ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 5 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING

Final Exam: Semester I — Academic year: 2014
Date: December 20th, 2014 — Time: 9.00–12.00
Subject: 231-322 Particle Engineering — Room: S817

หมายเหตุ

1. ข้อสอบมีทั้งหมด **6** ข้อ ในกระดาษคำถาม 12 หน้า
2. ห้ามการหยิบยืมสิ่งใดๆ ทั้งสิ้น จากผู้อื่นๆ เว้นแต่ผู้คุมสอบจะหยิบยืมให้
3. ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของข้อสอบออกจากห้องสอบ
4. ผู้ที่ประสงค์จะออกจากห้องสอบก่อนหมดเวลาสอบ **แต่ต้องไม่น้อยกว่า 30 นาที** ให้ยกมือขออนุญาตจากผู้คุมสอบก่อนจะลุกจากที่นั่ง
5. เมื่อหมดเวลาสอบ ผู้เข้าสอบต้องหยุดการเขียนใด ๆ ทั้งสิ้น
6. ผู้ที่ปฏิบัติเข้าข่ายทุจริตในการสอบ ตามประกาศคณะวิศวกรรมศาสตร์ **มีโทษ คือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 2 ภาคการศึกษา**
7. ให้นักศึกษาสามารถนำสิ่งต่อไปนี้เข้าห้องสอบได้
   - ☑ ตำรา ☑ หนังสือ ☑ เครื่องคิดเลข
   - ☑ กระดาษ A4 ☑ พจนานุกรม ☑ อื่น ๆ (เอกสารทุกชนิด)
8. ให้ทำข้อสอบโดยใช้
   - ☑ ดินสอ (HB ขึ้นไป) ☑ ปากกา
9. หากเนื้อที่ที่เตรียมไว้ไม่เพียงพอ สามารถใช้เนื้อที่ด้านหลังข้อเดียวกันทำข้อสอบได้

Question #	1	2	3	4	5	6	Total
Total Score	35	30	20	20	15	30	150
Score							

นักศึกษารับทราบ ลงชื่อ .....

อ.สุธรรม สุขมณี
ผู้ออกข้อสอบ
4 ธันวาคม 2557

หน้าที่ 2

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 5 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

1) ในการทดลองเพื่อหาความต้านทานจำเพาะของเค้กกรอง (Specific cake resistance, α) และความต้านทานของตัวกลางกรอง (Filter medium resistance, R_m) จากการกรองสารละลายขุ่น (Slurry) ของ Titanium Oxide (TiO_2) ในน้ำที่อุณหภูมิ 32.2 °C โดยใช้เครื่องกรองแบบความดันคงที่ ชนิด Plate-and-Frame ซึ่งมีพื้นที่ในการกรอง 0.10 m^2 และใช้ความดันลดในการกรอง 50 kPa (50 kN/m^2) โดยข้อมูลของเวลาในการกรอง เพื่อให้ได้ปริมาตรของสารละลายใส (Filtrate) ที่กรองได้ตามที่กำหนด เป็นดังนี้

Volume of filtrate, Liter (dm^3)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
Time, seconds	66	253	562	993	2218

ข้อมูลเพิ่มเติม

- อนุภาคของ TiO_2 มีขนาดเฉลี่ย 1.3 μm ความเป็นทรงกลม 0.8 และความหนาแน่น 4270 kg/m^3
- เค้กกรองที่ได้มีความพรุน (Porosity) เฉลี่ย 0.74 มวลของเค้กแห้งต่อปริมาตรของของเหลวใส 200 kg/m^3
- ที่อุณหภูมิ 32.2 °C น้ำมีความหนาแน่น 995 kg/m^3 และความหนืด 0.76 mPa.s

ขอให้ท่านใช้ข้อมูลจากการทดลองที่ได้ ตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 (27 คะแนน) ความต้านทานจำเพาะของเค้กกรอง และความต้านทานของตัวกลางกรอง ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในทดลองครั้งนี้ มีค่าเท่าใด

1.2 (8 คะแนน) เค้กกรองที่ได้นี้ มีความหนาแน่นปรากฏ (Bulk density) ของเค้กแห้งเท่าใด สัดส่วนโดยน้ำหนักของเค้กเปียกต่อเค้กแห้งเท่าใด และหากเทียบสัมประสิทธิ์กับสมการของ Kozeny-Carman เค้กกรองนี้ มีค่าคงที่ที่ใช้ในสมการของ Kozeny-Carman เท่าใด

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 5 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

2) การทำงานของ Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF) อาจแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการสะสมเค้กบนตัวกลางกรอง (Cake formation) ดำเนินการแบบความดันลดในการกรองคงที่ จนกระทั่งชั้นความหนาของเค้กมีค่าตามที่กำหนด ขั้นตอนที่สอง เป็นขั้นตอนของการกรอง (Filtration) ดำเนินการแบบความดันลดในการกรองและอัตราการกรองคงที่ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการหยุดเดินเครื่องและการบำรุงรักษา

ในการกรองสารละลายขุ่น (Slurry) จากปฏิกรณ์เพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกมาฟื้นสภาพและนำกลับไปใช้ใหม่ โดยใช้ Rotary Drum Vacuum Filter มีข้อมูลประกอบการคาดหมายการดำเนินงานดังนี้

Rotary Drum Vacuum Filter

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 2.5 m. ยาว (L) 5 m. ความเร็วรอบ (N) 0.2 rpm สัดส่วนของพื้นที่ในการกรองต่อพื้นที่ทั้งหมด (f) 0.34 ใช้ความดันลดในการกรอง (ΔP) 70 kPa ตัวกลางกรองที่ติดตั้ง มีความต้านทานในการกรอง (R_m) 1.00×10^{10} m^{-1}

Slurry

มีของแข็งแขวนลอยอยู่ ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

Solid particles & Filter cake

ขนาดเฉลี่ยของอนุภาค 15 μm. มีความหนาแน่น (ρ_p) 3070 kg/m^3

เค้กที่เกิดขึ้น มีความพรุน (ε) 0.795 สัดส่วนมวลของเค้กเปียกต่อเค้กแห้ง 2.25 และความต้านทานจำเพาะ (α) 5.25×10^{10} m/kg

Filtrate

ที่อุณหภูมิในการกรอง 50 °C มีความหนาแน่น (ρ) 988 kg/m^3 ความหนืดสมบูรณ์ (μ) 0.55 mPa.s

ขอให้ท่านใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ ตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 (20 คะแนน) หากกำหนดให้การเกิดเค้กบนตัวกลางเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ จะต้องใช้เวลาในการดำเนินงานเท่าใด จึงจะทำให้ชั้นเค้กบนตัวกลางกรองหนา 50 mm.

2.2 (10 คะแนน) ในช่วงที่ควบคุมความหนาของชั้นเค้กคงที่ 50 mm. (ช่วง Filtration) อัตราการไหลออกของเค้กเปียก มีค่าเท่าใด

หน้าที่ 7

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 5 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

3) (20 คะแนน) ถังกวนรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D_t) 1.25 m. ใช้ในการกวนหรือการผสมของเหลว โดยใช้ใบพัดกวนแบบ 6-Straight blade turbine มีค่า Shape factor: $S_1 = 0.6$, $S_2 = 0.3$, $S_3 = 0.2$, $S_4 = 0.2$, $S_5 = 0.1$ และ $S_6 = 1.0$ ติดตั้ง Baffle จำนวน 4 แผ่น หากของเหลวที่ต้องการกวนหรือผสม มีความหนาแน่น (ρ) 900 kg/m^3 ความหนืด (μ) 0.435 Pa.s และกำหนดให้กำลังงานที่ใช้ต่อปริมาตรของของเหลวมีค่า 0.4 kW/m^3 ความเร็วรอบของใบพัดกวนและเวลาที่ใช้ในการผสมมีค่าเท่าใด

หน้าที่ 9

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 5 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

4) (20 คะแนน) หากความเร็วรอบของใบพัดกวนที่ทำให้อนุภาคของแข็งแขวนลอยอยู่ในของเหลวระดับ Complete suspension กำหนดจาก 1.5 เท่าของ Critical agitator speed ที่ได้จากสมการของ Zwietering ขอให้ท่านใช้เงื่อนไขดังกล่าว ประเมินกำลังงานในการกวนผสมอนุภาคของ Titanium Oxide (TiO_2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.3 μm ความหนาแน่น 4270 kg/m^3 ในน้ำ ที่อุณหภูมิ 32.2 °C ให้มีปริมาณอนุภาคของแข็งร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก โดยใช้ถังกวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 m. ใบพัดกวนแบบ 3-Blades propeller pitch 1:1 มีค่า Shape factor: $S_1 = 0.25$, $S_2 = 0.4$, $S_5 = 0.1$ และ $S_6 = 1.0$ ติดตั้ง Baffle จำนวน 4 แผ่น กำหนดให้ที่อุณหภูมินี้ น้ำมีความหนาแน่น 995 kg/m^3 และความหนืด 0.76 mPa.s และจากสมการของ D. G. Thomas สารละลายขุ่น (Slurry) มีความหนาแน่น 1124 kg/m^3 และความหนืด 0.85 mPa.s

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 5 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

5) (15 คะแนน) ถังกวนผสมรูปทรงกระบอกขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ (Laboratory mixer) ความจุ 10 L (dm^3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D_t) 24 cm. และติดตั้งใบพัดกวนแบบ 4-pitched blade turbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_a) 8 cm. พร้อม Baffles จำนวน 4 แผ่น ใช้ในการศึกษากำลังงานและเวลาในการผสมของเหลว ซึ่งมีความหนาแน่น (ρ) 980 kg/m^3 ความหนืด (μ) 0.85 mPa.s และนำผลการศึกษาไปออกแบบถังกวนผสมซึ่งมีความจุ 125 เท่า (1250 L) ขนาดใหญ่ หากการศึกษาอยู่ในช่วงที่ Reynolds' number ของใบพัดกวน มีค่าตั้งแต่ 10,000 ขึ้นไป ขอให้ท่านคาดหมายว่าความเร็วรอบของใบพัดกวนในถังกวนผสมขนาดใหญ่ จะมีค่าเป็นกี่เท่าของความเร็วรอบใบพัดกวนในถังกวนผสมขนาดเล็ก ภายใต้เงื่อนไขของการดำเนินงานต่อไปนี้

5.1 เมื่อกำหนดให้ถังกวนผสมทั้งสอง มี Circulation rate (q) เดียวกัน

5.2 เมื่อกำหนดให้ถังกวนผสมทั้งสอง มี Reynolds' number (N_{Re}) ของใบพัดกวนเดียวกัน

5.3 เมื่อกำหนดให้ถังกวนผสมทั้งสอง มีสัดส่วนกำลังงานต่อปริมาตร (P/V) เดียวกัน

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 5 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |

6) อนุภาคของวัสดุผง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (d_p) 0.748 mm. ความหนาแน่น (ρ_p) 2590 kg/m^3 มวล (W_p) 2.66 kg บรรจุในคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d_o) 75 mm. และความสูงของเบดนิ่ง (L_{pb}) 475 mm. โดยของเหลวซึ่งมีความหนาแน่น (ρ) 980 kg/m^3 ความหนืด (μ) 0.85 mPa.s ไหลจากตอนล่างของคอลัมน์ผ่านเบดของวัสดุผงขึ้นไปทางตอนบน กำหนดให้ความเร็วปลายของอนุภาคในของเหลว (u_t) เท่ากับ 113.4 mm/s

6.1 (15 คะแนน) ที่จุดต่ำสุดในการเกิด Fluidization ความพรุนของเบด (ε_{mf}) ความสูงของเบด (L_{mf}) ความเร็วผิวหน้าของของเหลว (U_{mf}) และความดันลดจากการไหลของของเหลวผ่านเบด มีค่าเท่าใด

6.2 (5 คะแนน) หากความเร็วผิวหน้าของของเหลวมีค่า 0.5 เท่าของความเร็วผิวหน้าต่ำสุดในการเกิด Fluidization ความดันลดจากการไหลของของเหลวผ่านเบด มีค่าเท่าใด

6.3 (10 คะแนน) หากความเร็วผิวหน้าของของเหลวมีค่า 4 เท่าของความเร็วผิวหน้าต่ำสุดในการเกิด Fluidization ความพรุนของเบด ความสูงของเบด และความดันลดจากการไหลของของเหลวผ่านเบด มีค่าเท่าใด