

Prince of Songkla University

Faculty of Engineering

Final Examination: Semester 2

Academic Year: 2011

Date: February 25, 2012

Time: 9:00-12:00

Subject: 237-510 Powder Metallurgy

Room: A401

ทฤษฎีในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

Name Last name Student ID.....

Instruction:

1. There are 14 questions 120 points and Bonus 9 points (10 pages)
2. Attempt all questions.
3. Only a hand-written note on two-sided A4 and a calculator are allowed.
4. Borrowing things form other students is prohibited.

Napisphon Meemongkol

Instructor

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	20		8	10	
2	10		9	6	
3	5		10	5	
4	10		11	5	
5	12		12	5	
6	6		13	20	
7	6		14	9	

1. (20 คะแนน) จงจับคู่โดยนำหัวข้อของข้อความทางด้านขวามือที่มีใจความสอดคล้องที่สุดกับข้อความทางด้านซ้ายมาใส่ไว้หน้าหัวข้อทางด้านซ้าย

.....	1. การแพร่ของวาเคนซีออกจากรูพรุนมีผลต่ออัตรา การแน่นตัว	ก) ไดลาโทมิเตอร์ ข) การอบผนึกเฟสของเหลว
.....	2. เหมาะสำหรับการทำชิ้นงานที่มีความหนาแน่นน้อยมาก และความหนาคงที่ตลอด	ค) การฉีดขึ้นรูปผงโลหะ ง) Tape casting
.....	3. เหมาะสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานขนาดเล็ก และมี ปริมาณการผลิตสูง	จ) การอบผนึกขั้นตอนสุดท้าย ฉ) ทำให้ไม่เกิดการแน่นตัว
.....	4. ขั้นตอนที่รวมเอาการเผาไล่สารหล่อลื่น และสารยึด ออกจากชิ้นงาน	ช) Surface transport ซ) Viscous flow
.....	5. กระบวนการเปลี่ยนรูปที่มีอัตราการผลิตเพิ่ม ความเครียดสูง	ฌ) Shaping ญ) Rearrangement
.....	6. เครื่องมือหนึ่งที่ใช้วัดปริมาณการหดตัวระหว่างอบ ผนึก	ฎ) ส่งผลให้เกิดการแน่นตัว ฏ) Coordination number
.....	7. ลักษณะเตาอบผนึกที่ไม่เหมาะสำหรับใช้ใน อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนจากผงวัสดุ	ฐ) การอบผนึกขั้นตอนกลาง ฑ) Plastic flow
.....	8. การที่รูพรุนเกาะติดกับขอบเกรน	ฒ) Apparent density
.....	9. พฤติกรรมแรกที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำในการอัด ขึ้นรูป	ณ) Compaction ด) Hot pressing
.....	10. กรรมวิธีการขึ้นรูปที่ไม่ใช้แรงกระทำหรือใช้แรง กระทำต่ำ	ต) Powder forging ถ) การอบผนึกขั้นตอนแรก
.....	11. อุปกรณ์ที่ใช้ส่งแรงดัน ให้ส่วนผสมไปยังหัวฉีด ใน การอัดรีดวัสดุผง	ท) Bulk transport ธ) Floating die
.....	12. พลาสติกที่นิยมนำมาใช้เป็นสารยึด	น) Double action pressing
.....	13. วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนรูป และการไหล ของวัสดุ	บ) Ejection force ป) Extrusion
.....	14. ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Shaping	ผ) Green density
.....	15. ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด ของการขึ้นรูปด้วยวิธี Slurry techniques	ฝ) Dispersant พ) Batch furnace
.....	16. ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นเมื่อบรรจุผงวัสดุใส่ภาชนะ	ฟ) Continuous furnace
.....	17. จำนวนอนุภาคที่อยู่ใกล้ชิตรอบอนุภาคหนึ่งๆ	ภ) Porous filter
.....	18. แม่พิมพ์ชนิดที่มีการเคลื่อนที่ของพินซ์ตัวเดียว แต่ เสมือนมีพินซ์สองตัวเคลื่อนหาแม่พิมพ์	ม) Thermoplastic ย) Pre-sintering
.....	19. กระบวนการผลิตที่ให้ทั้งความร้อนและแรงอัด ใน แนวแกนในเวลาเดียวกัน	ร) Slurry techniques ล) Rheology
.....	20. กลไกแรกที่เกิดขึ้นเมื่ออบผนึกชิ้นงานผงวัสดุที่ผ่าน การอัด	ว) Tap density ศ) Plunger

สูตรความสัมพันธ์ที่สำคัญ

$$\rho_g = \rho_a H_0 / H$$

$$H = H_0 - \Delta H$$

$$\psi = (\rho_s - \rho_g) / (\rho_T - \rho_g)$$

$$\rho_s = \rho_g / (1 - \Delta L/L_0)^3$$

$$C = C_0 [1 - (\gamma\Omega / kT)(R_1^{-1} + R_2^{-1})]$$

$$d\rho/dt = J A N \Omega$$

$$\varepsilon = 4\pi (r/G)^2$$

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{12 D_v \Omega}{kT G^3} \left(\frac{2\gamma}{r} - P_g \right)$$

$$\eta_M = \frac{\eta_B}{\left(1 - \frac{\phi}{\phi_C}\right)^2}$$

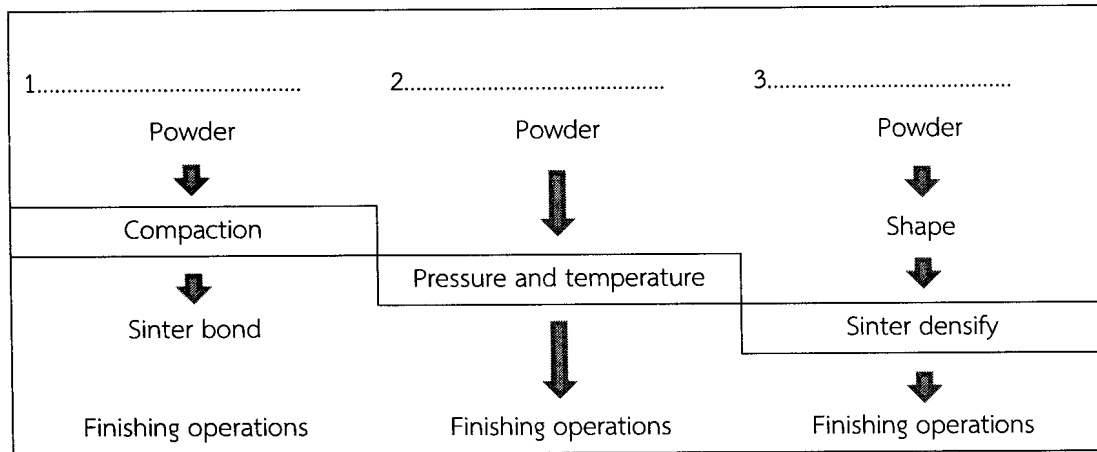
$$P_x = P \exp(-4 u z x / D)$$

s = sinter, g = green, T = theory, a = apparent, ψ = densification parameter,

ρ = density

2. (10 คะแนน) จากบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการที่ให้ค้นคว้า แพล และนำเสนอในห้องเรียน ให้ยกตัวอย่างเรื่องที่มีการนำเสนอมา 2 เรื่อง พร้อมระบุรายละเอียด เช่น ชื่อเรื่อง วัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย กรรมวิธีการวิจัย ผลที่ได้จากงานวิจัยในบทความนั้นๆ

3. (5 คะแนน) เทคโนโลยีกระบวนการผลิตวัสดุผง (Powder processing technologies) แบ่งได้เป็น 3 เส้นทางคืออะไรบ้าง (เติมที่หมายเลข 1 2 และ 3) ที่ขึ้นอยู่กับกระบวนการแน่นตัว (densification) ของผงโดยการให้แรงอัด การให้อุณหภูมิ หรือการให้ทั้งแรงอัดและอุณหภูมิ



4. (ข้อละ 1 คะแนน เป็น 10 คะแนน) จงให้ความหมายของคำต่อไปนี้มาพอเข้าใจ
- HIP
 - Spring back
 - Bulk transport
 - Viscous flow
 - Sintering Atmospheres
 - Slip mixture

g) Investment casting

h) Neck size ratio

i) Packing density

j) tetrakaidecahedron

5. (ข้อละ 3 คะแนน รวม 12 คะแนน) ให้ตอบคำถามต่อไปนี้

5.1 ยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Shaping มาสัก 3 ตัวอย่าง

5.2 ยกตัวอย่างกรรมวิธีกระบวนการขึ้นรูป ที่จัดอยู่ในประเภท Compaction มาสัก 3 วิธี

5.3 ในกระบวนการ Powder Injection Molding ต้องมีการผสมผงโลหะ กับ สารยึด อยู่ในรูปส่วนผสม
อยากทราบว่าความหนืดของส่วนผสม ขึ้นกับอะไรบ้าง

5.4 เพราะเหตุใดการอบผนึกผงโลหะจึงไม่ต้องการให้ขอบเกรนแยกกับรูพรุน และถ้าไม่ต้องการให้ขอบเกรน
แยกกับรูพรุน ควรควบคุมอย่างไร

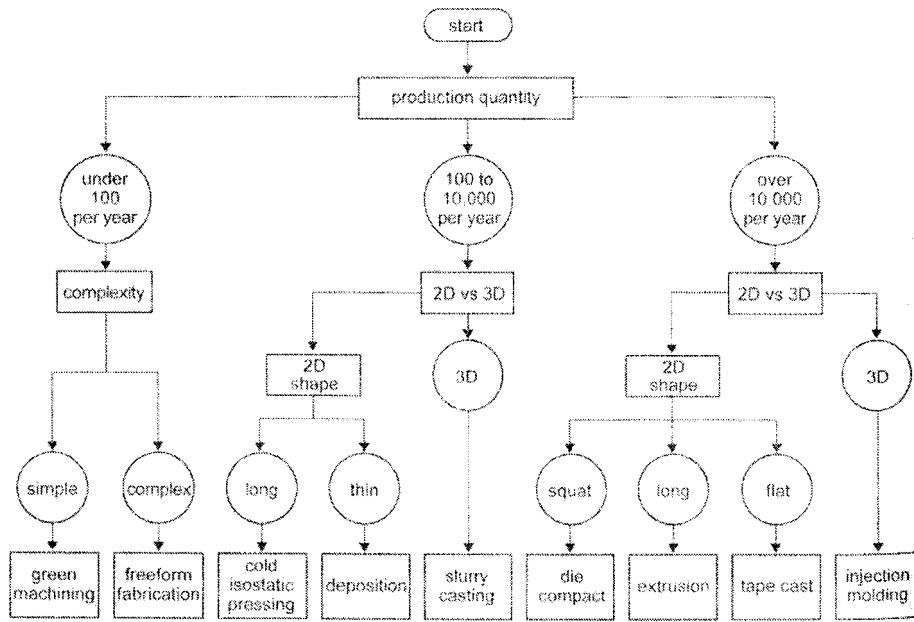
6. (6 คะแนน) ผงทองแดงที่ผ่านการอัดขึ้นรูปมีความหนาแน่นกรีนเป็น 73% ของความหนาแน่นทฤษฎี เมื่อนำไปผ่านการอบผงนิก จะได้พารามิเตอร์ของการแน่นตัวเป็น 80.75% จงคำนวณหาความหนาแน่นหลังอบผงนิก (เพิ่มขึ้นเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นทฤษฎี) และ ค่าความหดตัว

ความหนาแน่นหลังอบผงนิก =%

ความหดตัว =%

7. (6 คะแนน) ให้อธิบายอัตราการแน่นตัว (densification rate) ของการอบผงนิกวัสดุผงในขั้นตอนกลาง (intermediate stage) และขั้นตอนสุดท้าย (final stage) พร้อมทั้งบอกถึงความเหมือนและความแตกต่างที่เกิดขึ้นในขั้นตอนทั้งสอง
(ข้อแนะนำ: ให้อธิบายโดยใช้สมการการแน่นตัว ว่าขึ้นกับตัวแปรอะไรบ้าง)

8. (10 คะแนน) จากภาพ flow การตัดสินใจเลือกกรรมวิธีการผลิตดังแสดงในรูปด้านล่าง ให้อธิบายถึงผลของปัจจัยต่างๆ ทั้งสามปัจจัยอย่างละเอียด คือ ปริมาณการผลิตต่อปี ลักษณะรูปร่างของชิ้นงาน และ ต้นทุนการผลิต ที่มีผลต่อการเลือกกรรมวิธีการผลิต (ใช้ภาษาไทยทั้งหมดในการอธิบาย พร้อมทั้งให้ความหมายของศัพท์ที่เป็นภาษาอังกฤษที่ปรากฏในภาพ flow ด้วย)



พิจารณาปริมาณการผลิตต่อปี:

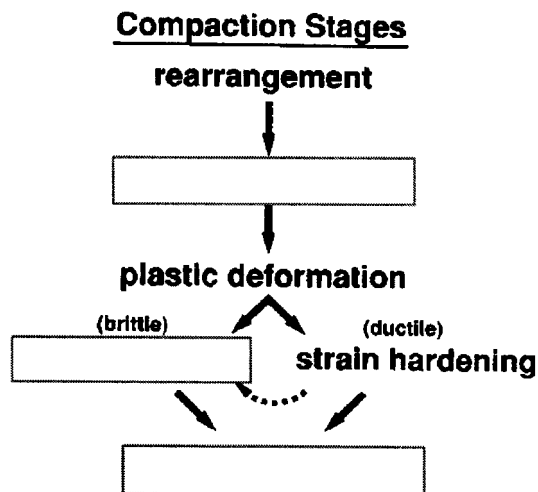
พิจารณารูปร่างลักษณะชิ้นงาน:

พิจารณาต้นทุนการผลิต:

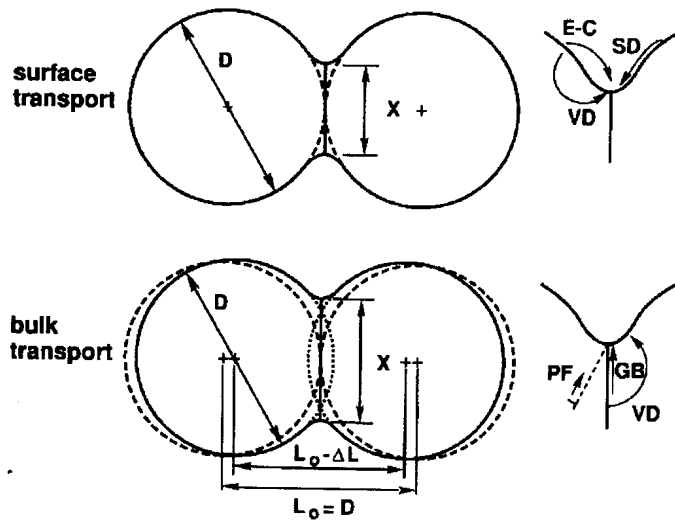
9. (6 คะแนน) ชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านการอัดขึ้นรูปชิ้นหนึ่ง มีความหนาแน่นกรีน (ก่อนอบพ่นิก) เป็น 5.75 g/cm^3 และมีค่าความหดตัวหลังการอบพ่นิกเท่ากับ 8.9% จงคำนวณหาความหนาแน่นของชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมหลังอบพ่นิก (เหล็กกล้าไร้สนิมมีความหนาแน่นทฤษฎีเป็น 8.03 g/cm^3)

ความหนาแน่นหลังอบพ่นิกคือ = กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

10. (5 คะแนน) ขั้นตอนของการอัดขึ้นรูปผงวัสดุ (Compaction Stages) เริ่มต้นจากบรรจุผงวัสดุลงในแม่พิมพ์ และให้แรงอัด มีพฤติกรรมต่างๆ เกิดขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งพฤติกรรมสุดท้ายจะเป็นการเสียรูปแบบมวลรวม แสดงดังภาพ ให้เติมพฤติกรรมในช่องว่างให้สมบูรณ์



11. (5 คะแนน) ในกระบวนการอบผนึกผงโลหะ มีกลไกการเคลื่อนที่ 2 ชนิด คือ การเคลื่อนที่ตามพื้นผิว และ การเคลื่อนที่แบบมวลรวม ให้อธิบายกลไกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ทั้งสอง พร้อมทั้งรายละเอียดของกลไกที่สำคัญในการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบ



12. (5 คะแนน) ผงบรอนซ์ (ขนาดมัธยฐานของอนุภาคเท่ากับ 60 ไมครอน) ถูกอัดขึ้นรูปโดยใช้แรงอัด 140 MPa และนำไปอบผนึกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิอบผนึกแตกต่างกัน และให้ค่าการหดตัวที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

อุณหภูมิ, °C	การหดตัว, %
760	4.6
716	6.5
871	8.2
927	9.3

ถ้าต้องการให้ชิ้นงานบรอนซ์มีการหดตัว 7.5% ให้ประมาณค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผนึก

