

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำปีภาคเรียนที่ 2

วันที่ : 26 ธันวาคม 2552

วิชา : 237-510 Powder Metallurgy

ประจำปีการศึกษา 2552

เวลา : 9:00-12:00 น.

ห้อง : A201

ชื่อ ..... ชื่อสกุล ..... รหัส .....

คำชี้แจง

1. ไม่อนุญาตให้นำตำรา หรือเอกสารใดๆ เข้าสอบ
2. อนุญาตให้นำกระดาษ A4 ที่จดด้วยลายมือตัวเอง (หน้า-หลัง) เข้าห้องสอบได้
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้
4. ข้อสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ 14 หน้า คะแนนรวม 145 คะแนน (เก็บคะแนน 30%) ให้นักศึกษาแสดงวิธีทำข้อสอบทุกข้อลงในกระดาษข้อสอบ

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	10		7	8	
2	24		8	6	
3	8		9	8	
4	8		10	8	
5	10		11	30	
6	5		12	20	
คะแนนรวม		145	คะแนนที่ได้		

อ.นภิสพร มีมงคล  
ผู้ออกข้อสอบ

ทุจริตในการสอบในการสอบโทษขั้นต่ำคือปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต  
และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

1. จากตัวอย่างชิ้นส่วนทางวิศวกรรม 6 ชนิดด้านล่าง คุณคิดว่าเพราะเหตุใดชิ้นส่วนเหล่านี้ จึงต้องใช้กรรมวิธีการผลิตด้วยกระบวนการทางโลหกรรมวัสดุผง (Powder Metallurgy, PM) (10 คะแนน)

ก) ไส้หลอดทังสเตน (tungsten lamp filament)

ข) แบริ่งชนิดหล่อลื่นในตัว (oil-less bearing)

ค) ไส้กรองบรอนซ์พรุน (porous bronze filter)

ง) เครื่องมือตัดซีเมนต์คาร์ไบด์ (cutting tool, WC-Co cemented carbide)

จ) อวัยวะเทียม (biomedical application)

ฉ) ก้านลูกสูบที่ผลิตจาก เหล็ก-ทองแดง-คาร์บอน (Fe-2Cu-0.8C connecting rod)

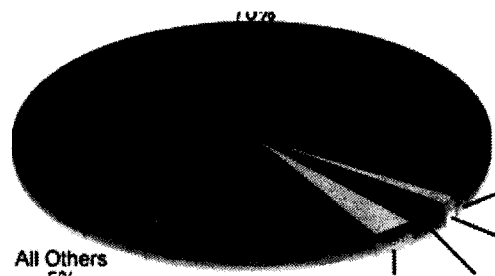
2. ให้ตอบคำถามต่อไปนี้สั้นๆ ให้ได้ใจความ (24 คะแนน)
- ก) แรงเสียดทานระหว่างอนุภาคสูงหรือต่ำเป็นผลมาจากสาเหตุใด (2 คะแนน)
- 1.....
- 2.....
- ข) ให้ออกลักษณะเด่นของผงที่ได้จากการผลิตด้วยวิธี water atomization (2 คะแนน)
- 1.....
- 2.....
- ค) ตัวแปรที่สำคัญของการผลิตผงด้วยวิธี gas atomization แนวตั้งคืออะไร (2 คะแนน)
- 1.....
- 2.....
- ง) ในการวัดขนาดอนุภาคด้วยวิธี x-ray technique ใช้สูตร  $D = 0.9 \lambda / [B \cos (\theta)]$  ในการคำนวณ โดย D คือ ขนาดอนุภาค อยากทราบว่าตัวแปร B และ  $\theta$  คือค่าของอะไร ให้อธิบายพร้อมวาดรูปประกอบ (3 คะแนน)
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- จ) จาก "Structure of the PM industry" มีการจัดแบ่งอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตวัสดุผง ออกเป็น 3 ประเภท มีอุตสาหกรรมอะไรบ้าง (3 คะแนน)
- 1 .....
- 2 .....
- 3 .....

ฉ) "The applications for PM components fall into two main groups" หรือกล่าวได้ว่ากรรมวิธีการผลิตแบบ Powder Metallurgy นำไปประยุกต์ใช้กับชิ้นส่วนสองกลุ่มใหญ่ๆ คุณคิดว่าทั้งสองกลุ่มที่ว่าเป็นคืออะไร (2 คะแนน)

.....  
.....

ช) คุณคิดว่าชิ้นส่วน PM (PM components) ที่ผลิตออกจำหน่ายในตลาดโลก อันดับหนึ่งและอันดับสองคือชิ้นส่วนประเภทใด (2 คะแนน)

PM Structural Components Markets



.....  
.....

ซ) ให้ออกข้อดี (Advantages) และข้อจำกัด (Disadvantages) ของการขึ้นรูปด้วยกรรมวิธี Powder Metallurgy มาอย่างละ 5 ข้อ (5 คะแนน)

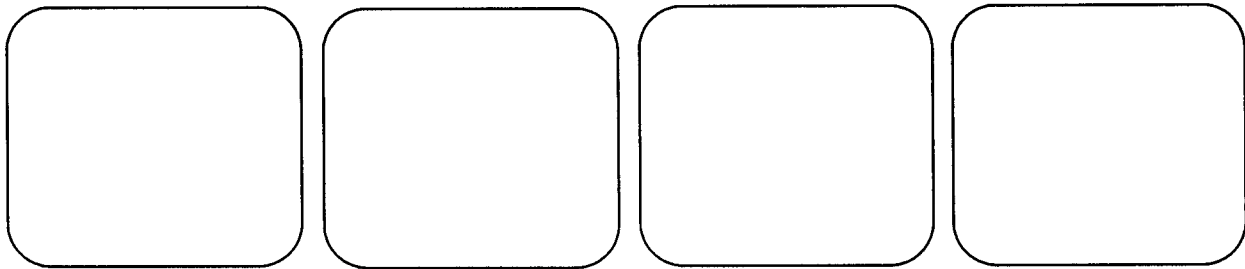
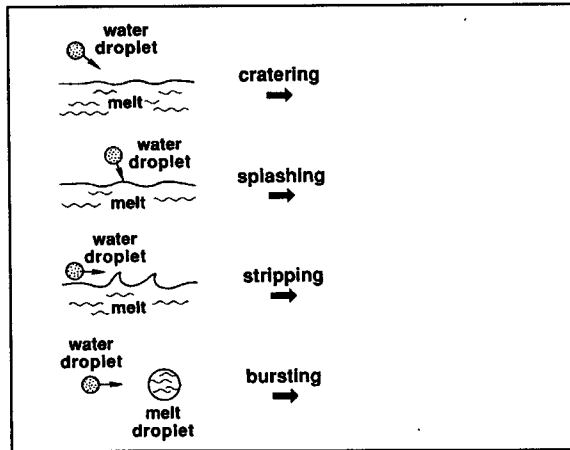
- ข้อดี 1 .....
- 2 .....
- 3 .....
- 4 .....
- 5 .....

- ข้อจำกัด 1 .....
- 2 .....
- 3 .....
- 4 .....
- 5 .....

ด) ให้ออกชื่อบริษัทที่ผลิตผงโลหะ หรือบริษัทที่ผลิตชิ้นส่วนจากผงโลหะ ในประเทศไทยมา 3 บริษัท

- 1 ..... (ข้อละ 1 คะแนน)
- 2 .....
- 3 .....

3. จากกลไกการเกิดอนุภาค ทั้ง 4 แบบในการอะตอมไมเซชันด้วยน้ำ ให้อธิบายรูปผลที่ได้จากกลไกการเกิดอนุภาคทั้ง 4 แบบ และกลไกแบบใดให้อนุภาคขนาดเล็กที่สุด (8 คะแนน)



Cratering

Splashing

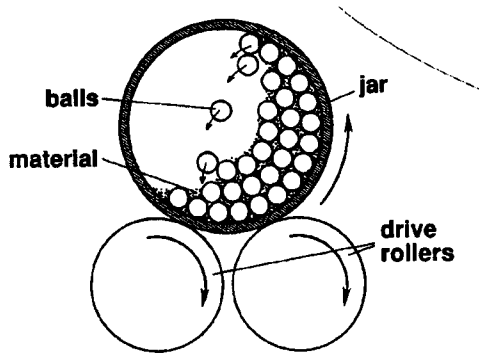
Stripping

Bursting

กลไกที่ทำให้ขนาดอนุภาคเล็กที่สุด คือ .....

4. เทคนิคการผลิตผงเชิงกล ประกอบด้วยวิธีการพื้นฐาน 4 อย่าง มีอะไรบ้าง ให้อธิบายคร่าวๆ มาพอเข้าใจ (8 คะแนน)

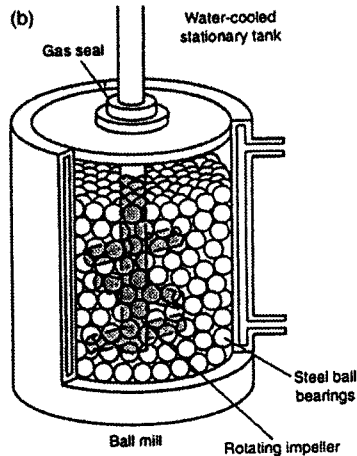
5. ให้อธิบายกรรมวิธีการบดในภาชนะทรงกระบอก (milling) ดังแสดงในรูป โดยบอกรายละเอียดต่อไปนี้อย่างเหมาะสมกับวัสดุประเภทใด มีข้อจำกัดอะไรบ้าง ปริมาณของลูกบอล ปริมาณผงวัสดุที่ต้องการบด ควรเป็นเท่าไร ความเร็วที่เหมาะสมในการบดควรเป็นเท่าไร และขึ้นกับปัจจัยอะไรบ้าง ระยะเวลาที่ใช้บดขึ้นกับปัจจัยอะไรบ้าง และสูตรนี้  $\sigma = \sqrt{\frac{2Er}{D}}$  เกี่ยวข้องกับการบดนี้อย่างไร เป็นต้น (10 คะแนน)



6. ในการบดวัสดุผสมนิกเกิล-อะลูมิเนียมเพื่อให้ได้ผลการบดตามที่ตั้งไว้ ด้วยเครื่องบดกวนแอตไตรเตอร์เป็นเวลา 8 ชั่วโมงที่ความเร็วรอบ 120 RPM ถ้าต้องการให้ได้ผลจากการบดผสมในระดับเดียวกันแต่ใช้เวลาบดเพียง 2 ชั่วโมง คุณคิดว่าควรเลือกใช้ความเร็วรอบเป็นเท่าไร (5 คะแนน)

7. ในการบดผงวัสดุด้วยอุปกรณ์ดังแสดงในรูป ให้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (เช่น มีการเคลื่อนที่ของอะไบบ้าง มีทิศทางอย่างไร เหมาะสำหรับวัสดุประเภทใด พร้อมให้คำตอบว่าผงวัสดุเล็กลงด้วยแรงชนิดใด) และผลที่ได้จากการบดมีลักษณะอย่างไร (อาจใช้โครงสร้างจุลภาคประกอบคำอธิบาย)

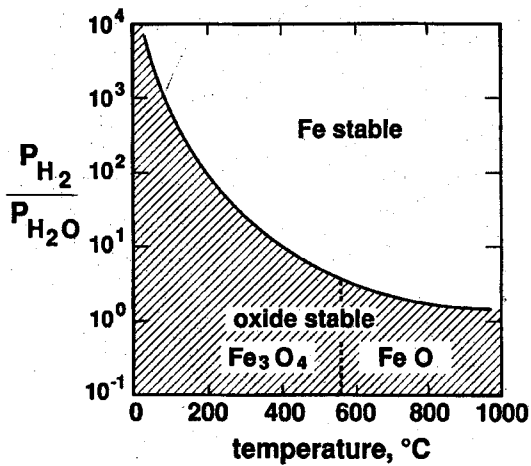
(8 คะแนน)



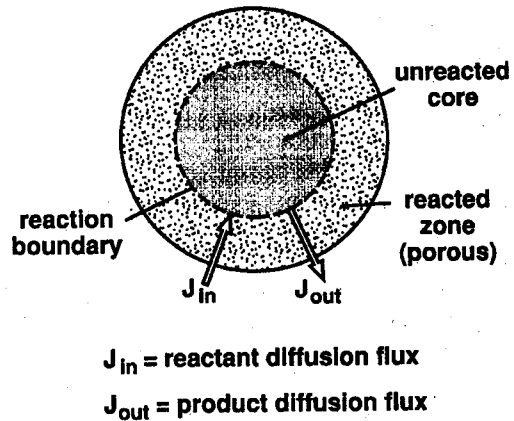
8. ให้อธิบายว่าทำไมเมื่อใช้เครื่องมือวัดของฮอลล์ (Hall flowmeter) วัดเวลาการไหล (flow time) ของผงวัสดุ เวลาที่ใช้ในการไหลจึงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของความหนาแน่นเคาะต่อความหนาแน่นปรากฏเพิ่มขึ้น (ratio of tap density to apparent density)

(6 คะแนน)

9. ให้อธิบายการผลิตผงด้วยวิธี oxide reduction มาพอเข้าใจ โดยยกตัวอย่างการผลิตผงเหล็กจาก เหล็กออกไซด์ และให้ใช้ภาพทั้งสองด้านล่างอธิบายในแง่ของ Thermodynamic และ Kinetic (โดยอธิบายครอบคลุมหัวข้อต่อไปนี้ คือ การเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับปัจจัยอะไรบ้าง ถ้าต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ต้องทำอะไร แต่ปัจจัยมีผลกระทบต่อผงที่ได้อย่างไร อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับปัจจัยอะไรบ้าง ผงที่ได้มีลักษณะอย่างไร เป็นต้น) (8 คะแนน)



ก)



ข)



10. ในโรงงานหนึ่งมีผงทองแดงอยู่สามล็อต (lot) คือ ล็อต A ล็อต B และล็อต C พนักงานของโรงงานทราบว่าผงทั้งสามล็อตนี้มาจากกรรมวิธีการผลิตผงที่แตกต่างกันสามวิธี คือ วิธีอะตอมไมเซชันด้วยน้ำ วิธีอะตอมไมเซชันด้วยก๊าซ และวิธีการลดออกไซด์โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจน แต่ไม่ทราบว่าเป็นของล็อตใด ดังนั้นเขาจึงนำผงทั้งสามล็อตมาทดสอบเพื่อหาค่าลักษณะเฉพาะของผงบางตัว และได้ผลดังนี้ (สมมติให้ความหนาแน่นตามทฤษฎีของทองแดง =  $8.9 \text{ g/cm}^3$ ) (8 คะแนน)

สมบัติ	Lot A	Lot B	Lot C
ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (ไมครอน)	40	25	48
ความหนาแน่นปรากฏ, $\text{g/cm}^3$	4.4	1.7	2.8
ความหนาแน่นเกาะ, $\text{g/cm}^3$	4.7	2.4	3.3
อัตราการไหล, วินาทีสำหรับ 50 g	.....	.....	.....
พื้นที่ผิว, $\text{m}^2/\text{g}$	0.017	0.063	0.014

จากสมบัติของผงทั้งสามล็อต ให้คุณช่วยพนักงานของโรงงานโดยบอกอัตราการไหลของผงทองแดงทั้งสามล็อต (เร็วที่สุด ปานกลาง ช้าที่สุด) โดยการนำข้อความที่อยู่ในวงเล็บไปเติมในช่องว่างในตารางข้างบน (พิจารณาโดยการเปรียบเทียบระหว่างล็อต และไม่จำเป็นต้องใช้ข้อความทั้งสามค่าที่อยู่ในวงเล็บก็ได้ ถ้าคิดว่าอัตราการไหลเท่ากัน) และบอกว่าผงทองแดงแต่ละล็อตมาจากเทคนิคกรรมวิธีการผลิตแบบใด พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบคำตอบของคุณ

11. จงจับคู่โดยนำหัวข้อของข้อความทางด้านขวามือที่มีใจความสอดคล้องที่สุดกับข้อความทางด้านซ้าย  
มาใส่ไว้หน้าหัวข้อทางด้านซ้าย (ข้อละ 2 คะแนน)

- |   |   |
|---|---|
| ..... ก. การผสมเชิงกล (mechanical alloying)               | A. หาขนาดอนุภาคโดยใช้หลักกระแสไฟฟ้าลดลง เป็นสัดส่วนกับขนาดอนุภาค                                  |
| ..... ข. การตรวจจับด้วยแถบไฟฟ้า (electrical zone sensing) | B. เหมาะกับการวัดขนาดอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก   |
| ..... ค. Sedimentation                                    | C. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในสุญญากาศเพื่อดึงเอา ไฮโดรเจนออก   |
| ..... ง. การกันแสง (Light Blocking)                       | D. กระบวนการที่เกิดการกระแทกให้แตกหัก เชื่อม เย็น ช้ำๆ กันหลายครั้ง                               |
| ..... จ. centrifugal force                                | E. เป็นปฏิกิริยาเคมีความร้อนที่เกี่ยวข้องกับก๊าซลด เช่น CO  |
| ..... ฉ. buoyancy force                                   | F. การใช้งานต้องมีไฮโดรเจนดึงก๊าซออกเพื่อป้องกัน ไม่ให้ความดันก๊าซสูงเกินไป                       |
| ..... ช. viscous drag force                               | G. มีผลต่ออัตราการไหล และการจัดเรียงตัวของ อนุภาค   |
| ..... ซ. การใช้รังสีเอ็กซ์                                | H. แรงที่ใช้เพื่อเร่งให้อนุภาคที่มีขนาดเล็ก ตกตะกอนเร็วขึ้น ในการวัดขนาดอนุภาคด้วย วิธีการตกตะกอน |
| ..... ฌ. การกระเจิงด้วยแสง                                | I. ขนาดอนุภาคเล็กสุดต้องโตกว่าสองเท่าของ ความยาวคลื่นแสงเลเซอร์                                   |
| ..... ฎ. การแยกสลายด้วยความร้อน                           | J. แรงที่ทำให้อนุภาคลอยตัวในของไหล  |
| ..... ฏ. การแตกประทุ                                      | K. ใช้พื้นที่ภาพฉายในการหาขนาดอนุภาค  |
| ..... ฐ. อะตอมไมเซชันด้วยน้ำ                              | L. ใช้หลักสมดุลแรงในการคำนวณขนาดอนุภาค  |
| ..... ฑ. ความเสียดทานระหว่างอนุภาค                        | M. กลไกของการอะตอมไมเซชันด้วยน้ำที่ทำให้ได้ อนุภาคขนาดเล็กที่สุด                                  |
| ..... ท. อะตอมไมเซชันด้วยก๊าซแบบ แนวตั้ง                  | N. เหมาะกับการผลิตผงที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ   |
| ..... ฒ. การผลิตผงโดยวิธี solid-solid reactive synthesis  | O. นิยมใช้เวลาสั้นๆ ในการลดขนาดผง   |
|   | P. การผลิตผงโดยอาศัยหลักการการแตกตัวเป็นไอ และการควบแน่น  |
|   | Q. อนุภาคเย็นตัวเร็ว ลดการเซกกรีเกินทางเคมี   |
|   | R. ต้องควบคุมปฏิกิริยาไม่ให้เกิดความร้อนสูงเกินไป อาจทำให้เกิดการหลอมเหลวได้                      |
|   | S. เป็นไปตามกฎของสโตกส์ (Stokes' law) และ แรงนี้แปรผันตามความเร็วของวัตถุ                         |

12. ผงทองแดงน้ำหนัก 251 กรัม (ความหนาแน่น = 8.9 กรัม/ซม.<sup>3</sup>) นำไปหาขนาดอนุภาคและลักษณะการกระจายตัวของขนาดอนุภาคโดยการร่อนด้วยตะแกรง ได้ลักษณะการกระจายเป็นดังนี้

(20 คะแนน)

ขนาดตาข่าย	น้ำหนัก, กรัม
-400	0
+400/-325	4
+325/-230	16
+230/-200	47
+200/-170	63
+170/-140	52
+140/-120	38
+120/-100	25
+100/-70	6
+70	0

- ก) คำนวณค่าขนาดอนุภาค เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก จำนวนอนุภาค เปอร์เซ็นต์จำนวนอนุภาค เปอร์เซ็นต์สะสม(ใหญ่กว่า) ทั้งของน้ำหนักและจำนวนอนุภาค นำค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ใส่ในตารางที่กำหนดให้ (10 คะแนน)

หมายเหตุ ให้แสดงวิธีการคำนวณเฉพาะค่าที่อยู่ในช่องหมายเลข 1, 2, 3, 4 และ 5 ส่วนค่าอื่นๆ ไม่ต้องแสดงนำค่าที่คำนวณได้มาใส่ได้เลย

- ข) วาดกราฟการแจกแจงขนาดอนุภาคแสดง เปอร์เซ็นต์สะสมใหญ่กว่า ทั้งน้ำหนักและจำนวนอนุภาค และ ขนาดอนุภาคบนสเกลลอการิทึม โดยใช้กระดาษ semi-log ที่เตรียมไว้ให้ (6 คะแนน)

- ค) หาค่าขนาดอนุภาคทองแดงเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์น้ำหนัก? (2 คะแนน)

- ง) หาค่าขนาดอนุภาคทองแดงเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์จำนวนอนุภาค? (2 คะแนน)

กำหนดให้ 
$$n = \frac{6W}{\rho_m \pi D^3}$$

## ตารางแสดงการแจกแจงขนาดอนุภาค

ขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนัก (กรัม)	% ของ น้ำหนัก	weight cumulative % larger	จำนวน อนุภาค	% ของ จำนวน อนุภาค	Population Cumulative % larger
	0					
	4					
	16	1=	2=	3=	4=	5=
	47					
	63					
	52					
	38					
	25					
	6					
	0					

## จากกราฟ

ขนาดอนุภาคของแดงเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์น้ำหนัก เท่ากับ.....ไมครอน  
 ขนาดอนุภาคของแดงเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์จำนวนอนุภาค เท่ากับ.....ไมครอน

## ตารางแสดงขนาดมาตรฐานตะแกรงร่อน (Standard sieve sizes)

ขนาดตาข่าย (mesh size)	ขนาดรูเปิด (ไมครอน) (opening)	ขนาดตาข่าย (mesh size)	ขนาดรูเปิด (ไมครอน) (opening)
35	500	140	106
40	425	170	90
45	355	200	75
50	300	230	63
60	250	270	53
70	212	325	45
80	180	400	38
100	150	450	32
120	125	500	25

แสดงการคำนวณ

สำหรับช่องหมายเลข 1

สำหรับช่องหมายเลข 2

สำหรับช่องหมายเลข 3

สำหรับช่องหมายเลข 4

สำหรับช่องหมายเลข 5

### Cumulative particle size distribution

