

## Muotin pinnan suojaaminen

Tuula Höök – Tampereen teknillinen yliopisto

Osa muoviraaka-aineista on hyvin kuluttavia. Muovit voivat sisältää kovia partikkeleita, kuten lasia, metallipulvereita ja puukuituja. Muoviraaka-aineet voivat olla itsessäänkin hyvin kuluttavia ja/tai korrodoivia. Valettavat kappaleet suunnitellaan toisinaan hyvin pienillä seinämänpaksuuksilla, kapeilla urilla ja pienillä päästökulmilta. Ohuet ja korkeat keernat voivat kulua hyvin nopeasti, jolloin muotin huoltamisen kulut kasvavat samalla, kun huoltoväli lyhenee. Ulostyönnön suunnittelu voi myös vaikeutua kovasti, jos kappaleessa on korkeita, minimipäästöillä suunniteltuja keernoja ja vain hyvin pieni pinta-ala, jolle ulostyöntimet voi asetella. Minimipäästö kasvattaa kappaleen ja Muottipesän pinnan välistä kitkaa ja sitä kautta ulostyöntövoimia. Toisinaan kitkaongelmat voidaan ratkaista käyttämällä muotissa irrotusaineita tai voitelevia pinnoitteita. Kulumis- ja korroosio-ongelmat voidaan ratkaista kovilla ja kestäväillä elektrokemiallisilla tai kemiallisilla pinnoitteilla ja erilaisilla termokemiallisilla käsittelyillä.

### Termokemialliset käsittelyt

Jos muottipesä ei altistu kovin voimakkaalle kulutukselle, se voidaan suojata jollakin termokemiallisella käsittelyllä. Tavallisia termokemiallisia käsittelyjä ovat nitraus, booraus, hiiletys ja typpihiiletys. Hiiletys ja typetys ovat erittäin tavallisia lämpökäsittelymenetelmiä.

Nitraus tehdään typpi-atmosfäärissä 510 – 580 °C lämpötilassa. Typettyneen kerroksen paksuudeksi tulee 0.1 - 0.6 mm. Kerros suojaa korroosiolta. Boorauksessa muottiteräksen pintaa pommitetaan booriatomeilla. Boori muodostaa pohjemetallin kanssa borideja. Booraus tehdään 800 – 1050 °C lämpötila-alueella. Korkeat prosessointilämpötilat voivat aiheuttaa vääntyilyä. Hiiletys on lämpökäsittely, jonka aikana kasvatetaan työkappaleen pintakerroksen hiilipitoisuutta. Hiilipitoisuuden kasvattaminen lisää pinnan kovuutta. Työkappale sammutetaan hiilettyksen jälkeen. Hiiletyslämpötila on 850 – 980 °C. Typpihiiletys on vastaava lämpökäsittely kuin hiiletys siten, että kaasun joukkoon on annosteltu typpeä.

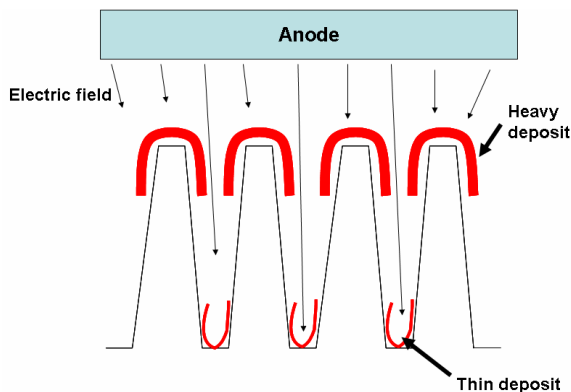
### Sähkökemialliset pinnoitteet

Vanhimmat ja tavallisimmat sähkökemialliset pinnoitusmenetelmät ovat kovakromaus ja nikkelöinti. Sähkökemiallisiin menetelmiin tarvitaan elektrodi. Kovakromaus voidaan tehdä pelkästään sähkökemiallisesti. Tavallisesti se on edullinen menetelmä, mutta jos kappaleessa on monimutkaisia muotoja, voi olla tarpeen työstää erikoiselektrodeja, jolloin kustannukset kasvavat.

Sähkökemiallisen pinnoitteen paksuus riippuu anodin ja työkappaleen välisen sähkökentän voimakkuudesta. Jos työkappaleessa on ulokkeita tai teräviä kulmia, anodin on seurattava sen muotoja tavallista tarkemmin. Muutoin ulokkeiden päälle muodostuu voimakas pinnoitekerros, kun toisaalta kulmiin ja syvennyksiin tulee pinnoitetta vain ohuelti

Nikkelipinnoite voidaan valmistaa kemiallisesti ja sähkökemiallisesti. Kemiallisessa menetelmässä ei tarvita anodia. Pinnoitteesta tulee tasapaksu työkappaleen muodoista riippumatta.

Molemmat nikkelipinnoitteet sopivat kuluneiden kappaleiden tilavuuden lisäämiseen. Pinnoitteet ovat koneistettavia. Kemiallisesti muodostettu nikkelipinnoite on erityisen sopiva kuluneiden ja alimitaisten kappaleiden korjaamiseen.



Kuva 1. Sähkökemiallisilla pinnoitusmenetelmillä on taipumus tuottaa epätasainen pinnoitekerros. Pinnoite on paksumpi niissä työkappaleen osissa, jotka ovat anodin lähellä ja ohuempi kauempana olevissa osissa. Jos muotissa on korkeita ulokkeita, voi olla tarpeen valmistaa monimutkaisen muotoinen anodi, jotta pinnoitekerroksesta saadaan tyydyttävä.

### Kemialliset pinnoitteet

Kemiallisia pinnoitteita ovat nikkeli-koboltti, nikkeli-boorinitridi ja nikkeli –PTFE –pinnoitteet. Nikkeli-PTFE –pinnoitteen korkein käyttölämpötila on 260 °C. Nikkeli-PTFE –pinnoite ei ole erityisen kova. Sen kovuus on hiukan enemmän kuin puolet kovakromipinnoitteen kovuudesta. Nikkeli-PTFE –pinnoite on kuitenkin korroosionkestävä ja sen kitkakerroin on hyvin pieni. Kaikki luetellut pinnoitteet muodostetaan kemiallisella menetelmällä, joka on monimutkaisten muotojen tapauksessa erittäin hyvä asia. Pinnoitteesta tulee tasainen eikä erikoisanodeja tarvita.

Nikkeli-koboltti –pinnoite on hyvä vaihtoehto kovakromaukselle. Sen kovuus ja kitkaominaisuudet ovat lähes yhtä hyvät. Nikkeli-boorinitridi –pinnoitteella on yli-voimaisen pieni kitkakerroin ja hyvät kovuusominaisuudet.

### Uudet huipputekniset pinnoitteet

Huipputeknisiin pinnoitteisiin kuuluu esimerkiksi kemiallinen höyrysaostus (chemical vapour deposition, CVD), fysikaalinen höyrysaostus (physical vapour deposition, PVD) ja plasmatekniikat. Pinnoitteita käytetään pääasiassa leikkaavien työkalujen, lävistimien, syvävetotyökalujen, pumppujen, venttiilien ja metallin pursotustyökalujen suojaamiseen. Joissain tapauksissa menetelmillä valmistettuja pinnoitteita on käytetty myös ruiskuvalumuottien suojaamiseen.

Kemiallinen ja fysikaalinen höyrysaostus sopivat erilaisten metallisten ja ei-metallisten pinnoitteiden valmistamiseen. Ruiskuvalumuoteissa käytetään erityisesti titaaninitridi- (TiN) ja titaanikarbidi (TiC) -pinnoitteita. TiN ja TiC muodostavat pinnan, joka on kova ja kestää erittäin hyvin korroosiota. Tavallisimmin suojataan lasitäytteisille muoveille tarkoitettuja muotteja. Keraamit ovat hyviä lämmöneristeitä, joka ei ole ruiskuvalusovelluksissa toivottu ominaisuus.

Taulukko 1. Pinnoitteita ja niiden valikoituja ominaisuuksia<sup>1</sup>

| Pinnoite   | Rockwell-kovuus                         | Kitkakerroin      | Ominaisuudet  | Käyttökohteet  |
|--|---|-------------------|---|--|
| <b>Kovakromi</b>                                     | 72                                      | 0.20 tai vähemmän | Hyvä kulumisenkesto   | Lasitäytteiset materiaalit (ei suositella PVC:lle)   |
| <b>Nikkeli-boorinitridi</b>                          | 54 pinnoitettuna<br>67 lämpökäsiteltynä | 0.05 tai vähemmän | Ylivoimaisen pieni kitka ja hyvä kulumisen kesto            | Missä tarvitaan erinomaista irtoamista tai missä muotti altistuu voimakkaalle kulutukselle tai korkeille lämpötiloille   |
| <b>Nikkeli-koboltti</b>                              | 62                                      | 0.24 tai vähemmän | Hyvä kulumisen ja korroosionkesto                           | Tasainen pinnoitekerros monimutkaisiin muotoihin, hyvä vaihtoehto kovakromaukselle   |
| <b>Kemiallinen nikkelpinnoitus</b>                   | 50                                      | 0.45 tai vähemmän | Keskinkertainen kulumisenkesto, erinomainen korroosionkesto | Erinomainen kemiallinen kestävyys, tasainen pinnoitekerros, suositellaan PVC:lle   |
| <b>Nikkeli-PTFE.</b>                                 | 45                                      | 0.10 tai vähemmän | Erinomainen korroosionkesto, ylivoimaiset kitkaominaisuudet | Erinomaiset irrotusominaisuudet syviin rivoituksiin, nollapäästökeernoille, teksturoiduille pinnoille, helposti takertuville muoviraaka-aineille ja muille vaikeasti ulostyönnettäville materiaaleille |
| <b>Elektrolyyttinen (Sulfamaatti) nikkelpinnoite</b> | 40                                      | 0.45 tai vähemmän | Muodostaa tasaisia paksuja pinnoitekerroksia                | Sopii hyvin mittojen korjaamiseen  |

<sup>1</sup> Bales, S. J. How Surface Treatments Keep Molds Operating Longer, *Mouldmaking Technology*, <http://www.mouldmakingtechnology.com/articles/010605.html> and Bales, S. J. Know Your Mold Coatings, *Plastics Technology Online*, <http://www.ptonline.com/articles/200412fa2.html>

**Valintakriteerit**

Valinta pinnoitteiden välillä tehdään taloudellisten ja teknisten kriteerien perusteella. Perusinsinöörisääntö pätee tässäkin: Jos ei ole tarpeen valita kalliimpaa vaihtoehtoa, älä valitse. Valitse yksinkertaisin, taloudellisin ja teknisesti paras vaihtoehto. Pinnoitteet voivat lisätä muotin kestoikää ja pidentää huoltovälejä. Pienemmät huoltokustannukset tasapainottavat korkeampia hankintakustannuksia, mutta perusongelma on yleensä siinä, ettei asiakas ole aina halukas maksamaan muotista tarpeeksi korkeaa hintaa.

**Lähteet**

ASM Handbook Volume 5, Surface Engineering, ASM 1994

Bales Mould Service Inc, <http://www.balesmold.com>

Bodycote, <http://www.bodycote.com>

CRC Chemical Release Company Limited, <http://www.releaseagents.co.uk/agents-index.htm>

Henkel North America,

[http://www.henkelna.com/cps/rde/xchg/henkel\\_us/hs.xsl/mold-release-agents-sprays-coatings.htm](http://www.henkelna.com/cps/rde/xchg/henkel_us/hs.xsl/mold-release-agents-sprays-coatings.htm)

Mann Release Technology, <http://www.mann-release.com/default.htm>

Mouldmaking Technology, <http://www.moldmakingtechnology.com>

Plastics Technology Online, <http://www.ptonline.com>

Poeton, <http://www.poeton.co.uk>