มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2554

วันที่ : 19 ธันวาคม 2554 เวลา 9:00-12:00 น.

วิชา : 226-403 Particulate Materials Technology ห้อง R200

ชื่อ ..... ชื่อสกุล..... รหัส .....

คำชี้แจง

1. ไม่อนุญาตให้นำตำรา หรือเอกสารใดๆ เข้าสอบ
2. อนุญาตให้นำกระดาษขนาด A4 จดบันทึกด้วยลายมือตัวเองเข้าห้องสอบได้ และให้ส่งพร้อมข้อสอบ
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเข้าห้องสอบเพื่อใช้ในการคำนวณได้
4. ข้อสอบมีทั้งหมด 3 Parts 11 หน้า คะแนนเต็ม 105 คะแนน ให้นักศึกษาทำข้อสอบทุกข้อลงในกระดาษข้อสอบ

Part	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
I	30	
II	30	
III	45	
รวม	105	

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

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

t) มีผลต่ออัตราการไหล และการจัดเรียงตัวของอนุภาค

u) แรงที่ใช้เพื่อเร่งให้อนุภาคที่มีขนาดเล็กตกตะกอนเร็วขึ้น ในการวัดขนาดอนุภาคโดยการตกตะกอน

v) ก๊าซที่ทำหน้าที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เพื่อลดออกไซด์ในโลหะ

w) แรงที่ทำให้อนุภาคลอยตัวในของไหล

x) ใช้พื้นที่ภาพฉายในการหาขนาดอนุภาค

y) มาตรฐานที่ใช้บอกขนาดอนุภาค มีค่ามากขึ้นเมื่ออนุภาคขนาดเล็กลง

Part II: เติมคำในช่องว่าง โดยให้นำเฉพาะตัวอักษรหน้าข้อความที่กำหนดให้ (ก-ฮ) ที่สอดคล้องกับคำถาม มาเติมในช่องว่าง (ข้อละ 2 คะแนน) 30 คะแนน

1. เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้เพื่อดูลักษณะของอนุภาคได้เหมาะสมที่สุดในปัจจุบัน คือ .....
2. เส้นลวดที่ใช้สานตะแกรงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 52 ไมครอน ดังนั้นตะแกรงขนาด 230 mesh จะหมายถึงจำนวนเส้นลวด ..... ส่งผลทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นลวดมีค่าเท่ากับ ..... ไมโครเมตร
3. ในการบอกขนาดอนุภาค ที่ร่อนผ่านตะแกรงถ้ามีผงในตะแกรงหมายเลข 200 mesh และต้องการระบุขนาดผง ต้องบอกอย่างไร .....
4. เทคนิคการตกตะกอน (sedimentation) เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคในช่วง .....
5. ในเทคนิคการตกตะกอน ใช้หลักการสมดุลของแรงที่ความเร็วสุดท้ายของการตกตะกอนในของไหลหนืด ตามหลักการของ .....
6. เทคนิคการกระเจิงด้วยแสงเหมาะสำหรับอนุภาคขนาด 1-200 ไมครอน แต่มีข้อจำกัดคือขนาดอนุภาคขนาดเล็กสุดต้องโตกว่าสองเท่าของ .....
7. จากแผนภาพแสดงสามสาเหตุหลักในการเลือกใช้โลหกรรมวัสดุผง เพื่อพัฒนาการประยุกต์ใช้งานในอนาคต คืองานทางด้าน .....
8. แรงในการลอยตัว (buoyancy force, F_B) มีค่า .....

9. อนุภาครูปทรงปริซึมสี่เหลี่ยม ขนาด 2 x 3 x 4 μm^3 ให้คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลมเทียบเท่า

   9.1) The equivalent spherical volume diameter D_V = ...

   9.2) The equivalent spherical surface diameter D_S = ...

10. จากสมการ "D = 0.9 λ / B cos (θ)" ที่นำเทคนิค X-ray ไปประยุกต์ใช้หาขนาดอนุภาคขนาดเล็กมากๆ ค่าของ "B" คือ .....

11. ขนาดของอนุภาคที่วัดโดยใช้เกณฑ์จำนวนผงอนุภาคมักจะให้ค่าขนาดอนุภาคเอียงไปทางขนาด ..... เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการใช้เกณฑ์น้ำหนักอนุภาค

12. ปัจจัยสำคัญสองประการของการอะตอมไมซ์ด้วยก๊าซที่มีผลต่อขนาดอนุภาค คือ ..... และ .....

คำตอบของ Part II

ก) gas velocity on exit	ข) g $\rho_m \pi D^3 / 6$	ค) -170/+200 mesh
ง) 230 เส้น/นิ้ว^2	จ) 3.58 μm	ฉ) 75
ช) -200/+170 mesh	ซ) gas type	ฌ) ไส้หลอดทังสเตน
ญ) 53	ฎ) 63	ฏ) Stoke's law
ฐ) SEM	ฑ) -230/+200 mesh	ฒ) Optical microscope
ณ) 0.02-100 ไมครอน	ด) TEM	ต) Hook's law
ถ) ความยาวคลื่นไฟฟ้า	ท) 38-300 ไมครอน	ธ) ปนเปื้อนผิวอนุภาค
น) ตัวเก็บประจุแทนทาลัม	บ) 230 เส้น/ซม.	ป) ไส้กรองสเตนเลส
ผ) ใหญ่กว่า	ฝ) Melt superheat	พ) 50-200 นาโนเมตร
ฟ) เล็กกว่า	ภ) Peak broadening	ม) ความยาวคลื่นแสงเลเซอร์
ย) 3.07 μm	ร) 2.77 μm	ล) 3.27 μm
ว) 3.18 μm	ศ) 4.07 μm	ษ) 4.24 μm
ส) 3 π D V η	ห) g $\rho_f \pi D^3 / 6$	ฬ) Fluid velocity
อ) 230 เส้น/นิ้ว	ฮ) ก้านลูกสูบรถยนต์	

Part III: ตอบคำถามโดยการอธิบายหรือแสดงวิธีทำให้เข้าใจ **45 คะแนน**

ข้อที่ 1 (2 คะแนน) การนำกระบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีทางด้านโลหกรรมวัสดุผง ไปประยุกต์ใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อะไรบ้าง

ข้อที่ 2 (3 คะแนน) จาก "Structure of the PM Industry" ปัจจุบันมีการจัดแบ่งอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทางด้านโลหกรรมวัสดุผง ออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่อุตสาหกรรมอะไรบ้าง

ข้อที่ 3 (5 คะแนน) ให้อธิบายการผลิตผงด้วยวิธีการบด (milling) มาพอเข้าใจ (โดยอธิบายครอบคลุมหัวข้อต่อไปนี้ คือ เหมาะกับวัสดุชนิดใด ผงที่ได้มีลักษณะอย่างไร ปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีอะไรบ้าง แต่ละปัจจัยมีผลกระทบต่อผงที่ได้อย่างไร)

ข้อที่ 4 (5 คะแนน) จงอธิบายวิธีการวัดขนาดอนุภาคด้วยวิธีการกั้นแสง (light blocking) มาให้เข้าใจ โดยบอกถึง หลักการ วิธีการวัด พร้อมทั้งบอกถึงข้อดี ข้อเสียของการวัดขนาดอนุภาคด้วยวิธีนี้

ข้อที่ 5 (5 คะแนน) มีผงอะลูมิเนียมรูปทรงกลมน้ำหนัก 50 กรัม ที่ขนาดอนุภาค +120/-100 mesh

ก) จงคำนวณหาจำนวนอนุภาคของผงอะลูมิเนียม

ข) คำนวณพื้น ที่ผิวโดยประมาณทั้งหมด

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

ความหนาแน่นของอะลูมิเนียมเป็น 2.7 กรัม/ซม.^{3}

ข้อที่ 6 (5 คะแนน) ผงสเตนเลสทรงกลมถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาขนาดอนุภาคโดยใช้วิธีการตกตะกอน (sedimentation) วางผงกระจายลงบนผิวน้ำในภาชนะที่มีความสูง 100 มม. ถ้าเวลาที่ผงสเตนเลสใช้ในการตกตะกอนจากผิวน้ำด้านบนลงสู่ก้นภาชนะคือ 5 นาที ให้คำนวณหาขนาดอนุภาคของผงสเตนเลสนี้

<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 7 (20 คะแนน) ผงนิกเกิลน้ำหนัก 179 กรัม (ความหนาแน่น = 8.9 กรัม/ซม.^{3}) นำไปหาขนาดอนุภาคและลักษณะการกระจายตัวของขนาดอนุภาคโดยการร่อนด้วยตะแกรง ได้ลักษณะการกระจายเป็นดังนี้

<u>ขนาดอนุภาค, ไมครอน</u>	<u>น้ำหนัก, กรัม</u>
30	0
30 ถึง 45	5
45 ถึง 65	16
65 ถึง 88	33
88 ถึง 110	51
110 ถึง 135	42
135 ถึง 165	20
165 ถึง 200	12
200	0

ก) **(10 คะแนน)** คำนวณค่าขนาดอนุภาค เปอร์เซนต์น้ำหนัก จำนวนอนุภาค เปอร์เซนต์จำนวนอนุภาค เปอร์เซนต์สะสม (ใหญ่กว่า) ทั้งของน้ำหนัก และจำนวนอนุภาค นำค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ใส่ในตารางที่กำหนดให้

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

ข) **(6 คะแนน)** วาดกราฟการแจกแจงขนาดอนุภาค แสดง **<u>เปอร์เซ็นต์สะสมใหญ่กว่า</u>** ทั้ง **<u>เกณฑ์น้ำหนักและจำนวนอนุภาค</u>** และ ขนาดอนุภาคบนสเกลลอก โดยใช้กระดาษ semi-log ที่เตรียมไว้ให้ (วาดกราฟ 2 เส้น ในกระดาษกราฟหน้าสุดท้ายของกระดาษข้อสอบ)

ค) หาค่าขนาดอนุภาคนิกเกิลเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์น้ำหนัก (2 คะแนน)

ง) หาค่าขนาดอนุภาคนิกเกิลเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์จำนวนอนุภาค (2 คะแนน)

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

ตารางแสดงข้อมูลการแจกแจงขนาดอนุภาค (ต้องกรอกข้อมูลทั้งหมดลงในตารางนี้)

ขนาดผง (μm)	น้ำหนัก (g)	% น้ำหนัก	% น้ำหนักสะสมใหญ่กว่า	จำนวนอนุภาค	%จำนวน	% จำนวนสะสมใหญ่กว่า
	0					
	5					
	16	1=	2=	3=	4=	5=
	33					
	51					
	42					
	20					
	12					
	0					

***ให้แสดงวิธีการคำนวณในหน้าถัดไป**

<u>จากกราฟที่พล็อต ให้ตอบคำถามต่อไปนี้</u>

ค) ขนาดอนุภาคนิกเกิลเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์น้ำหนัก =..... μm

ง) ขนาดอนุภาคนิกเกิลเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์จำนวนอนุภาค = ... μm

<u>แสดงวิธีการคำนวณที่นี่</u>

หมายเลข 1

หมายเลข 2

หมายเลข 3

หมายเลข 4

หมายเลข 5

Cumulative particle size distribution