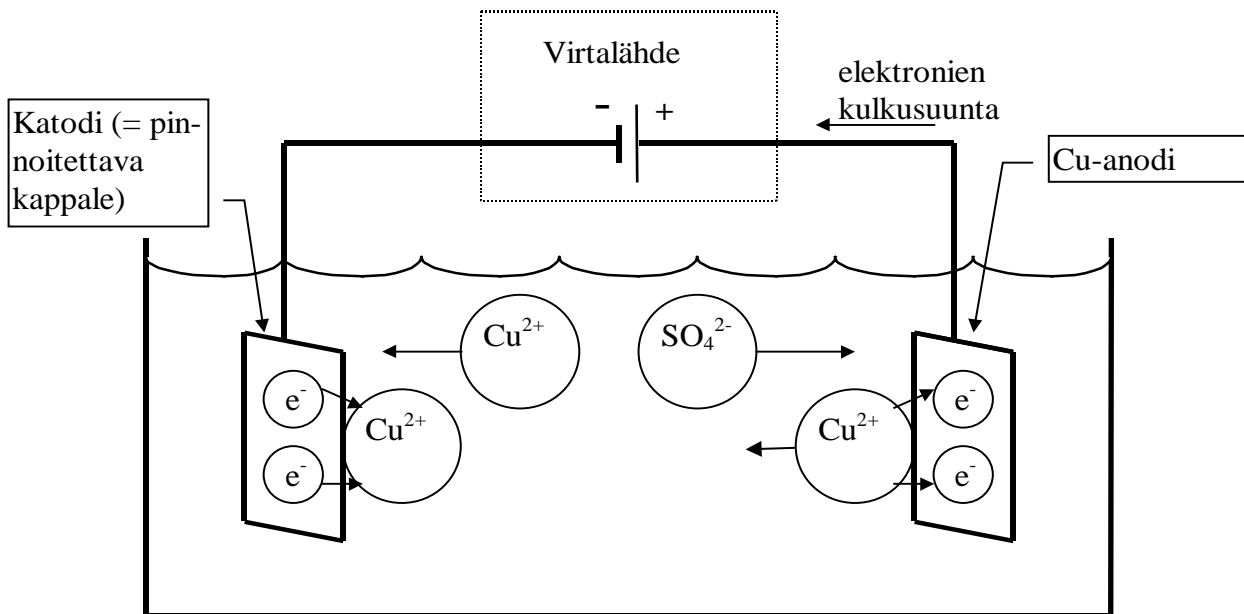


## Sähkökemiallinen ja kemiallinen pinnoitus

### Sähkösaostuksen periaate

Sähkökemiallisessa pinnoituksessa eli sähkösaostuksessa pinnoitettava esine upotetaan altaassa olevaan elektrolyyttikylpyyn. Elektrolyytti on vesiliuos, johon on liuotettu metallisuolaa. Liuoksessa suolat hajaantuvat ioneiksi eli positiivisiksi kationeiksi ja negatiivisiksi anioneiksi. Esimerkiksi, jos elektrolyyttiin lisätään kuparisulfaattia, liuokseen saadaan kupari-ioneja  $\text{Cu}^{2+}$  ja sulfaatti-ioneja  $\text{SO}_4^{2-}$ . Tällöin kupari-ionit saadaan saostumaan pinnoitettavan kappaleen pinnalle virtalähteestä saatavan sähkövirran avulla.

Pinnoitusjärjestelyssä rakennetaan sähkökemiallinen kenno, jossa pinnoitettava esine on negatiivisena elektrodina eli katodina. Lisäksi virransyöttäminen vaatii, että kylvyssä on myös positiivinen anodi. Anodi voi olla saostettavaa metallia (kuva 1) tai joissakin tapauksissa liukenematon. Positiiviset metalli-ionit hakeutuvat negatiivisen kappaleen pinnalle, jossa virtalähteen syöttämät elektronit pelkistävät ne metallipinnoitteeksi. Liukenevasta anodista siirtyy lisää metallia kylpyyn ja samalla vapautuu elektroneja.

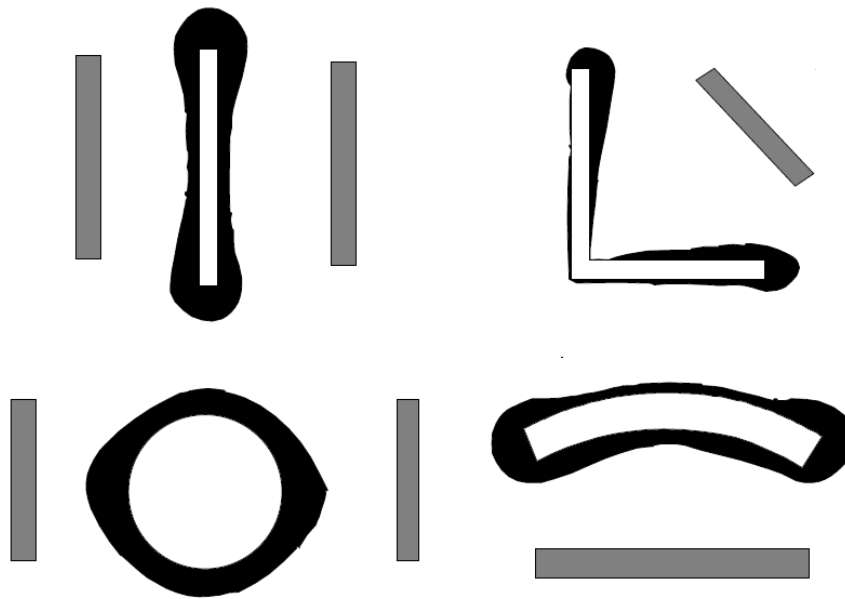


Kuva 1. Periaatekuva kuparin sähkösaostamisesta.

Yleisimmät pinnoitteiksi saostettavat metallit ovat sinkki, nikkeli ja kromi. Myös kuparia, tinaa, hopeaa, kultaa ja joskus myös kobolttia, rautaa, kadmiumia ja platinaa saostetaan pinnoitteeksi. Puhtaiden metallien ohella voidaan sähkösaostaa metalliseoksia. Pinnoitteilla tavoitellaan tavallisimmin korroosio- tai kulumissuojaa tai esteettistä ulkonäköä.

Pinnoitettavalta esineeltä vaaditaan, että sen pinta on sähköä johtava, joten kaikkia metalleja voidaan pinnoittaa. Perusmetallin pinnan laadulla on tärkeä merkitys, koska kaikki pinnan muodon ja mikrorakenteen vaihtelut kuten huokokset ja sulkeumat heijastuvat pinnoitteeseen.

Sähkösaostetun pinnoitteen paksuus vaihtelee tavallisesti, koska pinnoitteen saostumista esineen pinnalle säätelee virranjakauma. Virta kulkee elektrolyytissä lyhyintä reittiä, joten anodin lähellä oleville alueille pyrkii saostumaan eniten metallia (kuva 2). Siten menetelmä saattaa rajoittaa myös kappaleen rakennetta, vaikka anodien asettelulla voidaan vaikuttaa virran jakautumiseen ja siten pinnoitteen paksuusvaihteluihin.



Kuva 2. Pinnoitteen epätasainen saostuminen. Toispuoleinen saostuminen voi vääntää kappaletta. /1/

### Sähköpinnoitus sinkillä

Sähkösinkitys on yleisin sähkösaostusmenetelmä. Sinkkipinnoitteella suojataan teräsiä korroosiolta. Sinkki on uhrautuva pinnoite, joka syöpyessään suojaa alla olevaa terästä katodisesti. Sähkösinkityspinnoitteiden paksuudet vaihtelevat välillä 5–25 µm. Jos rakenteen käyttöikä vaatii tätä paksumpia sinkkipinnoitteita, kuumaupotus on taloudellisempi menetelmä kuin sähkösaostus. Sähkösinkitystä käytetään tyypillisesti sisätiloissa käytettävien terästuotteiden suojaamiseen.

Sinkkipinnoitteen korroosionkestävyys paranee huomattavasti, jos se passivoidaan upottamalla happamaan liuokseen, joka sisältää liuennutta kromia. Käsittelyä kutsutaan passivoinniksi tai kromatoinniksi. Passivoinnilla estetään valkoruosteen syntyminen, parannetaan pinnan kiiltoa sekä voidaan värjätä pinta ja parantaa maalin tartuntaa pinnoitteeseen.

Sinkin sähkösaostuksesta on julkaistu standardi SFS-EN ISO 2081: Raudan tai teräksen sähkösaostetut sinkkipinnoitteet lisäkäsittelyineen.

### Sähköpinnoitus nikkelillä

Nikkelöinti on sinkityksen jälkeen eniten käytetty sähkösaostusmenetelmä. Nikkelipinnoite on luja, kova ja kulumiskestävä, mutta se tummuu ilmassa. Nikkelipinnoitteita käytetään sekä koriste- että teknisinä pinnoitteina. Teknisinä pinnoitteina nikkeliä käytetään kulumis- ja korroosiosuojana. Nikkelipinnoitteita saostetaan eniten niukkaseosteisten terästen päälle. Nikkeliä voidaan käyttää myös kuluneiden osien tai alimittaisiksi työstettyjen kappaleiden korjauspinnoitteena, koska pinnoite saadaan saostumaan millimetrejä paksuksi.

Nikkelipinnoite on jalompi kuin teräs, joten pinnoitteen pitää olla naarmuton ja huokoseton, jotta pinnoite ei kiihdytä teräksen korroosiota pinnoitteen vauriokohdassa. Huokoseton pinnoite saadaan aikaan ns. monikerrossaostuksella.

Eniten nikkeliä käytetään aluspinnoitteena kiiltokromauksen yhteydessä. Nikkelikerroksen paksuus on tällöin 10–40 µm ja sen päälle tulevan kromikerroksen 0,3–0,5 µm.

### Kiiltokromaus



Kiiltokromauksella kappaleelle saadaan kaunis, korroosiota kestävä pinnoite. Kiiltokromi saostetaan ohuena kerroksena yleensä nikkelipinnoitteen päälle estämään nikkelikerroksen hapettumista ja värjäytymistä. Kromikerrospinnoite on hyvin ohut, paksuudeltaan noin 0,3–2 µm. Kiiltokromauksen tyypillisimmät käyttökohteet ovat kalusteteollisuuden teräsputkiosat.

### **Kovakromaus**

Kova- eli tekninen kromaus antaa kappaleelle kovan, kulumista ja korroosiota kestävä, liukkaan pinnan. Kovakromin kovuuden ja pienen kitkan ansiosta sitä käytetään kulumissuojaukseen erityisesti liukupinnoilla. Kovakromin suuresta kovuudesta (750–1050 HV) johtuen pinnoite on hauras eikä kestä taivutusta. Pinnoitevahvuudet vaihtelevat tarpeen mukaan välillä 5–500 µm, tavallisimmat kerrospaksuudet ovat välillä 30–50 µm. Kromipinnoite kestää hyvin korroosiota, mutta koska pinnoite ei ole tiivis, vaan täynnä pieniä paljaalla silmällä näkymättömiä halkeamia, se ei suojaa täysin alustaansa korroosiolta. Tiiviitä pinnoitteita saadaan aikaan saostamalla kovakromin alle pehmeä halkeilematon kromikerros tai nikkelikerros.

### **Kemiallinen nikkelöinti**

Kemiallisessa eli autokatalyyttisessä nikkelöintiprosessissa nikkeli saostetaan ilman ulkoista virtaa käyttämällä natriumhypofosfiittia pelkistimenä. Etuna menetelmässä on, että pinnoite saostuu tasaisesti kaikille kylvyssä oleville pinnoille, jolloin saadaan tasapaksuja pinnoitteita riippumatta kappaleen muodosta, myös reikiin ja porauksiin. Autokatalyyttiset pinnoitteet ovat myös tiiviimpiä kuin sähkösaostetut pinnoitteet. Kemiallisilla nikkelipinnoitteilla on hyvä korroosion- ja kulumiskestävyys ja myös voiteluominaisuuksia. Tyypilliset pinnoitepaksuudet ulottuvat joistakin kymmenistä mikrometreistä yli sataan mikrometriin. Pinnoitteen tartunta niukkaseosteiseen teräkseen on erinomainen, tyypillisesti 300–400 MPa. Kemialliset nikkelipinnoitteet ovat alttiita halkeilemaan vaihtokuormituksessa, mistä syystä ne voivat huonontaa merkittävästi kappaleen väsymiskestävyyttä.

Kemialliset nikkelipinnoitteet eivät ole puhdasta nikkeliä, vaan pinnoitteessa on kylpytyypistä riippuen 1–13 til-% fosforia tai vaihtoehtoisesti pieniä määriä booria. Seosaineesta ja sen pitoisuudesta riippuen pinnoitteen ominaisuudet vaihtelevat suuresti. Kemiallisten nikkelikylpyjen luokittelu niiden seosainepitoisuuden mukaan on esitetty alla.

Nikkeli-fosforikylvyt:

Korkeafosforinen, 10–13 p-% fosforia

Keskifosforinen, 6–9 p-% fosforia

Keski-matalafosforinen, 4–6 p-% fosforia

Matalafosforinen, 1–3 p-% fosforia

Nikkeli-boorikylvyt:

Matalaboorikylvyt, <2 p-% booria

Korkeaboorikylvyt, >2 p-% booria

Saostettuina kemialliset nikkelipinnoitteet ovat kovia (500–600 HV) ja hauraita pinnoitteita, joilla on voiteluominaisuuksia ja erinomainen korroosionkestävyys. Pinnoitteet ovat amorfisia, mistä syystä niillä on monissa ympäristöissä parempi korroosionkestävyys kuin puhtaalla nikkelillä. Neutraaleissa ja happamissa olosuhteissa korkeafosforisilla pinnoitteilla on paras kestävyys, kun taas matalafosforiset ovat parhaita emäksisissä ympäristöissä. Korroosiosuojana kemialliset nikkelipinnoitteet toimivat eristämällä alustan ympäristöstä, minkä vuoksi pinnoitteiden tulee olla huokosettomia ja virheettömiä.

Pinnoitteiden ominaisuuksia voidaan muuttaa lämpökäsittämällä melko alhaisissa lämpötiloissa (noin 400 °C:ssa). Tällöin pinnoitteet kiteytyvät ja niihin muodostuu nikkelifosfidierkaumia eli ne erkautuskarkenevat, minkä seurauksena pinnoitteen kovuus kasvaa jopa 1100 HV:iin. Lämpökäsiteltyjen pinnoitteiden kulumiskestävyys on samaa luokkaa kuin kovakromilla. Paras kulumiskestävyys saavutetaan lämpökäsitellyillä korkeafosforisilla pinnoitteilla. Kuitenkin korroosionkestävyys huononee kovuuden kasvaessa. Lämpökäsittelyssä pinnoite kutistuu, mikä aiheuttaa vetojännityksiä ja mahdollisesti halkeilua pinnoitteeseen.



Nikkeli-booripinnoitteet ovat samankaltaisia kuin nikkeli-fosforipinnoitteet, mutta ne ovat kovempia kuin fosforia sisältävät pinnoitteet sekä saostettuina (700 HV) että erkautuskäsiteltyinä (1200 HV). Booria sisältävien nikkelipinnoitteiden korroosionkestävyys on huonompi kuin nikkeli-fosforipinnoitteilla, ja siksi niitä käytetään pääasiallisesti, kun vaaditaan erinomaista kulumiskestävyyttä.

Kirjoittanut TRY Pintakäsittelyjaoston puolesta:  
Kai Laitinen, Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Puh. 040-533 2558, [kai.laitinen@metropolia.fi](mailto:kai.laitinen@metropolia.fi)

Lähde

1. Forsén, Olof. Sähkösaostus ja kemiallinen pinnoitus. Kirjassa: Tunturi, P. ja Tunturi, P. (toim.) Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Tekninen tiedotus 3/99. Metalliteollisuuden Kustannus Oy, 1999. 3. painos. S. 43–66. ISSN 0788-0987.