มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคเรียนที่ 2 **ประจำปีการศึกษา 2554**

วันที่ : 29 ธันวาคม 2554 **เวลา 9:00-12:00 น.**

วิชา : 237-510 Powder Metallurgy **ห้อง หัวหุ่นยนต์**

ชื่อ ..... ชื่อสกุล..... รหัส .....

คำชี้แจง

1. ไม่อนุญาตให้นำตำรา หรือเอกสารใดๆ เข้าสอบ
2. อนุญาตให้นำกระดาษขนาด A4 จดบันทึกด้วยลายมือตัวเองเข้าห้องสอบได้ และให้ส่งพร้อมข้อสอบ
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเข้าห้องสอบเพื่อใช้ในการคำนวณได้
4. ข้อสอบมีทั้งหมด 2 Parts 12 หน้า คะแนนเต็ม 105 คะแนนและโบนัส 5 คะแนน ให้นักศึกษาทำข้อสอบทุกข้อลงในกระดาษข้อสอบ

Part	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
I	30	
II	75+5	
รวม	105+5	

ทุจริตในการสอบในการสอบโทษขั้นต่ำคือปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

สวัสดีปีใหม่ และขอให้โชคดีทุกคนนะคะ ☺!!

อ. นภิสพร มีมงคล

ผู้ออกข้อสอบ

Some important equations

$$D_A = (4\,A / \pi)^{1/2} \qquad D_V = (6\,V / \pi)^{1/3} \qquad D_S = (S / \pi)^{1/2}$$

A = projected area, V = volume, S = surface area, D_A = equivalent spherical projected diameter, D_V = equivalent spherical volume diameter, D_S = equivalent spherical surface diameter

$$\sigma = \sqrt{\frac{2Er}{D}} \qquad t = C\,d^2 / N^{1/2}$$

σ = impact stress require to fracture a brittle material, E = elastic modulus,
r = defect or existing crack tip radius, D = particle size, t = grinding time,
C = empirical constant depends on the process and desired level,
d = the grinding media, N = rotational speed

$$V = H/t = g\,D^2\,(\rho_m - \rho_f) / (18\,\eta)$$

V = terminal velocity, H = settling height, t = settling time, D = particle size,
g = acceleration (gravitational constant, 9.8 m/s^2) ρ_m = particle density,
ρ_f = density of the fluid, η = fluid viscosity

$$K = P_{H_2O} / P_{H_2} \qquad J = A \exp(-Q/RT)$$

K = the equilibrium constant, P_{H2} = the partial pressure of hydrogen,
P_{H2O} = the partial pressure of water, J = reaction rate, A = material constant,
R = gas constant, T = absolute temperature

$$D = \left(\frac{A}{\omega}\right)\sqrt{\frac{\gamma}{\rho_m R}} \qquad C_R = V_L/V_C = \rho_G/\rho_A$$

A = a process dependent constant, ω = angular velocity, γ = surface energy of the melt, ρ_m = density of the melt, R = radius of the electrode

Part I: จงจับคู่โดยนำหัวข้อของข้อความทางด้านขวามือที่มีใจความสอดคล้องที่สุดกับข้อความทางด้านซ้าย มาใส่ไว้หน้าหัวข้อทางด้านซ้าย (ข้อละ 2 คะแนน) **30 คะแนน**

..... 1. mesh size
..... 2. การตรวจจับด้วยแถบไฟฟ้า (electrical zone sensing)
..... 3. การใช้รังสีเอ็กซ์
..... 4. grinding media
..... 5. การลดออกไซด์ (oxide reduction)
..... 6. การอะตอมไมซ์ด้วยก๊าซแนวตั้ง
..... 7. ผงรูปร่างเดนไดรต์
..... 8. การตกตะกอนจากของเหลว (precipitation from liquid)
..... 9. การร่อนด้วยตะแกรง
..... 10. ก๊าซลด (reducing gas)
..... 11. แรงลอยตัว
..... 12. การบดผสมเชิงกล (mechanical alloying)
..... 13. การแยกตัวของของแข็งโดยใช้ก๊าซ
..... 14. การตกตะกอนจากก๊าซ (precipitation from gas)
..... 15. ความเสียดทานระหว่างอนุภาค (interparticle friction)

a) เหมาะกับการวัดขนาดอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก
b) เหมาะกับการวัดขนาดอนุภาคที่มีช่วงการกระจายขนาดกว้าง
c) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสุญญากาศเพื่อดึงเอาไฮโดรเจนออก
d) อาศัยทั้งหลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์และไคเนติกส์ในการอธิบายการเกิดปฏิกิริยา
e) ลักษณะของผงที่ได้จากวิธีอิเล็กโตรไลท์
f) เหมาะสำหรับผลิตผงโลหะประเภท reactive และ วัสดุผสม
g) เหมาะกับการวัดขนาดอนุภาคที่โตกว่า 38 ไมครอน
h) ลักษณะของผงที่ได้จากวิธีทางเคมี
i) การผลิตผงโดยอาศัยหลักการการแตกตัวเป็นไอและการควบแน่น
j) เป็นปฏิกิริยาเคมีความร้อนที่เกี่ยวข้องกับก๊าซลด เช่น CO
k) แรงที่ทำให้อนุภาคตกลงสู่ที่ต่ำ
l) ตัวกลางที่ใช้ในการบดเพื่อลดขนาดอนุภาค
m) เหมาะสำหรับทำผงจากคลอไรด์ ฟลูออไรด์ หรือออกไซด์ของโลหะ
n) เหมาะกับการผลิตผงโลหะชนิด intermetallic
o) อนุภาครูปร่างยาวไม่แน่นอน ไม่เสถียร
p) หาขนาดอนุภาคโดยใช้หลักกระแสไฟฟ้าลดลงเป็นสัดส่วนกับขนาดอนุภาค
q) การใช้งานต้องมีไซโคลนดึงก๊าซออกเพื่อป้องกันไม่ให้ความดันก๊าซภายในสูงเกินไป
r) กระบวนการที่เกิดการกระแทกให้แตกหัก เชื่อมเย็น ซ้ำๆ กันหลายครั้ง
s) ใช้พื้นที่ภาพฉายในการหาขนาดอนุภาค

t) มีผลต่ออัตราการไหล และการจัดเรียงตัวของอนุภาค

u) แรงที่ใช้เพื่อเร่งให้อนุภาคที่มีขนาดเล็กตกตะกอนเร็วขึ้น ในการวัดขนาดอนุภาคโดยการตกตะกอน

v) ก๊าซที่ทำหน้าที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เพื่อลดออกไซด์ในโลหะ

w) แรงที่ทำให้อนุภาคลอยตัวในของไหล

x) มาตรฐานที่ใช้บอกขนาดอนุภาค มีค่ามากขึ้นเมื่ออนุภาคขนาดเล็กลง

Part II: ตอบคำถามโดยการอธิบายหรือแสดงวิธีทำให้เข้าใจ **75+5 คะแนน**

ข้อที่ 1 (6 คะแนน) อนุภาครูปทรงปริซึมสี่เหลี่ยม ขนาด 2 x 3 x 4 μm^3 ให้คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลมเทียบเท่า

ก) The equivalent spherical volume diameter D_V

ข) The equivalent spherical surface diameter D_S

ข้อที่ 2 (5 คะแนน) ให้บอกรูปร่าง ลักษณะเด่นของอนุภาคที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีต่อไปนี้

ก) milling (การผลิตด้วยวิธีเชิงกล)

.....

ข) precipitation from gas

.....

ค) centrifugal atomization

.....

ง) water atomization

.....

จ) oxide reduction

.....

ข้อที่ 3 (5 คะแนน) เส้นลวดที่ใช้สานตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 52 ไมครอน ดังนั้นตะแกรงขนาด 230 mesh จะหมายถึงจำนวนเส้นลวดกี่เส้นต่อหนึ่งหน่วยความยาว ส่งผลทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นลวดมีค่าเท่ากับกี่ไมโครเมตร (ให้แสดงวิธีการคำนวณประกอบคำตอบ)

ข้อที่ 4 (5 คะแนน) ให้อธิบายวิธีการใช้ standard method หา **อัตราการไหล (flow rate)** ของผงวัสดุชนิดหนึ่ง มาพอเข้าใจ

ข้อที่ 5 (6 คะแนน) จงอธิบายถึงความสำคัญและความจำเป็นของการตรวจสอบคุณลักษณะของผง (powder characterization) และให้เปรียบเทียบการตรวจสอบคุณลักษณะด้วยวิธีการตกตะกอน (sedimentation) กับวิธีการกระเจิงแสง (light scattering technique) คุณคิดว่าวิธีการใดเหมาะสมกับอุตสาหกรรมในการนำไปใช้ และเพราะเหตุใด

ข้อที่ 6 (6 คะแนน) จงอธิบายลักษณะการบดของกระบวนการ Mechanical alloying (MA) จากชนิดของการบดสามชนิดที่กำหนดให้ในข้อ ก) ถึง ข้อ ค) โดยอธิบายในแง่ของ กำลังการผลิต (capacity) ประสิทธิภาพของการบด (efficiency of milling) และแง่อื่นๆ

ก) **SPEX shaker mills**

ข) **Planetary ball mills**

ค) **Attritor mills**

ข้อที่ 7 (5 คะแนน) ในการนำกรรมวิธีทาง P/M ไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ นั้น มีการนำไปใช้ในการผลิตวัสดุผสมเนื้อโลหะ (Metal Matrix Composites, MMCs) ด้วย เช่น ใช้ในการผลิตอะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์ (Al-SiC) **ให้อธิบายว่าในการผลิต MMCs ต้องพิจารณาปัจจัยอะไรบ้าง และเพราะเหตุใดกรรมวิธีนี้ (PM) จึงมีความเหมาะสม**

ข้อที่ 8 (5 คะแนน) ในการอะตอมไมเซชันด้วยก๊าซ เมื่อความหนืดของโลหะเหลวเพิ่มขึ้น เพราะเหตุใดจึงทำให้ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และส่งผลกระทบต่อรูปร่างของอนุภาคอย่างไร

ข้อที่ 9 (6 คะแนน) มีผงแมกนีเซียมรูปทรงกลมน้ำหนัก 50 กรัม ที่ขนาดอนุภาค +120/-100 mesh

ก) จงคำนวณหา**จำนวนอนุภาค**ของผงแมกนีเซียม

ข) **ให้ คำนวณพื้นที่ผิว**โดยประมาณของผงแมกนีเซียมทั้งหมด

<u>กำหนดให้</u> 120 mesh = 125 μm และ 100 mesh = 150 μm

ความหนาแน่นของแมกนีเซียมเป็น 1.7 กรัม/ซม.^{3}

ข้อที่ 10 (6 คะแนน) ผงสเตนเลสทรงกลมถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาขนาดอนุภาคโดยใช้วิธีการตกตะกอน (sedimentation) วางผงกระจายลงบนผิวน้ำในภาชนะที่มีความสูง 100 มม. ถ้าวิเคราะห์ออกมาแล้วได้ว่า อนุภาคของผงสเตนเลสมีขนาด 8.5 ไมครอน ให้**คำนวณหาเวลาที่ผงสเตนเลสใช้ในการตกตะกอนจากผิวน้ำด้านบนลงสู่ก้นภาชนะ**

<u>กำหนดให้</u> Stainless steel density = 8.1 g/cm^3

Water density = 1 g/cm^3 Water viscosity = 10^{-3} kg/m.s

ข้อที่ 11 (โบนัส 5 คะแนน) ให้บอกตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของ Powder Metallurgy มา 2 ตัวอย่าง **เหมือนที่ส่งการบ้านครั้งแรก** อาจเป็นงานของตัวเองหรืองานของเพื่อนๆ ก็ได้ (โดยระบุรายละเอียดต่างๆ ให้ครบ เช่น ทำจากวัสดุอะไร ใช้กรรมวิธีการผลิตแบบไหน มีข้อควรระวัง หรือข้อจำกัดอะไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงต้องผลิตด้วยวธี powder metallurgy เท่านั้น)

ข้อที่ 12 (20 คะแนน) ผงบรอนซ์น้ำหนัก 196 กรัม (ความหนาแน่น = 8.6 กรัม/ซม.^{3}) นำไปหาขนาดอนุภาคและลักษณะการกระจายตัวของขนาดอนุภาคโดยการร่อนด้วยตะแกรง ได้ลักษณะการกระจายเป็นดังนี้

ขนาดอนุภาค, ไมครอน	น้ำหนัก, กรัม
30	0
30 ถึง 45	8
45 ถึง 65	19
65 ถึง 88	33
88 ถึง 110	56
110 ถึง 135	42
135 ถึง 163	20
163 ถึง 197	12
197-230	6
230	0

ก) คำนวณค่าขนาดอนุภาค เปอร์เซนต์น้ำหนัก จำนวนอนุภาค เปอร์เซนต์จำนวนอนุภาค **เปอร์เซนต์สะสม (เล็กกว่า) ของน้ำหนัก** และ **เปอร์เซนต์สะสม (ใหญ่กว่า) ของจำนวนอนุภาค** นำค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ใส่ในตารางที่กำหนดให้

หมายเหตุ ให้แสดงวิธีการคำนวณเฉพาะค่าที่อยู่ในช่องหมายเลข 1, 2, 3, 4 และ 5 ส่วนค่าอื่นๆ ไม่ต้องแสดงการคำนวณ ให้นำค่าที่คำนวณได้มาใส่ในตารางได้เลย

ข) วาดกราฟ การแจกแจงขนาดอนุภาค แสดง **เปอร์เซ็นต์สะสม (เล็กกว่า) โดยเกณฑ์น้ำหนัก** และ **เปอร์เซ็นต์สะสม (ใหญ่กว่า) โดยเกณฑ์จำนวนอนุภาค** และ ขนาดอนุภาคบนสเกลลอก โดยใช้กระดาษ semi-log ที่เตรียมไว้ให้ (วาดกราฟ 2 เส้น ในกระดาษกราฟหน้าสุดท้ายของกระดาษข้อสอบ) พร้อมทั้งหาคำตอบ 2 ค่า คือ **หาค่าขนาดอนุภาคบรอนซ์เฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์น้ำหนัก (เล็กกว่า) และหาค่าขนาดอนุภาคบรอนซ์เฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์จำนวนอนุภาค (ใหญ่กว่า)**

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

ตารางแสดงข้อมูลการแจกแจงขนาดอนุภาค (ต้องกรอกข้อมูลทั้งหมดลงในตารางนี้)

ขนาดผง (μm)	น้ำหนัก (g)	% น้ำหนัก	**% น้ำหนักสะสมเล็กกว่า**	จำนวนอนุภาค	%จำนวน	**% จำนวนสะสมใหญ่กว่า**
	0					
	8					
	19	**1=**	**2=**	**3=**	**4=**	**5=**
	33					
	56					
	42					
	20					
	12					
	6					
	0					

<u>แสดงวิธีการคำนวณที่นี่</u>

หมายเลข 1

หมายเลข 2

หมายเลข 3

หมายเลข 4

หมายเลข 5

ขนาดอนุภาคบรอนซ์เฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์น้ำหนัก =..... μm

ขนาดอนุภาคบรอนซ์เฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์จำนวนอนุภาค = ... μm

Cumulative particle size distribution