ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

## มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## คณะวิศวกรรมศาสตร์

**การสอบปลายภาค : ประจำภาคการศึกษาที่ 1** **ประจำปีการศึกษา : 2552**

**วันที่ : 9 ตุลาคม 2552** **เวลา : 9.00-12.00**

**วิชา : 230-322 วิศวกรรมอนุภาค** **ห้องสอบ : R201**

- ข้อสอบมี 5 ข้อ จำนวนข้อสอบ 14 หน้า ต้องทำทุกข้อ คะแนนเต็ม 140 คะแนน
- ให้นักศึกษาใช้ที่ว่างซึ่งเตรียมไว้สำหรับคำถามแต่ละข้อในการทำข้อสอบ โดยเขียนชื่อและรหัสประจำตัว ไว้ที่ส่วนบนของข้อสอบทุกหน้า หากเนื้อที่ไม่เพียงพอ อนุญาตให้ใช้เนื้อที่ด้านหลังของข้อสอบข้อนั้นๆ ทำข้อสอบได้ โดยระบุหรือทำเครื่องหมายไว้ด้านหน้าให้ชัดเจน
- คะแนนเต็มของแต่ละข้อและข้อย่อย เป็นดังนี้

| ข้อที่ | คะแนนเต็ม | ได้คะแนน |
|---|---|---|
| 1 | 45 | |
| 2 | 35 | |
| 3 | 20 | |
| 4 | 10 | |
| 5 | 30 | |
| **รวม** | **140** | |

- ขอให้นักศึกษาอ่านและศึกษารายละเอียดของทั้งข้อมูลและคำถามของแต่ละข้อ ให้เข้าใจทั้งหมด แล้ววางแผนการแก้ปัญหา ก่อนลงมือทำข้อสอบ
- อนุญาตให้นำหนังสือ เอกสาร เครื่องคำนวณ และอุปกรณ์อื่นๆ เข้าห้องสอบได้

**ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำคือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา**

สุธรรม สุขมณี
ผู้ออกข้อสอบ
22 กันยายน 2552

# หน้าที่ 2

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

1) ในการทดลองเพื่อหาค่าความต้านทานจำเพาะของเค้กกรอง ($\alpha$) และความต้านทานของผ้ากรอง ($R_m$) โดยใช้สารละลายขุ่นของ $CaCO_3$ ในน้ำ เป็นสารป้อนเข้าเครื่องกรองชนิด Plate-and-Frame และทำการกรองแบบความดันลดคงที่ 70 kPa ที่อุณหภูมิ 32 °C ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาตรของของเหลวที่กรองได้ที่เวลาต่างๆ และข้อมูลของเค้กกรองที่ได้เมื่อสิ้นสุดการกรอง ได้ผลดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ความหนาแน่นของอนุภาค $CaCO_3$ | 2710 | $kg/m^3$ |
| ความหนาแน่นปรากฏของเค้กเปียก | 1976 | $kg/m^3$ |
| ความหนาแน่นปรากฏของเค้กแห้ง | 1550 | $kg/m^3$ |
| มวลของเค้กแห้งต่อปริมาตรของ Filtrate | 27.5 | $kg/m^3$ |
| ความต้านทานจำเพาะของเค้กกรอง ($\alpha$) | $2.69\times10^{10}$ | m/kg |
| ความต้านทานของผ้ากรอง ($R_m$) | $3.50\times10^{9}$ | $m^{-1}$ |

หากถือว่าเค้กกรองนี้ ไม่ยุบตัว และผ้ากรองมีความต้านทานคงที่ ไม่ว่าจะนำไปใช้กับเครื่องกรองชนิดใด โดยที่อุณหภูมิ 32 °C น้ำมีความหนาแน่น 995 $kg/m^3$ ความหนืดสมบูรณ์ 0.76 cP ขอให้ท่านใช้ข้อมูลที่กำหนด ทำนายผลการดำเนินงานเมื่อนำสารละลายขุ่นความเข้มข้นเดียวกันกับที่ใช้ในการทดลอง เป็นสารป้อนเข้าเครื่องกรองต่างๆ ตามเงื่อนไขในข้อย่อยต่อไปนี้

1.1 หากใช้เครื่องกรองซึ่งทำการกรองอย่างต่อเนื่อง ชนิด Rotary drum filter ในการกรองสารละลายขุ่นความเข้มข้นเดียวกัน โดยเครื่องกรองตัวนี้ ใช้ Drum ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m. ยาว 3 m. ดำเนินงานโดยพื้นที่ร้อยละ 25 ของผ้ากรองจมอยู่ในสารละลายขุ่น ความดันภายใน Drum ต่ำกว่าความดันภายนอกเท่ากับ 70 kPa และ Drum ใช้เวลาในการหมุน 1 รอบ 10 นาที

(ก) หากตั้งระยะห่างระหว่างใบมีดปาดเค้กกับผิวบนของผ้ากรองไว้ที่ 25 mm. เครื่องกรองนี้จะเริ่มผลิตเค้กได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อเริ่มเดินเครื่องเป็นเวลาเท่าใด (15 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

(ข) อัตราการผลิตเค้กแห้งของเครื่องกรองในช่วงของการดำเนินงานต่อเนื่อง มีค่าเท่าใด (10 คะแนน)

(ค) หากใช้พื้นที่ในการล้างเค้กร้อยละ 25 ของพื้นที่ในการกรองทั้งหมด และใช้อัตราการล้างเค้กเพียงร้อยละ 75 ของอัตราการล้างตามทฤษฎี จะต้องล้างเค้กด้วยอัตราเท่าใด (5 คะแนน)

# หน้าที่ 5

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

1.2 หากป้อนสารละลายขุ่นนี้ลงในเครื่องกรองชนิด Batch centrifuge ซึ่งถังกรองอยู่ในแนวดิ่ง มีความสูง ($b$) 1.125 m. รัศมีภายนอก ($r_2$) 0.40 m. และหมุนด้วยความเร็วรอบ 900 rpm ที่อุณหภูมิ 32 °C

(ก) อัตราการไหลของ Filtrate เมื่อเริ่มเดินเครื่องมีค่าเท่าใด (7 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

(ข) หากป้อนสารละลายขุ่นนี้ลงในเครื่องกรองครั้งเดียวจนเต็ม และเดินเครื่องจนกระทั่งไม่มี Filtrate ไหลผ่านผ้ากรองอีก อัตราการกรองและพื้นที่ในการกรองจะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นถึงสิ้นสุดการกรองอย่างไร และเมื่อสิ้นสุดการกรองแล้ว ความหนาของเค้กกรองจะสม่ำเสมอตลอดพื้นผิวของผ้ากรองหรือไม่ อธิบายพร้อมเหตุผลสั้นๆ ประกอบ (8 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

2) ถังกวนรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ($D_t$) 60 cm. มีครีบ (Baffle) กว้าง ($J$) 6 cm. ติดไว้ที่ผนังด้านในจำนวน 4 ครีบ ใช้ในการกวนหรือการผสมของเหลว โดยบรรจุของเหลวถึงระดับ ($H$) 60 cm. จากก้นถัง และติดตั้งใบพัดกวนไว้ที่กึ่งกลางถัง สูงจากก้นถัง ($E$) 20 cm. ใบพัดกวนเป็นแบบ 6-blade disk turbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ($D_a$) 20 cm. ใบพัดแต่ละใบ กว้าง ($W$) 4 cm. ยาว ($L$) 5 cm. ขอให้ท่านกำหนดความเร็วรอบสูงสุดของใบพัดกวน เมื่อใช้ถังกวนนี้ กวนผสมของเหลวตามรายละเอียดที่กำหนดต่อไปนี้ และมีกำลังงานต่อปริมาตรของเหลวไม่เกิน 0.50 $kW/m^3$

2.1 กวนผสมของเหลวซึ่งมีความหนาแน่น ($\rho$) 1250 $kg/m^3$ ความหนืด ($\mu$) 12.5 cP (10 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

2.2 กวนผสมของเหลวชนิด Non-newtonian ซึ่งมีความหนาแน่น ($\rho$) 1250 kg/m$^3$ และความหนืดปรากฏเฉลี่ย ($\overline{\mu}_a$) ในหน่วย Pa.s (kg/m-s) ขึ้นต่อความเร็วรอบของใบกวน ($N$) หน่วย rps ดังนี้

$$\overline{\mu}_a = 82N^{0.4}$$

(15 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

2.3 หากต้องการขยายขนาดถังกวน ให้สามารถกวนผสมของเหลวซึ่งมีความหนาแน่น ($\rho$) 1250 kg/m$^3$ ความหนืด ($\mu$) 12.5 cP ตามข้อ 2.1 ได้ถึง 20 m$^3$ โดยคงสัดส่วนของมิติต่างๆ ตาม Shape factor และกำลังงานที่ใช้ในการกวนต่อปริมาตรของเหลว ($P/V$) เท่าเดิม ใบพัดกวนในถังขนาดใหญ่นี้ จะต้องหมุนด้วยความเร็วรอบไม่เกินเท่าใด (10 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

3) หากต้องการเตรียม Slurry ของอนุภาค $CaCO_3$ ให้แขวนลอยในน้ำ ที่อุณหภูมิ โดยมีมวลของ $CaCO_3$ ต่อปริมาตรน้ำ 27.5 $kg/m^3$ ที่อุณหภูมิ 32 $^{\circ}C$ โดยใช้ถังกวนรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ($D_t$) 6 m. มีครีบ (Baffle) กว้าง ($J$) 0.6 m. ติดไว้ที่ผนังด้านในจำนวน 6 ครีบ ในการผสมแต่ละกะ (Batch) จะบรรจุส่วนผสมไว้ที่ระดับ ($H$) 6 m. จากก้นถัง และติดตั้งใบพัดกวนไว้ที่กึ่งกลางถัง สูงจากก้นถัง ($E$) 1.5 m. ใบพัดกวนที่ใช้ เป็นแบบ 3-blade propeller ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ($D_a$) 1.5 m. อนุภาค $CaCO_3$ มีขนาดเฉลี่ย 150 μm ความหนาแน่น 2710 $kg/m^3$ และที่อุณหภูมิ 32 $^{\circ}C$ น้ำมีความหนาแน่น 995 $kg/m^3$ ความหนืด 0.76 cP
ความเร็วรอบและกำลังงานขั้นต่ำในการกวน เพื่อให้อนุภาคของ $CaCO_3$ แขวนลอยอยู่ในน้ำ ในลักษณะที่เป็น Complete suspension มีค่าเท่าใด (20 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

4) ในแต่ละกะ (Batch) ของการผสมอนุภาคของแข็ง ซึ่งประกอบด้วยสาร *A* 225 kg สาร *B* 255 kg และสาร *C* 20 kg ได้มีการชักตัวอย่างจากจุดต่างๆ ภายในเครื่องผสม ช่วงเวลาละ 25 จุด เพื่อนำมาวิเคราะห์สัดส่วนเชิงมวลของแต่ละองค์ประกอบ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ในตัวอย่างที่ช่วงเวลาหนึ่ง เป็นดังนี้

| จุดที่ | สัดส่วนเชิงมวลในส่วนผสม | | |
|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* |
| 1 | 0.549 | 0.414 | 0.037 |
| 2 | 0.527 | 0.429 | 0.044 |
| 3 | 0.432 | 0.523 | 0.045 |
| 4 | 0.383 | 0.574 | 0.043 |
| 5 | 0.331 | 0.63 | 0.039 |
| 6 | 0.529 | 0.43 | 0.041 |
| 7 | 0.213 | 0.749 | 0.038 |
| 8 | 0.254 | 0.704 | 0.042 |
| 9 | 0.459 | 0.5 | 0.041 |
| 10 | 0.67 | 0.291 | 0.039 |
| 11 | 0.439 | 0.516 | 0.045 |
| 12 | 0.283 | 0.679 | 0.038 |
| 13 | 0.603 | 0.356 | 0.041 |

| จุดที่ | สัดส่วนเชิงมวลในส่วนผสม | | |
|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* |
| 14 | 0.392 | 0.573 | 0.035 |
| 15 | 0.752 | 0.202 | 0.046 |
| 16 | 0.561 | 0.401 | 0.038 |
| 17 | 0.471 | 0.485 | 0.044 |
| 18 | 0.547 | 0.416 | 0.037 |
| 19 | 0.514 | 0.445 | 0.041 |
| 20 | 0.421 | 0.545 | 0.034 |
| 21 | 0.276 | 0.683 | 0.041 |
| 22 | 0.322 | 0.645 | 0.033 |
| 23 | 0.413 | 0.545 | 0.042 |
| 24 | 0.331 | 0.628 | 0.041 |
| 25 | 0.495 | 0.462 | 0.043 |

จากข้อมูลที่กำหนด สารที่ควรใช้เป็นตัววัด (Tracer) คือสารใด กลุ่มตัวอย่างของส่วนผสมมีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานของสารวัด ($S$) และดัชนีการผสม ($I_p$) เท่าใด (10 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

5) อนุภาคของทรายละเอียด (Sharp sand) ซึ่งมีขนาดเฉลี่ย 250 μm ความเป็นทรงกลม ($\phi_s$) 0.67 ความหนาแน่นจริง 2660 kg/m$^3$ ความหนาแน่นปรากฏ 1370 kg/m$^3$ หนัก 33.6 kg ถูกบรรจุลงในคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 cm ที่อุณหภูมิ 32 °C เพื่อให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนกับอากาศ อุณหภูมิ ($T$) 150 °C ความดัน ($P$) 152.6 kPa ความหนาแน่น ($\rho$) 1.257 kg/m$^3$ ความหนืด ($\mu$) 0.0231 cP ความจุความร้อน ($C_p$) 1.02 kJ/kg-K และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($k$) 0.0333 W/m-K ตามเงื่อนไขการไหลของอากาศผ่านเบดของทรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 หากป้อนอากาศผ่านตัวกระจาย (Distributor) ทางตอนล่างของคอลัมน์ผ่านเบดของอนุภาคทรายละเอียด ขึ้นไปทางตอนบน ความพรุนของเบด ($\varepsilon_{mf}$) ความสูงของเบด ($L_{mf}$) ความเร็วผิวหน้าของอากาศ ($U_{mf}$) ความดันลดคร่อมเบด ($\Delta P_{mf}$) และสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนระหว่างเบดและผนังคอลัมน์ ($h_w$) ณ จุดต่ำสุดของการเกิด Fluidization มีค่าเท่าใด (20 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

5.2 หากป้อนอากาศทางตอนบนของเบดและไหลออกทางตอนล่างของคอลัมน์ โดยตัวกระจายสามารถรับแรงกระทำและป้องกันการไหลออกของอนุภาคทรายละเอียดจากคอลัมน์ได้ ด้วยความเร็วผิวหน้า 2.5 เท่าของ $U_{mf}$ จะมีความดันลดคร่อมเบด ($\Delta P_{pb}$) เท่าใด (10 คะแนน)