

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคเรียนที่ 2

ประจำปีการศึกษา 2551

วันที่ : 19 กุมภาพันธ์ 2552

เวลา 9:00-12:00 น.

วิชา : 237-510 Powder Metallurgy

ห้อง R201

ชื่อ ชื่อสกุล..... รหัส

คำชี้แจง

- 1 ก่อนทำข้อสอบ ให้นักศึกษาเขียนชื่อ ชื่อสกุล และรหัสนักศึกษา ให้เรียบร้อย
- 2 อนุญาตให้กระดาษ A4 จดด้วยลายมือตัวเอง หน้า-หลัง เข้าห้องสอบได้ และให้ส่งพร้อมข้อสอบ
- 3 ข้อสอบมีทั้งหมด 15 ข้อ 10 หน้า คะแนนรวม 120 คะแนน (คิดเป็น 30% ของทั้งหมด) ให้นักศึกษาทำข้อสอบทุกข้อลงในกระดาษข้อสอบตามที่เว้นไว้ให้ (ถ้าเนื้อที่ที่กำหนดไว้ไม่เพียงพอ ให้ใช้ด้านหลังของกระดาษข้อสอบ)

ทูลจัตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้น และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุด ให้ออก

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	5		9	6	
2	5		10	5	
3	9		11	10	
4	6		12	5	
5	8		13	8	
6	8		14	8	
7	5		15	26	
8	6				

ผศ. ดร. นภิสพร มีมงคล

ผู้ออกข้อสอบ

สูตรความสัมพันธ์ที่สำคัญ

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

$$H = H_0 - \Delta H$$

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

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

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

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

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

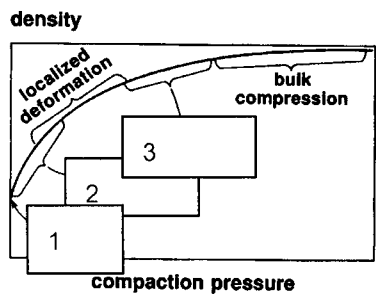
$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{12 D_v \Omega}{kT G^3} \left(\frac{2\gamma}{r} - P_g \right)$$

s = sinter, g = green, T = theory, a = apparent, Ψ = densification parameter, ρ = density

0 = initial

1. จงอธิบายปรากฏการณ์ของการอัดขึ้นรูปตามลำดับขั้นตอน พร้อมทั้งให้ชื่อลักษณะหรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นที่ระดับแรงอัดระดับต่างๆ (หมายเลข 1 2 และ 3 คือพฤติกรรมอะไร) (5 คะแนน)

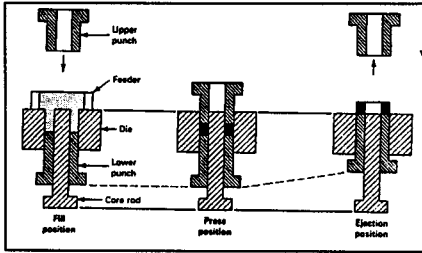
.....



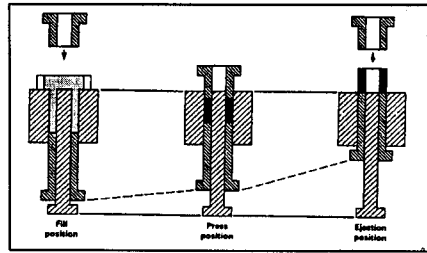
หมายเลข 1 คือ.....
 หมายเลข 2 คือ

2. คุณคิดว่าเพราะเหตุใดชิ้นงานหลังการอัด (green compact) ที่ขึ้นรูปจากผงทรงกลม จึงแสดงความแข็งแรงกรีน (green strength) ก่อนข้างต่ำ และคุณจะมีวิธีการอย่างไรที่จะเพิ่มความแข็งแรงกรีนให้กับชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากผงทรงกลม (5 คะแนน)

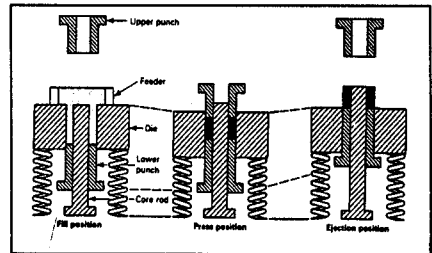
3. จงอธิบายลักษณะกรรมวิธีการอัดขึ้นรูป ในรูป ก) ข) และ ค) ในแง่ของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ พร้อมทั้งผลที่ได้ (ลักษณะของชิ้นงาน) จากการอัดขึ้นรูปทั้ง 3 วิธี เช่น ความหนาแน่น ขนาดของชิ้นงาน (9 คะแนน)



ก)



ข)



ค)

4. การเลือกบรรยากาศในการอบผนึกต้องคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง? บอกมา 3 ข้อ (6 คะแนน)

- 1.
- 2.
- 3.

5. การปรับเปลี่ยนปัจจัยต่างๆ (factors) ในการอบผืน (sintering) วัสดุจากชิ้นงานกรีน (Green compact) เป็นชิ้นงานหลังอบผืน (Sintered compact) จะส่งผลกระทบต่ออย่างไรบ้าง (8 คะแนน)

การปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ	ผลกระทบต่อ การอบผืน
ลดขนาดอนุภาค	
อบผืนเป็นเวลานานขึ้น	
เพิ่มอุณหภูมิอบผืน	
เพิ่มความหนาแน่นของชิ้นงานกรีน	

6. จงเปรียบเทียบลักษณะการแน่นตัว พฤติกรรมของกลไกต่างๆ เวลาที่ใช้ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูพรุนที่ได้จากการขึ้นรูปผงโลหะด้วยวิธี Hot Pressing, Hot Isostatic Pressing, powder forging และ cold compaction + sintering (8 คะแนน)

กรรมวิธีการผลิต	ผลที่ได้ (output)
การอัดร้อน (Hot pressing)	
การอัดร้อนทุกทิศทาง (Hot isostatic pressing)	
การทุบขึ้นรูปผง (Powder forging)	
การอัดแน่น+การอบผืน (Cold compaction + sintering)	

7. คุณคิดว่าในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปจากวัสดุผง การหดตัว (shrinkage) ที่เกิดขึ้นในชิ้นงานจากการอบผืนวัสดุผง เป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด (5 คะแนน)

8. นักศึกษาวิศวกรรมวัสดุคนหนึ่ง ทำการศึกษาเกี่ยวกับการขึ้นรูปจากผงดีบุก โดยได้ผงดีบุกมาจากสองแหล่ง คือ จากจังหวัดกระบี่และจากจังหวัดลำปาง ผลจากการทดสอบแสดงว่าผงดีบุกจากทั้งสองแหล่งมีส่วนผสมทางเคมีเหมือนกัน เมื่อนำไปขึ้นรูปโดยผ่านวิธีการอัดเหมือนกัน และผ่านการอบผนึกที่อุณหภูมิเดียวกันภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ เหมือนกันในเวลาเท่ากัน แต่ชิ้นส่วนดีบุกทั้งสองแสดงสมบัติเชิงกลหลังจากการอบผนึกแตกต่างกัน จึงบอกถึงสาเหตุปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของสมบัติเชิงกลมาอย่างน้อย 3 ปัจจัย (6 คะแนน)

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแตกต่างของสมบัติเชิงกลหลังอบผนึกคือ

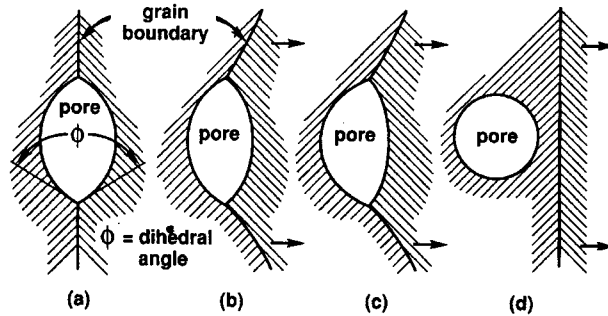
1.

2.

3.

9. จงอธิบายความแตกต่างของอัตราการแน่นตัวที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนกลาง (intermediate stage) และขั้นตอนสุดท้าย (final stage) ในการอบผนึก (6 คะแนน)
(ข้อแนะนำ : ให้อธิบายโดยใช้สมการอัตราการแน่นตัว ว่าขึ้นกับตัวแปรอะไรบ้าง)

10. จากรูปของรูพรุนที่อยู่ติดกับขอบเกรนดังแสดงในรูป a) เมื่อทั้งสองส่วนเริ่มมีการเคลื่อนที่ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูป b) ไปเป็นรูป d) ให้อธิบายว่าเพราะเหตุใดรูพรุนจึงเกิดการแยกตัวออกจากขอบเกรน (5 คะแนน)



11. จงตอบคำถามต่อไปนี้สั้นๆ (ช่องละ 1 คะแนน เป็น 10 คะแนน)
- ก) พฤติกรรมแรกสุดของอนุภาคเมื่อเริ่มให้แรงดันในการขึ้นรูปด้วยการอัดขึ้นรูปผ่านแม่พิมพ์ คือ.....
 - ข) แรงที่ใช้ในการดันชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ในการอัดขึ้นรูปคือ.....
 - ค) จงยกตัวอย่างบรรยากาศการอบผงที่นิยมใช้มา 2 แบบ คือ
..... และ
 - ง) ถ้าขนาดอนุภาคมีขนาดเล็กลง จะทำให้เวลาในการอบผง
 - จ) ในการอบผงแบบ Liquid phase sintering ความสามารถในการแน่นตัว (Densification) ขึ้นกับ..... และ
 - ฉ) การอัดขึ้นรูปผงสองชนิดที่ประกอบด้วยผงแข็ง (hard powder) และผงอ่อน (soft powder) ถ้าปริมาณของผงแข็งเพิ่มขึ้นมีผลกระทบอย่างไรต่อการอัดขึ้นรูป
.....
 - ช) การอบผงชนิดเดียวกันสองขนาด เมื่อผงขนาดใหญ่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลอย่างไรต่อความหนาแน่นหลังอบผง
.....
 - ซ) ในการอบผงแบบ Liquid phase sintering กระบวนการที่เฟสของเหลวกลายเป็นพหุสำหรับอะตอมเฟสของแข็ง เรียกว่า.....

12. จากสมการที่ 4.11 ในหนังสือ ซึ่งใช้ในการคำนวณหาแรงดัน (pressure) ที่ระยะ x ใดๆ ในแท่งทรงกระบอกตันที่ผ่านการอัดขึ้นรูปในแนวแกนแบบทิศทางเดียวคือ $P_x = P \exp(-4 u z x / D)$ เมื่อ P คือแรงดันที่ให้, P_x คือความดันที่ระยะ x , u คือสัมประสิทธิ์ความเสียหายระหว่างผนังวัสดุกับผนังแม่พิมพ์, z คืออัตราส่วนของความเค้นตามแนวรัศมีต่อความเค้นตามแนวแกน, x คือระยะใดๆ ได้พ้นชั้ตัวบนลงมา และ D คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอก คุณคิดว่าสมการนี้จะเปลี่ยนไปอย่างไรเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการอัดขึ้นรูปในแนวแกนแบบทิศทางเดียวกับชิ้นงานทรงกระบอกกลวง ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอกเป็น D และเส้นผ่าศูนย์กลางด้านในเป็น d
- (5 คะแนน)

13. จงบอกถึงข้อดีข้อเสียของการผลิตชิ้นส่วนผสมที่ขึ้นรูปมาจาก Mixed powder และ Prealloyed powder
- (8 คะแนน)

	ข้อดี	ข้อเสีย
Mixed powder		
Prealloyed powder		

14. ให้สรุปผลจากปัจจัยความสามารถในการละลายที่สำคัญในการอบผนึกเฟสของเหลว เติมลงในช่องว่างในตารางให้สมบูรณ์ (8 คะแนน)

		ความสามารถในการละลายของของแข็งในของเหลว	
		ต่ำ	สูง
ความสามารถในการละลายของของเหลวในของแข็ง	ต่ำ		
	สูง		

15. ให้ตอบคำถามเกี่ยวกับการนำเสนองานของเพื่อนๆ โดยการเติมลงในช่องว่างให้สมบูรณ์ (ข้อละ 2 คะแนน รวมเป็น 26 คะแนน)

ก) เชียร์คัทดี้ “ขั้นตอน การฉีดขึ้นรูปผง (powder injection molding) มีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง”

ข) นริศรา “ให้บอกข้อดีของการอัดแน่นด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับการอัดแน่นแบบ static compaction มาสองข้อ”

ค) เสาวลักษณ์ “ในการอัดรีดวัสดุผสม (Al-SiC Composites) เพราะเหตุใด ความพรุนของชิ้นงานลดลงเมื่ออุณหภูมิการอัดรีดเพิ่มขึ้น”

- ง) วิโรจน์ “จาก XRD patterns เปรียบเทียบระหว่าง CIP และ NOR sintered ที่อุณหภูมิ 350, 550 และ 750 C สรุปได้ว่า การเพิ่มขั้นตอนการ CIP ส่งผลได้อย่างไร”
- จ) ธวัช “ในการอบผนึกแบบ SPS ขนาดอนุภาคเปลี่ยนไปอย่างไร เมื่ออุณหภูมิและความดันลดลง”
- ฉ) ศิวะ “การอบผนึกด้วยคลื่นไมโครเวฟ เหมาะกับวัสดุประเภทใดบ้าง”
- ช) ไพโรจน์ “วิธีอบผนึกแบบ Selective laser sintering (SLS) เหมาะกับ application ที่มีลักษณะอย่างไร”
- ช) รังสิณี “การผลิตวัสดุผสม AI-CTN composite ด้วยวิธี SPS มีข้อดีอย่างไรบ้าง บอกรายอย่างน้อย 2 ข้อ”

- ฅ) ศิริพรรณ “การเลือกใช้วัสดุใหม่ในการผลิต cemented hard alloy โดยวิธีการ mechanical alloying ตามด้วยการ hot pressing มีข้อดีกว่าการใช้วัสดุแบบเดิม (WC-Co) อย่างไรบ้าง เปรียบเทียบในแง่ของ Hardness, Bending strength และ Thermal stability”
- ญ) นุชบากร “TiO₂ คืออะไร มีประโยชน์อย่างไรบ้าง”
- ฎ) จุฬารัตน์ “สมบัติที่สำคัญสองประการของโลหะประเภท SMA คืออะไรบ้าง”
- ฏ) มุตตา “เพราะเหตุใด การขึ้นรูปวัสดุ Ti-6Al-4V เพื่อทำเป็นอวัยวะเทียม จึงต้องผลิตด้วยวิธี Powder Metallurgy”
- ฐ) จักรกฤษณ์ “ในการผลิตเกียร์ขนาดเล็ก (micro gear wheel) ด้วยวิธี micro PIM มีข้อจำกัด หรือข้อควรระวังอะไรบ้าง ที่ส่งผลต่อคุณภาพของเกียร์ที่ผลิตได้”