

Uppgift 1 (materialbalans)

5 poäng

För framställning av sulfitkoksyra i en cellulosafabrik brännes 300 kg svavel per timma med luft (21% O₂ och 79% N₂) av temperaturen 15°C. Renheten hos det använda svavlet är 99,4%. Avgaserna nedkyls till 25°C och leds in i ett absorptionstorn, där all svaveldioxid och svaveltrioxid absorberas i kalkmjölk och ger råsyra. Avgasen efter absorptionstornet har temperaturen 25°C och trycket 100 kPa och är mättad med vattenånga (ångtryck 3,2 kPa).

En analys av den nedkylda bränngasen visar att gasen är torr och innehåller 17,4% SO₂ och 2,7% O₂ räknat på SO₃-fri gas. Avgasen efter absorptionstornet innehåller 2,8% O₂ räknat på torr gas. Den erhållna råsyran innehåller 7,05% SO₂, varav 1,15% är fri SO₂ och resten (5,9%) är bunden som vätesulfit. Kalken som används för beredning av kalkmjölken, innehåller 98% CaO och resten inert.

Gaserna kan betrakas som ideala. Procentangivelserna gäller volymprocent i gasfas och viktsprocent för övrigt. Svaveltrioxid kan förutom vid förbränningen även bildas vid absorptionen. Beräkna volymsflödet avgas från absorptionstornet i m³/h

Uppgift 2 (ideala reaktorer)

5 poäng

Vätskefasreaktionen 2A → B genomförs i en anläggning bestående av en ideal tank och en ideal tubreaktor seriekopplade i denna ordning.

Reaktionen är av andra ordningen m a p A och omsättningsgraden över hela anläggningen är 0,90. I övrigt gäller följande data

$$\begin{aligned}V_{\text{Tank}} &= 2 \text{ m}^3 \\V_{\text{tub}} &= 2 \text{ m}^3 \\q &= 1 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Inflödet till första reaktorn består av A med koncentrationen $C_A^0 = 5 \text{ mol/m}^3$. Systemet arbetar under isoterma och isobara betingelser (samma i bägge reaktorer).

Vilken omsättningsgrad erhålls om reaktorer kopplas i omvänd ordning (tub + tank) vid i övrigt samma betingelser?

Uppgift 3 (reella reaktorer)

6 poäng

En gasfasreaktion av första ordningen planeras utförd kontinuerligt i ett tomt, uppvärmt rör av längden 20 m och tvärsnittsytan 1 m². Längd-bredd-förhållandet hos reaktorn är emellertid inte stort nog för att undvika störningar genom axiell och radiell dispersion som leder till att selektiviteten blir lägre än vad som kan tolereras. För den skull planerar man att fylla reaktorn med sfäriska lika stora fyllkroppar. Man har att välja mellan fyllkroppar med diametern 0,10 m och 0,16 m. Reaktorbäddens porositet med de mindre fyllkropparna blir $\epsilon_B = 0,3$, dvs den fria gasvolymen är 30% av hela rörvolymen. Med de större fyllkropparna erhålles $\epsilon_B = 0,25$. Tätpackningen är olika effektiv i de båda fallen. Vid stationära driftsbetingelser är flödeshastigheten 0,3 m³/s räknat vid reaktionstemperaturen. Reaktionen sker vid isoterma betingelser och ger inte upphov till några volymsändringar. Gasen värmes momentant till reaktionstemperaturen vid inträdet i reaktorn. Vid den aktuella reaktionstemperaturen är hastighetskonstanten $k=0,1 \text{ s}^{-1}$. Koncentrationen av reaktanten i inflödet är 1 kmol/m³. I närvaro av fyllnadsmaterialet kan man bortse från den radiella dispersionen, medan den axiella dispersionen kan beskrivas med sambandet $Pe_a=2$, där Pe_a är Peclets tal för axiell dispersion.

Beräkna omsättningsgraden för de två fyllnadsmaterialen. Omsättningsgraden vid N seriekopplade lika stora ideala tankreaktorer kan för ett första ordningens förlopp skrivas

$$x = 1 - \frac{1}{(1 + \tau_n k)^N}$$

där $\tau_n = \tau/N$ och $\tau = \sum \tau_n$

Uppgift 4 (beskrivande)

7 poäng

- Ställ upp en allmän material- och värmebalans för en ideal satsreaktor. Alla införda beteckningar måste definieras. Ange också enhet på alla termer och beteckningar.
 - Diskutera skillnader i reaktorkapacitet för en ideal tankreaktor respektive en ideal tubreaktor för en nollte ordningens reaktion.
 - Diskutera begreppet "frihetsgrad" i samband med analys av materialbansschema för komplicerade processsystem.
 - Beskriv lösningsgången för dimensionering av en ideal adiabatisk tubreaktor för en given omsättningsgrad. Redogör vilka data du förutsätter vara kända. Alla införda beteckningar (med resp. enhet) måste definieras.
-

Uppgift 5 (beskrivande)

7 poäng

- a) Beskriv hur man mha mätning av uppehållstiden kan bestämma omsättningsgraden enligt dispersions-, tankserie- och segregerat flödesmodellerna.
 - b) Redogör huvudkoncepten för följande avsnitt av kursen:
 - värmebalanser
 - reaktorkapacitet
 - c) Beskriv ett lämpligt reaktorsystem för kinetiska mätningar
-