

KE-40.2500

Prosessien perusteet

Tentissä saa käyttää apuna vain tentissä jaettua materiaalia.

TENTTI 19.2.2015

1. Vastaa väittämiin lyhyesti. Perustele tai todista kaavoilla ja/tai laskuilla, kun mahdollista. (6p)

- Prosessin syöttövirta jaetaan kahteen yhtä suureen osaan, jotka syötetään omiin reaktoreihin. Saadaanko näissä kahdessa rinnakkaisessa reaktorissa saavutettava kokonaiskonversio laskettua yksittäisten reaktoreiden konversioiden keskiarvolla? (1p)
- Mikä termodynaaminen arvo / reaktiotekninen termi / muuttuja kertoo kuinka monta prosenttia reagoineesta lähtöaineesta on reagoanut halutuksi tuotteeksi? (1p)
- Lähtöaineiden konsentraatiot vaikuttavat tasapainovakion arvoon? (1p)
- Reaktorissa tapahtuu vain yhtä endotermistä reaktiota. Jos lämpötilaa nostetaan, niin mitä tapahtuu reaktion selektiivisyydelle? (1p)
- Termodynamiikan 1. pääsäännön mukaan yksikseen jätetty systeemi siirtyy kohti tasapainotilaa? (1p)
- Kaasufaasissa tapahtuvassa reaktiossa, jossa stoikiometrian mukaan molekyylimäärä pienenee, liuottimen lisääminen parantaa konversiota (1p)

2. Määritä tasapainovakion arvo kaasufaasissa tapahtuvalle MTBE:n (metyyli-tert-butyylieetterin) muodostumisreaktiolle lämpötilassa 25 °C. Käytä Jobackin menetelmää. Reaktiossa MTBE:tä muodostuu metanolin reagoidessa isobuteenin kanssa. (6p)



3. Rikkivedyn poistaminen kaasuvirrasta voidaan aloittaa hapettamalla rikkivety rikkidioksidiksi jolloin muodostuu myös vettä. Reaktorin jälkeen erotetaan muodostuneet tuotteet ja reagoimatta jääneet kaasut kierrätetään. Osa kiertokaasusta kuitenkin poistetaan, jotta inertti ei rikastuisi kiertoon. Poistettava kaasumäärä vastaa 5 % tuoresyötöstä. "Kerran läpi"-konversio reaktorissa on 15 %. Laske kierrätyksen koostumus ja suhde tuoresyöttöön, kun syöttö on stoikiometrinen ja sisältää 1 mol-% argonia inerttinä. (6p)

4. Asetaldehydiä syntyy maksan lisäksi prosessissa, jossa dehydrataan etanolia:



Etanoli myös hajoaa termisesti metaaniksi, hiilimonoksidiksi ja vedyksi.

Mikä on lämmitystarve, kun etanolisyöttö on 100 mol/min ja sen lämpötila on 300 °C? Reaktiolämpötila on 600 °C, jossa etanolin konversio on 30 % ja selektiivisyys asetaldehydiksi 80 %.

Komponentti	$\Delta_f H(25\text{ °C})$	C_p
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-277,6 kJ/mol	121,9 J/molK
CH_3CHO	-196,4 kJ/mol	77,5 J/molK
H_2	0 kJ/mol	9,0 J/molK
CH_4	-74,5 kJ/mol	28,7 J/molK
CO	-110,5 kJ/mol	41,5 J/molK

5. Eteeniä hapetetaan kaasufaasissa etyleenioksidiksi ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) ilmaa käyttäen. Oletetaan, ettei sivureaktioita tapahdu. Syötön lämpötila on 25 °C ja se sisältää 18 mol-% eteeniä loppujen ollessa ilmaa. Ajettaessa prosessia adiabaattisesti saavutetaan 82 % tasapainokonversio. Laske tasapainovakion arvo sekä reaktioentalpia, kun kaasujen ulostulolämpötila on 900 °C ja reaktiopaine on 2,1 bar. (6p)

Keskimmääiset lämpökapasiteetit tällä lämpötila-alueella ovat:

$C_p(\text{C}_2\text{H}_4)$	= 41,00	$\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
$C_p(\text{O}_2)$	= 32,80	$\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
$C_p(\text{N}_2)$	= 31,10	$\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$