

Ruostumattomien terästen elektrolyyttinen kiillotus



Euro Inox

Euro Inox on eurooppalainen ruostumattoman teräksen markkinointia edistävä yhdistys.

Euro Inoxin jäseniin kuuluvat:

- Euroopan ruostumattoman teräksen tuottajat
- Kansalliset ruostumattoman teräksen kehitysyhdistykset
- Seosmetalliteollisuuden yhdistykset

Euro Inoxin ensisijaisena tavoitteena on tiedottaa ruostumattoman teräksen ainutlaatuisista ominaisuuksista ja edistää niiden käyttöä olemassa olevilla käyttöalueilla ja uusilla markkinoilla. Toteuttaakseen näitä tavoitteita Euro Inox järjestää konferensseja ja seminaareja sekä julkaisee ohjeistoja painetussa ja sähköisessä muodossa, mikä auttaa suunnittelijoiden, normin laatijoiden, valmistajien ja loppukäyttäjien tutustumista materiaaliin. Euro Inox tukee myös sekä teknistä kehitystyötä että markkinatutkimusta.

ISBN 978-2-87997-312-8

978-2-87997-310-4	Englanninkielinen versio
978-2-87997-311-1	Saksankielinen versio
978-2-87997-313-5	Ranskankielinen versio
978-2-87997-314-2	Italiankielinen versio
978-2-87997-315-9	Hollanninkielinen versio
978-2-87997-316-6	Puolankielinen versio
978-2-87997-317-3	Espanjankielinen versio
978-2-87997-318-0	Ruotsinkielinen versio
978-2-87997-319-7	Tšekinkielinen versio
978-2-87997-320-3	Turkinkielinen versio

Jäsenet

Acerinox

www.acerinox.es

ArcelorMittal Stainless Belgium

ArcelorMittal Stainless France

www.arcelormittal.com

Outokumpu

www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www.acciaiterni.it

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

Liitännäisjäsenet

Acroni

www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)

www.bssa.org.uk

Cedinox

www.cedinox.es

Centro Inox

www.centroinox.it

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

www.edelstahl-rostfrei.de

International Chromium Development Association (ICDA)

www.icdachromium.com

International Molybdenum Association (IMOA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

www.turkpasder.com

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

www.puds.pl

SWISS INOX

www.swissinox.ch

Ruostumattomien terästen elektrolyttinen kiillotus
Ensimmäinen painos 2010
(Materiaalit ja niiden käyttösovellukset
julkaisusarja, osa 11)
© Euro Inox 2010

Julkaisija

Euro Inox
Diamant Building, Bd. A. Reyers 80
1030 Bryssel, Belgia
Puh: +32 2 706 82 67
Fax: +32 2 706 82 69
E-mail: info@euro-inox.org
Internet: www.euro-inox.org

Kirjoittaja

Alenka Kosmač, Bryssel (Belgia)

Kiitokset

Euro Inox haluaa kiittää Siegfried Pieslinger-Schweigeriä (Poligrat, Saksa) sekä John Swainia (Anopol, Iso-Britannia) avustuksesta sekä käsikirjoituksen oikoluvusta ennen julkaisua.

Valokuvat

Kansilehden valokuva: Packo Surface Treatment, Diksmuide (Belgia)

Vastuuvapauslauseke

Euro Inox on tehnyt kaikki toimenpiteet varmistaakseen, että tässä julkaisussa esitetty tieto on oikeaa. Kuitenkin lukijaa huomautetaan, että esitetty tieto on tarkoitettu vain yleiseksi informaatioksi. Euro Inox, sen jäsenet ja henkilökunta sekä konsultit pidättyvät kaikesta vastuuvollisuudesta tai vastuusta, joka johtuu tähän julkaisuun sisältyvän informaation käytön aiheuttamasta menetyksestä, vahingosta tai vauriosta.

Sisältö

1. Johdanto	2
2. Elektrolyttisen kiillotuksen teoriaa	4
3. Prosessivaiheet	6
3.1 Valmistelu	7
3.2 Elektrolyttinen kiillotus	7
3.3 Jälkikäsitteily	8
4. Elektrolyttinen kiillotus vs. muut pinnan viimeistelytekniikat	9
4.1 Mekaaninen kiillotus	9
4.2 Sähkösaostus eli sähköpinnoitus	10
5. Elektrolyttisesti kiillotettavan pinnan määrittely	11
6. Tavallisimpia käyttösovelluksia	12
7. Sanasto	15
8. Kirjallisuusviitteet	17

Tekijänoikeudet

Tähän julkaisuun sovelletaan tekijänoikeuslakien mukaisia sääntöjä. Euro Inox varaa kaikki oikeudet käännöksiin kaikille kielille, julkaisemiseen, kuvien käyttöön, esittelyihin sekä radio- ja televisiolähettyksiin. Mitään julkaisun osaa ei saa jälleen tuottaa, varastoida luettavassa muodossa, tai siirtää missään muodossa tai millään keinoin, sähköisesti, mekaanisesti, valokopioimalla, tallentamalla tai muilla menetelmillä ilman tekijän, Euro Inoxin (Luxemburg), lupaa. Rikkomukset voivat johtaa oikeuskäsittelyyn ja taloudelliseen vastuuseen sekä syytteeseen panon Luxemburgin tekijänoikeuslain ja Euroopan Unionin lainsäädännön mukaisesti.

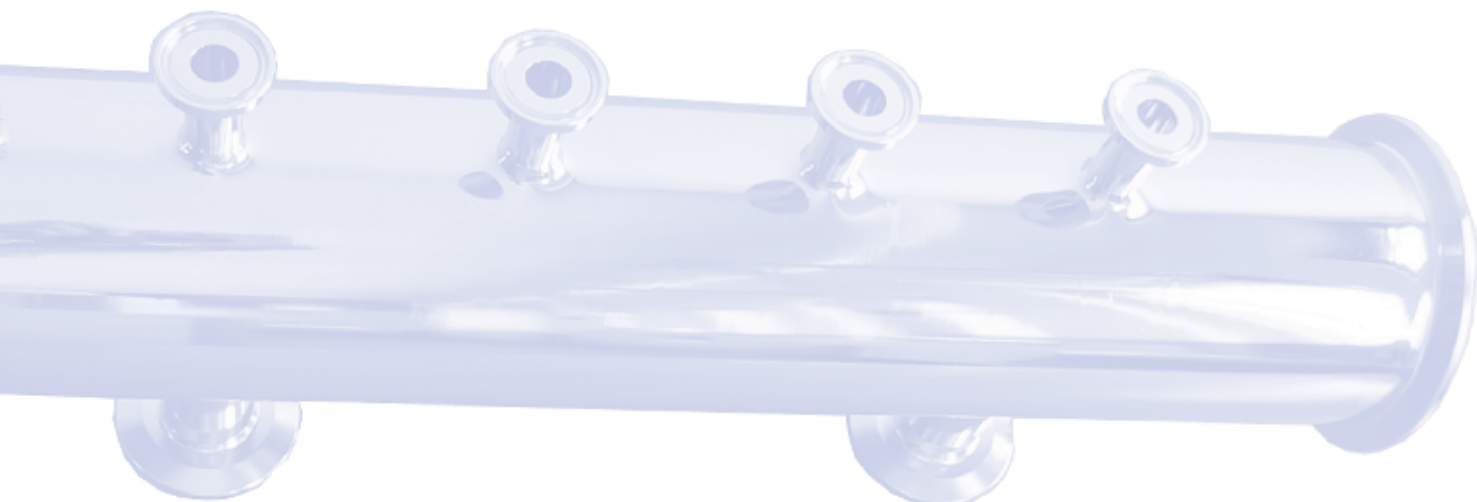
1 Johdanto

Elektrolyttinen kiillotus on kemiallinen pinnan viimeistelytekniikka (kts. inforuutu), jossa materiaalia poistetaan metallin pinnasta ioni - ionilta [1]. Pyrkimyksenä on tasoittaa pinnan mikroskooppisen pienet epätasaisuudet mikä puolestaan edesauttaa lian irtoamista ja siten helpottaa tuotteen puhtaanapitoa. Elektrolyyttistä kiillotusta hyödynnetään myös jäysteenpoistossa, pinnan kiilto-ominaisuuksien lisäyksessä sekä passivoinnissa.

Kiillotusprosessi paljastaa virheettömän, metallurgisesti puhtaan pinnan. Mekaanisen pintakäsittelyn aiheuttamat, mahdollisesti haitalliset tekijät, kuten mekaaniset- ja lämpöjännitykset, vieraat partikkelit ja pinnan karhentuminen, kyetään välttämään. Siten käytetyn ruostumattoman teräslajin luontainen korroosionkestävyys voidaan hyödyntää täysimääräisesti.

Edellä mainituista syistä, elektrolyttisestä kiillotuksesta onkin tullut yleisesti käytetty ruostumattoman teräksen käsittelytekniikka sovelluksissa, joissa korroosionkestävyys ja puhtaanapidon helppous ovat erityisen tärkeitä. Tyypillisiä käyttökohteita löytyy lääke-, biokemian- ja elintarviketeollisuudesta.

Elektrolyttinen kiillotus ei vaikuta käsiteltävän kappaleeseen mekaanisesti, kemiallisesti tai termisesti. Niinpä prosessilla voidaankin käsitellä erittäin pieniä ja mekaanisesti hauraita kappaleita. Toisaalta elektrolyttinen kiillotus soveltuu hyvin lähes kaikenkokoisille ja – muotoisille kappaleille.



Kemialliset pintakäsittelyt: Milloin käytetään mitä ja miksi

On olemassa useita erilaisia kemiallisia pintakäsittelytekniikoita. Tekniikoita käytetään kuitenkin eri tarkoitukseen, vaikkakin kaikkien peruspyrkimys on puhdistaa metallin pintaa.

Peittaus

Peittauksella poistetaan metallin pinnalta oksideja, esimerkiksi lämpövärjäymiä (hittauskuksesta) ja myös muita värivirheitä tai korroosiotuotteita. Peittaamalla aikaansaadetaan puhdas metallipinta joka puolestaan mahdollistaa ruostumattoman teräksen passivoitumisen. Tavanomaiset peittaushapot sisältävät sekä typpi- että fluorivetyhappoa. Käsittelyaika on riippuvainen peittausliuoksen lämpötilasta sekä peittävän oksidipinnan rakenteesta.

Passivointi

Ruostumattoman teräksen passivoituminen tapahtuu tavallisesti itseksensä ilmassa tai vedessä olevan hapen avulla. Täydellisen passiivikalvon muodostuminen voi kuitenkin kestää useita päiviä. Kemiallinen passivointikäsittely nopeuttaa passiivikalvon

muodostumista ja siten varmistaa, että korroosionkestävyys on paras mahdollinen. Passivointi tehdään laimennetussa typpihapossa käsittelyajan vaihdellessa 15 minuutista 1 tuntiin.

Dekontaminointi tai happopuhdistus

Poistaa rautapartikkeleja, mitkä muutoin korrodoituisivat jäädessään ruostumattomalle teräspinnalle – esimerkiksi kun ruostumattomasta teräksestä valmistetut kappaleet ovat altistuneet rautakontaminaatiolle (hiontapöly, vieraat ruostepartikkelit hiiliteräksestä, työkaluista irtoavista kappaleista, jne.)¹

Elektrolyyttinen kiillotus (sähkökiillotus)

Elektrolyyttistä kiillotusta käytetään metallipintojen puhdistamiseen, pinnan silottamiseen ja myös muiden suotuisten, tässä julkaisussa esiteltyjen vaikutusten aikaansaamiseen. Prosessi perustuu elektrolyysiin hyväksikäyttäen sähkövirtaa elektrolyytin ollessa tavanomaisesti rikki- ja fosforihapon seos. Käsittelyajat ovat tyypillisesti 2 ja 20 minuutin väliltä.

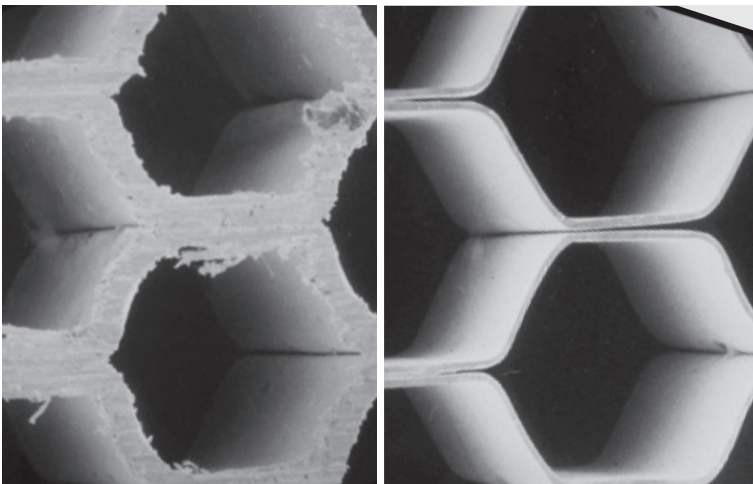
¹ CROOKES, Roger, Ruostumattoman teräksen peittaus ja passivointi, Luxemburg: Euro Inox, 2004 (Materiaalit ja niiden käyttösovellukset - sarja, Julkaisu 4) - http://www.euro-inox.org/pdf/map/Passivating_Pickling_FI.pdf

2 Elektrolyyttisen kiillotuksen teoriaa

Elektrolyttisessä kiillotuksessa poistetaan metallia työkappaleesta sähkövirran avulla kappaleen ollessa upotettuna määrätyn koostumuksen omaavaan elektrolyyttiin. Prosessi on perimmiltään käänteinen verrattuna sähkösaostukseen (sähköpinnoitus), jossa metalli-ionit kerrostuvat työkappaleen pinnalle liuoksesta. Elektrolyttisessä kiillotuksessa työkappale puolestaan syöpyy kasvattaen elektrolyttiliuoksen metalli-ionimäärää.

Tavanomainen sähkökiillotuslaitteisto poikkeaa ulkoisesti hyvin vähän sähköpinnoituslaitteistosta. Virtalähteellä muutetaan vaihtovirta matalan jännitteen tasavirraksi. Elektrolyttiliuosta säilytetään yleensä joko muovisessa tai lyijypinnoitetussa säiliössä. Lyijystä, kuparista tai ruostumattomasta teräksestä valmistetut katodilevyt upotetaan liuokseen sekä kiinnitetään virtalähteen negatiiviseen (-) napaan. Käsiteltävä kappale tai kappaleet sijoitetaan titaanista, kuparista tai pronssista valmistettuun telineeseen joka puolestaan kytketään virtalähteen positiiviseen (+) napaan.

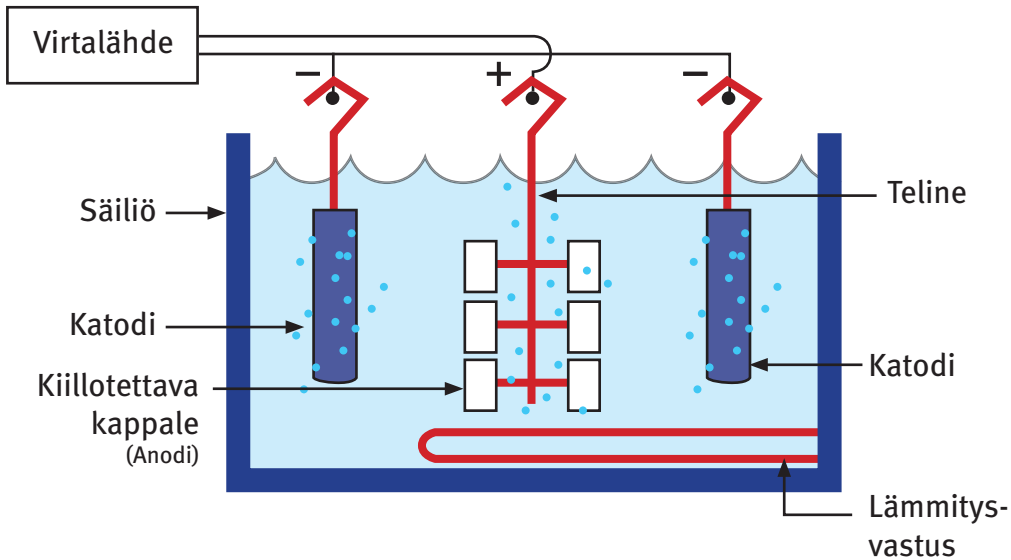
*Elektrolyttinen kiillotus on tehokas jäysteenpoistomenetelmä – myös kappaleille, joiden jälkikäsitely mekaanisesti olisi vaikeaa.
Kuva: Poligrat, München (Saksa)*



Työkappale toimii siten positiivisena (anodisena) napana, kun taas negatiivinen (katodinen) napa on kiinnitetty soveltuvaan johtimeen. Upotettaessa molemmat navat elektrolyyttiin muodostuu sähköinen virtapiiri. Käytettävä virta on tasavirtaa (DC).

Kuten viereisestä piirroksesta nähdään, työkappale varataan positiivisesti ja upotetaan kemialliseen kylpyyn. Sähkövirran avulla elektrolyytti toimii johtimena (”työkappaleena”) minkä ansiosta metalli-ionit kykenevät poistumaan kappaleesta. Ionien kulkeutuessa katodia kohti, valtaosa liuenneesta metallista säilyy liuoksessa. Osa ioneista kertyy liejuserroksiksi katodin ympärille, järjestelmän tehokas toiminta edellyttääkin katodien säännöllistä puhdistamista. Kaasumaisen hapen muodostuminen työkappaleen pinnalla tukee elektrolyysin toimintaa.

Työkappaleen pinnalta liukenevan metallin määrä on riippuvainen käytettävästä virrasta, elektrolyytin tehokkuudesta ja kiillotusajasta. Elektrolyttisessä kiillotuksessa työkappaleen särmillä ja muilla ulokkeilla on suurin verratihyys ja siten ne syöpyvät ensisijaisesti. Kiillotusparametrien valinta tulee suorittaa siten, että kiillotettavan kappaleen mittatoleranssit säilyvät myös kiillotuksen jälkeen.



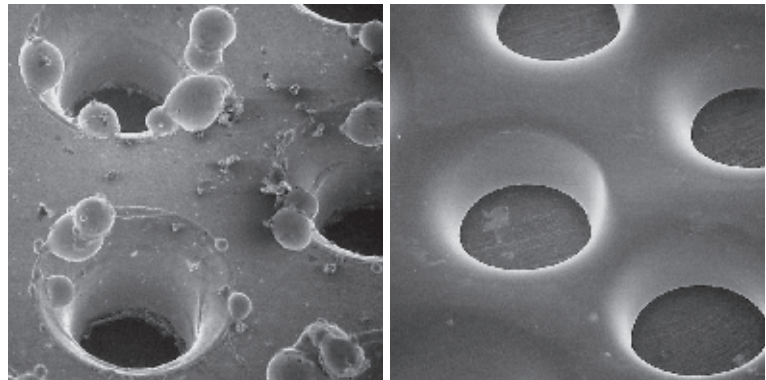
Kappaleen pinnasta poistuu materiaalia sen ollessa anodina [3].

Ruostumattomia teräksiä kiillotettaessa eri alkuaineiden liukenemisnopeudella on vaikutusta lopputulokseen sillä rauta ja nikkeliatomit irtoavat kromiatomeja tehokkaammin metallihilasta. Siten sähkökiillotuksessa teräksestä poistuu ensisijaisesti nikkeliä ja rautaa, joka puolestaan kasvattaa pinnan kromipitoisuutta. Kohonneen kromipitoisuuden ansiosta elektrolyttisesti kiillotetut pinnat passivoituvat käsittelemätöntä pintaa tehokkaammin [2].

Elektrolyttinen kiillotus on ainetta rikkomaton pintakäsittelymenetelmä. Se tarkoittaa, että käsiteltävät kappaleet eivät altistu tavanomaisen kiillotuksen lämpö- ja mekaanisille jännityksille. Sähkökiillotuksessa kappaleet eivät myöskään voi vaurioitua mekaanisesti [4].

Kiillotuksen toistettavuus on hyvä, menetelmä on turvallinen ja siten se soveltuukin erinomaisesti kappaleille, joiden mittatarkkuudelle asetetaan suuret vaatimukset².

Mikroskooppikuvat samasta pinnasta ennen ja jälkeen elektrolyttisen kiillotuksen osoittavat, että menetelmällä kyetään aikaansaamaan puhdas metallipinta. Kuva: Poligrat, München (Saksa)



² Menetelmä on luotettava ja turvallinen, kunhan käytettävät alihankkijat ovat ammattitaitoisia ja huolehtivat riittävästä ilmanvaihdosta kiillotuksen aikana. Lisäksi toimittajien tulee huolehtia jätteiden, kuten käytettyjen happoseosten, vastuullisesta hävittämisestä.

3 Prosessivaiheet

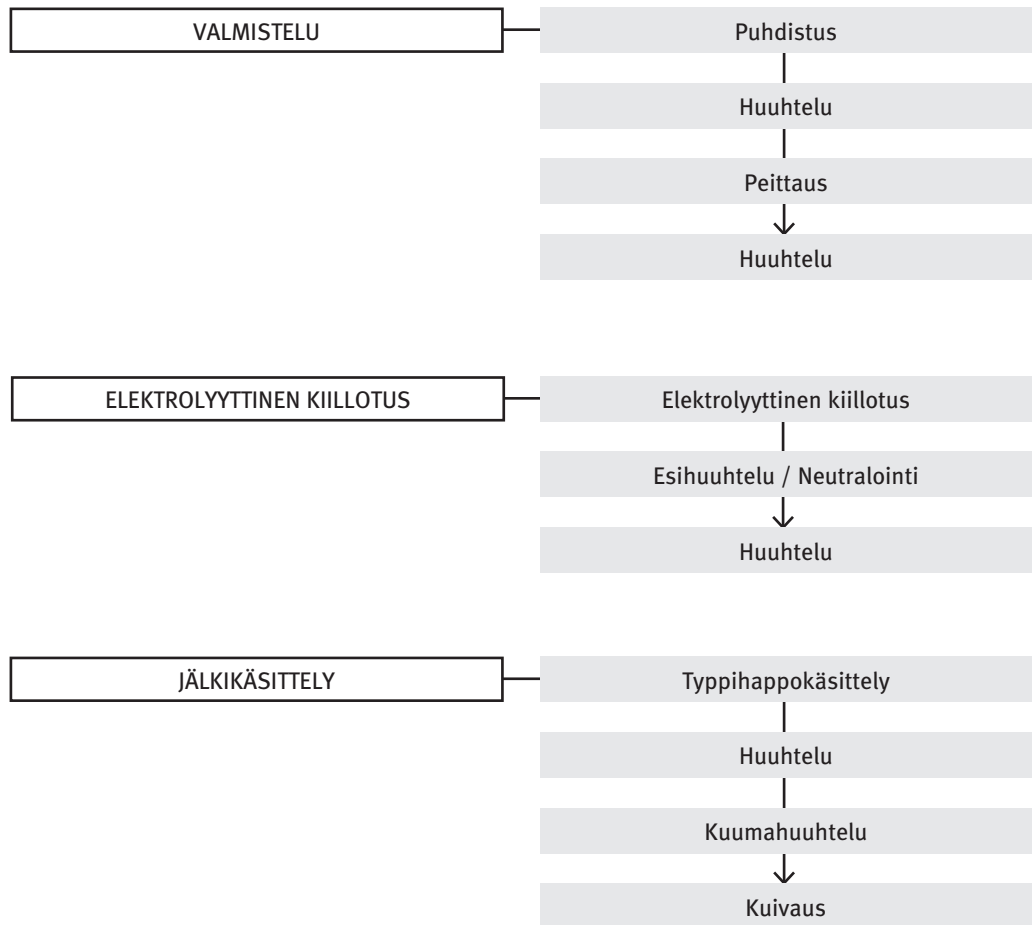
Hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi useimmille ruostumattomille teräslajeille kiillotusprosessi tulee tehdä kolmessa eri vaiheessa [5]:

- Valmistelu: pinnan puhdistus öljystä, rasvasta, oksideista ja muista epäpuhtauksista jotka voivat estää tasaisen kiillotumisen
- Elektrolyyttinen kiillotus: tasainen, kiiltävä ja/tai jäysteetön pinta

- Jälkikäsittely: Pintaan jääneen elektrolyytin ja sivutuotteiden poistaminen sekä kappaleen kuivaus tahraantumisen estämiseksi.

Jokainen edellä mainittu työvaihe tehdään tavallisesti useiden erillisten säiliökäsittelyjen avulla halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Alla olevassa kaaviokuvassa on esitetty tavanomainen prosessikaavio:



3.1 Valmistelu

Valmisteluvaihe käsittää kaksi eri vaihetta: puhdistaminen/rasvanpoisto alkalisilla tai liuotinpohjaisilla nesteillä sekä peittäus mikäli lämpökäsittelyjen (esim. hitsaus) vuoksi pinnassa on oksideja.

Puhdistamisen tarkoituksena on poistaa kappaleen pinnalta kaikki öljy, rasva, lika, sormenjäljet tai vastaavat valmistuksen aikaiset epäpuhtaudet. Pinnalla olevat epäpuhtaudet voivat huonontaa kiillotustulosta siinä määrin, että kappaleet eivät laadultaan vastaa lääketieteen ja lääketeollisuuden kuin myöskään puolijohdetuotteille asetettuja laatuvaatimuksia. Kappaleiden puhdistuksen jälkeen tulee kappaleiden tarpeetonta koskettamista välttää, sillä puhtaus on erittäin tärkeää kaikissa metallikappaleiden viimeistelymenetelmissä. Huono tai riittämätön puhdistus onkin tavanomainen lopputuotteen hylkäyksen syy.

Huuhtelusäiliöllä on kaksi tärkeää tehtävää: poistaa kappaleista edeltävän työvaiheen kemikaalijäämät laimennuksen avulla sekä estää puhdistuskemikaalien sekoittuminen seuraavan työvaiheen liuosten kanssa.

Happopeittäus / hilseenpoisto poistaa mahdolliset pinnan hilse- ja puhdistusainejäämät kappaleen pinnalta.

Peittauksen jälkeinen huuhtelu ei juurikaan poikkea puhdistuksen jälkeisestä. Keskeisin ero on siinä, että happojen poistaminen kappaleen pinnalta on huomattavasti helpompaa kuin emäksisten puhdistusaineiden. Siten huuhtelussa käytetään-

kin tavanomaisesti alhaisempia nesteen virtausnopeuksia ja/tai lyhyempiä huuhteluaikoja.

3.2 Elektrolyttinen kiillotus

Elektrolyttisessä kiillotuksessa metalli liukenee anodilta elektrolyttinä toimivaan nesteeseen muodostaen metallin liukoisuon. Kaikki ruostumattoman teräksen seosaineet, - rauta, kromi ja nikkeli, - altistuvat reaktiolle ja siten kappaleen pinta tasoittuu. Samanaikaisesti tapahtuu myös useita sivureaktioita ja syntyy sivutuotteita, joiden hallinta on tärkeää hyvän kiillotustuloksen aikaansaamiseksi.

Elektrolyttisessä kiillotuksessa tavallisimmin käytettävässä liuoksessa on tilavuusosuudeltaan yhtä paljon 96 massa-% rikkihappoa ja 85 % fosforihappoa. Kiillotusparametrit ovat tavallisesti seuraavanlaiset:

- virrantiheys: 5 A/dm² - 25 A/dm²
- lämpötila: 40 °C - 75 °C
- aika: 2 min - 20 min
- katodit: ruostumaton teräs, kupari, lyijy

Elektrolyttiseen kiillotukseen erikoistuneissa yrityksissä työturvallisuusasiat on hoidettu hyvin. Kuva: Anopol, Birmingham (Iso-Britannia)



Esihuuhtelualtaassa poistetaan elektrolyyttiliuos kiillotettavan kappaleen pinnalta. Ruostumattomille teräksille käytettävät elektrolyytit on tavallisesti neutraloitava kaustisella soodalla (natriumhydroksidi tai kalkkimaito). Elektrolyyttiin kertyy myös runsaasti sakkaa. Sähkökiillotukseen erikoistuneet yritykset huolehtivat, että näiden hävittäminen tapahtuu ympäristön ja ihmisten kannalta turvallisesti.

Huuhtelussa tulee muistaa että elektrolyyttiliuokset ovat viskooseja nesteitä ja eivät sekoitu hyvin veteen. Elektrolyyttiliuoksen kuivamista kappaleen pintaan tulee välttää, sillä happojäämät voivat aiheuttaa värjäytymistä tai syöpymistä varastoinnin aikana. Tämän estämiseksi, kiillotettujen kappaleiden tulee olla täysin puhtaita ennen kuivauksen aloittamista.

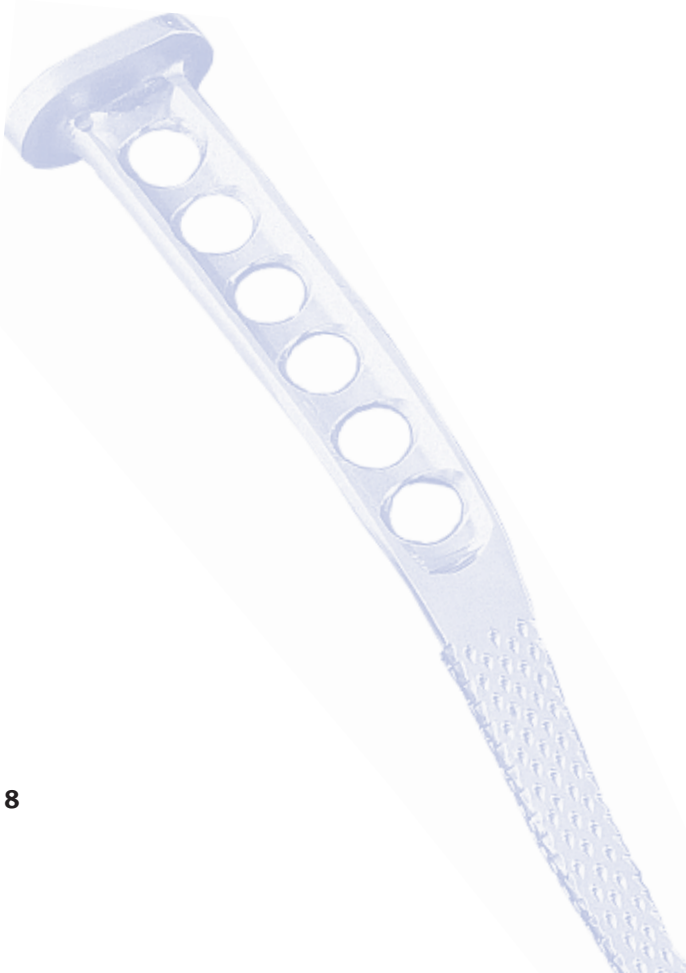
3.3 Jälkikäsitteily

Sähkökiillotuksen jälkeisen typpihappokäsittelyn tarkoitus on liuottaa kiillotetun kappaleen pinnalta kiillotusprosessissa syntyneet sivutuotteet. Nämä sivutuotteet koostuvat pääasiassa raskaiden metallien fosfaateista ja sulfaateista ja ovat vaikeita poistaa pelkällä vesihuuhtelulla. Pinnan täydellinen puhdistaminen epäpuhtauksista on tärkeää paitsi kappaleen pinnan yhtenäisyyden myös lopputuotteen korroosionkestävyyden ja hygieenisyyden kannalta.

Typpihappojäämät voidaan huuhdella kylmällä vedellä kappaleen pinnalta, koska se liukenee huomattavasti emäksisiä liuoksia paremmin.

Kappaleiden tulee olla täysin puhtaita kemikaaleista ennen kuumahuuhtelua, jotta käytettävä vesi ei kontaminoituisi kemikaaleista. Kuumahuuhtelun pyrkimyksenä on nostaa metallin lämpötila korkeaksi, jotta kappale kuivaisi oman lämpönsä ansiosta nopeasti ennen kappaleen poistamista kiillotuksessa käytetystä telineestä.

Kaikkia kappaleita ei voida kuivata täydellisesti kuumahuuhtelun avulla. Niinpä onkin käytettävä esimerkiksi keskipakokuivureita, kuumailmakaappeja tai muuntotyyppisiä kuivausasemia kappaleiden nopean kuivamisen ja siten tahrattoman lopputuotteen aikaansaamiseksi.



4 Elektrolyyttinen kiillotus vs. muut pinnan viimeistelytekniikat

Vaikkakin elektrolyyttisesti ja mekaanisesti kiillotetut tai sähkösaostetut kappaleet voivat ulkoisesti näyttää samalta, ovat niiden käyttökohteet olennaisesti erilaisia.

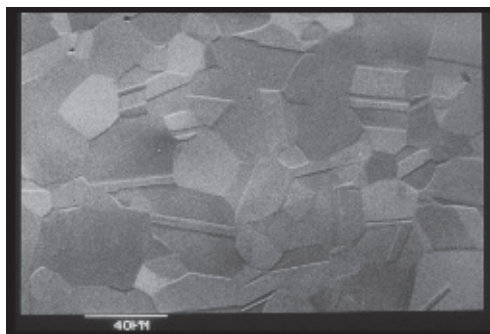
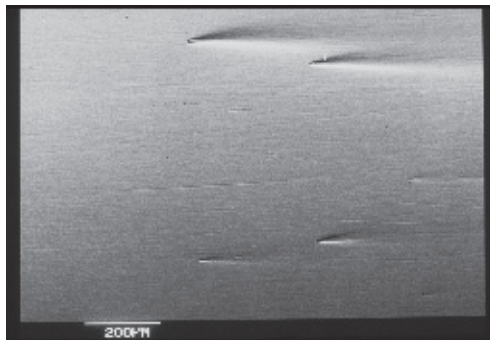
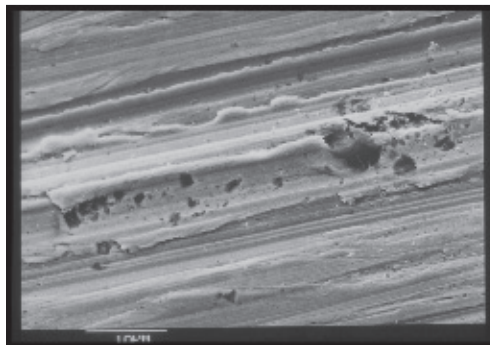
4.1 Mekaaninen kiillotus

Ruostumattoman teräksen mekaanista hiontaa, kiillotusta ja laikkakiillotusta käytetään esteettisten, peilimäisten pintojen valmistamiseen kuluttajatuotteissa tai koristeellisiin arkkitehtonisiin osiin. Mekaaninen kiillotus on helppo toteuttaa sekä konepajalla että asennuspaikalla³ tai korjauskäsittelyiden yhteydessä.

Mekaaninen kiillotus voi kuitenkin aiheuttaa kappaleen pintakerrokseen jännityksiä joka puolestaan voi muuttaa metallurgisia ominaisuuksia ja siten tehdä kappaleen soveltumattomaksi erityisen vaativiin käyttökohteisiin. Mekaaniset käsittelyt ovat myös työvoimavaltaisia prosesseja.

Mekaanisesti kiillotetussa metallipinnassa on mikroskooppisen pieniä naarmuja, jännityksiä, metallihiukkasia ja tarttuneita hionta-aineita. Elektrolyyttisesti kiillotettu pinta, sitä vastoin, tuo esiin alkuperäisen toimitustilan mukaisen, muokkaamattoman mikrorakenteen.

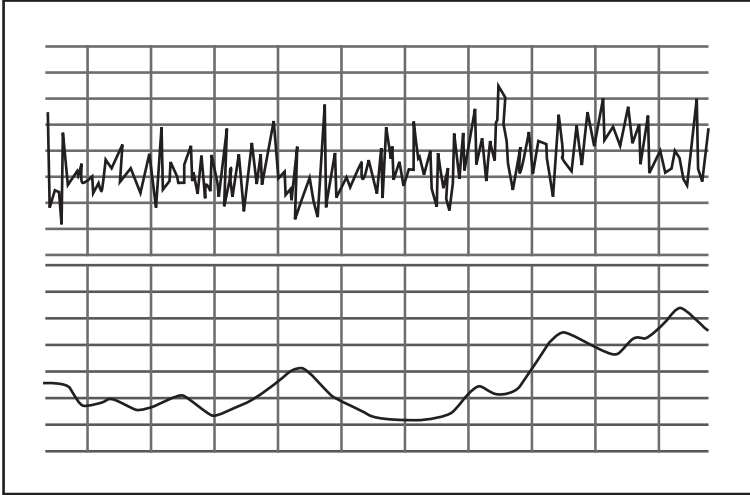
Silmämääräisesti voi olla vaikea erottaa toisistaan elektrolyyttisesti ja mekaanisesti viimeistelyjä pintoja, erityisesti silloin kun molemmat ovat kiillotettu samaan pinnan- karheuteen. Elektrolyyttisen kiillotuksen edut tulevat kuitenkin esille kun pintoja tutkitaan suurella suurennoksella. Viimeistely hionta-aineilla tai muilla leikkaavilla ja hankaavilla menetelmillä aiheuttaa väistämättä metallipinnan muokkautumista.



Ruostumattomia teräspintoja: mekaanisesti hiottu(yllä), mekaanisesti kiillotettu (keskellä), elektrolyyttisesti kiillotettu (alla)

Kuvat: Poligrat, München (Saksa)

³ VAN HECKE, Benoit, Dekoratiivisten ruostumaton teräs - pintojen mekaaninen viimeistely, Luxemburg: Euro Inox, 2005 (Materiaalit ja niiden käyttösovellukset - sarja, Julkaisu 6) – http://www.euro-inox.org/pdf/map/MechanicalFinishing_FI.pdf



Ruostumattoman teräksen pinnankarheusprofileja; ylempi mekaanisesti kiillotettu karkeuteen 400, alempi ensiksi karkeuteen 120 jota jatkettu elektrolyttisellä kiillotuksella. Molempien pintojen R_a -arvo on sama
 Kuva: Poligrat, München (Saksa)

Erot pintojen välillä eivät rajoitu ainoastaan topografiaan. Materiaaliominaisuudet muuttuvat kylmämuokkauksen vuoksi sekä pinnalla että pinnan alapuolella. Niinpä esimerkiksi pinnan mekaaninen lujuus kasvaa muokkauslujittumisen vuoksi. Lisäksi abraasiivit voivat tarttua kiillotettavan kappaleen pintaan.

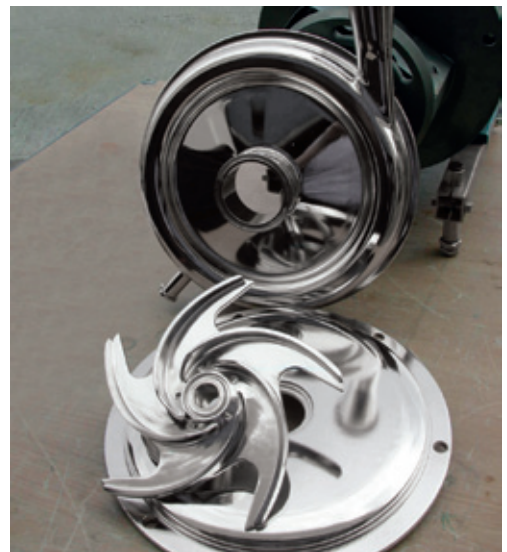
Elektrolyttisesti kiillottamalla voidaan aikaansaada täysin tasainen ja virheetön pinta valitsemalla optimaaliset kiillotusparametrit kuten virrantiheys, lämpötila jne. Viimeistelymenetelmä on teknisesti ylivoimainen verrattaessa mekaaniseen kiillotukseen, koska se ei kontaminoi pintaa millään ulkoisella aineella ja siten kiillotettu pinta on passiivinen ja korroosionkestävyydeltään erinomainen [6].

Elektrolyttinen kiillotus soveltuu erinomaisesti monimutkaisten kappaleiden viimeistelyyn.
 Kuva: Packo Surface Treatment, Diksmuide, (Belgia)

4.2 Sähkösaostus eli sähköpinnoitus

Erityisen kiiltäviä pintoja voidaan aikaansaada myös pinnoittamalla esimerkiksi hiiliterästä nikkelillä ja/tai kromilla. On kuitenkin huomioitava, että tällaiset lisätyt metallipinnoitteet ovat vain harvoin täysin virheettömiä. Lisäksi pinnoite voi kulua tai lohkeilla irti paljastaen perusaineen, joka puolestaan voi korrodoitua nopeasti [3]. Siten kromatulla hiiliteräksellä ei voida tavallisesti korvata elektrolyttisesti kiillotettua ruostumatonta terästä.

Sähkösaostettuja kiiltäviä ruostumattomia teräksiä käytetään yleisesti autoteollisuuden koristelistoissa. Ohut kromipinnoite lisätään, jotta ruostumattomat teräskappaleet eivät eroaisi visuaalisesti kromatusta hiiliteräksestä valmistetuista. Pinnoitus ei sinänsä paranna ruostumattoman teräksen korroosionkestävyyttä.



5 Elektrolyttisesti kiillotettavan pinnan määrittely

Viimeistelymenetelmänä elektrolyttistä kiillotusta suositetaan useilla eri teollisuudenaloilla koska esteettisyyden ja tasaisuuden lisäksi pinta on puhdas ja likaa hylkivä. Mikäli tavoitteena on ainoastaan esteettisesti näyttävä pinta, voidaan kiillotustulos arvioida silmämääräisesti. Vaativimpiin käyttökohteisiin vaaditaan kuitenkin mikroskooppinen pinnanlaadun arviointi ja se on myös dokumentoitava huolellisesti.

Esimerkiksi mekaanisesti kiillotettu pinta (kuten nro 8 peilikirkkaaksi kiillotettu) voi näyttää silmämääräisesti täsmälleen elektrolyttisesti kiillotettua pintaa vastaavalta. Myös pinnankarheusarvot (R_a^4 , RMS) voivat olla identtiset. Valomikroskoopissa nämä pinnat kuitenkin näyttävät täysin erilaisilta. Elektrolyttisesti kiillotettu pinta on täysin tasainen sekä puhdas kun taas mekaanisesti kiillotetussa pinnassa on nähtävissä mikroskooppisen pieniä naarmuja, tarttuneita abrasiiveja (hionta-aineita) sekä kiillotustahnajäämiä.

Pinnankarheudella ei voida määrittää elektrolyttisesti kiillotetun tuotteen ominaisuuksia, kuten puhtautta tai likaa hylkiviä ominaisuuksia [1]. Vaadittava ulkonäkö, esimerkiksi kiiltävä tai matta – tulisikin määrittää asiakkaan toimesta. Mikäli ei erikseen mainita, kiiltävä pinta tavallisesti hyväksytään. On myös mahdollista, että

kiillotetut pinnat arvioidaan ostajan toimitamien vertailunäytteiden avulla. Halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi tuleekin usein perusainetta hioa ja kiillottaa mekaanisesti ennen elektrolyttistä kiillotusta.

Jossain tapauksissa on määritetty, että kiillotettavan kappaleen on oltava puhdas näkyvistä virheistä, kuten koloista, karheusjänteistä, uurteista ja värjäymistä silmämääräisesti tarkasteltuna noin 0.5 m etäisyydeltä ennen elektrolyttisen kiillotuksen aloittamista.

Elektrolyttinen kiillotus ei sovellu stabiiloiduille ruostumattomille teräslajeille, kuten 1.4541 ja 1.4571.

Huom. Perusaineen pinnassa olevat pinnaviat, kuten naarmut, huokoisuus tai sulkeumat, voivat heikentää kiillotettavan kappaleen ulkonäköä ja ominaisuuksia.

⁴ R_a on käytetyn mittapituuden pinnankarheuden aritmeettinen keskiarvo

Elektrolyyttistä kiillotusta suorittavalle alihankkijalle toimitettavat tiedot

- Standardi jolla määritetään elektrolyyttinen kiillotus [8], kiillotettavan materiaalin määrittely sekä valmiille kappaleelle suoritettavat aineenkoetusmenetelmä(-t).
- Ulkonäkövaatimukset. Vaihtoehtoisesti voidaan toimittaa haluttua ulkoasua edustava mallikappale.
- Sellaiset kohdat kiillotettavassa kappaleessa missä sallitaan suora sähköinen kontakti.
- Mittatoleranssit, mikäli olemassa, tulee mainita työtilauksessa⁵.
- Määräysten mukaiset passivoitumiskokeet⁶.
- Määräysten mukaiset testausselostet.

6 Tavallisimpia käyttösovelluksia

Putket ja putkenosat

Viimeisten vuosien aikana elektrolyyttinen kiillotus on osoittautunut putkien ja putkenosien ylivoimaiseksi pinnan viimeistelymenetelmäksi. Elektrolyyttinen kiillotus on välttämätöntä kun edellytetään täysin puhtaita ja hygieenisia pintoja. Putkissa ja

putkenosissa on etua myös sähkökiillotettujen pintojen alhaisesta kitkakertoimesta sekä puhtaudesta. Elektrolyyttisesti kiillotettujen putkien ja putkenosien erinomaisia ominaisuuksia hyödynnetään muun muassa petrokemian-, ydinvoima-, lääke-, puoli- johde-, sekä elintarviketeollisuudessa.



Koska keidonivelet sekä kirurgiset työkalut ovat kosketuksissa syövyttävien ruuminesteiden kanssa, ne kiillotetaan elektrolyyttisesti pinnan korroosionkestävyyden varmistamiseksi. Kuva: Anopol, Birmingham (Iso-Britannia)

Sairaalatarvikkeet

Sairaalat ovat hyötäneet sähkökiillotustekniikasta jo useiden vuosien ajan. Kaikki ruostumattomasta teräksestä valmistetut sairaala-, lääke-, ja leikkaustarvikkeet (skalpellit, kiinnittimet, sahat, implantit, proteesit, jne.) tulee kiillottaa elektrolyyttisesti mikä helpottaa puhdistamista sekä poistaa epäpuhtauksia. Metallikappaleet, jotka altistuvat säteilylle ja vaativat jatkuvaa puhdistusta on ehdottomasti käsiteltävä.

⁵ Tyypillisesti elektrolyyttisessä kiillotuksessa pinnasta poistuu metallia noin 5 to 10 µm. On kuitenkin mahdollista, että materiaalia poistetaan jopa 50 µm täydellisen tasaisen pinnan aikaansaamiseksi. Materiaalia poistuu enemmän nurkista ja reunoilta (eli alueilta missä korkea virrantiheys) mikäli kohtia ei suojata ja/tai lisäkatodeja ei käytetä.

⁶ Tarkempaa tietoa on löydettävissä standardeista ISO 15730 sekä ASTM B 912.

Puolijohdeteollisuus

Puolijohdeiden valmistuksessa käytettävät puhdistilat edellyttävät puhtaita sekä hiukkasvapaita pintoja. Elektrolyttisesti viimeistelty pinta on ominaisuuksiltaan ylivoimainen puhdistilojen metallikomponenttien, kuten pöytien, tuolien, ohjaustaulujen, kaasujen sekä nesteiden jakelujärjestelmien, jäteastioiden, valaistuselementtien, pistorasioiden, tyhjiökammioiden ja prosessilaitteiden valmistusmateriaalina.

Lääketeollisuus

Vastaavasti kuten puolijohdeteollisuudessa, myös lääketehaat edellyttävät poikkeuksellisen puhtaita metallipintoja. Nykyisin lääketehaiden sekoittimien sisäpinnat, kuljettimet, suodattimet, siivilät, astiat, kuivaimet, pilkkojat, jäädytysputkistot, lämmönvaihtimet ja muut tärkeät laitteet ovat elektrolyttisesti kiillotettu. Lääketeollisuuden laitteisiin käytettävän ruostumattoman teräksen elekt-



rolyttinen kiillotus on erinomainen ratkaisu mikrobiologisten sekä myös muiden saastumisongelmien vähentämiseksi.

Tarttumaton pinta on lääketeollisuudessa käytettävän annostelulaitteen tärkein ominaisuus. Kuva: Centro Inox, Milano / Delmet, Gorgonzola (Italia).

Energian etsiminen

Energiaa etsivä teollisuus on uusi elektrolyttisen kiillotuksen asiakas. Porauskalustossa käytetään enenevässä määrin sähköisesti kiillotettuja osia, erityisesti passivoimista suojaamaan komponentteja happamilta kaasuilta. Lisäksi monet avomerellä sijaitsevien porauslaittojen osat, kuten putket, pumput, venttiilit, lauhduttimet ja lämmönvaihtimet ovat



Lääketeollisuudessa käytettävät astiat ja säiliöt ovat elektrolyttisesti kiillotettuja täyttäkseen korkeimmat mahdolliset hygieniavaatimukset. Kuva: Centro Inox, Milano (Italia)

ympäröivän suolaisen ilman sekä veden vuoksi elektrolyttisesti kiillotettu.

Elintarvike- ja virvoitusjuomateollisuus

Elektrolyttisesti kiillotetut kappaleet ovat ominaisuuksiltaan teollisuusalan vaatimusten mukaisia eli sileitä, helposti puhtaana-pidettäviä ja esteettisiä kuin myös hygieenisä. Kiillotus poistaa epäsuotuisia oksideja ja vieraita aineita ruostumattomasta teräksestä valmistettujen tuotteiden, kuten keittiö-, meijeri- ja automaattisten ruuanvalmistuslaitteiden pinnalta. Yleisesti ottaen, elektrolyttisellä kiillotuksella aikaansaadaan täysin puhdas metallipinta mikä puolestaan vaikeuttaa bakteerikasvustojen ja epäpuhtauksien tarttumista.

Vedenkäsittely

Vedenkäsittely- ja tislausteollisuudessa hyödynnetään elektrolyttisellä kiillotuksella aikaansaataavaa parempaa korroosionkestävyyttä sekä mikrobiologisen saostumisen vähenemistä. Tavanomaisimpia kiillotettavia tuotteita ovat suodattimet, siivilät ja sihdit, pumput ja venttiilit, lauhduttimet sekä putkistot.

Paperitehtaat

Selluputket sekä perälaatikot ovat kaksi tyypillisintä esimerkkiä paperiteollisuudessa käytettävistä elektrolyttisesti kiillotetuista tuotteista.

Julkiset paikat

Koska elektrolyttinen kiillotus tasaa pinnan mikroskooppisen pienet karheusvirheet sekä vaikeuttaa lian takertumista, se myös helpottaa seinäkirjoitusten poistamista ruostumattomasta teräksestä valmistetuilta pinnoilta.

vasen:

Mekaanisen – ja elektrolyttisen kiillotuksen yhdistelmä on kahdenkymmenen vuoden käytön aikana maanalaisella metroasemalla osoittautunut kunnossapitoystävälliseksi ratkaisuksi.

Kuva: Euro Inox, Bryssel (Belgia) / Rheinbahn AG, Düsseldorf (Saksa)

oikea:

Elektrolyttinen kiillotus helpottaa merkittävästi seinäkirjoitusten poistamista. Kuva: Packo Surface Treatment, Diksmuide (Belgia)



7 Sanasto

aktivointi

pinnan passiivisuuden poistaminen

elektrolyyttiliuos

elektrolyytti

sähkönjohtava väliaine, jossa virran lisäksi liikkuu myös ainetta, useimmin nestemäinen liuos joka koostuu hapoista, emäksistä tai kiillotettavasta kappaleesta liuenneista suoloista.

elektrolyyttinen kiillotus

sähkökiillotus

metallipinnan tasaisuuden ja heijastavuuden parantaminen kiillotettavan kappaleen toimiessa anodina kiillotukseen soveltuvassa liuoksessa

hilse

oksidikerros, joka paksuutensa vuoksi himmentää tai värjää metallin pinnan

himmeäpinta

pinta joka ei juurikaan heijasta

hionta

kiillotus

materiaalin poistoa kappaleen pinnasta hionta-aineiden avulla, hionnan ollessa tavallisesti kiillotusprosessin ensimmäinen työvaihe

jäysteenpoisto

terävien kulmien ja/tai purseiden poistaminen mekaanisesti, kemiallisesti tai sähkökemiallisesti

kaasunmuodostus

elektrolyysin aikana elektrodilla (-eilla) tapahtuva kaasunmuodostus

kiiltävä pinta

pinta joka on tasaisuutensa vuoksi erittäin hyvin valoa heijastava

laikkakiillotus

pinnan tasausta pyörivän sekä joustavan laikan sekä hienon, abrasiivisia partikkeleita sisältävän nesteen, rasvan tai pastan avulla

huom: Laikkakiillotettu pinta voi vaihdella puolikiiltävästä täysin peilikirkkaaseen pintaan.

lisäkatodi

ylimääräinen katodi, joita käytetään kiillotettavan kappaleen virrantiheyden laskemiseen alueilta, missä virrantiheys muutoin kasvaisi tarpeettoman suureksi

mattapinta

erityisellä viimeistelyllä aikaansaattava yhtenäinen pintarakenne, käytännössä heijastamaton

mekaaninen kiillotus

metallipinnan tasoittaminen suurilla pyörimisnopeuksilla pyörivien, hionta-aineilla pinnoitettujen kiillotusnauhojen tai -kierokojen avulla

painekiillotus

pinnan viimeistely hankaamalla, ainetta ei poisteta

passivointi

metallipinnan tai sähkösaostetun pinnoitteen passiivisen tilan aikaansaaminen

peittäus

oksidien tai muiden yhdisteiden poistaminen metallipinnalta kemiallisen tai sähkökemiallisen reaktion avulla

pinnan ulkonäkö

pinnoitteen tai perusaineen ulkonäkö (kirkas, himmeä, matta, satiini)

Myös suuria kappaleita, kuten polymerisaatioreaktori, voidaan kiillottaa elektrolyttisesti.
Kuva: Poligrat, München (Saksa)



pintakäsittely

pinnan muuttamiseksi suoritettava toimenpide

poistosiirre

työkappaleen mukana poistuva aine (neste)

puhdistaminen

vieraiden aineiden, kuten oksidien, hilseen, öljyn jne. poistaminen kappaleen pinnalta

› **hapanpesu**

puhdistaminen happamien liuosten avulla

› **alkalinen puhdistaminen**

puhdistaminen emäksisillä liuoksilla

› **anodinen pesu**

puhdistaminen elektrolyttisesti työkappaleen toimiessa virtapiirin anodina

› **elektrolyttinen puhdistus**

tasavirta ohjataan puhdistusliuokseen työkappaleen ollessa yksi virtapiirin elektrodeista

rasvanpoisto

rasvan ja öljyn poistaminen kappaleen pinnalta

sähkösaostus (sähköpinnoitus)

sähkökemiallinensaostus

tarttuvan metallisen pinnoitteen saostaminen työkappaleen pintaan elektrolyysin avulla joko perusaineen pintaominaisuuksien parantamiseksi tai mittatoleranssien muuttamiseksi

siirre

nesteeseen työkappaleiden mukana kulkeutuva vieras aine

syövytys

Metallin pinnan epätasainen liuottaminen

tarkastettava pinta

pinta, jonka ominaisuudet tarkastetaan säännöllisesti laadunvalvonnan yhteydessä

teline

kiillotettavan kappaleen elektrolyttiin upottamisessa ja virran tuomisessa käytettävä kehikko

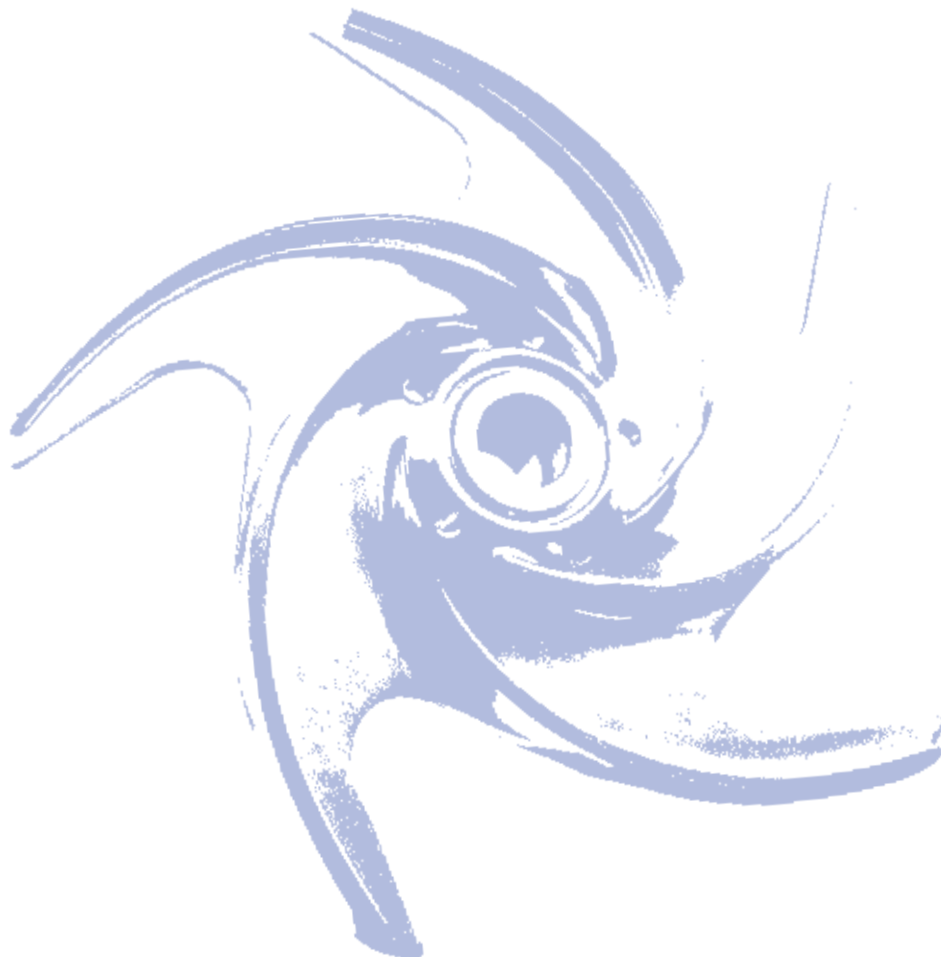
virrantiheys

vaikuttavan virran sekä kiillotettavan kappaleen pinta-alan suhde

huom: Virrantiheys esitetään usein ampeerina neliödesimetriä kohden (A/dm^2)

8 Kirjallisuusviitteet

- [1] www.delstar.com, *“Electropolishing, A User’s Guide to Applications, Quality Standards and Specifications”*, 2003
- [2] <http://www.kepcoinc.com/?page=serviceselectropolishing>, Kalamazoo Electropolishing Company, *“What is Electropolishing?”*
- [3] <http://www.abccorporate.com>, Allegheny Surface Technology, *“Electropolishing”*
- [4] http://www.ableelectropolishing.com/electropolishing_workbook.pdf, Able Electropolishing, *“Looking for Solutions to Metal Surface Problems?”*
- [5] http://www.electropolish.com/pubs/process_steps.pdf, *“The MCP System of Electropolishing, General Process Steps”*
- [6] MOHAN, S., KANAGARAJ, D., VIJAYALAKSHMI, S., RENGANATHAN, N. G., *“Electropolishing of Stainless Steel – a Review”*, Trans IMF 79, No.4, 2001
- [7] ASTM B 912-02 Standard Specification for Passivation of Stainless Steels Using Electropolishing
- [8] ISO 15730: 2000 Metallic and other inorganic coatings – Electropolishing as a means of smoothing and passivating stainless steel



ISBN 978-2-87997-312-8