



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อสอบกลางภาค ประจำปีการศึกษา 1/2552

ChE 103 Material and Energy Balances

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ปีที่ 2, ภาควิชาเคมี ปี 2

สอบวันอังคารที่ 28 กรกฎาคม 2552

เวลา 13.00-16.00 น.

- คำสั่ง
1. อนุญาตให้นำเอกสารเข้าห้องสอบได้
  - 2.ให้นำเครื่องคำนวณตามกฎของมหาวิทยาลัยเข้าห้องสอบได้
  3. ให้ทำในข้อสอบ หากกระดาษไม่พอให้ทำด้านหลัง
  4. ข้อสอบมีทั้งหมด 7 ข้อ (100 คะแนน) ให้ทำทุกข้อ (มีทั้งหมด 11 หน้า รวมหน้านี้)
  5. ข้อสอบไม่มีการแก้ไข หากนักศึกษามีข้อสงสัย ให้พิจารณาสมมุติตามความเหมาะสม
- พร้อมเขียนอธิบาย

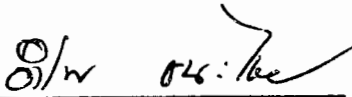
เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือออกจากรวมการคุมสอบ

เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ

ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ

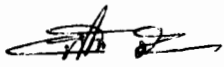
นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ รหัส \_\_\_\_\_



(ผศ.ดร. อ่ำไพ ชนะไชย)

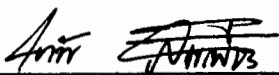
ผู้ออกข้อสอบ



(ผศ.ดร. อัสวิน มีชัย)

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากภาควิชาวิศวกรรมเคมีแล้ว



(รศ.ดร. อนวัช สังข์เพชร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ รหัส \_\_\_\_\_

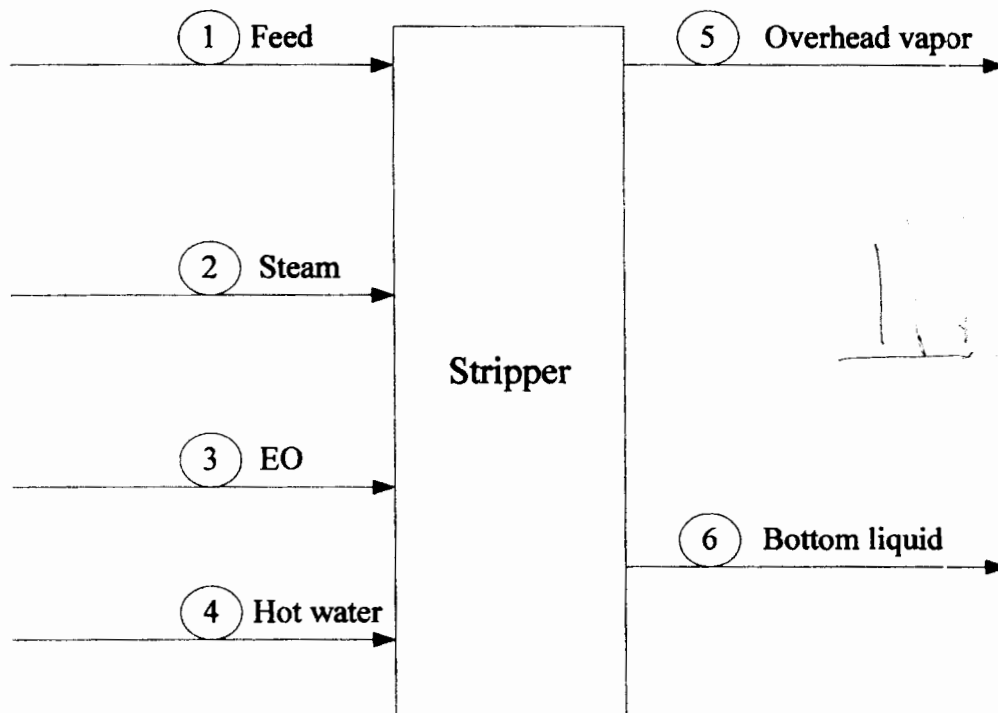
1. ค่าคงที่ของก๊าซ (gas constant,  $R$ ) =  $8.3143 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 \text{ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  จงแสดงวิธีการแปลงหน่วยให้เห็นว่า  $R = 0.7302 \text{ atm} \cdot \text{ft}^3 \text{ lb-mol}^{-1} \text{ }^\circ\text{R}^{-1}$  (4 คะแนน)

2. ถังทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 1 ft ยาว 2 ft สูง 10 ft ปลายเปิด ภายในบรรจุน้ำไว้เต็ม (น้ำสูง 10 ft) ถ้าความดันบรรยากาศ = 1 atm จงหาความดันที่ก้นถังในหน่วย atm (4 คะแนน)

๒๕๖๑

3. กระบวนการแยก  $\text{CO}_2$  ออกจาก ethylene oxide (EO,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ )

สารป้อนประกอบด้วย EO,  $\text{CO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  ถูกป้อนเข้าหอ stripper เพื่อแยก  $\text{CO}_2$  ดังแสดงในรูปที่ 1 ในการทำสมดุลมวลสารได้ทำการเก็บข้อมูลอัตราการไหลและความเข้มข้นขององค์ประกอบในสายต่างๆ ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1

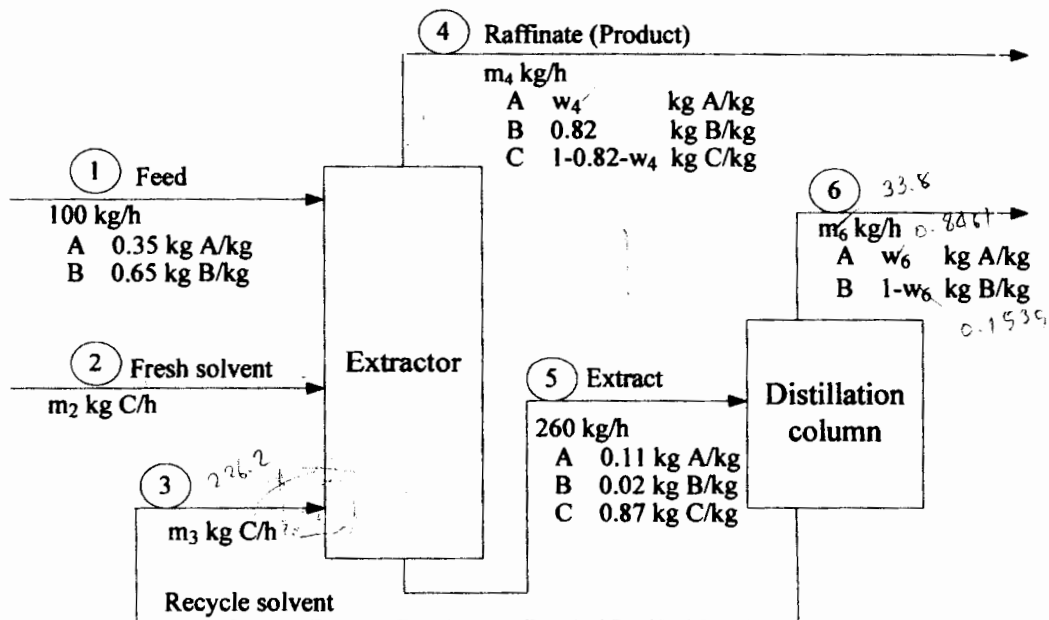
รูปที่ 1 แผนภูมิกระบวนการแยก  $\text{CO}_2$  ออกจาก ethylene oxideตารางที่ 1 ข้อมูลของกระบวนการแยก  $\text{CO}_2$  ออกจาก ethylene oxide

สาย	ข้อมูล
1. สารป้อน (Feed)	อัตราการไหลรวม 44000 kg/h องค์ประกอบ EO 8.5%, $\text{CO}_2$ 0.2% และ $\text{H}_2\text{O}$ 91.3 % by mass
2. ไอน้ำ (Steam)	องค์ประกอบ EO 0.2%, และไอน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 99.8 % by mass
3. EO	อัตราการไหล 800 kg/h (เป็น EO บริสุทธิ์)
4. น้ำร้อน (Hot water)	อัตราการไหล 2500 kg/h (เป็นน้ำบริสุทธิ์)
5. Overhead vapor	ไม่มีน้ำปนในสาย Overhead vapor ( $\text{H}_2\text{O} = 0\%$ )
6. Bottom liquid	อัตราการไหลรวม 2500 kmol/h องค์ประกอบ EO 4 % และ $\text{H}_2\text{O}$ 96 % by mole ไม่มี $\text{CO}_2$ เจือปน

- 3.1 จงหาอัตราการไหลรวมเชิงมวล (kg/h) และเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเชิงมวล (% by mass) ของแต่ละองค์ประกอบของสาย 6 Bottom liquid (4 คะแนน)
- 3.2 จงเติมข้อมูลต่างๆ ในแผนภูมิรูปที่ 1 ให้สมบูรณ์สำหรับการทำสมดุลมวลสาร (9 คะแนน)
- 3.3 จงวิเคราะห์ระดับความอิสระ (Degree of freedom) (3 คะแนน)
- 3.4 จงหาอัตราการไหลรวมเชิงมวล (kg/h) และเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเชิงมวล (% by mass) ของแต่ละองค์ประกอบของสาย 5 Overhead vapor (9 คะแนน)

## 4. กระบวนการสกัดแยกของเหลว A และ B โดยใช้ตัวทำละลาย C แสดงดังรูปที่ 2

สารป้อน (ของผสม A และ B), ตัวทำละลายใหม่ (Fresh solvent) และตัวทำละลายป้อนกลับ (Recycle solvent) ถูกป้อนเข้า Extractor ซึ่งสารละลายจะถูกแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 Raffinate เป็นผลิตภัณฑ์ (สาย 4) และส่วนที่ 2 Extract (สาย 5) ซึ่งจะถูกล้างเพื่อกลับแยกตัวทำละลายกลับไปใช้ใหม่ โดยที่สายตัวทำละลายป้อนกลับ (สาย 3) มีเฉพาะตัวทำละลาย C เท่านั้น ส่วนสาย 6 ไม่มีตัวทำละลาย C ปนอยู่เลย และตัวทำละลายใหม่ (สาย 2) เป็นตัวทำละลาย C บริสุทธิ์



รูปที่ 2 กระบวนการสกัดแยกของเหลว A และ B

## 4.1 จงกำหนดระบบและคำนวณระดับความอิสระ (Degree of freedom) ของแต่ละระบบ

(5 คะแนน)

4.2 จงคำนวณ  $m_2$ ,  $m_3$ ,  $m_4$ ,  $w_4$ ,  $m_6$  และ  $w_6$ 

(12 คะแนน)

5. Acetylene ( $C_2H_2$ ) เกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันเป็น ethane ( $C_2H_6$ ) ถ้าสารป้อนประกอบด้วย  $1.50 \text{ mol } H_2/\text{mol } C_2H_2$
- 5.1 คำนวณ stoichiometric reactant ratio ( $\text{mol } H_2 \text{ react}/\text{mol } C_2H_2 \text{ react}$ ) และ yield ratio ( $\text{kmol } C_2H_6 \text{ formed}/\text{kmol } H_2 \text{ react}$ ) (5 คะแนน)
- 5.2 จงหาสารตั้งต้นจำกัด (limiting reactant) และคำนวณเปอร์เซ็นต์มากเกินไป (% excess) ของสารตั้งต้นอีกตัวหนึ่ง (5 คะแนน)
- 5.3 คำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซไฮโดรเจน ( $\text{kg/s}$ ) ในการผลิต ethane  $4 \times 10^6 \text{ tons/year}$  โดยสมมติว่าปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ (สารตั้งต้นจำกัดทำปฏิกิริยาหมด) และกระบวนการมีการดำเนินการ  $24 \text{ h/day}$  และ  $300 \text{ days/year}$  (10 คะแนน)

6. methanol เกิดปฏิกิริยาเป็น formaldehyde ดังปฏิกิริยาข้างล่าง



ปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลง (conversion) 60.0% ซึ่งสายผลิตภัณฑ์ถูกแยกออกเป็นสองส่วน เพื่อแยก methanol ที่เหลือจากปฏิกิริยาออกจาก formaldehyde และ hydrogen อัตราการไหลเชิงมวลของ formaldehyde เท่ากับ 900.0 kg/h

- 6.1 คำนวณอัตราการไหลเชิงโมลของ methanol (kmol/h) ที่ป้อนเข้าถึงปฏิกรณ์ ถ้ากระบวนการไม่มีการป้อนกลับ (recycle) (10 คะแนน)

- 6.2 ถ้า methanol ที่เหลือจากปฏิกิริยาถูกป้อนกลับสู่ถังปฏิกรณ์ และค่าการเปลี่ยนแปลง Single pass conversion ยังมีค่า = 60.0% จงคำนวณอัตราการไหลเชิงโมลของ methanol ใหม่ (Fresh feed rate) ที่ต้องการในหน่วย kmol/h และคำนวณอัตราการไหลเชิงโมล (kmol/h) ของ methanol ที่ไหลเข้าและออกจากปฏิกรณ์ (10 คะแนน)

7. Butane ( $C_4H_{10}$ ) เกิดปฏิกิริยาเผาไหม้กับอากาศ โดยไม่มี carbon monoxide (CO) เกิดขึ้น ถ้าสารป้อนมีอากาศมากเกินไป (excess air) 20% และ Butane มี conversion 90% จงคำนวณสัดส่วนเชิงโมล (mole fraction) ของไอเสีย (stack gas) แบบ wet basis (10 คะแนน)