

Prince of Songkla University  
Faculty of Engineering

Final Examination: Semester 2

Academic Year: 2011

Date: February 21, 2012

Time: 9:00-12:00

Subject: 226-403 Particulate Materials Technology

Room: S201

ทฤษฎีในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

Name ..... Last name ..... Student ID.....

Instruction:

1. There are 11 questions 100 points and Bonus 10 points (9 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		7	5	
2	10		8	5	
3	5		9	5	
4	10		10	5	
5	5		11	20	
6	10		12	10	

*d*

1. (20 คะแนน) จงจับคู่โดยนำหัวข้อของข้อความทางด้านขวามือที่มีใจความสอดคล้องที่สุดกับข้อความทางด้านซ้ายมาใส่ไว้หน้าหัวข้อทางด้านซ้าย

- |       |  |                            |
|-------|--|----------------------------|
| ..... | 1. พลังงานพื้นผิวและความดันก๊าซในรูพรุนมีผลต่ออัตราการแน่นตัว                                  | ก) ส่งผลให้เกิดการแน่นตัว  |
| ..... | 2. เหมาะสำหรับการขึ้นงานที่มีหน้าตัดคงที่ มีความยาวสูง   | ข) การอบผนึกเฟสของเหลว     |
| ..... | 3. เหมาะสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานขนาดเล็ก และมีปริมาณการผลิตสูง                                  | ค) การฉีดขึ้นรูปผงโลหะ     |
| ..... | 4. ขั้นตอนที่รวมเอาการเผาไล่สารหล่อลื่น และสารยึดออกจากชิ้นงาน                                 | ง) HIP                     |
| ..... | 5. กระบวนการเปลี่ยนรูปที่มีอัตราการเพิ่มความเครียดสูง  | จ) การอบผนึกขั้นตอนสุดท้าย |
| ..... | 6. เครื่องมือหนึ่งที่ใช้วัดปริมาณการหดตัวระหว่างอบผนึก   | ฉ) ไดลาโทมิเตอร์           |
| ..... | 7. ลักษณะเตาอบผนึกที่ไม่เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนจากผงวัสดุ                    | ช) ทำให้ไม่เกิดการแน่นตัว  |
| ..... | 8. การแยกตัวของรูพรุนออกจากขอบเกรน   | ซ) Surface transport       |
| ..... | 9. พฤติกรรมแรกที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำในการอัดขึ้นรูป  | ฌ) Viscous flow            |
| ..... | 10. กรรมวิธีการขึ้นรูปที่ไม่ใช้แรงกระทำหรือใช้แรงกระทำต่ำ                                      | ญ) Shaping                 |
| ..... | 11. ใช้ผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่ โดยใช้แรงอัดต่ำ   | ฎ) Rearrangement           |
| ..... | 12. พลาสติกที่นิยมนำมาใช้เป็นสารยึด  | ฏ) Coordination number     |
| ..... | 13. วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนรูป และการไหลของวัสดุ                                     | ฐ) การอบผนึกขั้นตอนกลาง    |
| ..... | 14. ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Shaping  | ฑ) Plastic flow            |
| ..... | 15. ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด ของการขึ้นรูปด้วยวิธี Slurry techniques                           | ฒ) Apparent density        |
| ..... | 16. ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นภายหลังการสันผงวัสดุที่อยู่ในภาชนะ                                   | ณ) Compaction              |
| ..... | 17. จำนวนอนุภาคที่อยู่ใกล้ขีดรอบอนุภาคหนึ่งๆ   | ด) Hot pressing            |
| ..... | 18. แม่พิมพ์ชนิดที่มีการเคลื่อนที่ของพื้นที่ตัวเดียว แต่เสมือนมีพื้นที่สองตัวเคลื่อนหาแม่พิมพ์ | ต) Powder forging          |
| ..... | 19. กระบวนการผลิตที่ให้ทั้งความร้อนและแรงอัดจากทุกทิศทาง ในเวลาเดียวกัน                        | ถ) การอบผนึกขั้นตอนแรก     |
| ..... | 20. กลไกแรกที่เกิดขึ้นเมื่ออบผนึกชิ้นงานผงวัสดุที่ผ่านการอัด                                   | ท) Bulk transport          |
|       |  | ธ) Floating die            |
|       |  | น) Double action pressing  |
|       |  | บ) Ejection force          |
|       |  | ป) Relaxation              |
|       |  | ผ) Extrusion               |
|       |  | ฝ) Green density           |
|       |  | พ) Dispersant              |
|       |  | ฟ) Batch furnace           |
|       |  | ภ) Continuous furnace      |
|       |  | ม) Porous filter           |
|       |  | ย) Thermoplastic           |
|       |  | ร) Pre-sintering           |
|       |  | ล) Slurry techniques       |
|       |  | ว) Rheology                |
|       |  | ศ) Tap density             |

สูตรความสัมพันธ์ที่สำคัญ

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

$$H = H_0 - \Delta H$$

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

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

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

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

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

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

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

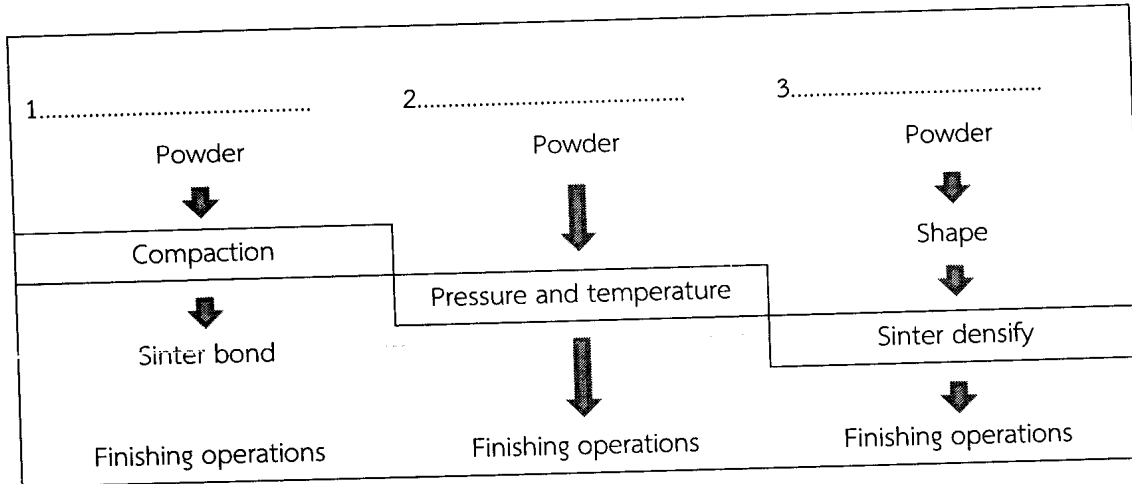
$$P_x = P \exp(-4 u z x / D)$$

s = sinter, g = green, T = theory, a = apparent,  $\psi$  = densification parameter,

$\rho$  = density

2. (10 คะแนน) จาก VDO ที่เปิดดูในห้องเรียน Powder Metallurgy Touches Your Life ทั้งสอง Part (Part I และ Part II) ให้ยกตัวอย่างชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Powder Metallurgy มาคนละ 5 อย่าง พร้อมระบุรายละเอียด เช่น ชนิดของวัสดุ กรรมวิธีการผลิต ข้อจำกัด หรือข้อควรคำนึง

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

- a) Liquid phase sintering
- b) Surface transport
- c) Bulk transport
- d) Viscous flow
- e) Sintering Atmospheres
- f) Slip casting

g) Investment casting

h) Compaction

i) Neck size ratio

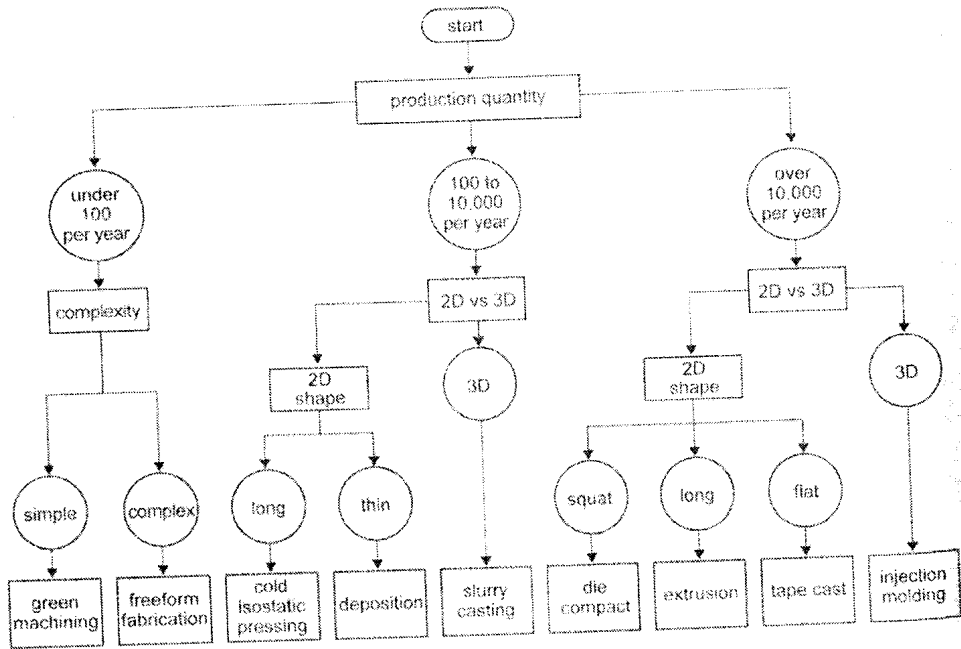
j) PIM

5. (5 คะแนน) ผงทองแดงที่ผ่านการอัดขึ้นรูปมีความหนาแน่นกรีนเป็น 74% ของความหนาแน่นทฤษฎี เมื่อนำไปผ่านการอบผนึกความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเป็น 95% ของความหนาแน่นทฤษฎี จงคำนวณหา พารามิเตอร์ของการแน่นตัว และค่าความหดตัว เพื่ออ่านภาษาไทยแล้ววงๆ เลยให้โจทย์เป็นภาษาอังกฤษมาด้วย (A copper green compact of 74% density is to be sintered to 95% density. What is the densification parameter and estimate the linear shrinkage)

พารามิเตอร์ของการแน่นตัว = .....%

ความหดตัว = .....%

6. (10 คะแนน) จากภาพ flow การตัดสินใจเลือกกรรมวิธีการผลิตดังแสดงในรูปด้านล่าง ให้อธิบายถึงผลของปัจจัยต่างๆ ทั้งสามปัจจัยอย่างละเอียด คือ ปริมาณการผลิตต่อปี ลักษณะรูปร่างของชิ้นงาน และ ต้นทุนการผลิต ที่มีผลต่อการเลือกกรรมวิธีการผลิต (ใช้ภาษาไทยทั้งหมดในการอธิบาย พร้อมทั้งให้ความหมายของศัพท์ที่เป็นภาษาอังกฤษที่ปรากฏในภาพ flow ด้วย)



พิจารณาปริมาณการผลิตต่อปี:

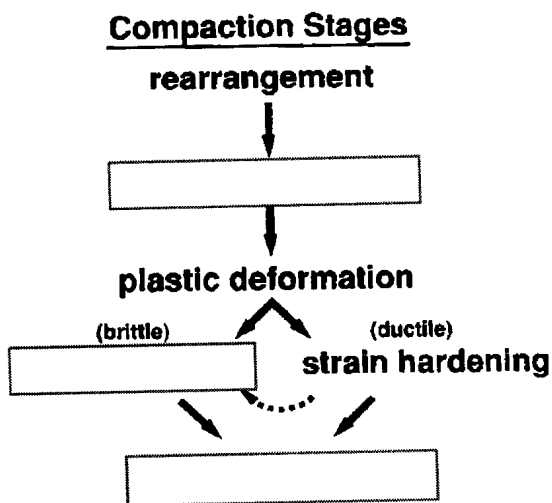
พิจารณารูปร่างลักษณะชิ้นงาน:

พิจารณาต้นทุนการผลิต:

7. (5 คะแนน) ชิ้นงานอะลูมิเนียมที่ผ่านการอัดขึ้นรูปชิ้นหนึ่ง เมื่อผ่านการอบผนึกมีความหนาแน่นหลังอบผนึกเป็น  $2.6 \text{ g/cm}^3$  และมีค่าความหดตัวหลังการอบผนึกเท่ากับ 8.9% จงคำนวณหาความหนาแน่นของชิ้นงานอะลูมิเนียมนี้ก่อนอบผนึก (Hint: อะลูมิเนียมมีความหนาแน่นทฤษฎีเป็น  $2.7 \text{ g/cm}^3$ )

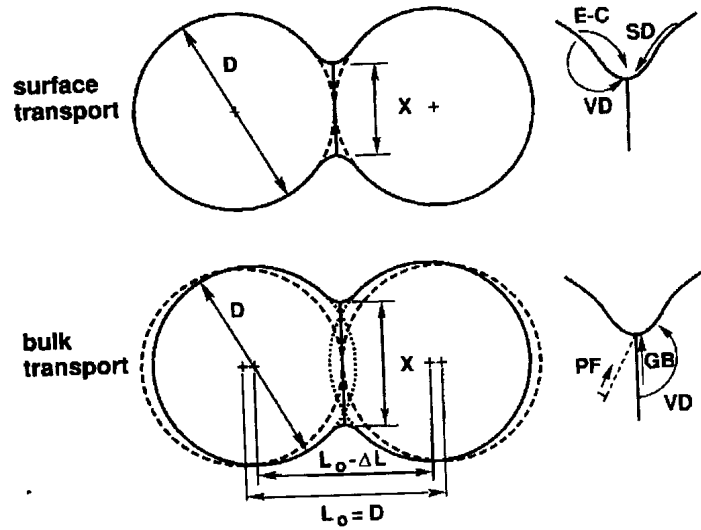
ความหนาแน่นเริ่มต้นคือ = ..... กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ( $\text{g/cm}^3$ )

8. (5 คะแนน) ขั้นตอนของการอัดขึ้นรูปผงวัสดุ (Compaction Stages) เริ่มต้นจากบรรจุผงวัสดุลงในแม่พิมพ์ และให้แรงอัด มีพฤติกรรมต่างๆ เกิดขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งพฤติกรรมสุดท้ายจะเป็นการเสียรูปแบบมวลรวม แสดงดังภาพ ให้เติมพฤติกรรมในช่องว่างให้สมบูรณ์



*A*

9. (5 คะแนน) ในกระบวนการอบผนึกผงโลหะ มีกลไกการเคลื่อนที่ 2 ชนิด คือ การเคลื่อนที่ตามพื้นผิว และ การเคลื่อนที่แบบมวลรวม ให้อธิบายกลไกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ทั้งสอง พร้อมทั้งรายละเอียดของกลไกที่สำคัญในการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบ



10. (5 คะแนน) ในการขึ้นรูปด้วยวิธี การฉีดขึ้นรูปผงวัสดุ (PIM) ต้องมีการผสมผงวัสดุซึ่งเป็นโลหะ กับสารยึด และ สารอื่นๆ และก่อนฉีดเข้าเบ้าส่วนผสมต้องมีความหนืดที่เหมาะสม อยากทราบว่าความหนืดของส่วนผสม ขึ้นกับอะไรบ้าง (บอกมาอย่างน้อย 3 อย่าง)

*[Handwritten signature]*



11. (20 คะแนน) จงใส่เครื่องหมายถูก  หน้าข้อความที่เห็นว่าถูก และเครื่องหมายผิด  หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง ข้อใดตอบถูกต้องได้ 2 คะแนน ตอบผิด ติดลบ 1 คะแนน สำหรับข้อที่ไม่ตอบได้ 0 คะแนน ดังนั้นคิดให้รอบคอบก่อนตอบ

	ก) เตาที่ใช้ในการอบผง แบ่งเป็นสองประเภท คือ เตาที่กำหนดอุณหภูมิที่ต้องการ และ เตาที่กำหนดอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อหน่วยเวลา
	ข) สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือความสามารถในการละลายของของแข็งในของเหลว เปรียบเทียบระหว่าง ทองแดง-เหล็ก และ ทองแดง-ทังสเตน เพราะทองแดงละลายได้ดีในเหล็กทำให้ระบบทองแดง-เหล็ก มีสัดส่วนความหนาแน่นสูงกว่าการละลายทังสเตนในทองแดงของระบบ ทองแดง-ทังสเตน
	ค) การอบผงเฟสของเหลวมีทั้งเฟสของแข็งและเฟสของเหลว สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือของเหลวต้องฟอร์มตัวเป็นแผ่นฟิล์มบางกระจายรอบเฟสของแข็ง และต้องมีมุมสัมผัสเล็ก
	ง) การอบผงโลหะชนิดเดียวกันสองขนาดผสมกัน เมื่อสัดส่วนของผงขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นจะทำให้การหดตัวเพิ่มขึ้นด้วย
	จ) เมื่อพิจารณาผลกระทบของการอัดต่อการอบผง พบว่าเมื่อปริมาณการอัดเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้สัดส่วนขนาดของเนื้อเพิ่มขึ้น และการหดตัวลดลง
	ฉ) ในตอนเริ่มต้นของการอบผงรูปทรงขนาดใหญ่อยู่กับที่ และถูกตรึงกับขอบเกรนช่วยรักษาเกรนให้มีขนาดเล็ก และในช่วงสุดท้ายของการอบผงรูปทรงควรแยกออกจากขอบเกรนเพื่อให้พลังงานรวมของระบบลดลง
	ช) อัตราการแน่นตัวในขั้นตอนกลางของการอบผงขึ้นอยู่กับการแพร่ของช่องว่างในผลึกออกห่างจากรูพรุน
	ซ) ในขั้นตอนกลางของการอบผง เกรนมีการโตขึ้น โดยขนาดเฉลี่ยของเกรนเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในการอบผงดังสมการ $G^3 = G_0^3 + K T$
	ณ) ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับ powder metallurgy ไม่ต้องการให้เกิด shrinkage ในชิ้นงาน เนื่องจากทำให้ความแม่นยำของขนาดชิ้นงานลดลง
	ญ) สำหรับพื้นผิวเว้า ความเข้มข้นของวาเคนที่สูงกว่าสมดุล ส่วนผิววนูนความเข้มข้นต่ำกว่า ดังนั้นจึงมีวาเคนซีไหลจากพื้นผิวเว้าไปยังพื้นผิววนูน

12. (10 คะแนน) ข้อโบนัส

- ก) อธิการบดี ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คนปัจจุบัน ชื่อ .....
- ข) คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์คนปัจจุบัน ชื่อ .....
- ค) นักศึกษาชั้นปีที่ 4 วิศวกรรมการผลิตปีนี้ รหัส 51xxxxxxx ถือเป็นรุ่นที่ ..... ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.อ. และ รุ่นที่ ..... ของวิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมศาสตร์ ม.อ.
- ง) ในปีนี้ (2555) คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.อ. มีอายุครบรอบ ..... ปี
- จ) เจ้าหน้าที่ธุรการของภาควิชาที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับกิจกรรมนักศึกษา (พีบี) ชื่อจริงว่า ..... นามสกุล .....
- ฉ) ม.อ. ย่อมาจาก ..... ดอกไม้ประจำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คือ.....
- ช) รัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการคนปัจจุบัน ชื่อ .....