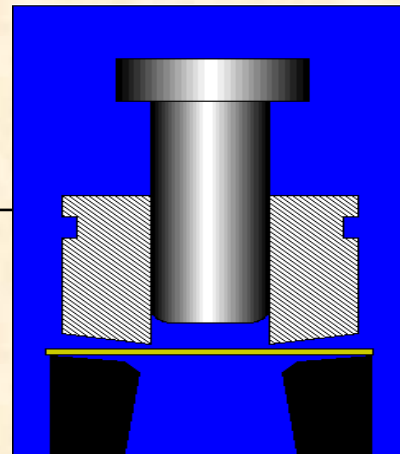
ลักษณะรูปร่างที่ปรากฏบนชิ้นงาน	ความเสียหายที่เกิดขึ้น	สาเหตุที่เกิดความเสียหาย	แนวทางการแก้ไข
	ลักษณะการแตกขาดที่บริเวณใกล้กันถ้วย 	ใช้อัตราการลากขึ้นรูปที่สูงเกินไปต่อวัสดุชิ้นงานและรูปร่างแม่พิมพ์	ลดอัตราการลากขึ้นรูปลง 



	ลักษณะการฉีกขาด ออกบริเวณก้นถั่ว	1. รัศมีดาายน้อยเกินไป 2. ช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ น้อยเกินไป 3. ความเร็วพั่นสูงเกินไป 4. แรงที่ใช้จับยึดแผ่น ชิ้นงานเปล่านั้นมากเกินไป	1. เพิ่มรัศมีดาและ พั่น 2. เพิ่มช่องว่าง ระหว่างแม่พิมพ์ 3. ลดความเร็วพั่นลง 4. ปรับแรงจับยึดแผ่น ชิ้นงานให้เหมาะสม
	ลักษณะการเกิดรอย ย่นบริเวณขอบชิ้นงาน (Wrinkle in the flange)	1. แรงที่ใช้จับยึดแผ่น ชิ้นงานเปล่านั้นน้อยเกินไป 2. ช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ น้อยเกินไป 3. รัศมีดาามากเกินไป	1. เพิ่มแรงจับยึดแผ่น ชิ้นงาน 2. เพิ่มระยะช่องว่าง ระหว่างแม่พิมพ์ 3. ลดรัศมีดา

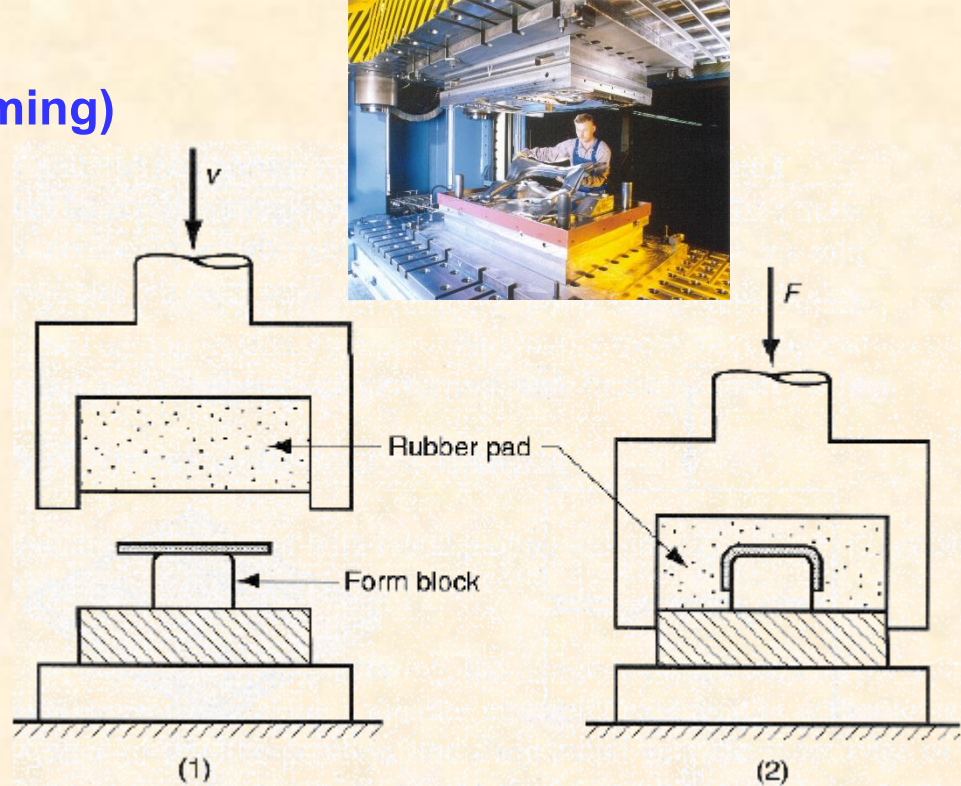


	ลักษณะการเกิด รอยย่นบริเวณ ผนังชิ้นงาน (Wrinkle in the wall)	1. ช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์มากเกินไป 2. รัศมีตาย มากเกินไป 3. แรงที่ใช้จับยึดแผ่นชิ้นงานเปล่าน้อยเกินไป	1. ลดระยะช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ 2. ลดรัศมีตาย 3. ปรับแรงจับยึดแผ่นชิ้นงานให้เหมาะสม
	ลักษณะการเกิด คลื่นที่ขอบชิ้นงาน (Earing)	สมบัติทางกลในแต่ละทิศทางการรีดมีค่าไม่เหมือนกัน	ใช้วัสดุที่มีค่าแอนไอโซโทรปีต่ำ

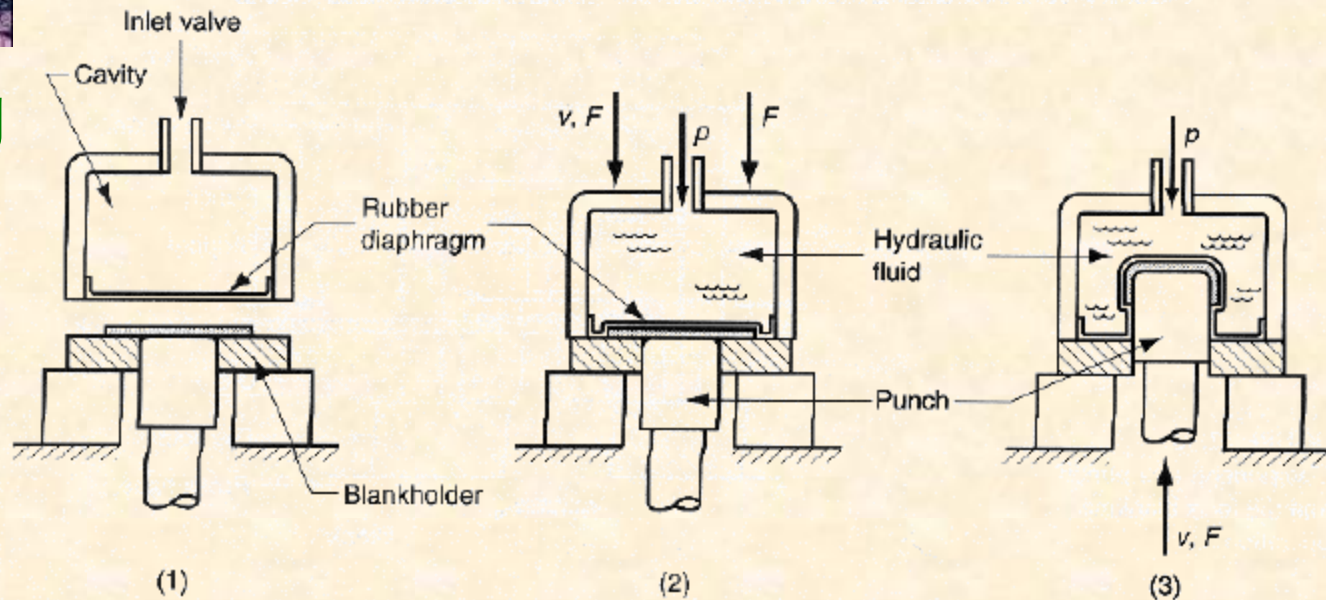
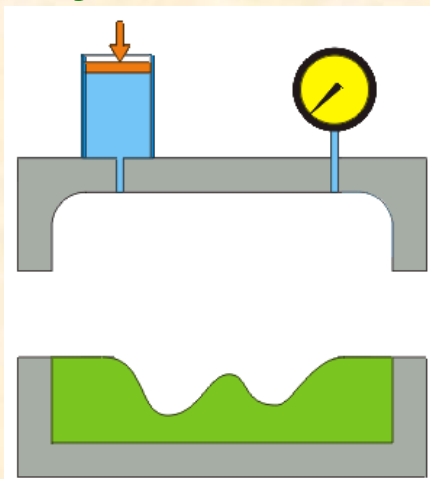


การขึ้นรูปด้วยยาง (Rubber Forming)

1) กระบวนการ **Guerin** ใช้แผ่นยางหนาเป็นตัวรองกดขึ้นรูป



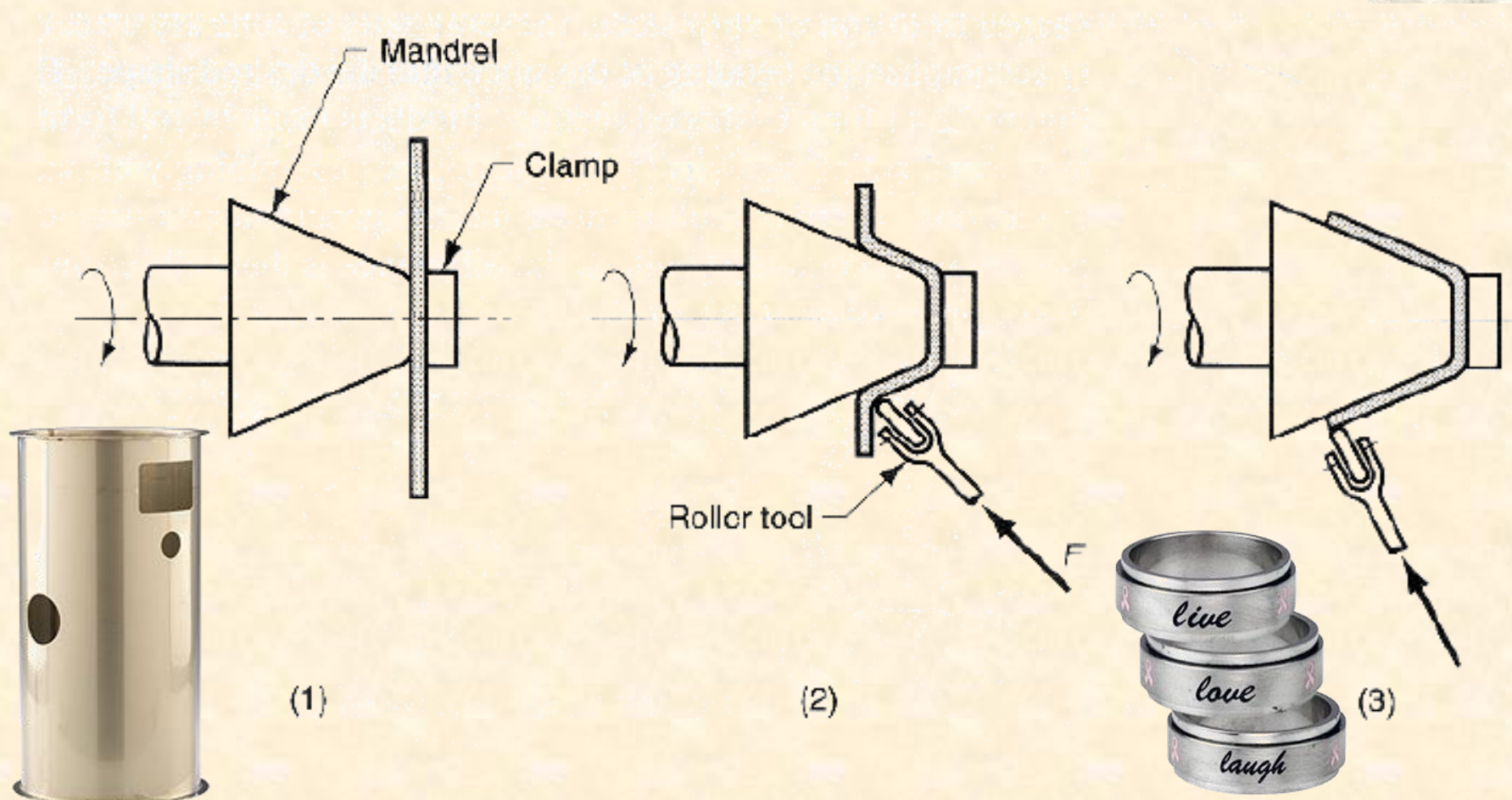
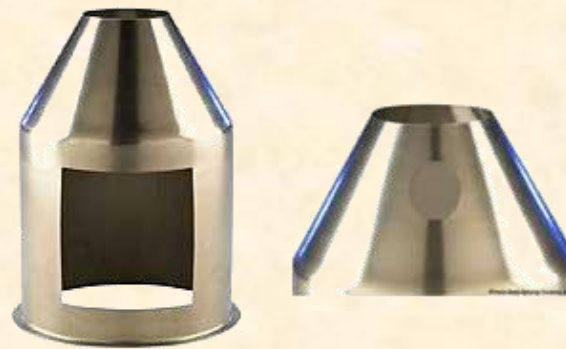
2) **Hydroforming**



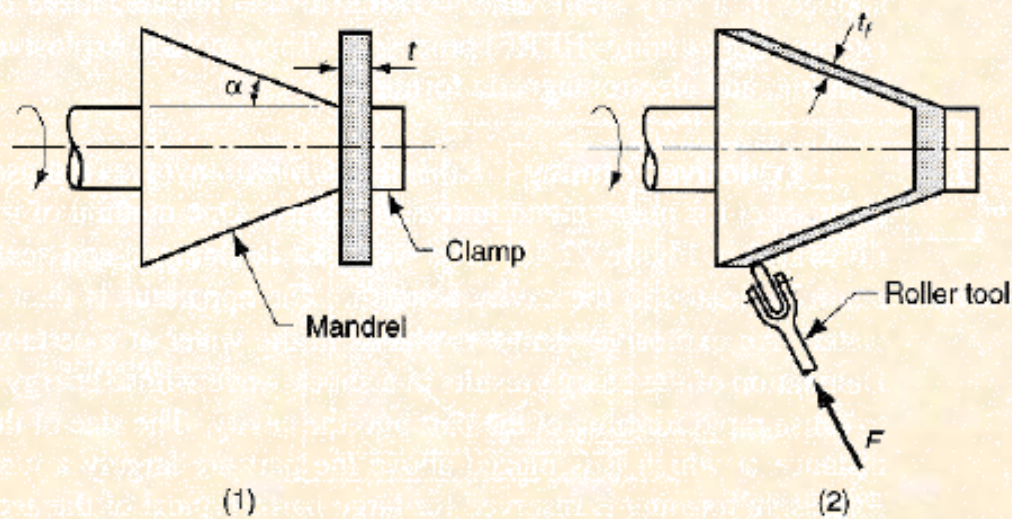
การขึ้นรูปด้วยวิธีการอื่น ๆ

1) การปั่นขึ้นรูป (Spinning)

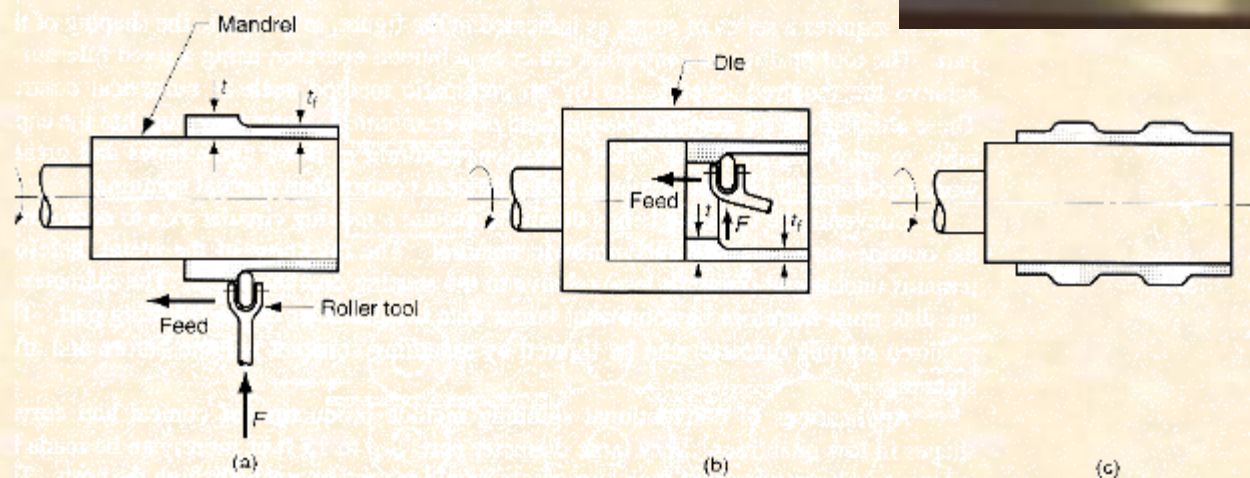
การปั่นแบบสม่ำเสมอ (Conventional Spinning)



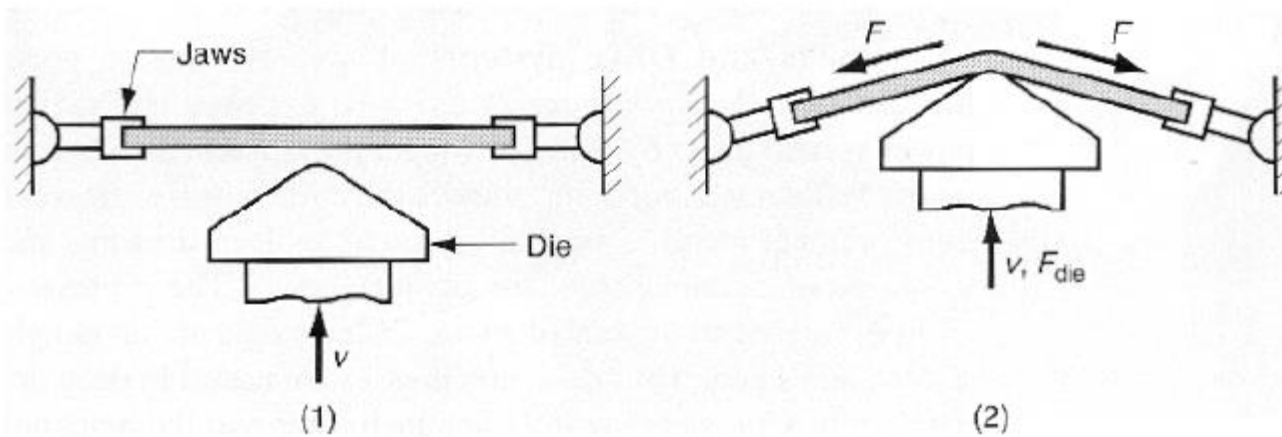
การปั่นแบบเฉือน (Shear Spinning)



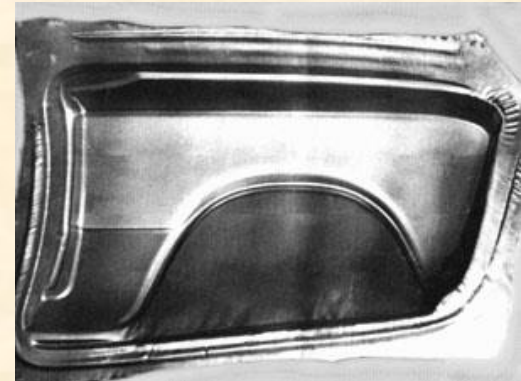
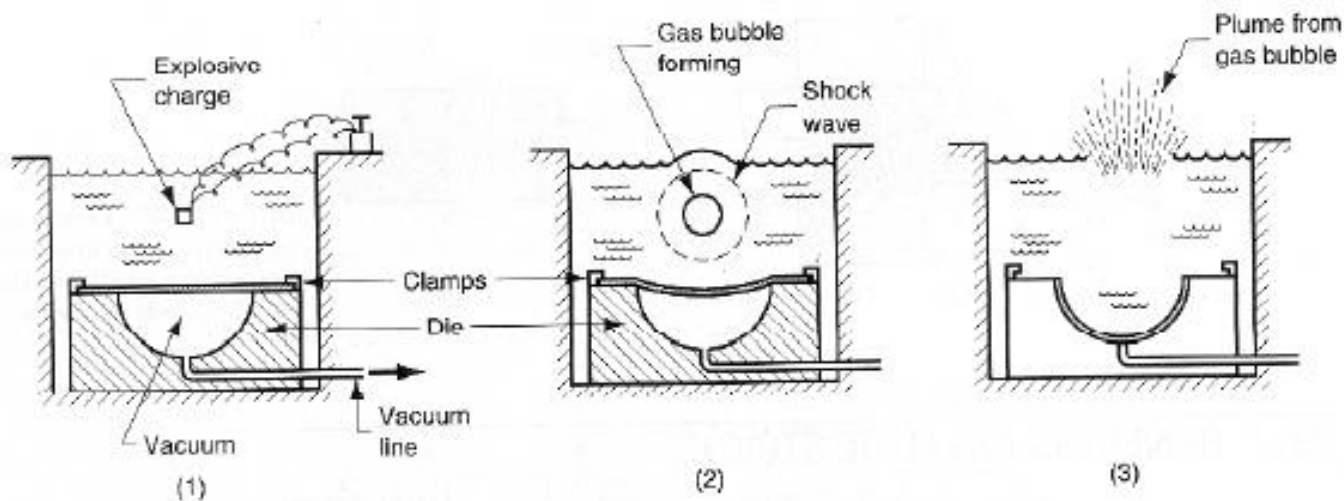
การปั่นท่อ (Tube Spinning)



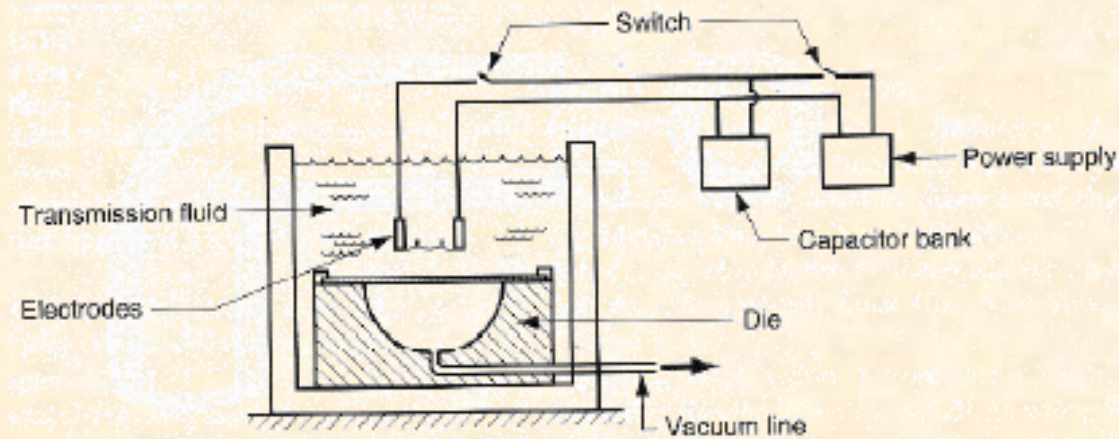
2) การยืดขึ้นรูป (Stretch Forming)



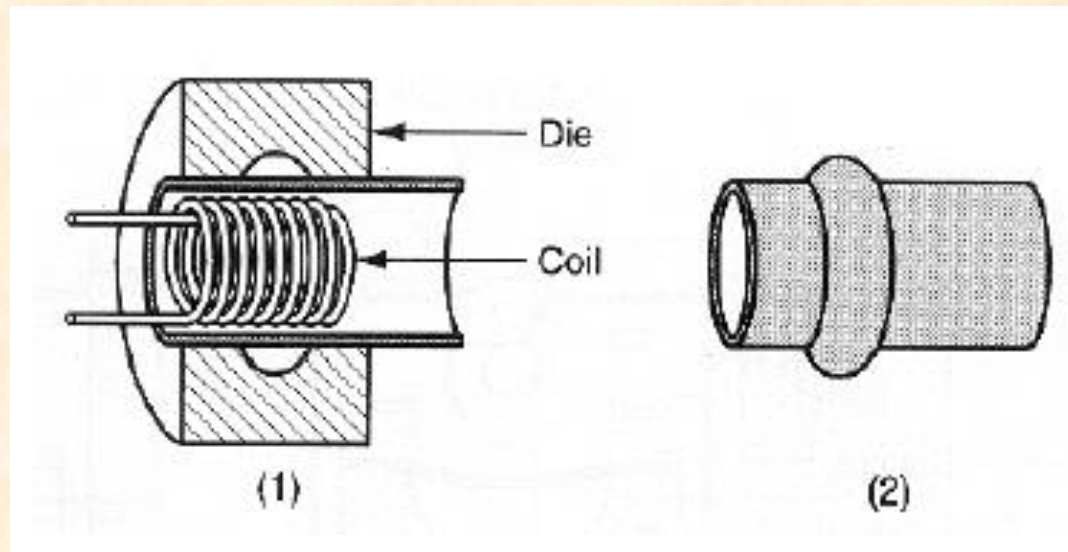
3) การขึ้นรูปด้วยระเบิด (Explosive Forming)



4) การขึ้นรูปแบบอิเล็กโทรไฮดรอลิก (Electrohydraulic Forming)



5) การขึ้นรูปแบบอิเล็กโทรแมกเนติก (Electromagnetic Forming)



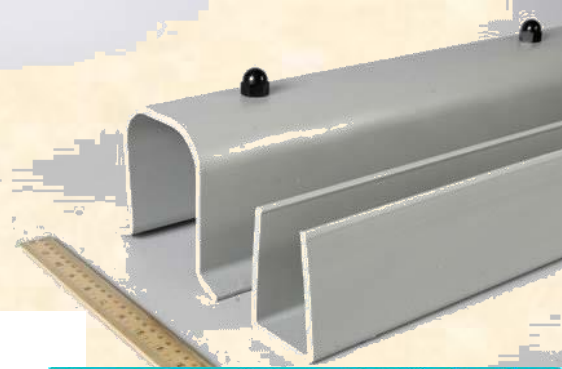
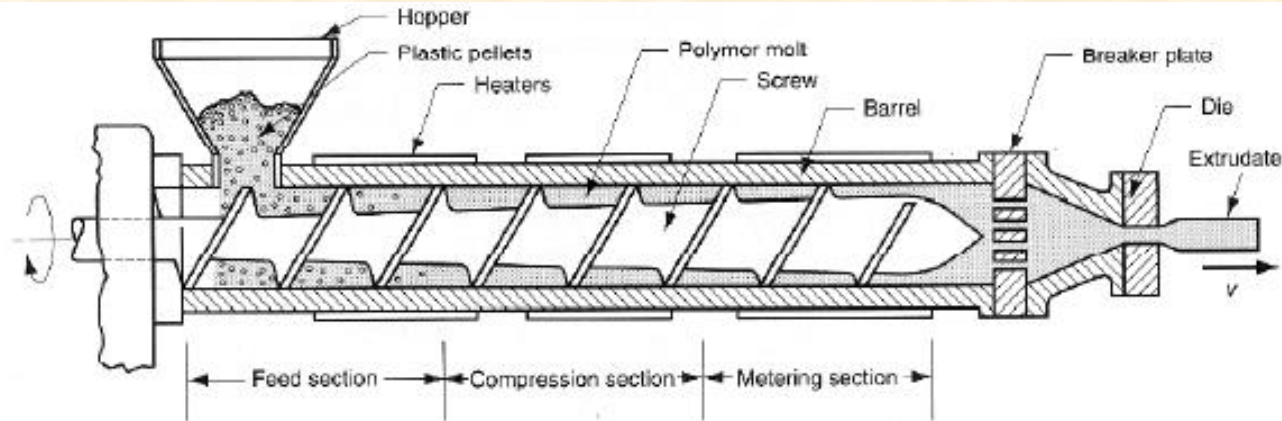
วิธีการผลิตโลหะผง (Methods of Powder Production)

1. การผสม (Mixing)
2. การอัดขึ้นรูป (Compaction)
3. การรีดขึ้นรูปโลหะผง (Powder Rolling)
4. การดันขึ้นรูปโลหะผง (Powder Extrusion)
5. การตีขึ้นรูปโลหะผง (Powder Forging)
6. การฉีดขึ้นรูปโลหะผง (Powder Injection Molding)
7. กรรมวิธีซินเตอร์ริง (Sintering Process)

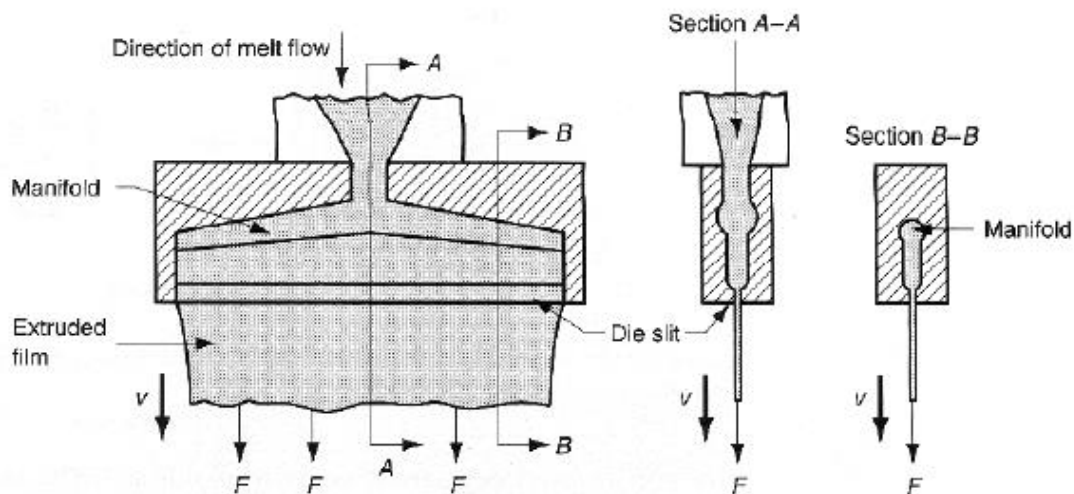


การขึ้นรูปพลาสติก และการสร้างชิ้นงานต้นแบบ

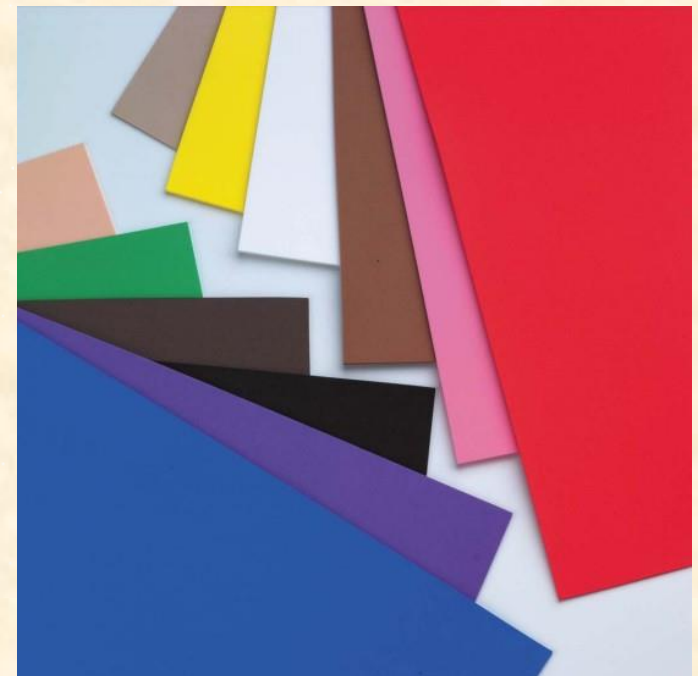
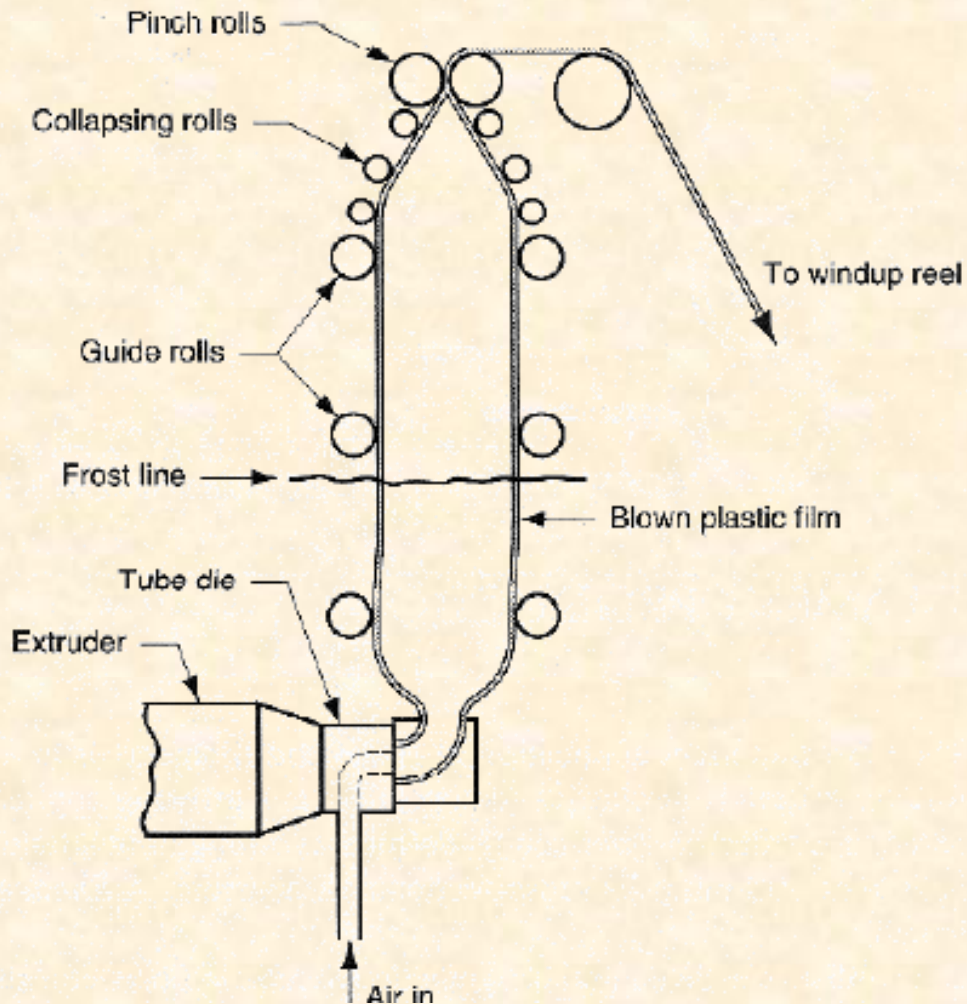
การดันขึ้นรูป (Extrusion)



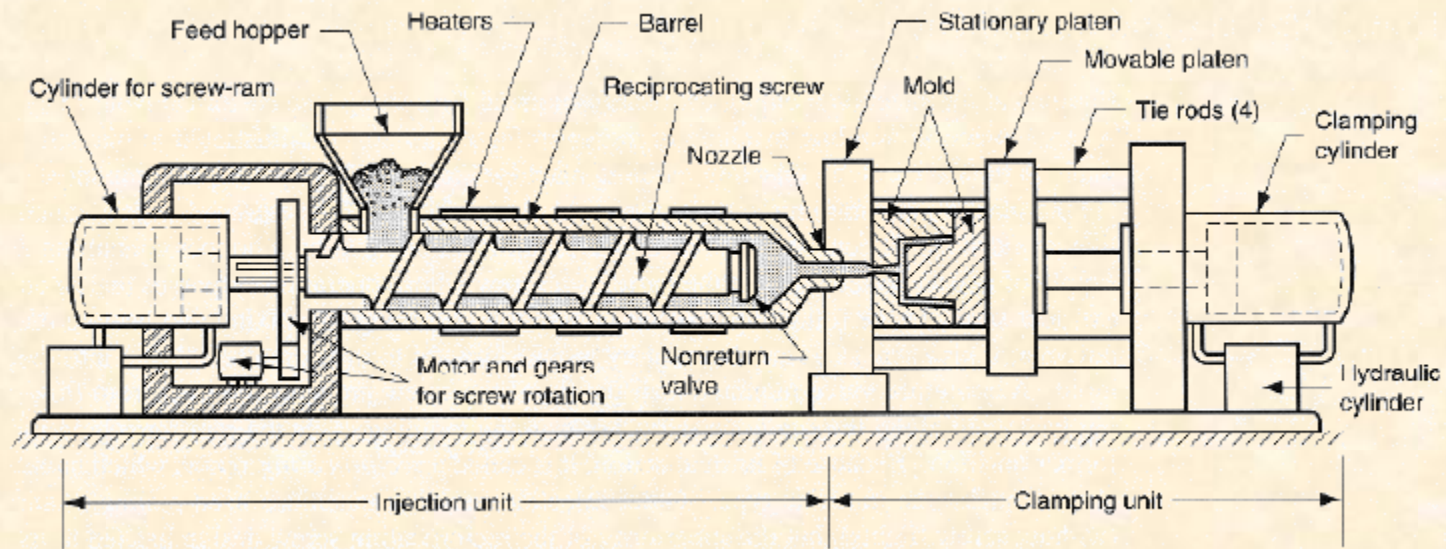
การดันขึ้นรูปพลาสติกแผ่นบาง (Extrusion of Film Plastic)



กระบวนการดันเป่าพลาสติก (Blown-Film Extrusion Process)

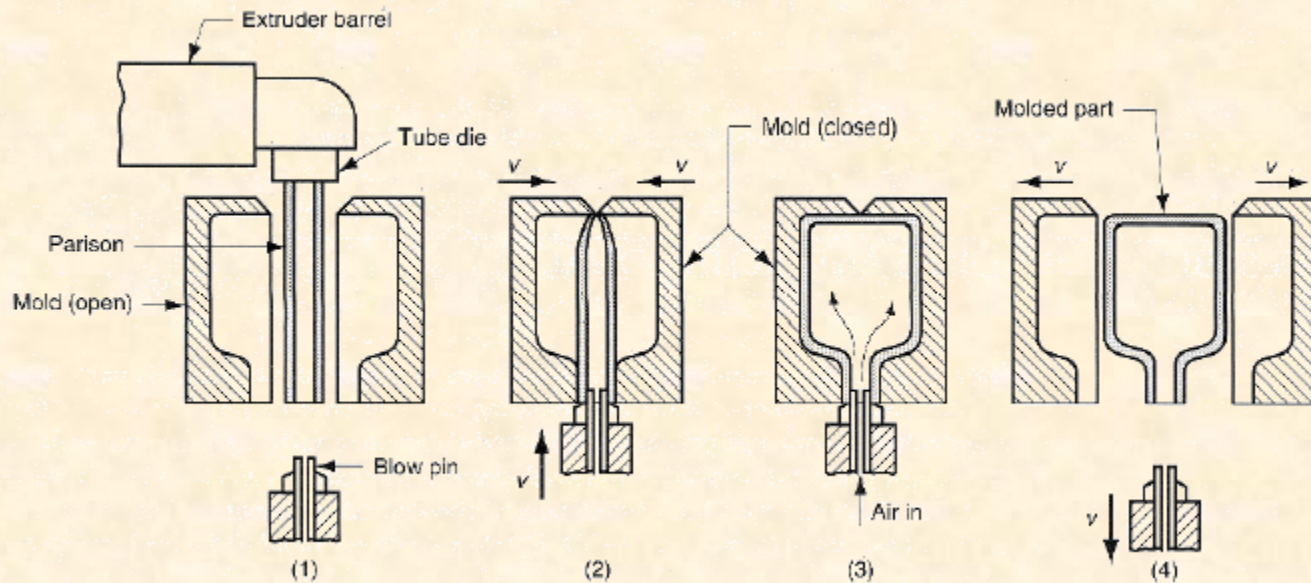


การฉีดพลาสติก (Injection Molding)

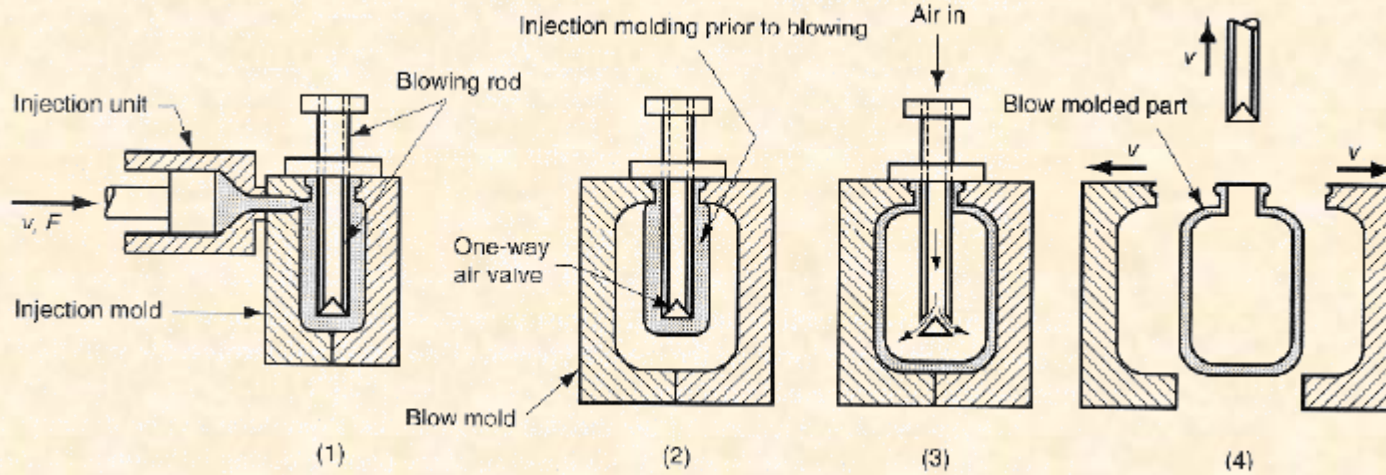


การเป่าพลาสติก (Blow Molding)

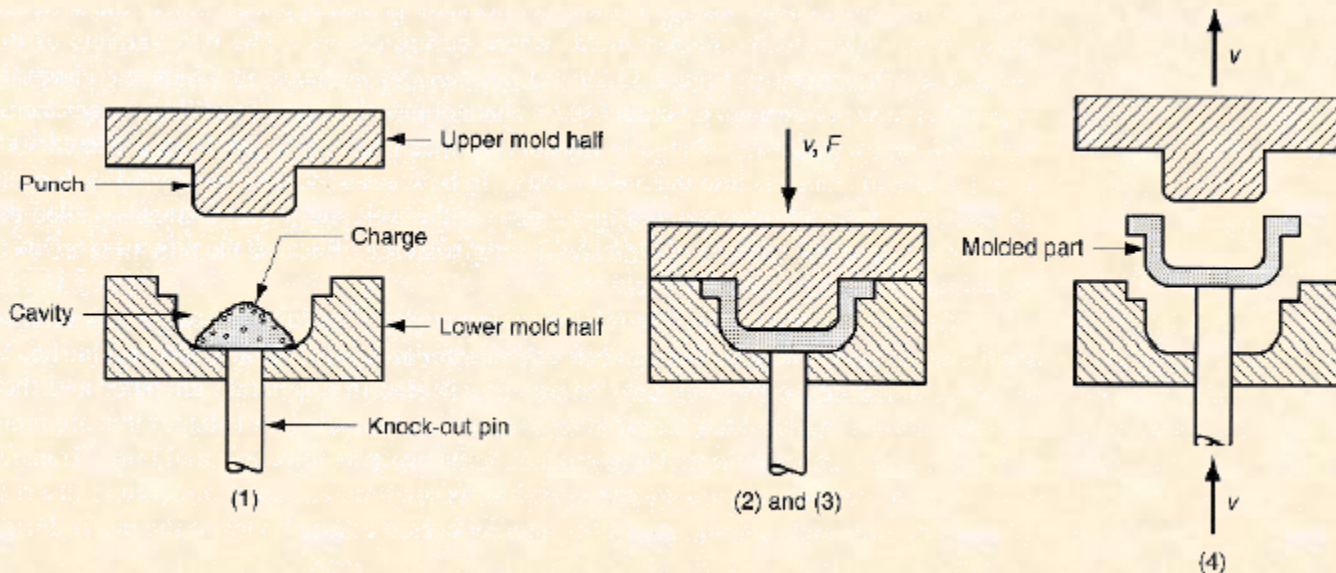
1) การดันเป่าขึ้นรูป (Extrusion Blow Molding)



2) การฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding)

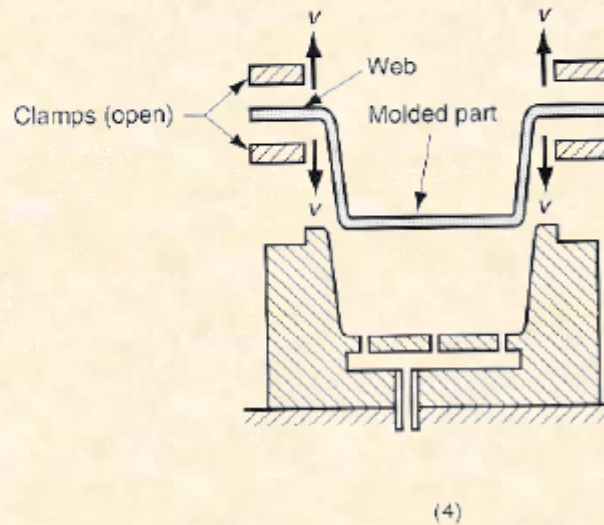
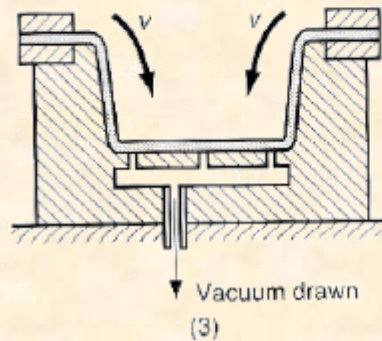
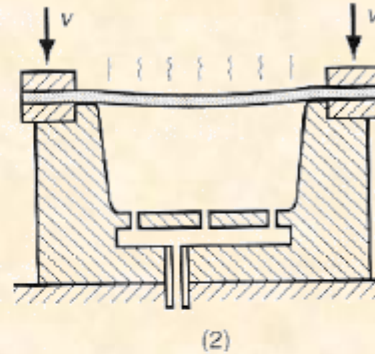
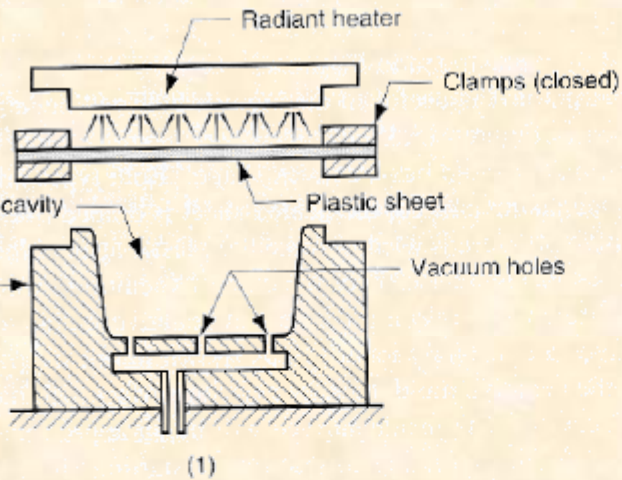


3) การอัดขึ้นรูป (Compression Molding)

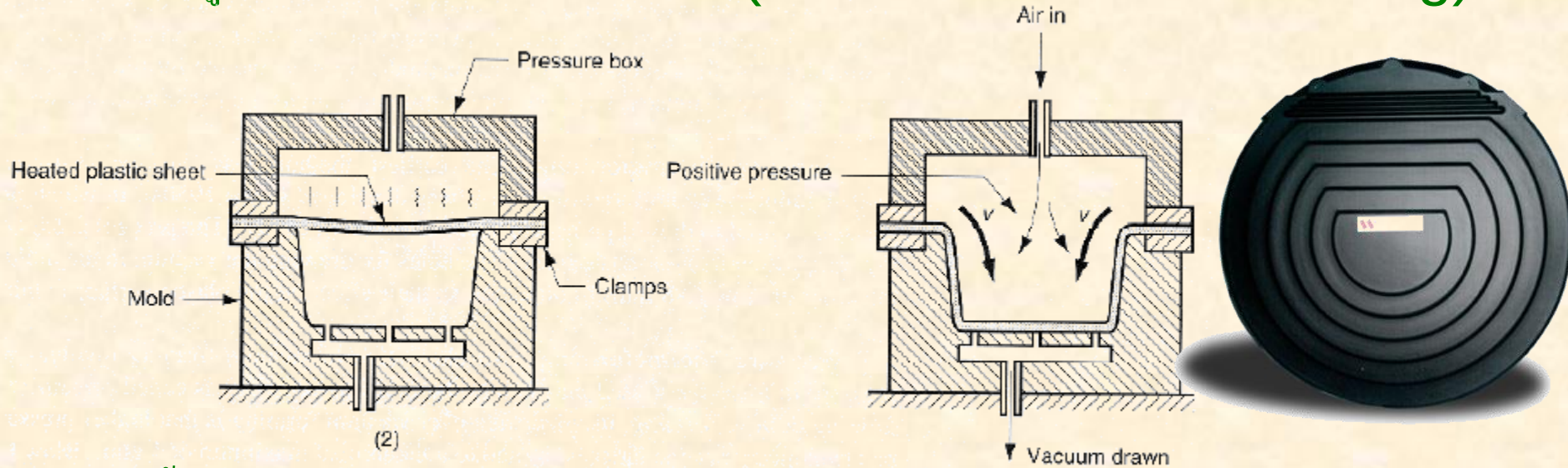


การขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อน (Thermoforming)

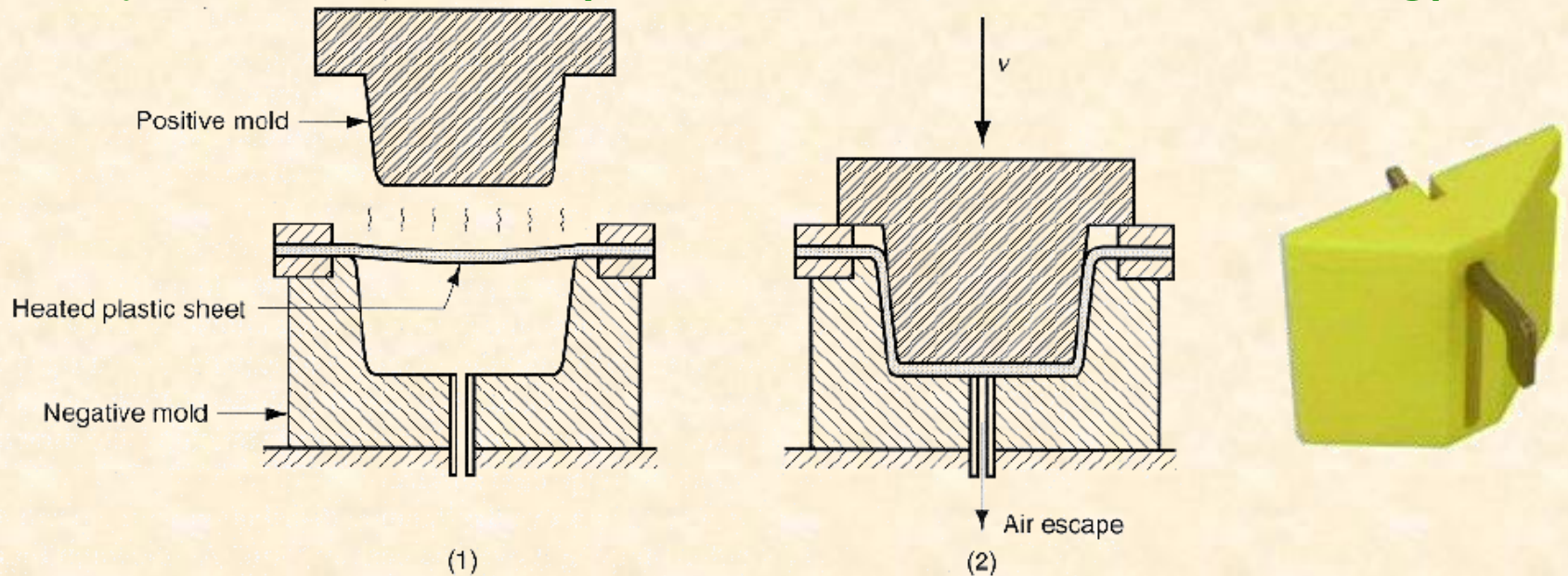
1) การขึ้นรูปด้วยความร้อนแบบสุญญากาศ (Vacuum Thermoforming)



2) การขึ้นรูปด้วยความร้อนแบบใช้แรงดัน (Pressure Thermoforming)



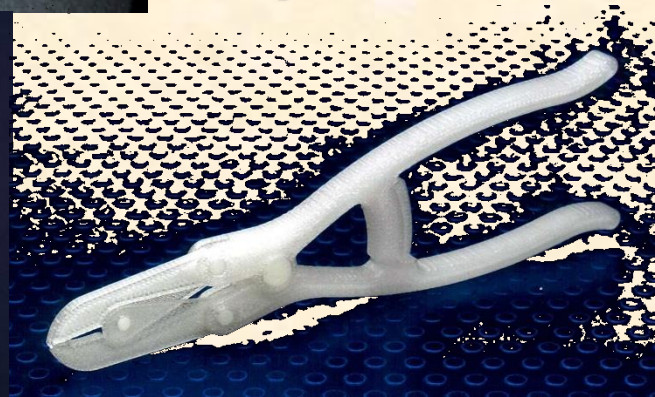
3) การขึ้นรูปด้วยความร้อนทางกล (Mechanical Thermoforming)



การสร้างชิ้นงานต้นแบบ (Rapid Prototyping)



dimension.



เอกสารอ้างอิง

1. ชลิตต์ มธุรสมนตรี ปราโมทย์ พูนนายม กุลชาติ จุลเพ็ญ, กระบวนการผลิต (Manufacturing Processes) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, กรุงเทพฯ, 2544
2. สารัมย์ บุญมี, Engineering Materials – วัสดุวิศวกรรม และ foundry sands, สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. อนุวัฒน์ จุติลาภถาวร, กรรมวิธีการผลิต2, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์ ,2548
4. SCHULER, Metal Forming Handbook, Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York, 1998
5. Repp McCarthy, Metalwork Technology and Practice, New York, 1989
6. Matthew Yuen, Extrusion , Research. May 15, 2009 from <http://faculty.ksu.edu.sa/maesaleh/IE%20351/Ch6-Extrusion.ppt>
7. ทวี เทศเจริญ, กรรมวิธีการผลิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2536.
8. สารัมย์ บุญมี, Engineering Materials, สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, Research. May 15, 2008 from <http://www.sut.ac.th/Engineering/Metal/courses/engmat.html>
9. ปัญญา บัวสมบุรา และอุษณีย์ กิตกำธร, Physical Metallurgy Lab I, สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, Research. May 15, 2012 from <http://www.sut.ac.th/Engineering/Metal/courses/phymet1.html>