

2109101 วัสดุวิศวกรรม

การขึ้นรูปโลหะ

1

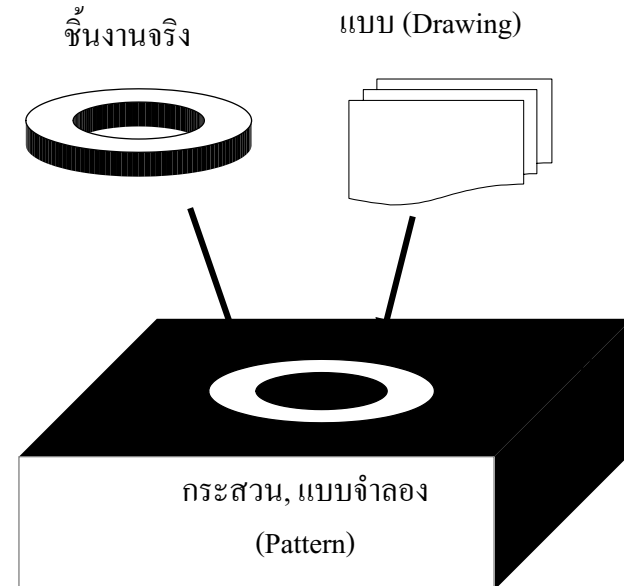
กรรมวิธีการขึ้นรูปโลหะ

- การหล่อโลหะ (Metal Casting) ↑ ขึ้นรูปจากโลหะเหลว
- กรรมวิธีการขึ้นรูปทางกล (Mechanical Working) ↑ Remove ส่วนเกินออก ↑ ทำให้เกิดการแปรรูปถาวร
- กรรมวิธีกลึงไสตัดเจาะ (Machining)
- กรรมวิธีต่อเชื่อมโลหะ (เชื่อม, บัดกรี, Blazing)
- กรรมวิธีโลหะผง (Powder Metallurgy) ↑ ขึ้นรูปจากผงโลหะ ↑ นำหลายชิ้นมาต่อกัน

2

กรรมวิธีหล่อโลหะ

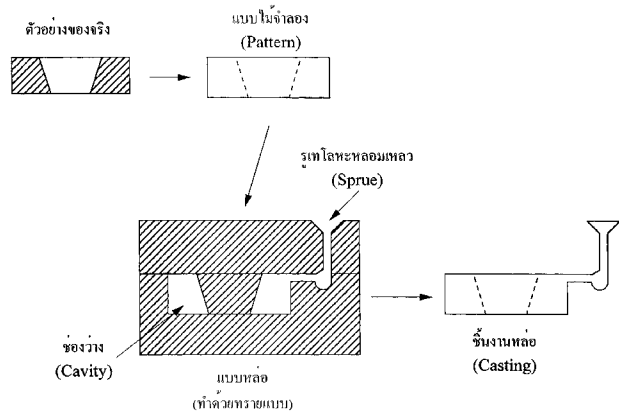
- หล่อด้วยแบบทราย (Sand Mould Casting) ⇨
- หล่อด้วยแบบหล่อถาวร (Permanent Mould Casting) ⇨
- หล่อฉีด/ไดคาสติง (Die Casting, High Pressure Die Casting, HPDC) ⇨
- หล่อโดยใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal Casting)



4

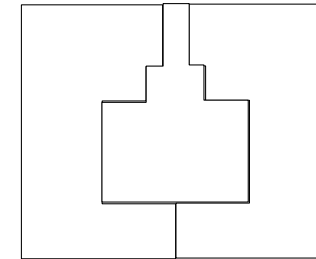
ส่วนประกอบในงานหล่อโลหะ

- ต้นแบบ (แบบ, กระสวน), แบบหล่อ, รูเทและระบบทางเดินโลหะเหลว



5

การหล่อด้วยแบบหล่อถาวร (Permanent Mould Casting)

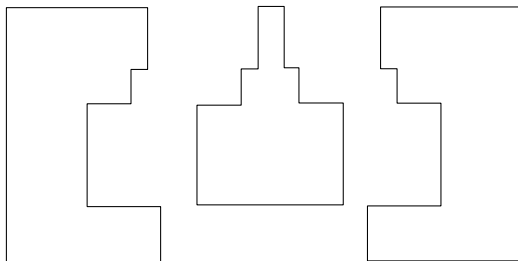


แม่พิมพ์ (Die)

ทำจากเหล็กเครื่องมือ
ขึ้นรูปร้อน (Hot Work
Tool Steel) เช่น H13

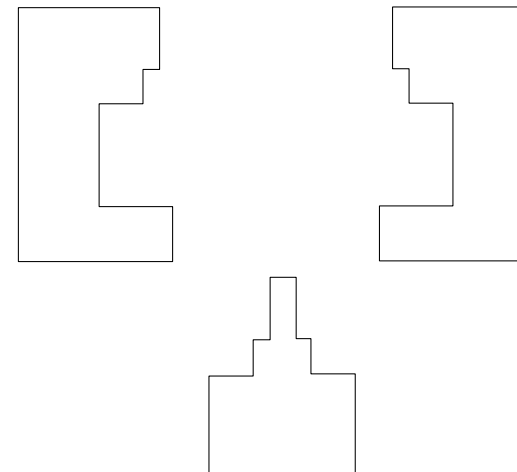
6

การหล่อด้วยแบบหล่อถาวร (Permanent Mould Casting)



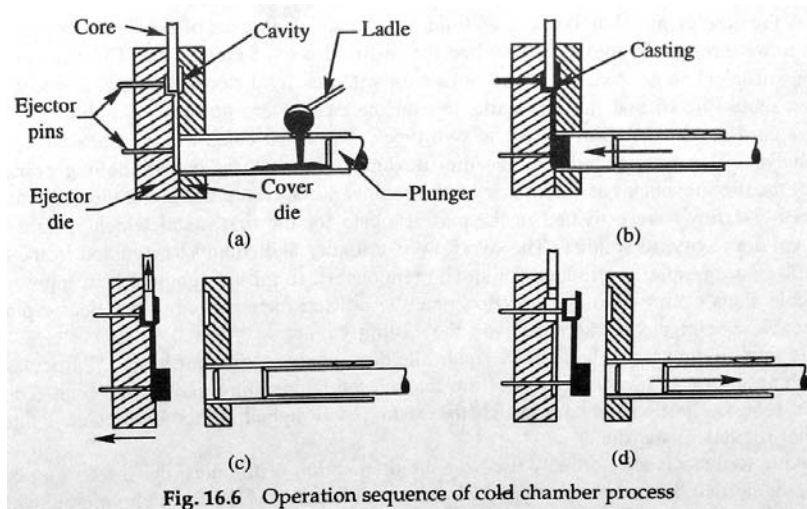
7

การหล่อด้วยแบบหล่อถาวร (Permanent Mould Casting)



8

การหล่อฉีด/ไดคาสติง (Die Casting, HPDC)



9

การหล่อโลหะ (Casting or Foundry)

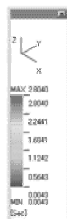
ข้อดีของการหล่อโลหะ

- มีความยืดหยุ่นในเรื่องการลงทุน
- มีความยืดหยุ่นในเรื่องขนาดและจำนวนชิ้นงานที่จะผลิต
- ใช้กับโลหะบางชนิดที่ไม่สามารถทำการขึ้นรูปได้ เช่น เหล็กหล่อ
- ผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างสลับซับซ้อนได้ ซึ่งไม่สามารถทำได้โดยการขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีทางกล

10

กรรมวิธีการขึ้นรูปทางกล

- ทำให้ชิ้นงานโลหะ (ของแข็ง) เกิดการแปรรูปถาวร (Plastic Deformation)
- เช่น
 - การรีดผลิตภัณฑ์ยาว (Long Product Rolling)
 - การรีดผลิตภัณฑ์แผ่น (Flat Product Rolling)
 - การทุบขึ้นรูป (Forging)
 - การอัดขึ้นรูป (Extrusion)
 - การดึงลวด (Wire Drawing)
 - การขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Forming)

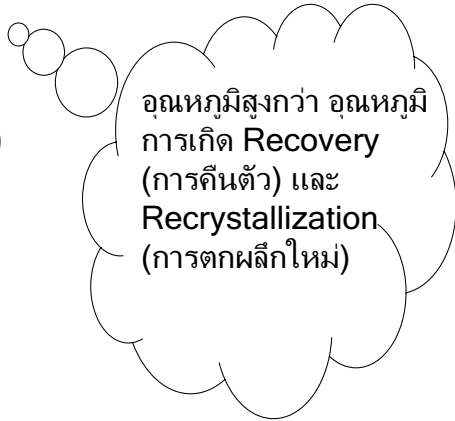


11

12

รูปแบบของการขึ้นรูปทางกล

- การขึ้นรูปร้อน (Hot Working)
- การขึ้นรูปเย็น (Cold Working)



13

การขึ้นรูปร้อน (Hot Working)

- ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อย เนื่องจากโลหะอยู่ในสภาพที่มีกำลังวัสดุ (Strength) ต่ำ และสามารถแปรรูปได้มากเพราะมีความเหนียวสูง
- ปัญหาเรื่องขนาดของชิ้นงานที่ได้, ความสวยงามของผิวอันเนื่องจากการเกิด oxidation

14

การขึ้นรูปเย็น (Cold Working)

- ต้องใช้แรงในการขึ้นรูปมาก ปริมาณการแปรรูปมีขอบเขตจำกัด
- โลหะที่ผ่านการขึ้นรูปเย็นแล้ว จะมีความแข็งแรงสูงขึ้น แต่มีความเหนียวลดลง (ต้องอบอ่อนหากจะนำไปขึ้นรูปขั้นต่อไป)
- ควบคุมขนาดสุดท้ายได้แน่นอน
- ผิวของโลหะเรียบสวยงาม

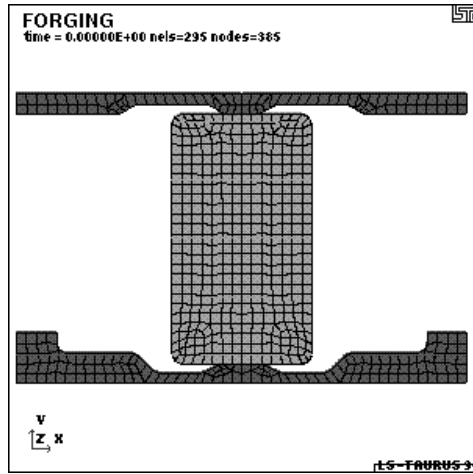
15

การทุบขึ้นรูป (Forging)

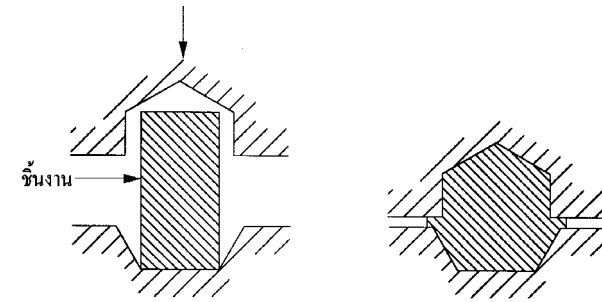


- Closed Die Forging
- Drop Forging

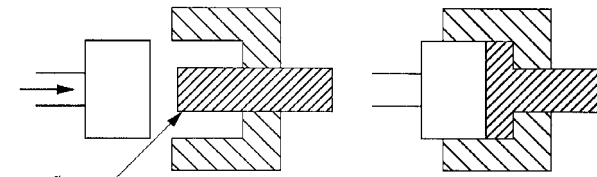
16



http://www.engineering-eye.com/products/lodyna/example/Metal_Forming/forg2d-2.html



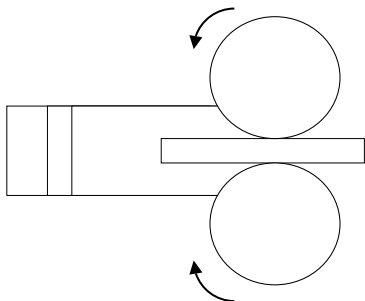
Drop Forging



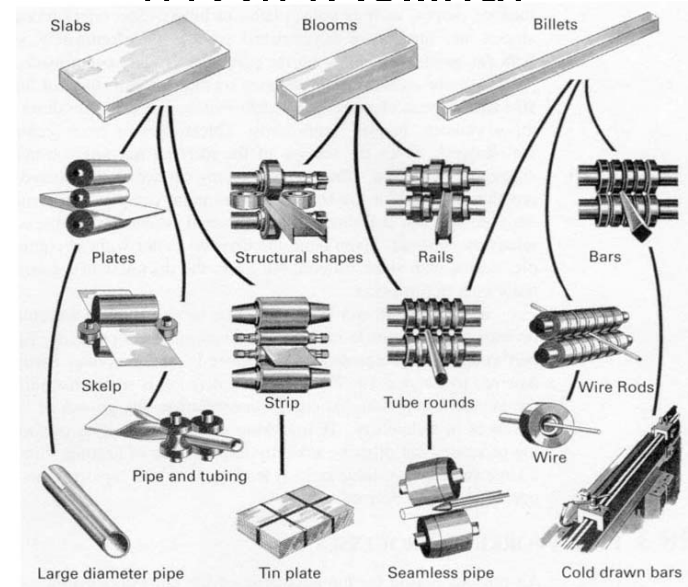
Upset Forging

การรีด (Rolling)

- การรีดผลิตภัณฑ์ยาว (Long Products or Shape Products)
- การรีดผลิตภัณฑ์แผ่น (Flat Products)

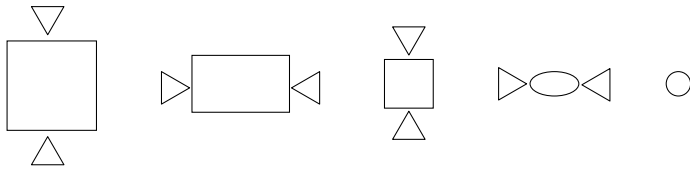


การรีด (Rolling)



Long Products/ Shape Products

- เช่น การรีดเหล็กเส้นก่อสร้าง, เหล็กหน้าตัดสำหรับงานโครงสร้าง
- ในโลหะเหล็กกล้า มักจะผลิต Long Products ด้วยกรรมวิธีรีดร้อน
- (โลหะนอกกลุ่มเหล็กบางตัว ผลิตเป็น Long Products ด้วยกรรมวิธีรีดเย็น)



21

Flat Products

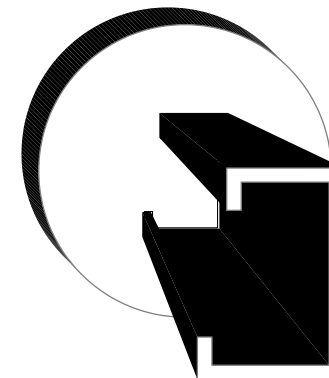
- เริ่มต้นจาก Slab
- จะรีดลดความหนาลงมาเรื่อย ๆ
- ในขั้นตอนแรกมักจะทำการรีดร้อนก่อน
- ผลิตภัณฑ์สุดท้าย (ต้องการความบางมาก) ใช้วิธีรีดเย็น เพื่อให้ได้ขนาด (ความหนา) ที่แน่นอน และได้ผิวสวยงาม

22

การอัดขึ้นรูป (Extrusion)

- เป็นการขึ้นรูปร้อน
- ใช้กับโลหะที่มีความเหนียวสูง เช่น อะลูมิเนียม
- ผลิตภัณฑ์ยาว ที่มีหน้าตัดซึ่งไม่สามารถรีดได้
- แบ่งเป็น
 - Direct Extrusion
 - Indirect Extrusion

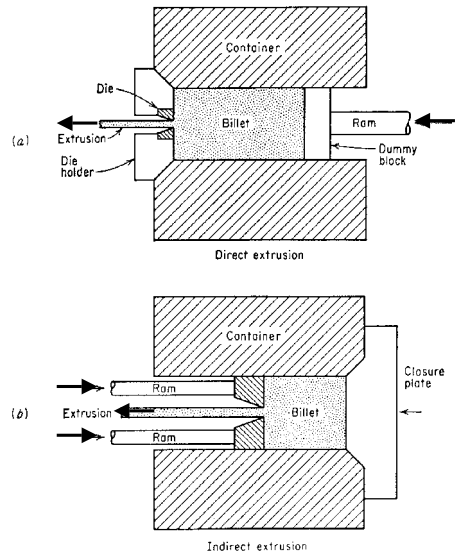
การอัดขึ้นรูป (Extrusion)



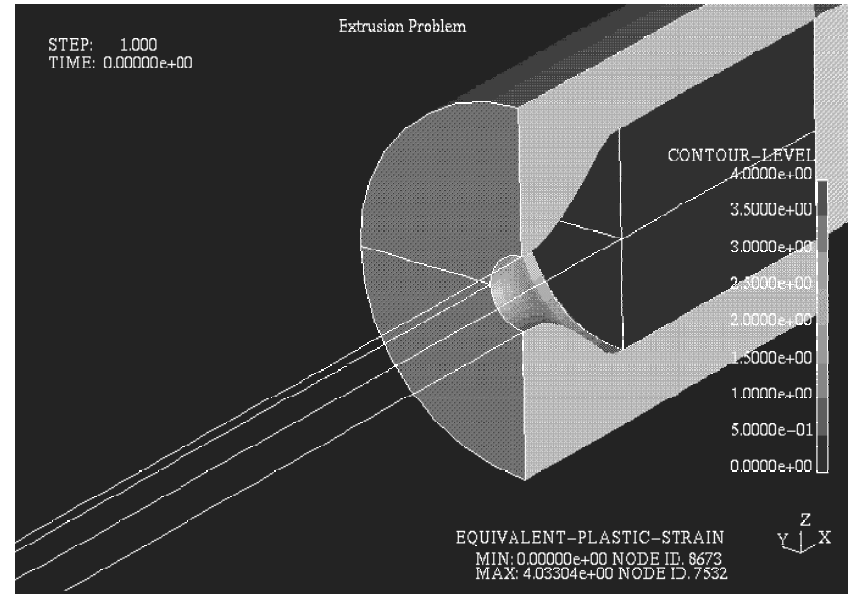
23

24

การอัดขึ้นรูป (Extrusion)



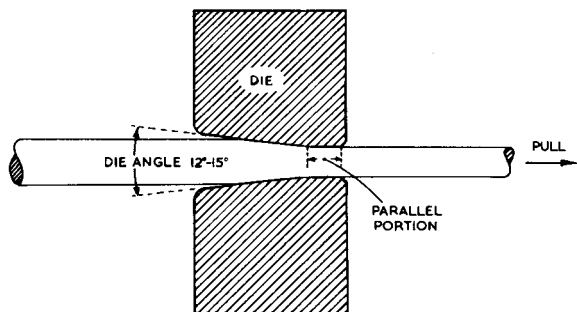
25



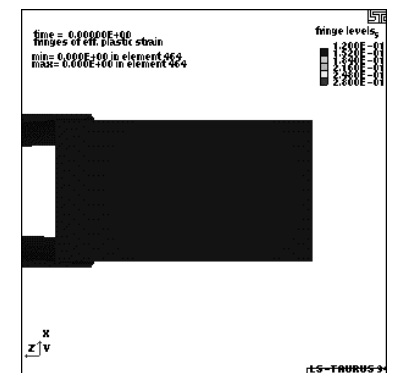
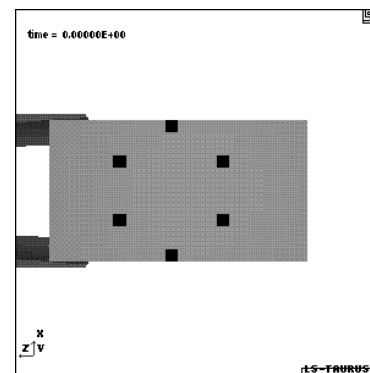
26

การดึงโลหะ (Drawing) การดึงลวด (Wire Drawing)

- เป็นการขึ้นรูปเย็น
- ทำให้ลวดมีความแข็งแรงสูงขึ้น



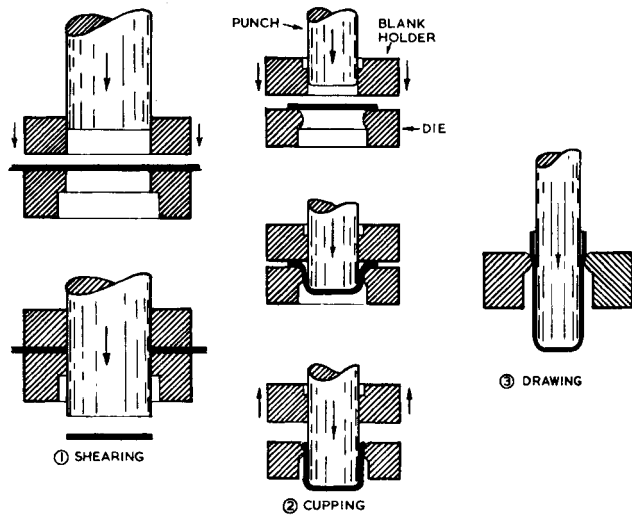
27



28

Deep Drawing/ Sheet Metal Forming

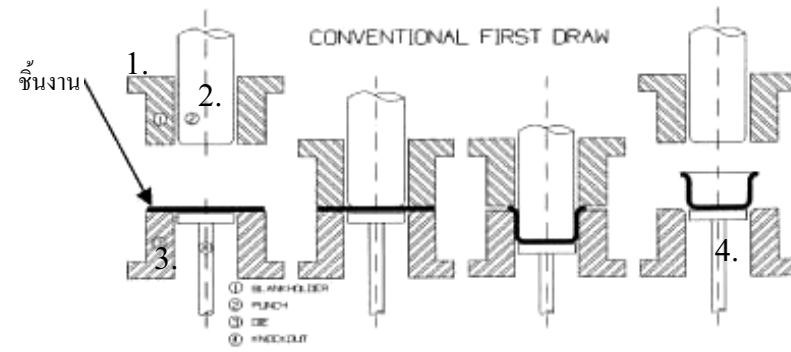
การลากขึ้นรูป/การขึ้นรูปโลหะแผ่น



29

Deep Drawing/ Sheet Metal Forming

การลากขึ้นรูป/การขึ้นรูปโลหะแผ่น

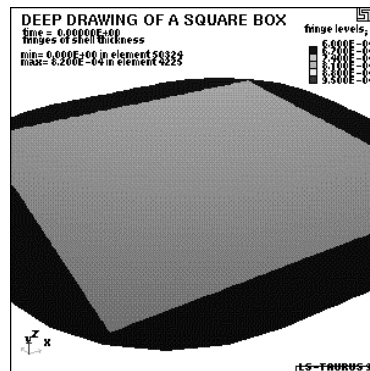
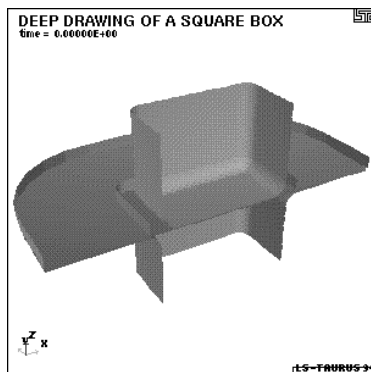


1. Blank holder

2. Punch

3. Die

4. Knockout



http://www.engineering-eye.com/products/lsdyna/example/Metal_Forming/punch.html

31

กรรมวิธีโลหะผง (Powder Metallurgy)

- การผลิตผงโลหะ
- การผสมผงโลหะ
- การอัดผงโลหะในแบบ
- การเผาพูนิก (Sintering)

32

กรรมวิธีโลหะผง (Powder Metallurgy)

- การผลิตผงโลหะ
- การผสมผงโลหะ
- การอัดผงโลหะในแบบ
- การเผาผนึก (Sintering)

ตัวอย่าง

- โลหะแข็ง, จุดหลอมเหลวสูง เช่น ทังสแตน ใช้วิธีบด (Mill Grinding)
- โลหะอ่อน, จุดหลอมเหลวต่ำ เช่น อะลูมิเนียม ใช้วิธีพ่นให้เป็นละออง (Atomizing)

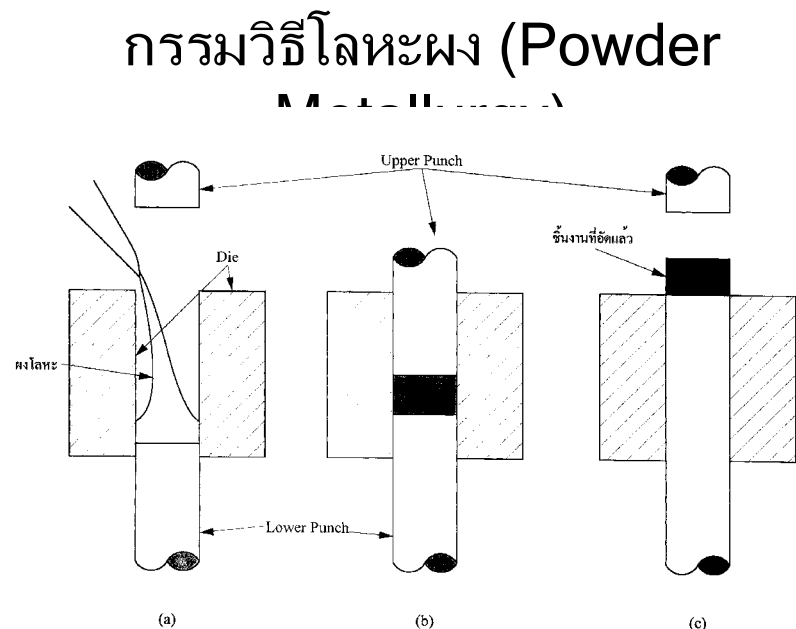
กรรมวิธีโลหะผง (Powder Metallurgy)

- การผลิตผงโลหะ
- การผสมผงโลหะ
- การอัดผงโลหะในแบบ
- การเผาผนึก (Sintering)

อาจจะมีโลหะหลายชนิด มีการเติมตัวประสาน สามารถผสมได้ทั้งในสภาพเปียก และสภาพแห้ง

กรรมวิธีโลหะผง (Powder Metallurgy)

- การผลิตผงโลหะ
- การผสมผงโลหะ
- การอัดผงโลหะในแบบ
- การเผาผนึก (Sintering)



กรรมวิธีโลหะผง (Powder Metallurgy)

- การผลิตโลหะผง
- การผสมผงโลหะ
- การอัดผงโลหะในแบบ
- การเผาผนึก (Sintering)

เผาที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลว เกิดการประสานกันของผงโลหะ โดยกระบวนการแพร่ของอะตอมในสภาพของแข็ง (Diffusion in Solid State)

37

Sintering

FIGURE 14.24 For a powder compact, microstructural changes that occur during firing. (a) Powder particles after pressing. (b) Particle coalescence and pore formation as sintering begins. (c) As sintering proceeds, the pores change size and shape.

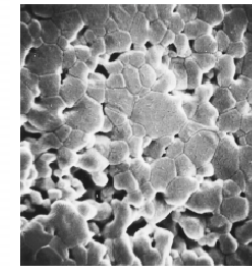
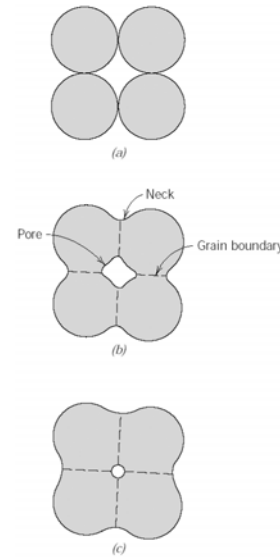


FIGURE 14.25 Scanning electron micrograph of an aluminum oxide powder compact that was sintered at 1700°C for 6 min, 5000x. (From W. D. Kingery, H. K. Bowen, and D. R. Uhlmann, *Introduction to Ceramics*, 2nd edition, p. 483. Copyright © 1976 by John Wiley & Sons, New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.)

38

ข้อดีของกรรมวิธีขึ้นรูปโลหะผง

- สามารถใช้ขึ้นรูปวัสดุที่มีจุดหลอมเหลวสูง ๆ ได้
- เนื่องจากการทำ Sintering เป็นกระบวนการที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงในสภาพของแข็ง ดังนั้นการหดตัวจะมีน้อยกว่าในงานหล่อโลหะ ทำให้ได้ขนาดที่แน่นอนกว่า

39