

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
 Institutt for kjemisk prosess teknologi

Faglig kontakt under eksamen:  
 Professor Edd Anders Blekkan tlf.:73594157

## **Eksamen i fag TKP4120 Prosess teknikk**

**Onsdag 8. desember 2004**

**Tid: 09<sup>00</sup> - 13<sup>00</sup>**

Sensur i emnet faller senest i uke 2-2005. Eksamen teller 60%.

Hjelpemidler: C – Spesielle trykte eller håndskrevne hjelpemidler tillatt. Bestemt, enkel kalkulator tillatt.

De tillatte skriftlige hjelpemidlene er:

Datasamling: Aylward & Findlay. SI Chemical Data

Notater: inntil 2 A4-ark med trykte eller håndskrevne notater

Spesifiser alle antagelser som gjøres underveis.

### **Oppgave 1.**

Til en ammoniakfabrikk som produserer 1300 tonn ammoniakk (NH<sub>3</sub>) pr. dag fødes nitrogenet som luft til sekundær-reformerer. Som et biprodukt fra prosessen utvinnes edelgassen argon (Ar). Gitt at all Ar gjenvinnes, renses, og komprimeres til 200 bar: Hvor mange sylindere á 50 liter med ren Ar-gass (ved 200 bar og 25 °C) kan produseres pr time?

a) Anta at komprimert Ar er ideell gass.

b) Anta at komprimert Ar er en reell gass, og bruk van der Waals tilstandsligning:

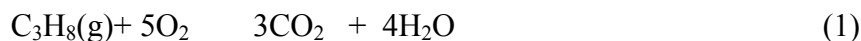
$$p = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$$

$$\text{hvor } a = 0.1342 \text{ Pa m}^6 \text{ mol}^{-2} \text{ og } b = 3.167 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$$

Data: Luft kan i denne oppgaven regnes som 21 mol% O<sub>2</sub>, 78% N<sub>2</sub> og 1% Ar.

### **Oppgave 2.**

Propan forbrennes med luft (luften regnes her som 21 mol% O<sub>2</sub>, 79% N<sub>2</sub>) etter reaksjon (1):



a) Beregn  $\Delta_r H^\circ(298)$  og  $\Delta_r G^\circ(298)$  for reaksjonen (anta ideell gass).

b) Innfør reaksjonsomfanget  $\xi$  og sett opp ligningene som beskriver molbalansene for alle komponentene som inngår i et brennkammer (en reaktor) hvor denne reaksjonen skjer.

c) Forbrenningen skjer i et system som vist i Figur 1 nedenfor. Propan (1 kg/s, væske, 20 bar, 10 °C) fordampes og forvarmes til 100 °C i en varmeveksler (VV) hvor varmen tas fra

eksosgassen fra gassturbinen (GT). Propangassen blandes med luft (100 °C, 20 bar, luft i overskudd) og forbrennes fullstendig i et brennkammer. Temperaturen ut fra brennkammeret er 1300 °C.

Hvor mye luft fødes til systemet og hvor stort er luftoverskuddet?

- d) Den varme gassen fra brennkammeret ekspanderes til 1 bar i den adiabatisk gassturbinen med isentropisk virkningsgrad  $\eta = 80\%$ . Hvor mye energi produseres i gassturbinen, og hva er temperaturen på gassen ut av turbinen?

(Dersom du ikke har fått til oppgave c) kan du regne gassen ut fra brennkammeret som luft, 1000 mol/s, ved 1300 °C).

- e) Hva er temperaturen på eksosgassen ut fra varmeveksleren, og hva blir varmevekslerens areal?

Gitt  $U = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$

(Dersom du ikke har fått til oppgave d) kan du regne eksosgassen fra gassturbinen som luft, 1000 mol/s, ved 600 °C)

- f) Anta at reaksjonen  $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$  går til likevekt i brennkammeret og beregn konsentrasjonen av NO i eksosgassen fra brennkammeret.

(Dersom du ikke har fått til oppgave c) kan du regne eksosgassen som luft, 20 bar 1300 °C )

- g) Hvordan kan vi redusere konsentrasjonen av NO i eksosgassen?

**Figur 1**

