

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

ทوجริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตักในรายวิชานั้น 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

1. (20 คะแนน)

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

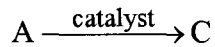
| | | |
|--|-----|------|
| R(mm) | 5 | 10 |
| $-r'_A \text{ (obs)} \times 10^4 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ | 1.3 | 0.74 |

และเมื่อนำแคทาลิสต์นี้ไปบดละเอียดจนสามารถสมมุติได้ว่าไม่มีความต้านทานเนื่องจากการแพร่ภายในแคทาลิสต์ แล้วตรวจวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เท่ากับ $5.8 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ และความหนาแน่นปรากฏของแคทาลิสต์เท่ากับ $1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ จากข้อมูลข้างต้นจงคำนวณหา

- 1.1 ค่าคงที่ปฏิกิริยาของอัตราเร็วปฏิกิริยาในตัว, km^{-1}
- 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)



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

เป็นปฏิกิริยาในวัฏภาคแก๊สมีแคทาลิสต์ของแข็งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

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

จงคำนวณหา

2.1 effectiveness factor, η ของแคทาลิสต์

2.2 ค่าคงที่ของปฏิกิริยา k_{m1}

3. (15 คะแนน)

A \rightarrow B เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เมื่อเกิดปฏิกิริยาโดยมีแคทาลิสต์ของแข็งความหนาแน่นปรากฏ $\rho_p = 1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ได้ค่าคงที่ปฏิกิริยา $k = 0.05 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ s}}$ 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

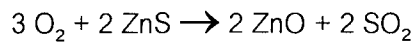
สัมประสิทธิ์การแพร่ยังผล (D_{eA}) = $2 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

ความพรุนของเบด (bed porosity, ϵ_p) = 0.4

รหัส.....

4. (20 คะแนน)

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



จากการตรวจวัดคอนเวอร์ชันของ ZnS ที่เวลาต่างๆ แสดงได้ดังตาราง

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

กำหนดให้ ความหนาแน่นของ ZnS (ρ_p) = 4130 kg/m³

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

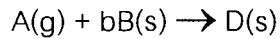
จงใช้แบบจำลอง Unreacted core เพื่อ

4.1 หาขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยารวม

4.2 หาเวลาสิ้นสุดปฏิกิริยา t

4.3 หาค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ D_{eA} หรือ k_s ที่สอดคล้องกับขั้นตอนควบคุมตาม 4.1

5. (15 คะแนน)



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

ถ้าต้องการขยายขนาดของฟลูอิดไดซ์เบด โดยต้องการอัตราการป้อนเป็น 1 kg/s และคอนเวอร์ชันโดยเฉลี่ย $\bar{X}_B = 0.8$ จงคำนวณหาขนาดของฟลูอิดไดซ์เบดที่เหมาะสม โดยให้เบดที่หุคหนึ่งมีความสูง $L_c = 0.5$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางเบด (d_b) ความพรุน $\epsilon_c = 0.5$ และสมมติให้ความหนาแน่นของอนุภาคมีค่าคงที่ $\rho_p = 2500$ kg/m³

รหัส.....

6. (15 คะแนน)

ของผสมของอนุภาคของแข็งมีรัศมีและอัตราส่วนผสมดังตาราง จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า เวลาที่อนุภาคขนาดต่างๆ ใช้ทำปฏิกิริยาจนหมด (t') แสดงในตารางและการถ่ายเทมวลในชั้นฟลูอิดฟิล์มเป็น ขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยารวม

| R (mm) | อัตราส่วน (%) | t' (min) |
|--------|---------------|------------|
| 1 | 20 | 10.5 |
| 2 | 30 | 22.4 |
| 4 | 50 | 38.0 |

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