ชื่อ.....รหัส.....

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

Final Examination : Semester II | Academic year : 2006

Date : 26 February, 2006 | Time : 13.30 – 16.30 น.

Subject : 231-322 Chemical Engineering Kinetic & Reaction II | Room : R 201

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้น และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุด ให้ออก

คำสั่ง

1. ห้ามนำข้อสอบบางส่วนหรือทั้งหมดออกจากห้องสอบ
2. อนุญาตให้นำเอกสาร หนังสือ เครื่องคำนวณ ทุกชนิด เข้าห้องสอบได้
3. ห้ามหยิบยืมเอกสารใดๆ และพูดคุยกับนักศึกษาอื่นขณะทำข้อสอบ
4. สามารถใช้ดินสอในการทำข้อสอบได้

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	20	
2	15	
3	15	
4	20	
5	15	
6	15	
รวม	**100**	

ข้อสอบทั้งหมดมี 6 ข้อ 11 หน้า กรุณาตรวจสอบความถูกต้องก่อนลงมือทำ

ขอให้นักศึกษาทุกคนประสบความสำเร็จในการสอบปลายภาค

อ. จรัญ บุญกาญจน์

23 ก.พ. 2548

รหัส.....

1. (20 คะแนน)

ในการศึกษาคุณสมบัติของแคทาลิสต์ โดยใช้ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (A $\rightarrow$ B) เมื่อเปลี่ยนขนาดของอนุภาคแคทาลิสต์ โดยให้ C_A = 0.025 mol/dm^3 พบว่าอัตราเร็วปฏิกิริยาปรากฏแสดงดังตาราง

R(mm)	5	10
$-r'_A$ (obs) x 10^4 mol dm^{-3} s^{-1}	1.3	0.74

และเมื่อนำแคทาลิสต์นี้ไปบดละเอียดจนสามารถสมมุติได้ว่าไม่มีความต้านทานเนื่องจากการแพร่ภายแคทาลิสต์ แล้วตรวจวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เท่ากับ 5.8×10^{-4} mol dm^{-3} s^{-1} และความหนาแน่นปรากฏของแคทาลิสต์เท่ากับ 1.2×10^3 kg/m^3 จากข้อมูลข้างต้นจงคำนวณหา

1.1 ค่าคงที่ปฏิกิริยาของอัตราเร็วปฏิกิริยาในตัว, km1

1.2 ค่า effectiveness factor (η) สำหรับแคทาลิสต์ขนาด 5 และ 10 mm.

1.3 ค่า Thiele modulus (ϕ_1) สำหรับแคทาลิสต์ขนาด 5 mm.

1.4 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ยังผล (effective diffusivity, D_e)

หมายเหตุ : นักศึกษาอาจกำหนดเงื่อนไขหรือสมมติฐานที่คิดว่าจำเป็นในการแก้ไขปัญหาโจทย์ได้

2. (15 คะแนน)

$$A \xrightarrow{\text{catalyst}} C$$

$$-r'_A = k_{m1} C_A$$

เป็นปฏิกิริยาในวัฏภาคแก๊สมีแคทาลิสต์ของแข็งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

- คุณสมบัติของแคทาลิสต์
  - รัศมีอนุภาคของแคทาลิสต์ R = 1.5×10^{-4} m
  - ความหนาแน่นปรากฏ $\rho_P = 1.3 \times 10^3$ kg/m^3
  - สัดส่วนของรูพรุนต่อปริมาตรรวมของแคทาลิสต์ $\varepsilon = 0.6$
  - พื้นที่ผิวรูพรุน $S_g = 40$ m^2/g
  - Turtuosity factor $\tau = 2$
- ข้อมูลปฏิกิริยา
  - อุณหภูมิปฏิกิริยา T = 500 K
  - อัตราเร็วปฏิกิริยาปรากฏ $-r'_A = 3.5 \times 10^{-3}$ mol/(kg s)
  - ความเข้มข้นของ A ที่ผิวปฏิกิริยา $C_{AS} = 0.02$ mol/m^3
- ข้อมูลประกอบอื่นๆ
  - น้ำหนักโมเลกุลของ A $M_A = 100 \times 10^{-3}$ kg/mol
  - สัมประสิทธิ์การแพร่แบบโมเลกุลของ A $D_{AM} = 2 \times 10^{-5}$ m^2/s

จงคำนวณหา

2.1 effectiveness factor, η ของแคทาลิสต์

2.2 ค่าคงที่ของปฏิกิริยา k_{m1}

3. (15 คะแนน)

A $\rightarrow$ B เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เมื่อเกิดปฏิกิริยาโดยมีแคทาลิสต์ของแข็งความหนาแน่นปรากฏ ρ_P = 1.2×10^3 kg/m^3 ได้ค่าคงที่ปฏิกิริยา $k = 0.05 \frac{m^3}{m^2 s}$ ถ้าต้องการให้ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหลซึ่งภายในบรรจุแคทาลิสต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm โดยสมมติว่าการแพร่ภายในแคทาลิสต์เป็นกลไกควบคุมอัตราเร็วรวมของปฏิกิริยาและมีข้อมูลเพิ่มเติมดังแสดงข้างล่าง ถ้าต้องการให้ได้คอนเวอร์ชัน X_A = 0.9 จงคำนวณหาความยาวของเครื่องปฏิกรณ์

กำหนดให้

ความเร็วของแก๊สในปฏิกรณ์ (superficial velocity) = 2 m/s

อุณหภูมิ (T) = 500 K

ความดัน (P) = 2 atm

สัมประสิทธิ์การแพร่ยังผล (D_{eA}) = $2 \times 10^{-8} \frac{m^2}{s}$

ความพรุนของเบด (bed porosity, ε_b) = 0.4

4. (20 คะแนน)

ปฏิกิริยาการเผาอนุภาค ZnS ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm ที่ความดัน 2 atm อุณหภูมิ 1200°C ด้วยแก๊สที่มี O_2 ผสมอยู่ในสัดส่วนโมล y = 0.1 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ

$$3\ O_2 + 2\ ZnS \longrightarrow 2\ ZnO + 2\ SO_2$$

จากการตรวจวัดคอนเวอร์ชันของ ZnS ที่เวลาต่างๆ แสดงได้ดังตาราง

t (min)	35	81	220
X_{ZnS}	0.5	0.7	0.95

กำหนดให้ ความหนาแน่นของ ZnS (ρ_p) = 4130 kg/m^3

น้ำหนักโมเลกุลของ ZnS (M_{ZnS}) $= 97.45 \times 10^{-3}\ \frac{kg}{mol}$

จงใช้แบบจำลอง Unreacted core เพื่อ

4.1 หาขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยารวม

4.2 หาเวลาสิ้นสุดปฏิกิริยา t^*

4.3 หาค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ D_{eA} หรือ k_s ที่สอดคล้องกับขั้นตอนควบคุมตาม 4.1

5. (15 คะแนน)

$A(g) + bB(s) \longrightarrow D(s)$

ดำเนินการในปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบด โดยป้อนอนุภาคของแข็งเข้าสู่ปฏิกรณ์อย่างต่อเนื่อง ในขั้นแรกทำการทดลองโดยใช้ปฏิกรณ์ขนาดเล็ก โดยให้เบดมีมวล 0.5 kg อัตราการป้อนอนุภาคเข้าสู่ปฏิกรณ์เท่ากับ 2.5×10^{-4} kg/s พบว่าได้คอนเวอร์ชันโดยเฉลี่ยที่ทางออกของปฏิกรณ์ $\overline{X}_B = 0.6$ และพบว่าปฏิกิริยาที่ผิวของแข็งเป็นขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยารวม

ถ้าต้องการขยายขนาดของฟลูอิดไดซ์เบด โดยต้องการอัตราการป้อนเป็น 1 kg/s และคอนเวอร์ชันโดยเฉลี่ย $\overline{X}_B = 0.8$ จงคำนวณหาขนาดของฟลูอิดไดซ์เบดที่เหมาะสม โดยให้เบดที่หยุดนิ่งมีความสูง $L_c = 0.5$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางเบด (d_B) ความพรุน $\varepsilon_c = 0.5$ และสมมติให้ความหนาแน่นของอนุภาคมีค่าคงที่ $\rho_p = 2500$ kg/m^3

6. (15 คะแนน)

ของผสมของอนุภาคของแข็งมีรัศมีและอัตราส่วนผสมดังตาราง จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าเวลาที่อนุภาคขนาดต่างๆ ใช้ทำปฏิกิริยาจนหมด (t^*) แสดงในตารางและการถ่ายเทมวลในชั้นฟลูอิดฟิล์มเป็นขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยารวม

R (mm)	อัตราส่วน (%)	t^* (mm)
1	20	10.5
2	30	22.4
4	50	38.0

อนุภาคดังกล่าวถูกป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์แบบมูพวิงเบด (moving bed) ที่มีเรซิเดนซ์ไทม์ (residence time) t_p = 15 min จงคำนวณหาคอนเวอร์ชันที่ทางออกของปฏิกรณ์