ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค : ประจำภาคการศึกษาที่ 1 **ประจำปีการศึกษา : 2547**

วันที่ : 11 ตุลาคม 2547 **เวลา : 9.00-12.00**

วิชา : 230-322 วิศวกรรมอนุภาค **ห้องสอบ : R 300**

- ข้อสอบมี 5 ข้อ จำนวนข้อสอบ 16 หน้า ต้องทำทุกข้อ คะแนนเต็ม 135 คะแนน
- ให้นักศึกษาใช้ที่ว่างซึ่งเตรียมไว้สำหรับคำถามแต่ละข้อในการทำข้อสอบ โดยเขียนชื่อและรหัสประจำตัว ไว้ที่ส่วนบนของข้อสอบทุกหน้า (ใช้ด้านหลังทำข้อสอบได้ทุกหน้า)
- คะแนนเต็มของแต่ละข้อ เป็นดังนี้

ข้อที่	คะแนนเต็ม	ได้คะแนน
1	45	
2	25	
3	20	
4	20	
5	25	
รวม	**135**	

- ขอให้นักศึกษาอ่านและศึกษารายละเอียดของทั้งข้อมูลและคำถามของแต่ละข้อ ให้เข้าใจทั้งหมด แล้ววางแผนการแก้ปัญหา ก่อนลงมือทำข้อสอบ
- อนุญาตให้นำหนังสือ เอกสาร เครื่องคำนวณ และอุปกรณ์อื่น ๆ เข้าห้องสอบได้

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำคือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

สุธรรม สุขมณี
ผู้ออกข้อสอบ
20 กันยายน 2547

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

Agitation and mixing of liquids

1) ถังกวนรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D_t) 3 m ใช้ในการกวนหรือการผสมของเหลว โดยบรรจุของเหลวถึงระดับ (H) 3 m จากก้นถัง และติดตั้งใบพัดกวนไว้ที่กึ่งกลางถัง สูงจากก้นถัง (E) 1 m ขอให้ท่านคำนวณหรือเวลาในการผสมของเหลว (t_T) เมื่อใช้ใบพัดกวนตามรายละเอียดที่กำหนดและใบพัดกวนหมุนที่ความเร็ว (N) 90 รอบ/นาที (rpm) ในกรณีต่างๆ ต่อไปนี้

1.1 เมื่อบรรจุ สารละลาย Sucrose 60% ในน้ำ ที่อุณหภูมิ 32 °C โดยที่อุณหภูมิดังกล่าว สารละลาย Sucrose มีความหนาแน่น (ρ) 1290 kg/m^3 ความหนืด (μ) 59 cP ใช้ใบพัดกวนแบบ 6–Pitch–blade turbine 45° ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_a) 1 m ใบพัดแต่ละใบ กว้าง (W) 0.2 m ยาว (L) 0.25 m และติดตั้ง Baffle กว้าง (J) 0.25 m จำนวน 4 แผ่น กำลังงานที่ใช้ในการกวนต่อปริมาตรของเหลว (P/V) มีค่าเท่าใด (15 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

— หน้านี้สำหรับทำโจทย์ข้อที่ 1.1 เพิ่มเติม —

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

1.2 หากใช้ใบพัดกวนแบบ 6–Straight–blade turbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_a) 1 m ใบพัดแต่ละใบกว้าง (W) 0.2 m ยาว (L) 0.25 m และติดตั้ง Baffle กว้าง (J) 0.25 m จำนวน 4 แผ่น เพื่อกวนสารละลาย Hydroxyethylcellulose 2% ในน้ำที่อุณหภูมิ 60 °C โดยสารละลายนี้ เป็นของเหลวชนิด Non-Newtonian มีความหนาแน่น 983 kg/m^3 และความหนืดปรากฏเฉลี่ย ($\overline{\mu}_a$) ในหน่วย cP ขึ้นต่ออัตราการเฉือน (du/dy) หน่วย s^{-1} ดังนี้

$$\overline{\mu}_a = 385\left(\frac{du}{dy}\right)^{0.254}$$

กำลังงานที่ใช้ต่อปริมาตรของเหลว (P/V) มีค่าเท่าใด (15 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

1.3 หากใช้ถังดังกล่าวในการผสมสารละลาย Sucrose 80% กับน้ำ เพื่อเตรียมสารละลาย Sucrose 60% ที่อุณหภูมิ 32 °C โดยไม่ได้ติดตั้ง Baffle ไว้ในถัง โดยในขณะที่ทำการผสม ของเหลวอยู่ที่ระดับ (H) 3 m จากก้นถัง เวลาในการผสมเพื่อให้ได้สารละลาย Sucrose 60% ที่เป็นเนื้อเดียวกันมีค่าเท่าใด หากใช้ใบพัดกวนแบบ (ก) 6–Straight–blade turbine ตามรายละเอียดเดียวกันกับคำถามข้อ 1.2 และ (ข) 3-blade propeller ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_a) 0.5 m (15 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

Suspension and dispersion

2) ถังปฏิกรณ์ติด Baffles ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D_t) 3 m ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างก๊าซ hydrogen กับ methyl linoleate ที่อุณหภูมิ 90 °C โดยบรรจุ methyl linoleate ซึ่งเป็นของเหลวพร้อมกับอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (D_p) 50 μm ความหนาแน่น (ρ_p) 4000 kg/m^3 ลงในถังปฏิกรณ์ ถึงระดับ (H) 3 m จากก้นถัง และป้อนก๊าซ hydrogen ผ่านตัวกระจาย (Distributor) เข้าทำปฏิกิริยากับ methyl linoleate โดยใช้ใบพัดกวนแบบ 6–blade disk turbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_a) 1 m เพื่อให้ตัวเร่งปฏิกิริยาแขวนลอยอยู่ในของเหลวในลักษณะที่เป็น Complete suspension และก๊าซ hydrogen กระจายตัวในของเหลวอย่างทั่วถึง กำหนดให้ methyl linoleate มีความหนาแน่น (ρ) 840 kg/m^3 ความหนืดสมบูรณ์ (μ) 1.6 cP แรงตึงผิว (σ) 0.0205 N/m ก๊าซ hydrogen ที่ป้อนเข้ามีความดัน (P) 500 kPa ความหนาแน่น (ρ_g) 0.331 kg/m^3 อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Q) 485 m^3/h และผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับ methyl linoleate ในปฏิกรณ์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

2.1 ความเร็วรอบวิกฤตในการกวน (N_c) เพื่อให้อนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาแขวนลอยอยู่ใน methyl linoleate ในลักษณะที่เป็น Complete suspension มีค่าเท่าใด (10 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

2.2 หากใช้กำลังงานในการกวนต่อปริมาตรของเหลว (P/V) เท่ากับ 1 kW/m^3 และความเร็วสุดท้ายของฟองก๊าซในของเหลว (u_t) มีค่า 0.2 m/s สัดส่วนเชิงปริมาตรของก๊าซ hydrogen ในปฏิกรณ์ (hydrogen holdup, ψ) มีค่าเท่าใด (15 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

– หน้านี้สำหรับทำโจทย์ข้อที่ 2.2 เพิ่มเติม –

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

Dispersion of two immiscible liquids

3) หากต้องการให้ Toluene แพร่กระจายในน้ำ ที่อุณหภูมิ (T) 40 °C โดยการป้อน Toluene 60 kg และน้ำ 1280 kg ลงในถังกวนซึ่งติด Baffles ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D_t) 1.20 m โดยใช้ใบพัดกวนแบบ 6–Straight-blade turbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_a) 0.40 m หมุนด้วยความเร็วรอบ (N) 120 rpm กำหนดให้ที่อุณหภูมิดังกล่าว Toluene มีความหนาแน่น (ρ_d) 840 kg/m^3 ความหนืดสมบูรณ์ (μ_d) 1.6 cP น้ำมีความหนาแน่น (ρ_c) 990 kg/m^3 ความหนืดสมบูรณ์ (μ_c) 0.66 cP และแรงตึงผิวในระบบน้ำ–Toluene (σ) มีค่า 0.043 N/m โดยกำลังงานที่ใช้ในการกวน (P) มีค่า 0.375 kW

ขอให้ท่านคาดหมายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของ Toluene ที่แพร่กระจายในน้ำ ($\overline{D}_s$) จาก (ก) กำลังงานที่ใช้ในการกวนต่อปริมาตร (P/V) และ (ข) ความเร็วรอบในการกวน (20 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

— หน้านี้สำหรับทำโจทย์ข้อที่ 3 เพิ่มเติม —

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

Agitator scale–up

4) ถังกวนผสมขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ (Laboratory blender) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D_t) 20 cm และติดตั้งใบพัดกวนแบบสมอ (Anchor) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_a) 16 cm ใช้ในการศึกษาเวลาในการผสมของเหลวความหนืดสูง ซึ่งมีความหนาแน่น (ρ) 980 kg/m^3 ความหนืดสมบูรณ์ (μ) 25000 cP และนำผลการศึกษาไปออกแบบถังกวนผสมขนาดใหญ่ โดยในช่วงต้นของการศึกษา จะนำผลที่ได้จากการทดลองไปทำนายผล เพื่อตรวจสอบกับผลการทดลองจริงในถังกวนผสมซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 60 cm และกำหนดสัมประสิทธิ์ในการปรับแก้ (Correction coefficient) ต่อไป

4.1 ถ้าผลการทดลองในถังกวนขนาด 20 cm ชุดหนึ่ง ซึ่งได้จากการเติมของเหลวความหนืดสูงถึงระดับ 20 cm จากก้นถัง และกวนผสมด้วยความเร็วรอบ (N) 60 rpm กำลังงานในการกวน (P) 30.72 W จะต้องใช้เวลาในการผสม 450 s หากใช้กำลังงานในการกวนต่อปริมาตรของถังขนาด 60 cm เท่ากับที่ใช้ในถังกวนขนาด 20 cm ขอให้ท่านคาดหมายว่า เวลาในการผสมของถังขนาด 60 cm จะมีค่าเท่าใด (15 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

– หน้านี้สำหรับทำโจทย์ข้อที่ 4.1 เพิ่มเติม –

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

4.2 หากเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังเป็น 1 m จะสามารถประเมินเวลาในการผสมด้วยวิธีการเดียวกันกับคำตอบในข้อ 4.1 หรือไม่ เพราะเหตุใด (5 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

Fluidization

5) อนุภาคของวัสดุผง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (d_p) 400 μm ความหนาแน่น (ρ_p) 1200 kg/m^3 มวล (W_p) 350 kg บรรจุในคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d_o) 0.60 m โดยมีอากาศอุณหภูมิ (T) 25 °C ความดัน (P) 202.65 kPa ความหนาแน่น (ρ) 2.37 kg/m^3 ความหนืด (μ) 0.018 cP ไหลจากตอนล่างของคอลัมน์ผ่านเบดของวัสดุผงขึ้นไปทางตอนบน

5.1 ณ จุดต่ำสุดของการเกิด Fluidization ความพรุนของเบด (ε_{mf}) ความสูงของเบด (L_{mf}) ความเร็วผิวหน้าของอากาศ (U_{mf}) และความดันลดคร่อมเบด (ΔP_{mf}) มีค่าเท่าใด (20 คะแนน)

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

– หน้านี้สำหรับทำโจทย์ข้อที่ 5.1 เพิ่มเติม –

ชื่อ ..... รหัสประจำตัว | 4 | 5 | 1 | 0 | | | |

5.2 หากอัตราการไหลของอากาศ (Q) มีค่าเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งความสูงของเบด (L_{fb}) มีค่า 2.58 m ความพรุนของเบดที่จุดนี้ (ε_{fb}) มีค่าเท่าใด (5 คะแนน)