

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว 

5			0		1		0		
---	--	--	---	--	---	--	---	--	--

**PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING**

Midterm Exam: Semester II	Academic year: 2012
Date: December 20 <sup>th</sup> , 2012	Time: 13.30–16.30
Subject: 230-331 Chemical Engineering Equipment Design	
Pages: 12 (inc. front page)	Room: S817

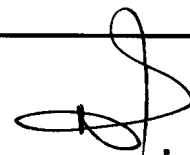
**หมายเหตุ**

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 7 ข้อ ในกระดาษคำถาม 12 หน้า
2. ห้ามการหยิบยืมสิ่งใดๆ ทั้งสิ้น จากผู้อื่นๆ เว้นแต่ผู้คุมสอบจะหยิบยืมให้
3. ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของข้อสอบออกจากห้องสอบ
4. ผู้ที่ประสงค์จะออกจากห้องสอบก่อนหมดเวลาสอบ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 30 นาที ให้ยกมือขออนุญาตจากผู้คุมสอบก่อนจะลุกจากที่นั่ง
5. เมื่อหมดเวลาสอบ ผู้เข้าสอบต้องหยุดการเขียนใด ๆ ทั้งสิ้น
6. ผู้ที่ปฏิบัติเข้าข่ายทุจริตในการสอบ ตามประกาศคณะกรรมการวิศวกรรมศาสตร์ มีโทษ คือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา
7. ให้นักศึกษาสามารถนำสิ่งต่อไปนี้เข้าห้องสอบได้
 

<input checked="" type="checkbox"/> ตำรา	<input checked="" type="checkbox"/> หนังสือ	<input checked="" type="checkbox"/> เครื่องคิดเลข
<input checked="" type="checkbox"/> กระดาษ A4	<input checked="" type="checkbox"/> พจนานุกรม	<input checked="" type="checkbox"/> อื่น ๆ (เอกสารทุกชนิด)
8. ให้ทำข้อสอบโดยใช้
 

<input checked="" type="checkbox"/> ดินสอ (HB ขึ้นไป)	<input checked="" type="checkbox"/> ปากกา
---	---
9. หากเนื้อที่ที่เตรียมไว้ให้ทำข้อสอบไม่เพียงพอ อนุญาตให้ใช้หน้าหลังทำข้อสอบได้

Question #	1	2	3	4	5	6	7	Total
<b>Total Score</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>140</b>
<b>Score</b>								



อ.สุธรรม สุขมณี

ผู้ออกข้อสอบ

27 พฤศจิกายน 2555

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว 

5			0		1	0			
---	--	--	---	--	---	---	--	--	--

- 1) (15 คะแนน) มีผู้เสนอสมการ Empirical ที่ใช้ในการประเมินค่าของ Inside tube heat transfer coefficient ( $h_i$ ) จาก Safety factor ( $F$ ) อัตราการไหลเชิงปริมาตร ( $Q$ ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ ( $d_i$ ) ความหนาแน่น ( $\rho$ ) ความหนืด ( $\mu$ ) ความร้อนจำเพาะ ( $C_p$ ) และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ( $k$ ) ของของไหลไว้ดังนี้

$$h_i = \left( \frac{1984}{F} \right) \left( \frac{Q}{d_i^{1.94}} \right) \left( \frac{\rho^{0.9} k^{0.67} C_p^{0.33}}{\mu^{0.57}} \right)$$

ขอให้ท่านวิเคราะห์สมการดังกล่าว ว่าระดับความแม่นยำของข้อมูล ความหนาแน่น ( $\rho$ ) ความหนืด ( $\mu$ ) และความร้อนจำเพาะ ( $C_p$ ) ค่าใดมีผลต่อความแม่นยำของ  $h_i$  ที่คำนวณจากสมการมากที่สุด และค่าใดมีผลต่อความแม่นยำของ  $h_i$  ที่คำนวณจากสมการน้อยที่สุด เมื่อกำหนดให้กรอบความแม่นยำของข้อมูลเหล่านี้ อยู่ที่ระดับไม่เกิน  $\pm 10\%$

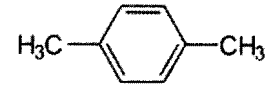
### หน้าที่ 3

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว

5			0		1	0			
---	--	--	---	--	---	---	--	--	--

- 2) (20 คะแนน) Para-Xylene ( $C_8H_{10}$ ) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 106.17 Critical temperature 343 °C ในวัฏภาคของเหลว ที่ Normal boiling point 138 °C มีความหนาแน่น ( $\rho$ ) ความหนืด ( $\mu$ ) ความจุความร้อน ( $C_p$ ) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ( $k$ ) และ ความร้อนแฝงในการระเหย ( $\Delta H_v$ ) เท่าใด



ชื่อ .....

รหัสประจำตัว 

5			0		1	0		
---	--	--	---	--	---	---	--	--

3) (15 คะแนน) ขอให้ท่านระบุปริมาณเฉลี่ยเป็นร้อยละขององค์ประกอบหลัก คุณสมบัติทั่วไป และการใช้งานของวัสดุ ในการสร้าง (Material of construction) ลงในตารางข้างล่างนี้

Materials	Compositon	General properties	Applications
Plain carbon steel	C 0.08-0.95%, Mn 0.30-1.65%	Basic type of steel, Cheap, Weldable, Machinable	General purpose, Vessel, Pipe, Tools, Shaft, etc.
Stainless steel 316			
Cupro-Nickel			
Monel			
Incoloy			



## หน้าที่ 6

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว

5			0		1	0			
---	--	--	---	--	---	---	--	--	--

- 5) ขอให้ท่านใช้มาตรฐาน ASA หรือ ANSI ในการเขียนภาพร่างสัญลักษณ์แทนเครื่องมือ อุปกรณ์วัดคุม หรือเส้นท่อ พร้อมรหัสกำกับ ใน Piping & Instrumentation Diagram ตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในข้อย่อต่อไปนี้
- 5.1 (9 คะแนน) Electric motor driven centrifugal pump ขนาด 1.5 kW ความจุ (Capacity) 20 m<sup>3</sup>/h หมายเลข 4 ติดตั้งไว้ในส่วนการผลิต (Section) ที่ 6 ใช้ในการส่ง Sulfuric acid โดยท่อเข้าปั๊ม (Suction pipe) เป็นท่อหมายเลข 11 ขนาดระบุ 80 mm. มีวาล์วควบคุมทิศทางการไหล (Check valve) หมายเลข 23 ติดตั้งไว้เพื่อป้องกันปั๊มแห้ง (Loss priming) ส่วนท่อที่ออกจากปั๊ม (Discharge pipe) เป็นท่อหมายเลข 12 ขนาดระบุ 65 mm.

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว

5			0		1	0		
---	--	--	---	--	---	---	--	--

5.2 (16 คะแนน) Compressor ชนิด Centrifugal ขนาด 2000 kW ความจุ (Capacity) 275 m<sup>3</sup>/h หมายเลข 2 ติดตั้งไว้ใน ส่วนการผลิต (Section) ที่ 4 ขับเคลื่อน โดยใช้กังหันไอน้ำ (Steam turbine) ขนาด 2000 kW หมายเลข 2 ผ่านเพลลา (Shaft) เดียวกัน เพื่อใช้ในการเพิ่มความดันของไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon mixture) ที่ป้อนเข้าด้วย อัตราการไหล 275 m<sup>3</sup>/h อุณหภูมิ 5°C ความดัน 135 kPa .ในเส้นท่อนขนาดระบุ 65 mm. หมายเลข 4 และไหลออก ด้วยอัตราการไหล 75 m<sup>3</sup>/h อุณหภูมิ 84°C ความดัน 680 kPa .ในเส้นท่อนขนาดระบุ 40 mm. หมายเลข 5 ไอน้ำที่ใช้ ในการขับเคลื่อนกังหัน ไหลเข้ากังหันที่อุณหภูมิ 450°C ความดัน 4000 kPa ในเส้นท่อนขนาดระบุ 150 mm. หมายเลข 6 และไหลออกจากกังหันที่อุณหภูมิ 160°C ความดัน 450 kPa ในเส้นท่อนขนาดระบุ 300 mm. หมายเลข 7 การควบคุมความเร็วรอบของกังหัน (Shaft speed control) ใช้การติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วรอบที่เพลลา ส่ง สัญญาณไฟฟ้ามายังเครื่องควบคุมความเร็วรอบ (Controller) หมายเลข 1 ซึ่งจะแสดงค่าความเร็วรอบและส่ง สัญญาณคุมเป็นอากาศ (Pneumatic signal) ไปยังวาล์วควบคุม (Control valve) หมายเลข 3 ซึ่งติดตั้งไว้บนเส้นท่อน หมายเลข 6 เพื่อปรับอัตราการไหลของไอน้ำที่ป้อนเข้ากังหัน

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว 

5			0	1	0		
---	--	--	---	---	---	--	--

- 6) ในการออกแบบโรงงานผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มดิบอย่างต่อเนื่อง กำลังการผลิต 375,000 ลิตร/วัน มีการคาดหมายว่า จะต้องใช้ปั๊มส่งน้ำมันปาล์มดิบจากถังเก็บผ่านท่อไปยังหน่วยลดกรดด้วยอัตราการไหล 400,000 ลิตร/วัน โดยอุณหภูมิของน้ำมันปาล์มดิบในเส้นท่อ มีค่า  $45 \pm 5^\circ\text{C}$  และความดันที่ทางออกปั๊ม (ความดันต้นทาง) มีค่า  $475 \pm 25$  kPa ในการวางผังโรงงานเบื้องต้น เส้นท่อนี้ประกอบด้วยท่อตรง ยาว 80 เมตร ยูเนียน 12 ตัว ข้องอ 16 ตัว สามทางตรง 4 ตัว Gate valve 2 ตัว Swing check valve 2 ตัว วาล์วที่ใช้ควบคุมอัตราการไหล 1 ตัว และเครื่องวัดอัตราการไหล 1 ตัว ปลายท่อออกสูงกว่าปลายท่อเข้า 4 เมตร และโดยที่น้ำมันปาล์มดิบซึ่งเป็นวัตถุดิบ จะมีกรดไขมันอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 5-10 โดยมวล และเพื่อภาพลักษณ์ที่ดีของโรงงาน ทีมวิศวกรผู้ออกแบบจึงได้ตัดสินใจเลือกใช้ท่อและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ เป็นเหล็กปลอดสนิม 304 (18-8) ทั้งหมด

ข้อมูลเพิ่มเติม

ความหนาแน่นและความหนืดสมบูรณ์ของน้ำมันปาล์มดิบ

	40 °C	45 °C	50 °C
ความหนาแน่น, kg/m <sup>3</sup>	903.9	899.5	895.1
ความหนืดสมบูรณ์, mPa.s	23.6	20.5	17.9

ท่อเหล็กปลอดสนิม 304

เป็นท่อไร้ตะเข็บ (seamless) ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา เดียวกันกับท่อเหล็กกล้าไร้ตะเข็บตามมาตรฐาน ASA กำหนดอัตราการกัดกร่อนเมื่อใช้กับน้ำมันปาล์มดิบ ไร้ที่ 0.05 มิลลิเมตร/ปี อายุการใช้งาน 15 ปี วาล์วที่ใช้ควบคุมอัตราการไหล

กำหนดรายละเอียดแยกต่างหาก ตัวขับ (Operator) ทำงานโดยใช้อากาศอัด สั่งงานจากอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหล (Flow controller) ผู้ออกแบบคาดหมายความดันลดไว้ที่ 30 kPa

เครื่องวัดอัตราการไหล

กำหนดรายละเอียดแยกต่างหาก มีตัวแปลงสัญญาณจากอัตราการไหลเป็นความดัน (Flow/Pressure transceiver) เพื่อส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหล ผู้ออกแบบคาดหมายความดันลดไว้ที่ 5 kPa

ราคาประเมินของท่อและอุปกรณ์ประกอบขนาดต่างๆ (เหล็กปลอดสนิม 304) พร้อมค่าติดตั้ง (บาท)

รายการ	ขนาดระบุ, มม.									
	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100
ท่อและส่วนประกอบ	16500	23100	30000	40300	52400	68200	93200	119200	137100	155500
Flow control valve	2200	3200	4400	6400	9000	12400	18400	25200	30000	35000
Flow meter	14000	16000	18000	22000	26000	30000	38000	44000	48000	50000
<b>รวมทั้งสิ้นท่อ</b>	<b>32700</b>	<b>42300</b>	<b>52400</b>	<b>68700</b>	<b>87400</b>	<b>110600</b>	<b>149600</b>	<b>188400</b>	<b>215100</b>	<b>240500</b>

ค่าบำรุงรักษาเส้นท่อและอุปกรณ์ประกอบ

กำหนดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี ไร้ที่ร้อยละ 5 ของค่าท่อและอุปกรณ์ประกอบ

ค่าพลังงานที่ใช้ในการส่งน้ำมันปาล์มดิบในเส้นท่อ

กำหนดค่าพลังงานที่ใช้ในการส่งน้ำมันปาล์มดิบรายปีต่อหน่วยความดันลดรวมในเส้นท่อ ไร้ที่ 350 บาท/kPa



ชื่อ .....

รหัสประจำตัว

5			0		1	0			
---	--	--	---	--	---	---	--	--	--

จากข้อมูลที่กำหนด ขอให้ท่านกำหนดรายละเอียดหรือหาข้อมูลประกอบการตัดสินใจต่อไปนี้

6.1 (15 คะแนน) ขอให้ท่านใช้วิธีการรวดเร็ว (Quickie) เพื่อกำหนดขนาดระบุและความหนาของท่อส่งน้ำมันปาล์ม  
คืบ ตามมาตรฐาน ASA

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว

5			0		1	0			
---	--	--	---	--	---	---	--	--	--

6.2 (20 คะแนน) หากต้องการให้เส้นท่อส่งน้ำมันปาล์มดิบ มีความดันลดจากการไหลต่อหน่วยความยาวท่อตรง มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ขนาดระบุและความหนาของท่อเส้นนี้ ควรมีค่าเท่าใด

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว

5			0		1	0			
---	--	--	---	--	---	---	--	--	--

6.3 (10 คะแนน) หากกำหนดให้อंकประกอบหลักของค่าใช้จ่ายรายปี ในการส่งของไหลตามเส้นท่อ ประกอบด้วย ค่า  
เสียมราคาของเส้นท่อและอุปกรณ์ประกอบ ค่าบำรุงรักษาเส้นท่อ และค่าพลังงานในการขับเคลื่อนของไหล เส้น  
ท่อส่งน้ำมันปาล์มดิบ ตามรายละเอียดที่ได้กำหนดในคำตอบ ข้อ 6.2 มีค่าใช้จ่ายรายปีโดยประมาณเท่าใด

ชื่อ .....

รหัสประจำตัว

5			0		1	0		
---	--	--	---	--	---	---	--	--

- 7) (10 คะแนน) ตามมาตรฐานความปลอดภัย กำหนดอุณหภูมิสูงสุดที่สัมผัสได้ (Safe touch temperature) สำหรับพื้นผิวด้านนอกของอุปกรณ์ต่างๆ ในบริเวณทำงาน (Working zone) ไว้ที่ 55°C ขอให้ท่านตรวจสอบว่าท่อไอน้ำ ซึ่งเป็นเหล็กกล้าไร้ตะเข็บ ขนาดระบุ 300 mm. Sch.no. 100 สำหรับส่งไอน้ำ ความดัน 4 MPa อุณหภูมิ 450°C หุ้มฉนวนชนิด Mineral fiber preformed shape หนา 200 mm. ในส่วนการผลิตภายในอาคาร มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานหรือไม่ รวมทั้งคาดหมายอัตราการสูญเสียพลังงานพลังงานความร้อนต่อหน่วยความยาว 1 เมตร ของท่อหุ้มฉนวน
- กำหนดให้ ใช้ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในอาคาร = 30°C