



## Katalyyttien valmistus

**KATALYYTTIN VALMISTAMINEN** lähtee suunnittelusta. Ensin on tiedettävä, mihin tarkoitukseen katalyyttiä tarvitaan, millainen katalyytti tarvittavassa reaktiossa toimii ja lisäksi on tunnettava reaktorin ja reaktio-olosuhteiden asettamat vaatimukset.



Kuvassa erilaisia katalyyttejä



Katalyytin aktiivisuutta mittaava laitteisto

## MIHIN TARVITSEMME KATALYYTTEJÄ?

- > Uuden teknologian kehittäminen jo olemassa olevien tuotteiden tai uusien tuotteiden valmistamiseksi
- > Olemassa olevien prosessien optimointi

Heterogeeniset katalyytit ovat tärkeitä teollisissa prosesseissa. Niitä käytetään ~ 80 % teollisuuden prosesseista ja yli 90 % tuotteista tuotetaan katalyyttisillä prosesseilla.

Katalyyttien tehokkuus perustuu katalyytin tarjoamaan vaihtoehtoiseen reaktioreittiin, jolloin reaktion aktivoitumisenergia laskee. Tällöin reaktionopeus kasvaa, raaka-ainemäärän tarve vähenee ja saadaan vähemmän sivutuotteita.

## TEOLLISEN KATALYYTTIN VAATIMUKSIA

Katalyytin ”hyvyys” määritetään aktiivisuuden, selektiivisyyden ja kestävyysperusteella.

**Aktiivisuus** tarkoittaa, kuinka tehokkaasti (konversio) ja missä lämpötilassa lähtöaineet muuttuvat tuotteiksi.

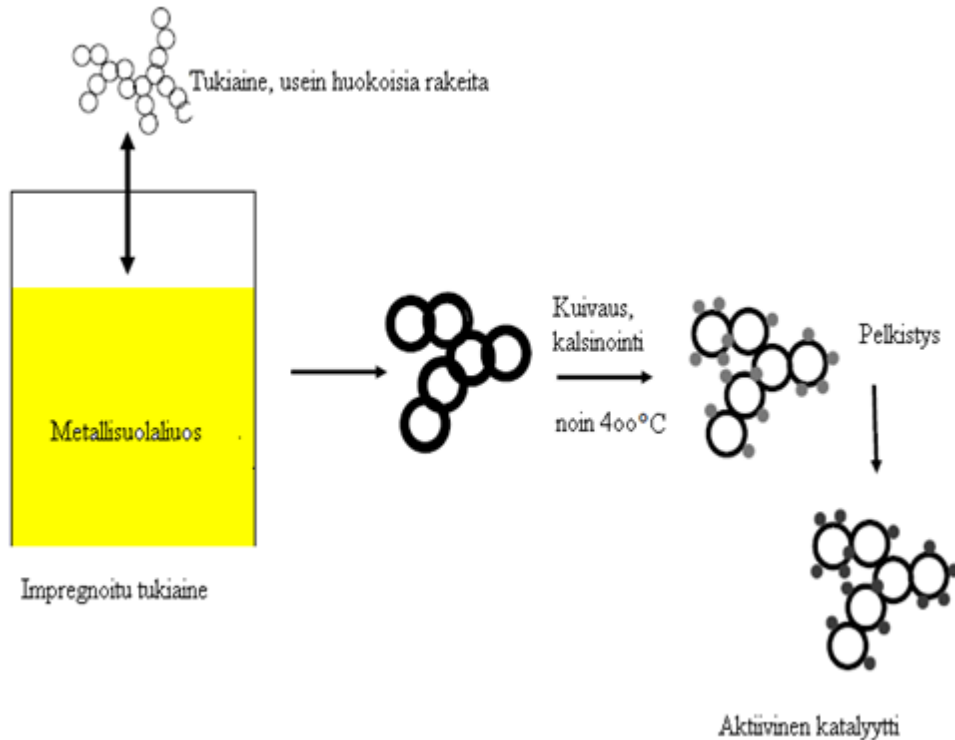
**Selektiivisyys** tarkoittaa, kuinka suuri osa lähtöaineista reagoi halutuksi tuotteeksi ja kuinka paljon prosessissa syntyy sivutuotteita. Tavoite on tuottaa mahdollisimman vähän sivutuotteita.

**Stabiilisuus** tarkoittaa sitä kuinka kestävä katalyytti on termisesti, kemiallisesti ja mekaanisesti.

**Regeneroitavuus** tarkoittaa sitä kuinka hyvin deaktivoituneen katalyytin aktiivisuus voidaan palauttaa. Käytännössä regeneroinnissa katalyytin aktiivisuus palautuu vain osin eikä regeneroitu katalyytti ole koskaan neitseellisen katalyytin veroinen.

Lisäksi **katalyytin hinta** asettaa omat vaatimuksensa teollisissa sovelluksissa.

## KATALYYTIN VALMISTAMINEN (yksinkertaistettu kaavio)



### KATALYYTIN VALMISTUSMENETELMÄT (IUPAC)

1. SAOSTAMINEN; tukiaineen valmistaminen
2. PÄÄLLYSTÄMINEN; aktiivisen metallin liittäminen tukiaineen pinnalle. Menetelmiä mm.
  - A. Impregnointi
  - B. Ioninvaihto
  - C. Oksastus
  - D. Kemiallinen hörypäällystäminen
3. KAPSELOINTI; katalyytin pesu, kuivaus ja kalsinointi
4. VALIKOIVA POISTO; pelkistäminen, jolloin saadaan aktiivinen katalyytti

**MÄRKÄIMPREGNOINTI** on yleisimmin käytetty menetelmä katalyytin valmistamisessa

- Aktiivinen jalometalliprekursori liuotetaan veteen tai muuhun liuottimeen ja metalli imeytetään tukiaineen pintaan.
- Tämän jälkeen katalyytti kuivataan, kalsinoidaan ja metalli aktivoidaan pelkistämällä se metalliseksi (hapetusasteelle nolla)

### KATALYYTIN KOMPONENTIT

**AKTIIVINEN KOMPONENTTI** määrittää katalyytin kemiallista aktiivisuutta. Aktiivisen metallin valinta perustuu lähinnä siihen halutaanko katalyyttiä käyttää hapetus- vai pelkistysreaktioon, sekä minkälaisissa olosuhteissa katalyyttiä käytetään. Tärkeitä ominaisuuksia ovat myös liukoisuus ja pelkistettävyyys. Yleensä katalyyttinen metalli saadaan metalliprekursorisuolasta, joita ovat esim. nitraatit, kloridit ym.

**TUKIAINEEN** valintaan vaikuttaa katalyytin käyttötarkoitus ja reaktioolosuhteet, kuten lämpötila ja pH. Tärkeimpinä ominaisuuksina on antaa katalyytille korkea ominaispinta-ala, sekä hyvät mekaaniset ominaisuudet, stabiilisuus ja helpottaa aktiivisen komponentin tasaista jakautumista (dispersio) pinnalla.

Yleisimpiä tukiaineita ovat alumina, silika, aktiivihili ja hiilinanoputket sekä erilaiset zeoliitit.

**PROMOOTTORI** voidaan liittää joko tukiaineelle tai aktiiviselle komponentille. Tukiaineessa se voi vaikuttaa katalyytin rakenteeseen ja aktiivisuuden lisääntymiseen/hillitsemiseen. Aktiiviseen komponenttiin liitettynä voidaan vaikuttaa esim. katalyytin sähköisiin ominaisuuksiin sekä myrkyttämisen estämiseen.

## ESIMERKKI: Kobolttikatalyytin valmistaminen märkäimpregnoinnin avulla

Tukiaineeksi valittiin  $\gamma$ -alumiinioksidi,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , pellettejä, jotka punnittiin haihdutusmaljaan ja kalsinoitiin  $600^\circ\text{C}$  hehkutusuunissa neljän tunnin ajan.

Laskettiin prekursorisuolan tarve, kun haluttiin 5 m - % kobolttipitoisuus katalyytille. Prekursorisuolana käytettiin vesiliukoista kobolttinitraattia, koska se on vesiliukoinen suola ja pelkistyy hyvin. Prekursorisuola liuotettiin pieneen määrään tislattua vettä.

Tämän jälkeen liuos kaadettiin tukiaineen sekaan ja annettiin seoksen impregnoitua jonkin aikaa, jotta koboltti kiinnittyisi tukiaineen pintaan.

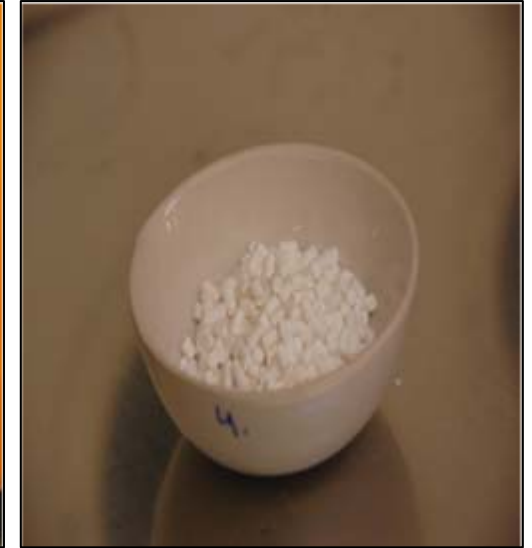
Impregnoinnin jälkeen katalyytti laitettiin kuivauskaappiin kuivumaan  $120^\circ\text{C}$  lämpötilaan yön yli.

Kuivauksen jälkeen katalyytti pestiin imusuodatuksen avulla ja laitettiin uudelleen lämpökaappiin kuivumaan. Tällöin kuivaus tapahtui  $105^\circ\text{C}$  lämpötilassa.

Kuivunut katalyytti kalsinoitiin hehkutusuunissa  $500^\circ\text{C}$  lämpötilassa neljän tunnin ajan.

Ennen käyttöä katalyytti aktivoitiin vielä pelkistävässä kaasuvirrassa.

Viereisissä kuvissa ylhäällä vasemmalla on käytetty hehkutusuuni, oikealla tukiainepellettejä.



## KATALYYTIN AKTIVOINTI

**KALSINOINTI** vaikuttaa sekä tukiaineeseen että katalyytin aktiivisiin komponentteihin. Aktiivisissa komponenteissa kalsinoinnilla voidaan hajottaa metalliyhdisteitä termisesti. Reaktoreina voidaan käyttää uunia, putkireaktoria ja leijupetireaktoria.

**PELKISTÄMINEN** aktivoi katalyyttisen metallin. Tämä tapahtuu yleensä  $\text{H}_2/\text{N}_2$  – kaasuvirrassa noin  $300 - 700^\circ\text{C}$  lämpötilassa. Pelkistyslämpötila valitaan katalyytin ja sovelluksen mukaan.

UNIVERSITY of OULU  
OULUN YLIOPISTO



Kirsi Partanen  
kirsipar@paju.oulu.fi

  
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
KOKKOLAN YLIOPISTOKESKUS  
CHYDENIUS

Ulla Lassi  
Tel.: 00-358-400-294 090