

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2550

ChE 141 Thermodynamics I

ภาควิชาวิศวกรรมเคมีชั้นปีที่ 2 (หลักสูตรปกติ)

สอบวันพฤหัสบดีที่ 2 ตุลาคม 2551

เวลา 9.00-12.00 น.

- คำสั่ง
1. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ
 2. ให้นำเครื่องคำนวณตามระเบียบของมหาวิทยาลัยฯ เข้าห้องสอบได้
 3. ให้ทำข้อสอบลงในสมุดคำตอบ และส่งคืนพร้อมข้อสอบ
 4. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 หน้า 4 ข้อ (50 คะแนน)

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ

เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ

ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและสมุดคำตอบออกนอกห้องสอบ

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

ชื่อ-สกุล _____ รหัส _____

(รศ.ดร. อนวัช สังข์เพชร)

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากภาควิชาวิศวกรรมเคมีแล้ว

(รศ.ดร. อนวัช สังข์เพชร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ข้อ 1 (10 คะแนน) จากสมการ energy balance และ entropy balance ที่ให้มาจงพิสูจน์ว่า สำหรับ Heat Engine นั้น เราไม่สามารถเปลี่ยนความร้อนที่รับมาทั้งหมดให้เป็นกำลังได้ จำเป็นต้องทิ้งความร้อนบางส่วน (Q_c) ไปยังสิ่งแวดล้อมเสมอ (นั่นคือ Q_c เป็นศูนย์ไม่ได้)

Energy balance equation

$$\frac{d}{dt}(U + E_k + E_p) = \sum_{j=1}^J \dot{M}_j(\hat{H} + \hat{E}_k + \hat{E}_p) + \dot{Q} - \dot{W}$$

Entropy balance equation

$$\frac{dS}{dt} = \sum_{j=1}^J \dot{M}_j(\hat{S}) + \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_p$$

ข้อ 2 (13 คะแนน) หม้อต้มไอน้ำในวัฏจักร Rankine ผลิตไอน้ำความดัน 1 MPa อุณหภูมิ 300 °C ในอัตรา 500 Kg/hr ไอน้ำขยายตัวผ่าน Turbine ซึ่งมีประสิทธิภาพ 80% ไปยังความดัน 0.1 MPa หากของไหลที่ออกจาก Condenser เป็นน้ำอิ่มตัว (Saturated water) จงคำนวณ

- 1) งานที่ได้จาก Turbine (W_T)
- 2) อัตราการถ่ายเทความร้อนจาก Condenser (Q_c) ซึ่งทำงานแบบ isobaric
- 3) งานที่ต้องให้กับปั๊ม (W_p)
- 4) อัตราการให้ความร้อนโดยหม้อต้มไอน้ำ (Q_H) ซึ่งทำงานแบบ isobaric
- 5) ประสิทธิภาพของวัฏจักรนี้

ข้อมูลเพิ่มเติม

- 1) 1 Pa = 1 N/m² และ 1 N.m = 1 J
- 2) Superheated และ Saturated steam table

Saturated steam table

T (°C)	P (MPa)	\hat{H}_f (kJ/kg)	\hat{H}_g (kJ/kg)	\hat{S}_f (kJ/kg K)	\hat{S}_g (kJ/kg K)
99.63	0.1	417.46	2675.5	1.3026	7.3594

Superheated steam table (Pressure = 1.0 MPa)

Temperature (°C)	Enthalpy (kJ/kg)	Entropy (kJ/kg K)
300	3051.2	7.1229

ข้อ 3 (14 คะแนน)

ระบบ VCR ใช้ HCFC-22 เป็นของไหลภายในระบบ โดย HCFC-22 ออกจาก Evaporator ที่อุณหภูมิ 20°F และออกจาก Condenser ที่อุณหภูมิ 50°F หาก Compressor มีกำลังเท่ากับ 21 BTU/min และอัตราการไหลของ HCFC-22 คือ 3 lb/min จงคำนวณหา

- 1) mass fraction ของ HCFC-22 ที่เป็นของเหลว (x_ℓ) ก่อนที่จะเข้าสู่ evaporator
- 2) อัตราการถ่ายเทความร้อนสู่ Evaporator (\dot{Q}_c)
- 3) อัตราการถ่ายเทความร้อนจาก Condenser (\dot{Q}_H)
- 4) COP ของระบบ VCR นี้

Properties of saturated refrigerant HCFC-22

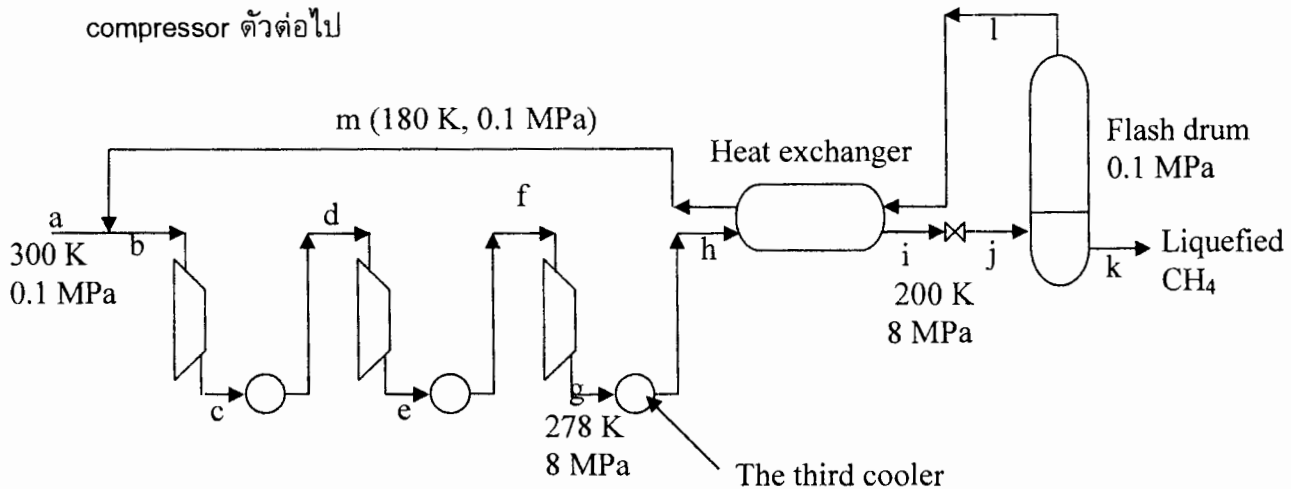
T ($^\circ\text{F}$)	P (psia)	\hat{H}_ℓ (BTU/lb)	\hat{H}_v (BTU/lb)	\hat{S}_ℓ (BTU/lb $^\circ\text{R}$)	\hat{S}_v (BTU/lb $^\circ\text{R}$)
20	57.727	15.837	106.383	0.03503	0.22379
50	98.727	24.257	108.953	0.05190	0.21803

Properties of superheated refrigerant HCFC-22

Temperature ($^\circ\text{F}$)	Enthalpy (BTU/lb)	Entropy (BTU/lb $^\circ\text{R}$)
Pressure = 90 psia		
44.53 (sat.)	108.516	0.21903
60	111.280	0.22443
Pressure = 100 psia		
60	110.700	0.22117
80	114.319	0.22801

ข้อ 4 (13 คะแนน)

แก๊ส methane อุณหภูมิ 300 K ความดัน 0.1 MPa ไหลเข้าสู่กระบวนการที่ตำแหน่ง a หลังจากผสมกับไอ methane ที่ออกมาจาก heat exchanger แล้ว อัตราการไหลของ methane เป็น 1135 kg/h จากนั้นจึงเข้าสู่ compressor ซึ่งทำงานแบบ reversible และ adiabatic จำนวน 3 เครื่องซึ่งเครื่องแรกทำหน้าที่เพิ่มความดันของแก๊ส methane จาก 0.1 MPa เป็น 0.4 MPa ส่วนเครื่องที่สองเพิ่มความดันแก๊สจาก 0.4 MPa เป็น 2 MPa ส่วนตัวที่สามเพิ่มความดันจาก 2 MPa เป็น 6 MPa โดย methane ที่ออกจาก compressor แต่ละเครื่องจะถูกทำให้เย็นลงด้วย isobaric cooler จนมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 220 K ก่อนที่จะเข้าสู่ compressor ตัวต่อไป



หลังจากที่แก๊ส methane ผ่าน cooler เครื่องที่สามและ heat exchanger อุณหภูมิของแก๊ส methane ลดลงจาก 278 K เป็น 200 K ก่อนที่จะเข้าสู่ J-T valve ซึ่งลดความดันของ methane จาก 8 MPa เป็น 0.1 MPa ก่อนที่ methane ที่กลายเป็นของเหลวจะถูกส่งไปเก็บใน flash drum ซึ่งมีการหุ้มฉนวนเป็นอย่างดี

จงคำนวณหา กำลังของ compressor ทั้งหมดต่อ 1 Kg ของ liquefied CH_4 ที่ผลิตได้

Enthalpy-pressure diagram of methane

หน้า 5

