

KE-40.4110 Katalyyttisten reaktioiden kinetiikka

Tentti 11.12.2014 klo 13-18

Laskimet ja luentokalvot sallittu, ei muuta sallittua materiaalia.

Kaikki tehtävät 6 pistettä / tehtävä

Tehtävä 1

Vastaa lyhyesti. Perustele vastauksesi.

- Miten voit selvittää, noudattaako kaasun adsorptio Freundlichin isotermiä? (1p)
- Miten homogeenisessa organometallikatalyysissä voidaan säädellä katalyytin aktiivisuutta, stabilisuutta ja selektivisyyttä? (1p)
- Millaisissa tilanteissa sisäinen tehokkuuskerroin voi saada arvoja > 1 ? (1p)
- Millaisella yksinkertaisella koejärjestelyllä voit todeta ja/tai eliminoida ulkoisen aineensiirtovastuksen? (1p)
- Miten dimensiotonta konsentraatioprofiilia ja dimensiotonta sädettä voidaan hyödyntää reaktionopeuden laskemisessa? (1p)
- Minkälaisilla menetelmillä deaktivoitumista voi tutkia kokeellisesti? (1p)

Tehtävä 2

Hiilimonoksidia hapetetaan hiilidioksidiksi. Hiilimonoksidin häviämisen nopeuslauseke on muotoa

$$-r_{\text{propeeni}}^{\text{CO}} = \frac{k P_{\text{CO}} \sqrt{P_{\text{O}_2}}}{(1 + K_{\text{CO}} P_{\text{CO}} + \sqrt{K_{\text{O}_2} P_{\text{O}_2}})^2}$$

Mitä nopeuslausekkeen perusteella voidaan päätellä reaktiomekanismista?

- Adsorboituuko hiilimonoksidi katalyytin pinnalle? Jos adsorboituu, onko adsorptio molekylaarinen vai dissosiatiivinen? Perustele. (1p)
- Adsorboituuko happi katalyytin pinnalle? Jos adsorboituu, onko adsorptio molekylaarinen vai dissosiatiivinen? Perustele. (1p)
- Noudattaako reaktio Langmuir-Hinshelwood vai Eley-Rideal -tyyppistä mekanismia? Perustele. (1p)
- Vapautuuko hiilidioksidi suoraan kaasufaasin? Perustele. (1p)
- Mikä on reaktionopeuden määräävä vaihe? Perustele. (1p)
- Esitä mekanismin osareaktiot. (1p)

Tehtävät jatkuvat paperin kääntöpuolella.

Tehtävä 3

Toisen kertaluvun hajoamisreaktio



suoritetaan kiintopetireaktorissa katalyyttipartikkeleilla, joiden halkaisija on 0,4 cm. Reaktiota rajoittaa sisäinen aineensiirto, joten ulkoinen aineensiirto voidaan jättää huomioimatta. Puhdasta komponenttia A syötetään reaktoriin nopeudella 3 m/s lämpötilassa 250 °C ja paineessa 500 kPa. Reaktiionopeusvaki on arvoksi on pienemmillä katalyyttipartikkeleilla määritetty $50 \text{ m}^4/(\text{mol}\cdot\text{s})$ kokeissa, joissa pintareaktio oli reaktiionopeudetta rajoittava tekijä. Laske kuinka pitkä katalyyttipeti tarvitaan 80 %:n konversion saavuttamiseksi. Arvioi saamasi vastauksen järkevyyttä.

Lisätietoja:

Efektiiivinen diffusiviteetti	$2,66 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$
Katalyyttipedin huokoisuus	0,4
Katalyyttipartikkelien tiheys	$2 \cdot 10^6 \text{ g}/\text{m}^3$
Katalyyttipartikkelin ominaispinta-ala	$400 \text{ m}^2/\text{g}$

Tehtävä 4

Toisen kertaluvun kaasufaasireaktio $2A \rightarrow R$ suoritetaan isotermisesti putkireaktorissa lämpötilassa 457 °C ja paineessa 300 kPa. Reaktiionopeusvaki on arvo käyttölämpötilassa on $k = 0,2 \text{ m}^6/(\text{mol}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}_{\text{kat}})$ ja reaktoriin on pakattu 1000 kg katalyyttiä. Syöttönopeus reaktoriin on $37,5 \text{ m}^3/\text{h}$, ja se sisältää 80 mol-% A:ta lopun ollessa inerttiä kaasua. Katalyytin deaktivoituminen on konsentraatiosta riippumaton ja noudattaa nollatta kertalukua. Deaktivoitumisen aikavakion arvo käyttölämpötilassa on $k_d = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ d}^{-1}$ (d=päivä).

Konversio on alussa täydellinen ja alenee katalyytin deaktivoituessa. Kuinka kauan katalyyttiä voidaan käyttää ennen regeneroimista? Regeneroimisen rajana konversiolle voidaan pitää arvoa 90 %.

0,1991727