

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulunkoulutusohjelma/Merenkulkualan insinöörin sv

Antti Torri

KERAAMISET KOMPOSIITIT JA KORROOSIONESTO

Opinnäytetyö 2014

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulkualan insinööri

TORRI, ANTTI

Keraamiset komposiitit ja korroosionesto

Opinnäytetyö

40 sivua + 7 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Ari Helle

Toimeksiantaja

Kymi Technology

Maaliskuu 2014

Avainsanat

keraaminen, komposiitti, korroosio, pumput,
pinnoitus

Tämä opinnäytetyö kertoo korroosiosta, sen eri muodoista ja siitä minkälaisia vaikutuksia sillä on kunnossapitoon. Työssä käydään läpi myös komposiittien määritelmää, historiaa sekä keraamisia komposiitteja ja niiden osia sekä ominaisuuksia.

Työssä tulee ilmi erilaisten materiaalivalintojen hyviä ja huonoja puolia, niin pinnoitusten kuin laitteistojenkin osalta. Työssä kerrotaan myös lyhyesti pinnoitteen toiminnasta ja esitellään ja vertaillaan erilaisia pinnoitustekniikoita. Lisäksi käsitellään kavi-taation ja eroosio-korroosion laitteisiin aiheuttamia ongelmia. Tässä opinnäytetyössä tehdään myös katsaus keraamisten erään tunnetun komposiittien valmistajan tuotteisiin ja tarjotaan kunnossapidon ratkaisuvaihtoehdoksi kyseisen valmistajan komposiitteja muutaman esimerkin avulla.

Keraaminen komposiitti on hyvä korjaustapa kunnossapidossa, tosin melko kallis.

Suuremmissa korjauksissa olisi hyvä pohtia myös muitakin korjaustapoja, vaikka keraaminen komposiitti tulee monissa tapauksissa halvemmaksi pitkällä aikavälillä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Degree Program in Maritime Technology

TORRI, ANTTI

Ceramic Composites and Prevention of Corrosion

Bachelor's Thesis

40 pages + 7 pages of appendices

Supervisor

Ari Helle, lecturer

Commissioned by

Kymi Technology

March 2014

Keywords

ceramic, composite, corrosion, pumps,
coating

This thesis gives a general review of corrosion in its various forms as well as what kind of impact corrosion has on maintenance. The Thesis also briefly presents history of composite and its definition as well as gives information about ceramic composite and its components and their features.

In this thesis, upsides and downsides of different materials and coatings are revealed. There is briefly explained how coatings works, as well as how different coating techniques are applied. In addition, problems in the machinery caused by cavitation and erosion-corrosion are addressed. The thesis also gives a review of ceramic composites manufactured by a well-known company and how to use ceramic composite in maintenance as a repairing option.

In maintenance ceramic composite is a good repairing method, rather expensive though. In large reparations it would be wise to consider other repairing methods also although in many cases, in the long run, ceramic composite is a cheaper solution.

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| TIIVISTELMÄ | |
| ABSTRACT | |
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 KORROOSIO | 7 |
| 2.1 Korroosiomekanismit | 7 |
| 3 YLEISIMMÄT KORROOSIOTYYPIT | 12 |
| 3.1 Yleinen syöpyminen | 12 |
| 3.2 Pistesyöpyminen | 12 |
| 3.3 Rakokorroosio | 12 |
| 3.4 Eroosio- ja kavitaatiokorroosio | 13 |
| 4 PINNOITUS YLEISESTI | 13 |
| 5 PERINTEISET RATKAISUT KORROOSIO-ONGELMIIN | 14 |
| 5.1 Pinnoitus | 14 |
| 5.1.1 Lasihiutalepinnoite | 15 |
| 5.1.2 Epoksinpinnoite | 15 |
| 5.1.3 Lämpökovettuvat polyuretaanipinnoitteet | 15 |
| 5.1.4 Liuotinvapaa epoksinpinnoite | 16 |
| 6 KOMPOSIITTI | 16 |
| 6.1 Historia | 16 |
| 6.2 Yleiskuvaus | 17 |
| 6.3 Kuitulujitetut komposiitit | 18 |
| 7 KERAAMIT | 21 |
| 7.1 Keraamiset kuidut | 21 |
| 7.2 Keraamien ominaisuuksia | 22 |
| 7.2.1 Lämmönjohtavuus | 22 |
| 7.2.2 Mekaaniset ominaisuudet | 23 |
| 7.2.3 Sähköiset ja magneettiset ominaisuudet | 24 |

| | |
|---|----|
| 8 KOMPOSIITTIPINNOITTEET | 25 |
| 8.1 Polymeerikomposiittipinnoitteet | 26 |
| 8.2 Keraamikomposiittipinnoitteet | 27 |
| 9 PUMPPUJEN KORROOSIO-EROOSIO-ONGELMAT | 28 |
| 9.1 Palveluiän nousu ja kustannusten säästö | 29 |
| 9.2 Korjaus | 32 |
| 10 TYÖVÄLINEET | 34 |
| 11 LOPPUPÄÄTELMÄ | 36 |
| LÄHTEET | 38 |
| LIITTEET | 41 |
| Liite 1. | 41 |
| Liite 2. | 45 |
| Liite 3. | 46 |
| Liite 4. | 47 |

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee korroosiota, keraamisia komposiitteja sekä niiden osia, ja pinnoitusta. Työssä käydään läpi komposiitin ja korroosion määritelmät sekä hieman komposiitin historiaa.

Komposiitti-sana tulee englannin kielen sanasta *composite*, joka tarkoittaa suomeksi *yhdistetty*, mikä onkin hyvin kuvaava sana, sillä komposiitit ovat yhdistelmämaterialleja. Komposiitin tavoite on yhdistää kahden tai useamman eri materiaalien hyvät ominaisuudet siten, että komposiitin rakenne ja ominaisuudet olisi paremmat kuin sen rakennuspalikoiden ominaisuudet yksitellen tai yhdessä.

Korroosio on materiaalin tai sen ominaisuuksien vaurioitumista ja huononemista, johon tuen ympäristöolosuhteiden vaikutuksista. Korroosio kattaa kaikki materiaalit, kuten muovit, metallit, kumit, puun, keraamin, lasin, tiilen, grafiitin ja betonin.

Ajatus opinnäytetyön tekemiseen tuli työni kautta, sillä olen yli 10 vuotta toiminut muoviasentajana kunnossapidossa ja ollut paljon tekemisissä komposiittien kanssa. Lähinnä olen ollut lujitemuovin kanssa tekemisissä, mutta nykyään yhä enemmän keraamisen komposiitin kanssa. Valitsin keraamisia komposiitteja valmistavan Belzonan tarkasteltavaksi tähän työhön, koska siitä minulla on eniten henkilökohtaisia käyttökokemuksia ja siitä sain eniten tietoa.

Aiheena keraaminen komposiitti oli tuttu, mutta materiaalin löytyminen aiheesta osoittautui kuviteltua hankalammaksi, sillä keraamisen komposiitin valmistajilta tuli vain pinnoitteen valintataulukko erilaisiin kohteisiin. Tästä johtuen jouduin työn aiheesta hieman muuttamaan alkuperäisestä, joka oli keraamisen komposiitin käyttö kunnossapidossa, säilyttäen kuitenkin aihepiirin suurin piirtein samana.

Tavoitteena on, että työn lukija saisi käsityksen keraamisista komposiiteista, niiden käytöstä ja siitä, minkälainen aine komposiitti on. Lisäksi haluan laajentaa käsitystä korroosiosta, joka yleensä yhdistetään vain raudan ruostumiseen, vaikka sillä on monia eri muotoja.

Työvaiheet ovat olleet työläitä, sillä moni lähdemateriaali on ollut englanniksi. Tietoa keräsin kirjastoista, internetistä ja toisista opinnäytetöistä. Tietoa sain myös oman työni kautta. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kymi Technology.

2 KORROOSIO

Korroosio on materiaalin tai sen ominaisuuksien vaurioitumista ja huononemista, johtuen ympäristön olosuhteiden vaikutuksista. Korroosio kattaa kaikki materiaalit kuten muovit, metallit, kumit, puun, keraamin lasin, tiilen, grafiitin ja betonin.

Korroosioaurio yleensä johtuu rakenteen vääränlaisesta muotoilusta, materiaalin valinnasta ja ympäristöolosuhteiden arvioinnista. Virheet, jotka johtavat rakenteen korroosioaurioon, voidaan tehdä jo rakenteen suunnittelussa ja komponenttien sijoituksessa. Asioita, jotka tulee ottaa huomioon, suunnittelussa ovat:

- vaarallisten galvaanisten parien syntymisen välttäminen
 - suljetun nestekierron käyttäminen avoimen sijaan
 - sopivien materiaalien valinta
 - käyttöolosuhteissa aiheutuvien mekaanisten rasitusten vähentäminen
 - vääränlaisien rakenneratkaisujen välttäminen
 - valmistuksessa esiintyvät rasitukset jotka saattavat johtaa syöpymiseen
- (Halonen 2005, 13.)

Moniin korroosion tuomiin vaurioihin ja niiden ehkäisyyn löytyy ratkaisu keraamisista komposiiteista.

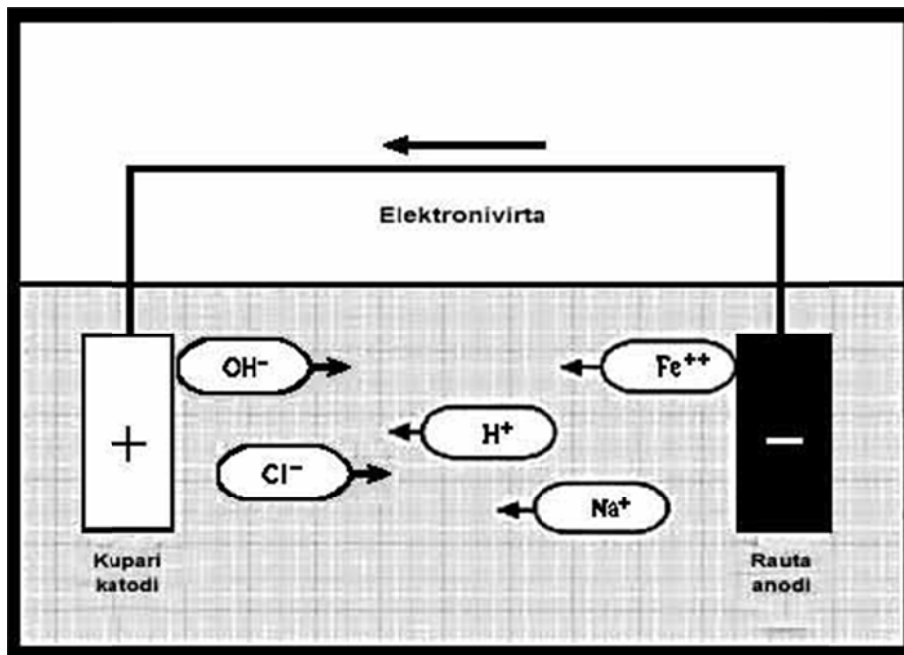
2.1 Korroosiomekanismit

Metallien korroosio voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin korroosioympäristöstä ja lämpötilasta riippuen. Korroosion kolme päätyyppiä ovat kemiallinen, sähkökemiallinen ja korkeanlämpötilan korroosio. (Halonen 2005, 14.)

Kemiallinen korroosio tapahtuu materiaalin reagoidessa suoraan ympäristönsä kanssa, jolloin ei tapahdu sähkövarausten liikettä. Metallien ja kaasujen välistä kemiallista korroosiota tapahtuu reaktiotuotteiden ollessa kaasumaisia. Liukeneminen tapahtuu

yleensä valikoivana syöpymisenä, esimerkiksi grafitoituminen valuraudassa ja messinkien sinkinkato vedessä. (Halonen 2005, 14.) Lämpötilan alentamisella, materiaalin pinnoittamisella ja stabiilien materiaalien käytöllä voidaan vähentää kemiallista korroosiota.

Sähkökemiallisessa korroosiossa materiaali liukenee ympäristöön kemiallisten ja sähköisten ilmiöiden yhteisvaikutuksesta. Jotta sähkökemiallista korroosiota muodostuisi, tarvitaan eri jalousasteiset metallit (anodi hapettuu ja katodi pelkistyy), sekä sähköä johtava elektrolyyttinen yhteys metallien välille (kuva 1). Ehtojen täytyessä muodostuvan korroosioparin välille syntyy korroosiovirta, joka johtaa epäjalomman metallin liukenemiseen. (Halonen 2005, 13 - 14.)



Kuva 1. Galvaaninen korroosiopari. (Korroosionesto: perusteet.)

Metallin ollessa kosketuksissa nesteeseen rajapintaan muodostuu sähköinen potentiaaliero. Eron suuruus riippuu nesteen ja metallien koostumuksesta. Metallin nesteeseen ioneina liukeneminen on mahdollista potentiaalieron ylittäessä kullekin metallille ominaisen raja-arvon. Vasta raja-arvon ylittyessä on korroosio mahdollinen. Potentiaalieroja aiheuttavat esimerkiksi:

- seostaminen
- materiaalien väliset jalousaste-erot
- metallin muokkaus
- sähköiset hajavirrat
- sisäiset jännitykset
- lämpökäsittelyt
- lämpötilaerot

(Halonen 2005, 15.)

Edellä mainittujen lisäksi myös ympäristötekijöillä on vaikutuksia potentiaalieron muodostumiseen:

- nesteen happipitoisuus erot
- virtausnopeus
- ulkoiset jännitykset
- nesteen koostumus

(Halonen 2005, 15.)

Metalleista on olemassa jalousjärjestys, jota kutsutaan sähkökemialliseksi jännitesarjaksi. (Kaavio 1.)

Kaavio 1. Sähkökemiallinen jännitesarja. (Koivisto, Laitinen, Niinimäki, Tiainen, Tiilikka & Tuomikoski 2004, 239.)

| Elektrodi | Normaalipotentiali (voltteina), 25 °C | |
|-----------|--|----------------------|
| K | -2,92 | |
| Ca | -2,87 | |
| Na | -2,71 | |
| Mg | -2,34 | |
| Al | -1,67 | |
| Mn | -1,05 | |
| Zn | -0,76 | |
| Cr | -0,71 | |
| Fe | -0,44 | |
| Ni | -0,25 | |
| Sn | -0,14 | |
| Pb | -0,13 | ▲ Epäjaloit metallit |
| H | 0 | |
| Cu | +0,52 | ▼ Jaloit metallit |
| Hg | +0,80 | |
| Ag | +0,80 | |
| Pt | +1,2 | |
| Au | +1,42 | |

Korkean lämpötilan korroosiossa metalli muuttuu erilaisiksi yhdisteiksi korkeasta lämpötilasta johtuvasta reaktionopeuden kiihtymisestä. Korkeassa lämpötilassa metallin pinnalle muodostuu osittain sulaneita korroosiotuotteita, joihin metalli voi liueta.

Kaavio 2. Reaktioita metallin muuttumisessa erilaisiksi yhdisteiksi ja niiden reaktiotuotteet. (Halonen 2005, 14)

| <u>Mekanismi</u> | <u>Reaktiotuote</u> |
|------------------|---------------------|
| hapettuminen | oksidit |
| hiilettyminen | karbidit |
| kloridikorroosio | kloridit |
| sulfidoituminen | sulfidit |

3 YLEISIMMÄT KORROOSIOTYYPIT

3.1 Yleinen syöpyminen

Sähkökemiallinen korroosio on yleistä syöpymistä. Metallin syöpyminen altistuneen pinnan koko alueelta ja ruoste on sakkamaista tai suomumaista. Metallin pinnalla pelkistymis- ja hapettumisreaktiot tapahtuvat katodisten ja anodisten alueiden sijainnin vaihtuessa jatkuvasti. Yleinen syöpyminen on korroosimuodoista yleisin. Yleisimpinä esimerkkeinä ovat hopean tummuminen ja raudan ruostuminen.

3.2 Pistesyöpyminen

Pistesyöpymistä kutsutaan myös kuoppakorroosioksi. Korroosio tapahtuu pienillä alueilla, mikä näkyy metallin pintaan syntyneistä kuopista. Pistesyöpyminen harvoin läpäisee paksuja rakenteita, sillä syöpyminen yleensä pysähtyy saavuttaessaan tietyn syvyyden, tosin ohueen rakenteeseen saattaa tulla reikiä pistesyöpymisen johdosta. Kuoppakorroosion aiheuttajia ovat esimerkiksi pintakalvon rakennevirheet, pinnalla olevat urat ja liuoksessa olevat kloori-, hypokloriitti- tai bromianionit. Tyypillisesti pistesyöpymistä esiintyy perusmetallia jalommalla metallilla tai passiivikerroksella pinnoitetuilla metalleilla.

3.3 Rakokorroosio

Rakokorroosio syntyy ahtaisiin rakoihin, mihin pääsee kulkeutumaan liuosta, mutta se ei pääse vaihtumaan. Normaalisti tämän tyyppisiä rakoja muodostuu, kun rakenteita liitetään toisiinsa hitsaamalla, pulteilla tai niiteillä. Rakokorroosio esiintyy yleensä passivointia suojanaan käytävillä metalleilla.

3.4 Eroosio- ja kavitaatiokorroosio

Kun liuoksen virtausnopeus kasvaa riittävän suureksi, kykenee se irrottamaan metallin pinnassa olevia suojaavia korroosiotuotekerroksia, mikä johtaa korroosion nopeutumiseen. Tämä tapahtuu yleensä virtauksen epäjatkuvuuskohdissa aiheuttaen kriittisen nopeuden ylityksen lisäksi pyörteitä. Putkistoissa esiintyvä eroosikorroosio näkyy haaroissa putkien suuaukolla ja erilaisissa putkisilmukoissa. Kavitaatiokorroosiossa nestevirtauksessa olevat ilmakuplat aiheuttavat luhistuessaan voimakkaita paineaaltoja, jotka rikkovat metallin pintaa suojaavan korroosiosuojan. Kavitaatioeroosiossa tapahtuvat voimakkaat paineiskut rikkovat mekaanisesti metallin pinnan. Kavitaatiota esiintyy normaalisti laivojen ja veneiden potkureissa, hydraulilaitteissa, pumppujen siipipyörissä, putkistoissa ja myös muissa laitteissa, joissa on suuria painevaihteluita ja virtausnopeuksia. (Sainio 2012, 14 - 18.)

4 PINNOITUS YLEISESTI

Metallien pinnoittamisen pääasiallinen syy on perusaineena olevalle materiaalille saatavat uudet ominaisuudet. Uusia ominaisuuksia tarvitaan parantamaan materiaalin pintaominaisuuksia vastaamaan paremmin käyttökohteen asettamia entistä suurempia vaatimuksia. Usein pinnoitteen käyttö on hyödyllistä ja joissain tapauksissa jopa välttämätöntä. Perusmetallin pintakovuutta, korroosionkestoa, kulutuksen kestoa, kunnossapitoa ja taloudellisuutta pystytään parantamaan pinnoituksilla. Pinnoitteen valinnassa ohjaa pääkäyttötarkoitus, mutta mikäli käyttötarkoituksia on monia, joudutaan tekemään kompromisseja pinnoituksen valinnan suhteen. Valintaan vaikuttaa myös tuotteen perusmateriaali, muotoilu ja pinnoitteen saatavuus.

Nykyään monet materiaalit ovat eräänlaisia pinnoitekomposiitteja. Näiden pinnoitteiden pintaosa on rakenteeltaan, koostumukseltaan ja ominaisuuksiltaan erilainen kuin materiaalin sisusta. Esimerkiksi materiaalilla voi olla kova ja kulumista kestävä pinta, joka on pehmeämmän ja sitkeämmän materiaalin päällä. (Halonen 2005, 28.)

5 PERINTEISET RATKAISUT KORROOSIO-ONGELMIIN

Korroosiota vastaan taistellessa on tärkeää tehdä oikeanlainen materiaalivalinta. Yksi mahdollinen tapa vähentää syöpymistä on valita paras materiaali vallitseviin olosuhteisiin nähden. Tavanomaisia materiaaleja, kuten valurautaa, käytetään aina, kun on mahdollista niiden edullisen hinnan vuoksi, mutta niiden eroosio-korroosio-kestävyys on melko huono.

Ruostumatonta terästä käytetään laajasti sen korroosiokestävyyden vuoksi. Mutta jos teräksen passiivikalvo vaurioituu ja ympäristö ei mahdollista nopeaa kalvon korjausta, paikallista ruostumista voi esiintyä.

Kuten aiemmin mainittiin, edullinen hinta on yleisin syy tietyn materiaalin tai yhdistettyjen materiaalien valintaan, edellyttäen että materiaaleilla on riittävät fysikaaliset ominaisuudet toimia tietyssä ympäristössä. Edullisimman vaihtoehdon valintaan saattaa kuitenkin liittyä riski, sillä edullisin vaihtoehto ei ole aina paras ja se saattaa aiheuttaa enemmän haittaa kuin hyötyä. Erityisesti, jos laitteisto sijoitetaan elektrolyyttiseen liuokseen, on galvaaninen korroosio hyvin todennäköinen, johtuen erilaisten metallien käytöstä, mikä saattaa johtaa laitteiston enneaikaiseen hajoamiseen. (Maillard 2008.)

5.1 Pinnoitus

Ainoa tapa vähentää suuresti eroosio-korroosiota, on eristää metallipinta ympäristöstään. Paikkoihin, joissa tapahtuu nestevirtausta, on olemassa laaja valikoima tehdasasenteisia pinnoitteita, mukaan lukien PTFE (teflon), FBE (fusion bonded epoxy) ja kumivuorausta. Lisäksi suunnittelijalla on rajattu valikoima tuotteista, joita pystyy asentamaan ja korjaamaan paikan päällä. (Maillard 2008.)

Kappaleessa 8. kirjoitan tarkemmin siitä, miten komposiittipinnoitteet ovat mahdollisesti parempia kuin muut pinnoitteet.

5.1.1 Lasihiutalepinnoite

Historiallisesti lasihiutalepinnoitetta on käytetty erityisesti suojaamaan nesteenkäsittelyä, jalostusta ja säiliöitä. Sillä on hyvä korroosionkestävyys ja oikean sidosaineen kanssa hyvä kemikaalinkestävyys. Huonoina puolina voi mainita liuottimien haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja styreenin myrkyllisyyden.

Kovettumisen aikana tapahtuva kutistuminen aiheuttaa sidoskohtaan jatkuvaa jännitystä. Lasihiutaleet ovat myös isokokoisia, normaalisti 1.5 - 2.0mm paksuja. Niiden suuri koko saattaa aiheuttaa rajoituksia nestevirtaan, ja vaikuttaa näin laitteiston suorituskykyyn. (Maillard 2008.)

5.1.2 Epoksinnoite

Epoksinnoitteet ovat hyvin monipuolisia, sillä niitä voidaan muokata eri käyttötarkoituksiin sidosaineiden avulla. Yleisesti ne tarjoavat hyvän eroosio-korroosiosuojan. Epokseja voidaan muokata käyttäen fenoli-, kivihiiliterva- ja hiilivetyhartsia. Niitä käyttäen voidaan saada esimerkiksi parempaa kemikaalinkestävyyttä.

Huono puoli epoksinnoitteessa on liuote, joka mahdollisesti aiheuttaa terveysongelmia. Lisäksi pinnoitteen kutistuminen aiheuttaa jännitystä. (Maillard 2008.)

5.1.3 Lämpökovettuvat polyuretaanipinnoitteet

Lämpökovettuvat polyuretaanipinnoitteet voivat olla jäykkiä tai joustavia, tarjoten hyvän kavitaatio- ja eroosiosuojan. Niiden haitat ovat taipuvaisia ilmenemään pinnoitteen ollessa pitkäaikaisesti upoksissa, sillä kyseiset pinnoitteet ovat valmiimpia imeämään kosteutta kuin muut pinnoitteet. Ongelman saa ratkaistua levittämällä paksumman kerroksen pinnoitetta. (Maillard 2008.)

5.1.4 Liuotinvapaa epoksinnoite

Liuotinvapaa epoksinnoite tarjoaa samanlaisia etuja, kuin epoksinnoitteet, kuten eroosiokorroosion ja kemikaalinkestävyyden. Tärkein etu on se, että liuotinvapaat materiaalit eliminoivat liuottimiin liitetyt terveysongelmat ja vähentävät pinnoitteen kuitumista merkittävästi kovettuessaan. Upotuksenkestävyys on yleensä erinomainen, mikä tarjoaa pitkäaikaisen suojan nesteen käsittelylaitteille.

Vesi-Jet-pumpuissa on havaittu tilanteita, missä kaksi eri metallia ovat kosketuksissa nopeasti virtaavan meriveden kanssa. Näissä tilanteissa valitaan usein ainoastaan katodinen suojaus, mutta se ei yksin riitä. Pinnoitus ja katodinen suojaus yhdessä antavat parhaan lopputuloksen, varsinkin Jet-pumpuissa, joissa riski saada vieras esine laitteistoon on suuri. (Maillard 2008.)

6 KOMPOSIITTI

6.1 Historia

Komposiitteja on käytetty iät ja ajat esimerkiksi olkitiilissä, harjateräksellä vahvistetussa betonissa ja kevyissä ilmailualan rakenteissa. Hiilikuituvahvisteista hiilikomposiittia on käytetty mannerten välisissä ohjuksissa jo yli 40 vuotta sitten. Viimeisen 20 vuoden aikana hiilikuitujarrut armeijalle ja kaupallisille lentoaluksille on tuottanut yhden suuren markkinaraon. Kevyen ja korkeita lämpötiloja kestävä rakenteensa vuoksi hiili-hiilikuitua käytetään muun muassa aurinkopaneeleissa, tutka-antenneissa, avaruusalusten jäädyttimissä ja turbiinimoottorin komponenteissa. Nykyään niin armeijassa kuin siviilissäkin kuituvahvisteista polymeerikomposiittia tarjotaan enenevässä määrin korjauksiin ja uudisrakenteisiin. Polymeerikomposiitit eivät kuitenkaan kestä kovia lämpötiloja, joten korkeisiin lämpötiloihin on vaihtoehtona keraaminen komposiitti, joka vähentää painoa, sietää lämpötiloja ja hapettumista.

Keramiikan herkkyys pienten virheiden aiheuttamia hiusmurtumia kohtaan rajoittaa niiden ainutlaatuisten ominaisuuksien (kulutuksen kestävyys, pieni tiheys, kemiallinen kestävyys ja korkean lämpötilan kesto) käyttöä armeijan ja ilmailun tarpeissa. Keraamisen komposiitin kehittäminen rakenteellisissa komposiiteissa on ollut tärkeä tavoite viimeiset 30 vuotta. (Composite Materials Handbook Volume 5. Ceramic Matrix Composites 2002, 43-44.)

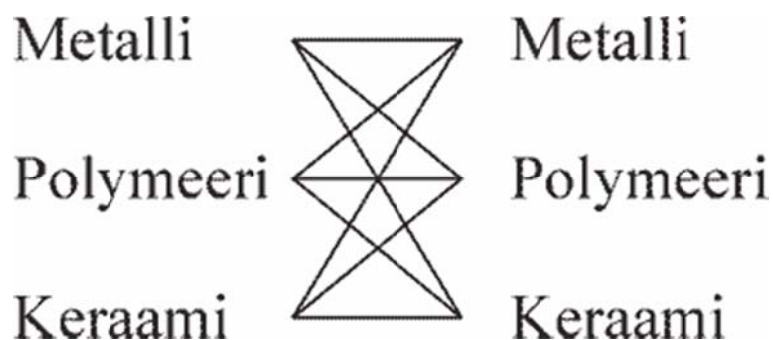
6.2 Yleiskuvaus

Komposiitti-sana tulee englannin kielen sanasta *composite*, joka tarkoittaa suomeksi *yhdistetty*. (Myllymaa & Vesterbacka 2005.) Komposiitit ovat yhdistelmämaterialiaaleja. Komposiitin tavoite on yhdistää kahden tai useamman eri materiaalien hyvät ominaisuudet siten, että komposiitin rakenne ja ominaisuudet olisi paremmat kuin sen rakennuspalikoiden ominaisuudet yksitellen tai yhdessä. Useat arkikäytössä olevat materiaalit kuuluvat komposiitteihin, kuten lujitemuovit (polyesterin tai epoksin ja hiilikuidun tai lasikuidun yhdistelmät), ja puu (selluloosan ja ligniinin yhdistelmä). (Komposiitit 2005.)

Komposiitin rakenne muodostuu niin, että yksi komposiitin materiaaleista toimii matriisina, johon muut materiaalit sitoutuvat ja sijoittuvat. Matriisin tarkoitus on pitää kuidut tai muut komponentit paikoillaan, eli matriisi toimii sidosaineena.

Matriisiin sijoitettujen lujitteiden muodon mukaan komposiitit voidaan jakaa partikkelilujitettuihin, kuitulujitettuihin ja laminaattikomposiitteihin. (Eskelinen 2012, 11.)

Komposiitit voidaan luokitella myös niiden sisältävien materiaalien perusteella. Tällä lailla luokiteltaessa lujitemuovit ovat muovimatriisikomposiitteja, joissa on keraamisia lujitteita. Kuvassa 2 on mahdollisia eri materiaalien yhdistelmiä komposiittirakenteisiin.



Kuva 2. Yhdistelmiä komposiittirakenteisiin. (Eskelinen 2012, 13.)

6.3 Kuitulujitetut komposiitit

Kuitulujitettuja komposiitteja käytetään eniten rakenteellisiin kohteisiin, sillä teräksen kanssa yhtä vahva komposiitti on jopa 80 % kevyempi ja 60 % kevyempi kuin alumiini. (Eskelinen 2012, 9). Matriisimateriaalin jäykkyyden, väsymiskestävyyden sekä lujuuden parantamiseen käytetään kuitulujitusta. Käytettävät kuidut ovat yleensä hyvin lujia ja jäykkiä, sekä samalla melko hauraita. Esimerkiksi lasi- ja hiilikuitumateriaalit ovat kuitulujitteisia komposiitteja.

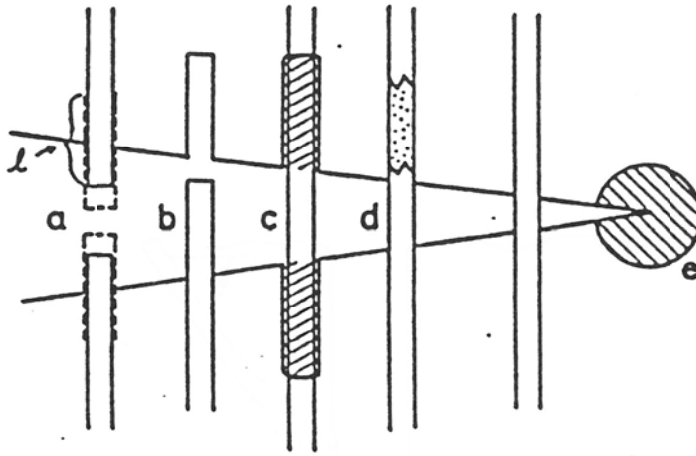
Kuitujen suojana on matriisi, joka sitoo materiaalin yhteen, antaa sitkeyden ja lujuuden, jonka lisäksi matriisi välittää kuormituksen kuitujen kannettavaksi. Matalissa lämpötiloissa kohoava lujuus säilyy usein myös korkeissa lämpötiloissa.

Komposiittien kuitumateriaaleina voidaan käyttää muun muassa seuraavia materiaaleja:

- Keraamiset kuidut
- Wolframi
- Teräs (teräsvyörenkaat, teräsbetoni)
- Hiilikuitu
- Lasikuitu
- Aramidikuidut (kevlar)
- Muut polymeerikuidut
- Boorikuidut

(Eskelinen 2012, 14 - 15.)

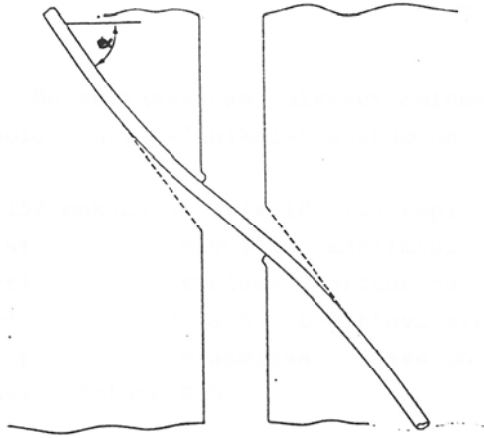
Pitkäkuituinen kuitulujitettu komposiitti murtuu kuvan 3 mukaisesti. Mekanismit ovat samoja sekä jatkuvakuituisille että whiskerlujitetuille komposiiteille.



Kuva3. Kuitulujitetun komposiitin murtuminen. (Mäntylä & Vuorinen 1991, 11.)

Kohdassa a olevan kuidun murtolujuus ei ole ollut niin suuri kuin kuidun ja matriisin välillä oleva sidos, joka on aiheuttanut kuidun katkeamisen. Kohdassa b säröä lähellä olleen kuidun pään liukuminen ulos matriisista on vaatinut vähemmän energiaa kuin kuidun murtaminen. A kohdassa merkitty pituus l on kriittinen pituus. Kriittistä pituutta lyhyemmät kuidut liukuvat ulos matriisista, kun taas pidemmät kuidut katkeavat särön kohdalta. Kohdan C tapauksessa energia on varautunut murtamamaan kuidun ja matriisin välisen rajapinnan. D kohta on näiden edellisten tapausten yhdistelmä, siinä kuidun ja matriisin välinen rajapinta on murtunut, jonka jälkeen on tapahtunut kuidun katkeaminen, josta johtuen kuitu on liukumassa pois matriisista. Kohdan E lujittuminen perustuu matriisissa sijaitseviin mikromurtumiin. Mikromurtumat ovat mahdollisesti syntyneet kuidun ja matriisin erilaisen lämpölaajenemisen seurauksena jo valmistusvaiheessa. (Mäntylä & Vuorinen 1991, 11.)

Kuidut harvemmin ovat kuormitukseen nähden samansuuntaisia, jolloin niiden suunta kuormituksesta eroaa kulman α verran, kuten kuvassa 4 näkyy.



Kuva 4. Särössä sijaitseva kuitu, jonka suunta poikkeaa kulman α verran kuormitus-suunnasta. (Mäntylä & Vuorinen 1991, 12.)

7 KERAAMIT

Keraamiset materiaalit voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- perinteinen keramiikka (savitavara, posliini)
- lasit
- sementti ja betoni
- lasikeraamit
- kivet ja mineraalit
- erikoiskeraamit

(Keraamit 2005.)

Keraamiset materiaalit ovat vanhimpia ihmisten valmistamia konstruktiomateriaaleja luonnon raaka-aineista. Ne ovat epäorgaanisia epämetallisia yhdisteitä sekä myös metallien oksideja, karbideja, nitridejä, silisidejä ja niin edelleen. Keraameilla on hyvä kemiallinen ja rakenteellinen stabiilisuus myös korkeissa lämpötiloissa ja keraamisia materiaaleja on perinteisesti käytetty, ruokailuvälineiden, rakennustekniikan ja saniteettitilojen materiaaleina (tiilet, laatat, posliini).

7.1 Keraamiset kuidut

1970- luvulla herännyt kiinnostus metallien lujittaminen kuiduilla vauhditti keraamisten kuitujen kehittämistä. Keraamisiin kuituihin kuuluu monia metallioksidikuituja, jotka eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan ja kemialliselta koostumukseltaan, mutta niille on yhteistä erinomainen lämmönkesto. Keraamisilla kuiduilla sulamispiste on yleensä lähellä 2000 °C ja käyttölämpötila 1100 – 1500 °C.

Keraamisten kuitujen tiheys vaihtelee välillä 2 – 4 g/cm³, kuidun halkaisija vaihtelee alueella 0,05 – 20 µm, kimmomoduli alueella 13 – 390 GPa ja vetomurtolujuus välillä 0,3 – 7 GPa.

Tälläkin hetkellä keraamisten kuitujen käyttö on melko rajoittunutta ja niiden pääasialliset kohteet ovat metallien lujittamisessa. Keraamisilla kuiduilla pystytään lujittamaan myös muoveja valmistettaessa tuotteita, joilta vaaditaan jotakin erityisominais-

suutta. Keraamisilla kuiduilla pystytään parantamaan lämmönsiedon lisäksi muun muassa jäykkyyttä, isku- ja puristuslujuutta, mittapysyvyyttä, korroosion-, kulutuksen- ja vedenkestävyyttä.

Yhtenä keraamisena kuituna voidaan mainita kvartsilasikuidut (piioksidi SiO_2), jotka vedetään sulatetuista amorfisista piioksiditangoista. Kvartsilasikuitujen halkaisija on 9-14 μm . (Komposiittirakenteet 2003, 98.)

7.2 Keraamien ominaisuuksia

Yleisesti keraamit ovat tiheydeltään jossain metallien ja polymeerimateriaalien välillä. Keveitä keraamisia materiaaleja ovat booriyhdisteet (boorinitridi, boorikarbidi), sekä piiyhdisteet (piioksidi, piikarbidi, piinitridi). Raskaita keraameja ovat refractory -metallien (muun muassa wolframi, molybdeeni) yhdisteet.

Materiaalin maksimikäyttölämpötilan määrittää materiaalin sulamislämpötila. Keraameille on tyypillistä hyvin korkea sulamispiste verrattuna metalleihin. Korkeissakin lämpötiloissa oksidikeraamit ovat stabiileja. Oksidikeraamit ovat korkean lämpötilan materiaaleja ja muilla kuin oksidikeraameilla hapettuminen saattaa tulla ongelmaksi korkeissa lämpötiloissa. (Keraamit 2005.)

7.2.1 Lämmönjohtavuus

Materiaaliryhmien erot sähkön- ja lämmönjohtavuuksissa aiheutuvat pääasiassa materiaalia koossa pitävästä sidoksesta. Metallisissa sidoksissa on runsaasti vapaita elektroneja, joten metallilla on hyvä lämmön- ja sähkönjohtavuus.

Keraameilla on sekä kovalenttisia, että ionisidoksia, joissa elektronit ovat sitoutuneita. Keraameilla on metalleihin verrattuna selvästi huonommat lämmön- ja sähkönjohtavuudet. Polymeereissä kovalenttiset sidokset ovat polymeeriketjuissa, joissa elektronit ovat sitoutuneita ja niillä on heikommat sähkön- ja lämmönjohtavuudet. Niitä voidaan kuitenkin parantaa täyteaineilla. (Keraamit 2005.)

Keraamisten materiaalien lämmönjohtavuudet ovat jossain metallien ja polymeerien välillä. Keraamit ovat pääsääntöisesti eristeitä. Lämmönjohtuminen keraameissa tapahtuu pääasiassa säteilyn avulla. Parhaat ominaisuudet lämmönjohtavuuteen ovat yksikomponenttisilla keraameilla ja yhdisteillä, joiden atomipainot ovat lähellä toisiaan

kuten, timantti, grafiitti, SiC (piikarbidi) ja B₄C (boorikarbidi). Lämpötilan kohoaminen parantaa keraamien lämmönjohtavuutta kasvavan lämpösäteilyn vuoksi.

Lämpölaajeneminen on lämpövärähtelyliikkeen amplitudin kasvamisesta lämpötilan mukana johtuvaa. Rakenteissa, jotka ovat tiiviisti pakatut, lämpövärähtely kertautuu koko rakenteen läpi (metallit), jonka seurauksena on voimakas lämpölaajeneminen. Myös ionisoskeraameissa tapahtuu voimakasta lämpölaajenemista. Harvaan pakatuissa rakenteissa (kovalenttiset keraamit) osa värähtelystä imeytyy tyhjään tilaan, josta johtuu pienempi lämpölaajeneminen. (Keraamit 2005.)

7.2.2 Mekaaniset ominaisuudet

Kimmomodulilla (kimmainen eli palautuva muodonmuutos, kappale palautuu normaaliksi) tai myötölujuudella (palautumaton eli plastinen muodonmuutos, kappale ei palaudu normaalitilaan) kuvataan materiaalin kykyä vastustaa muodonmuutosta. Keraamien kimmomoduli on joko metallien luokkaa tai suurempi sidostyypistä riippuen. Lämpötilan noustessa kimmomoduli lievästi laskee. Keraamien jäykkyyttä saadaan lisättyä komposiittirakenteilla.

Toisin kuin metalleilla, keraameilla ei tapahdu pysyvää plastista muodonmuutosta, sillä jännityksen kasvaessa se murtuu ilman edeltävää plastista muodonmuutosta. Keraamit ovat hauraita, mistä syystä keraameille ilmoitetaan vain murtolujuusarvoja (vetomurtolujuus, taivutus-murtolujuus).

Keraamit säilyttävät lujuutensa erittäin korkeisiin lämpötiloihin saakka, joten ne ovat metalliseoksia parempia materiaaleja korkeisiin lämpötiloihin. Valmistuksen yhteydessä lisättyjen seosaineiden muodostama lasifaasi pehmenee korkeissa lämpötiloissa, mikä johtaa keraamin pehmenemiseen. (Keraamit 2005.)

Keraamit kestävät puristusta huomattavasti paremmin kuin vetoa. Puristuslujuus voi olla jopa 10-kertainen vetolujuuteen verrattuna. Kovuus on tärkeä ominaisuus esimerkiksi kulumiskestävyuden kannalta. Keraamit ovat erittäin kovia verrattuna metalleihin ja muoveihin. Kovuutta pystytään hyödyntämään sekä monoliittisina (läpeensä samaa materiaalia), että pinnoitteena. Kovuus muuttuu ainoastaan vain vähän lämpötilan kasvaessa yli 1000 °C.

Keraamien ja keraamimateriaalien joukosta löytyvät maailman kovimmat tunnetut materiaalit, kuten timantti, kuutiollinen boorinitridi ja piikarbidi. Yleisesti keraameja käytetään hioma-aineena. Keraamit saavat lopullisen kovuutensa sintrauksessa, jonka jälkeen niitä voidaan työstää vain hiomalla. (Keraamit 2005.)

7.2.3 Sähköiset ja magneettiset ominaisuudet

Yleisimmät keraamit ovat eristeitä. Keraamisilla materiaaleilla on kuitenkin monenlaisia sähköisiä ominaisuuksia. Ne voivat olla johteita, eristeitä ja puolijohteita. Keraamien sähköisiä ominaisuuksia voidaan laajasti muuttaa koostumuksen, lisäainesten ja rakenteen avulla käyttökohteiden vaatimusten mukaan. Keraamit ovat ainoa eristemateriaali, joka kestää korkeita lämpötiloja ja korrodisoivia olosuhteita.

Kestomagneettisia ominaisuuksia saadaan metallien lisäksi myös keraamisilla materiaaleilla. Keraamisia magneettimateriaaleja kutsutaan yhteisnimellä ferriitit. Keraamisia magneetteja käytetään televisioissa, radioissa, elektronisissa sytytysjärjestelmissä, suurtaajuushitsauslaitteissa, sekä magneettinauhujen ja -levyjen lukupäissä. (Keraamit 2005.)

8 KOMPOSIITTIPINNOITTEET

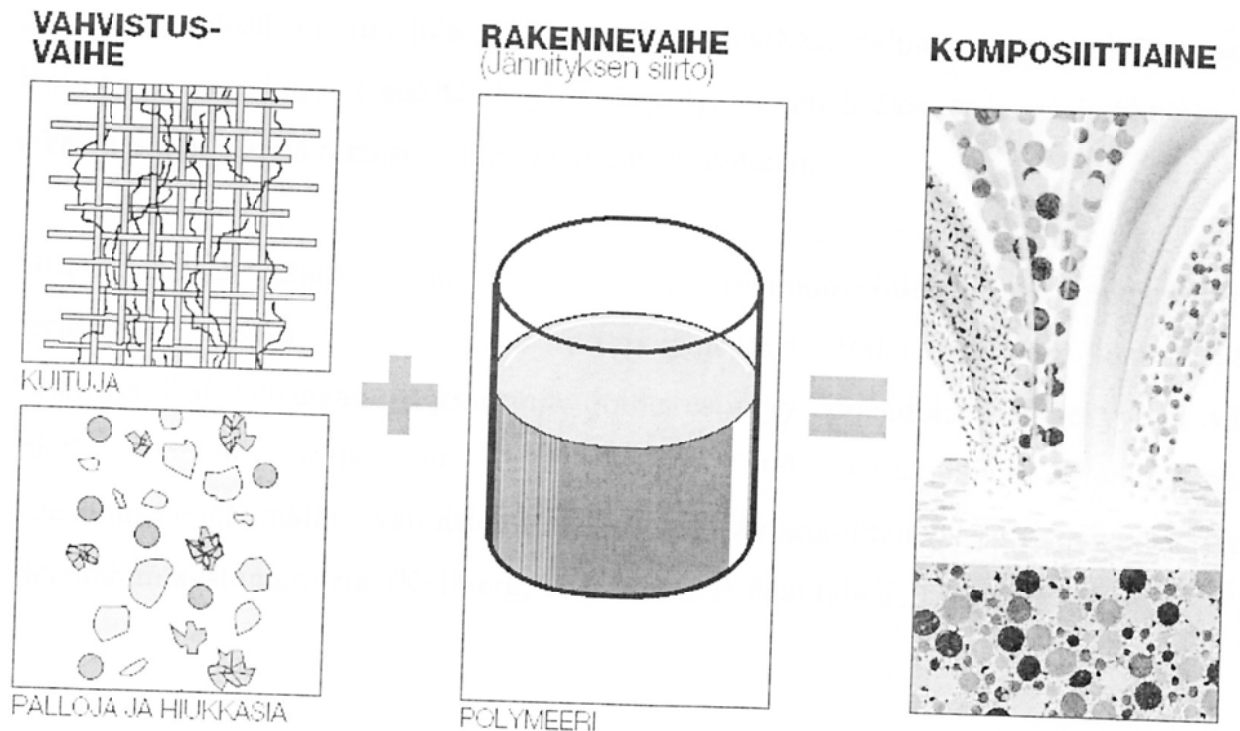
Pinnoitteilta vaaditaan nykyään perinteisten ominaisuuksien lisäksi monipuolisia ominaisuuksia, kuten lämmön- ja sähkönjohtavuutta. Jotta näitä ominaisuuksia saataisiin, käytetään polymeeripohjaisia komposiittipinnoitteita. Niiden ominaisuuksia voidaan muokata käyttökohteiden vaatimusten mukaisiksi käyttämällä erilaisia täyteaineita. Täyteaineina voidaan käyttää muun muassa jauhemaista lasia, hienojakoisia mineraaleja, metallia, sekä eri materiaaleista valmistettuja umpinaisia ja onttoja palloja.

Komposiittipinnoitteiden avulla on mahdollista alentaa tuotteiden raaka-ainekustannuksia, nopeuttaa niiden valmistusta, sekä keventää tuotetta. Näiden lisäksi pystytään vaikuttamaan lopputuotteen mekaanisiin ominaisuuksiin.

Komposiittipinnoitteissa matriisina käytetty polymeerijauhe sekoitetaan täyteaineeseen ennen pinnoitusprosessin alkua. Pinnoitukseen on erilaisia menetelmiä, kuten ruiskutus tai sively. (Halonen 2005, 29.)

8.1 Polymeerikomposiittipinnoitteet

Rakenteena komposiitin osat muodostavat yhdessä toimivan kokonaisuuden, mutta osat eivät ole sulautuneet tai lienneet toisiinsa (kuva 5). Polymeerikomposiittipinnoite on pinnoite, jossa polymeeri toimii matriisina (sitovana ainesosana). Muut aineosat, jotka ovat sitoutuneet matriisiin, voivat olla ohuita kuituja tai hienojakoisia partikkeleita. Kiinteitä aineita, jotka sekoitetaan matriisiin, kutsutaan täyteaineiksi.



Kuva 5. Komposiittien rakenne (Halonen 2005, 30.)

Polymeerikomposiitin käyttöä metallisten materiaalien suojana on rajoittanut niiden melko alhainen kulumiskestävyys. Tämä ongelma voidaan ratkaista täyteaineita käyttämällä. Täyteaineilla voidaan muuttaa pinnoitteiden ominaisuuksia käyttökohteen vaatimusten mukaan, kuten kulutuskestävyyttä, nesteiden ja kaasujen läpäisevyyttä, sekä lämmön- ja sähkönjohtavuutta. (Halonen 2005, 30.)

Polymeerisen pinnoitteen on todistettu parantavan hyötysuhdetta käytettäessä pumpulaitteistossa. Se parantaa hydrodynaamista suoritusta vähentämällä energian kulu- tusta tai nostamalla virtauslukuja tai painetta. Toiset polymeeripinnoitteet ovat todettu turvallisiksi käytettäessä juomaveden kanssa ja ne ovat maailmanlaajuisesti hyväksytyjä. Muun muassa terveysjärjestöt NSF (The Public Health and Safety Organization) ja AWWA (American Water Works Association) ovat hyväksyneet ne. (Xia 2002.)

8.2 Keraamikomposiittipinnoitteet

Komposiittipinnoiteteknologian kehittyessä ovat pinnoitteiden käyttökohteet lisääntyneet merkittävästi viime aikoina. Kehityksen myötä näitä pinnoitteita voidaan käyttää erittäin vaativissa kohteissa erilaisissa prosesseissa. Esimerkiksi keraamikomposiittipinnoitetuilla keskipakopumpuilla on saavutettu erittäin hyviä tuloksia niin kulumis- kestävyden kuin korroosionkestävyydenkin osalta kriittisissä olosuhteissa.

Komposiittien valmistuksessa tyhjiöprosessia käytettäessä saadaan minimoitua ilman sekoittuminen vahvistavien matriisipartikkeleiden ja kantavan matriisin välillä, mikä mahdollistaa vahvistavan matriisin osien (keraamin ja metallin) pakkauksen tiheäm- min kuin perinteisillä täyteaineisilla epokseilla. Vaikka kantavat matriisit olisivat sa- mantyyppisiä, voi vahvikematriisissa olla selkeitä eroja. Materiaalin pintaominaisuuksia saadaan parannettua pinnoitekomposiittien vahvikkeilla. Parannettuja pintaominaisuuksia ovat muun muassa alhainen pintaenergia, sekä eroosion-, kavitaation- ja ke- mikaalienkestävyys nesteiden siirrossa.

Keraamikomposiittipinnoitteen käytöllä pumpuissa saavutetaan selvästi havaittavia etuja. Näillä pinnoitteilla saadaan paremman kulutuskestävyyden lisäksi liukas pinta, josta on etua nesteiden siirrossa pienempien energiakustannusten muodossa. Lisäksi pinnoite voidaan aina huoltaa tai jopa uusia kokonaan, minkä vuoksi säästytään kalliilta uusostoilta. (Halonen 2005, 37-38.)

9 PUMPPUJEN KORROOSIO-EROOSIO-ONGELMAT

Nesteiden ja kiinteiden aineiden pumppausprosessi aiheuttaa jatkuvaa rasitusta laitteille. Seurauksena tapahtuu korroosio- ja eroosioprosessia pumpun pääkomponenteissa kuten siipipyörissä, kuorissa ja akseleissa. Kuluvia osia täytyy valvoa, ennen kuin ne aiheuttavat ongelmia pumpun toimintaan ja suorituskykyyn. (Belzona in focus-Pumps.)

Virtauksessa mukana olevat kiinteät ainesosat lisäävät virtauksen kuluttavaa vaikutusta. Nämä ainesosat voivat rikkoa korroosiosuojan metallin pinnalta jopa kriittistä virtausnopeutta pienemmillä nopeuksilla. Suuremmilla nopeuksilla eroosio aiheuttaa metallipinnan mekaanista kulumista, minkä vuoksi materiaalin korroosionkestolla ei ole enää merkitystä. (Halonen 2005, 36.)

Materiaalin irtoaminen pinnasta tapahtuu kolmella tavalla: lastuamalla, murtumalla tai kyntämällä, mikä johtaa karkeaan ja kuoppaiseen pintaan, joka lisää kitkaa ja johtaa systeemin hyötysuhteen putoamiseen, kuten myös käyttökustannusten nousuun. Mikäli ongelmiin ei puututa ajoissa, korroosio-eroosio -ongelmat vaarantavat komponenttien eheyden, mikä loppujen lopuksi johtaa laitteiston hajoamiseen. (Belzona in focus-Pumps.)

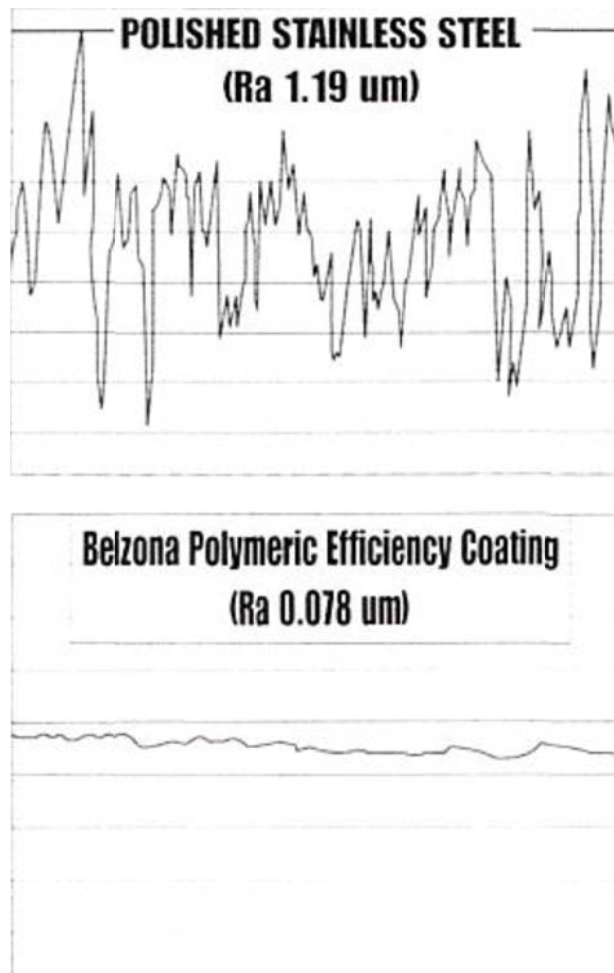
Kavitaatioissa nestevirtauksessa syntyneet kaasukuplat luhistuvat, mikä aiheuttaa nesteeseen voimakkaita paineaaltoja, jotka voivat rikkoa metallin pintaa suojaavan passiivikalvon jättäen pinnan korroosiolle alttiiksi. Mikäli paineaallot ovat tarpeeksi voimakkaita, rikkovat ne mekaanisesti metallin pinnan. Silloin puhutaan kavitaatio-eroosiosta. (Halonen 2005, 36.)

Kun pumpun vaihto vaikuttaisi olevan ilmeisin ratkaisu, se yleensä yhdistetään korkeisiin kustannuksiin ja viikkojen, jopa kuukausien, odottelu-aikaan. Hitsaus saattaa aiheuttaa laitteistoon lämpörasitusta ja aiheuttaa ongelmia galvaanisen korroosion kanssa. Kuitenkaan kumpikaan ratkaisu ei vaikuta itse ongelmaan. Tästä syystä yhä useampi pumppujen käyttäjä kääntyy kylmäkovettuvaan polymeeriteknologiaan korjatakseen ja suojatakseen laitteistonsa. (Belzona in focus-Pumps.)

9.1 Palveluiän nousu ja kustannusten säästö

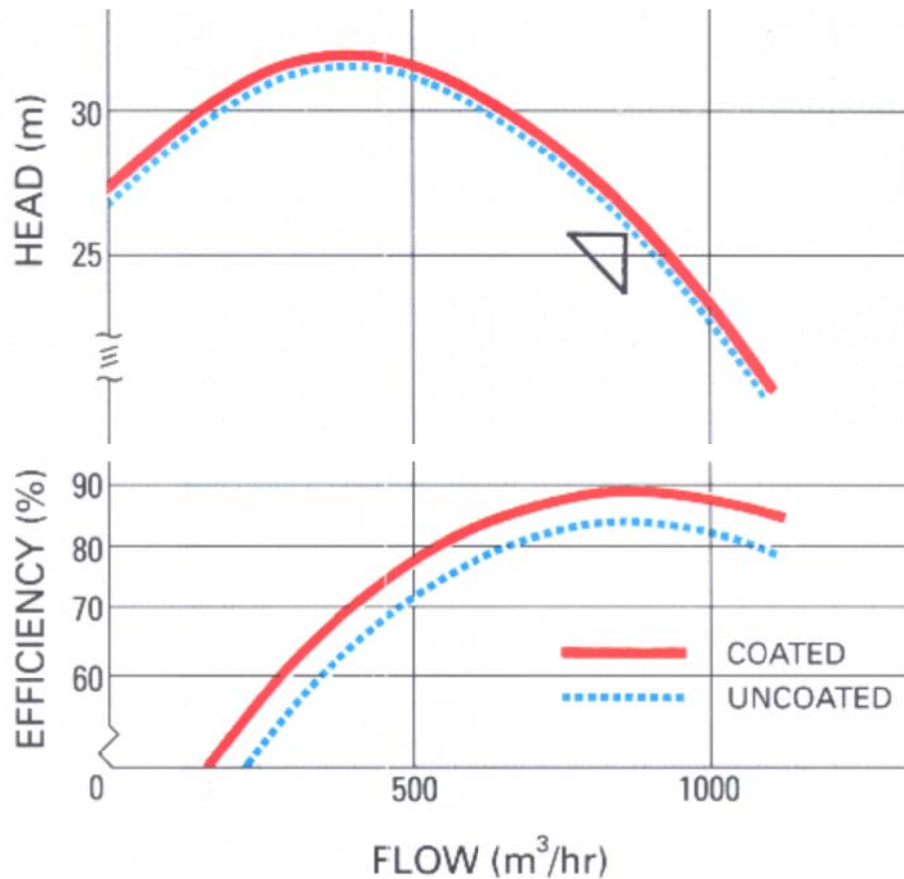
Nesteitä liikuttaessa, suuri osa käytetystä energiasta menee kitkan voittamiseen. Virrassa olevat vesimolekyylit käyttäytyvät omina kokonaisuuksinaan muodostaen pyörteitä ja vastavirtoja, mikä johtaa energiahäviöihin. (Xia 2002.)

Tarkemmin katsottuna kiillotetussa teräspumpussa pinta on suhteellisen karhea. Lisääntyvä pinnan karheus voi aiheutua eroosio-korroosion tai kavitaation vaikutuksesta, aiheuttaen hyötysuhteen laskemista. Polymeeriset, hyötysuhdetta parantavat pinnoitteet, ovat suunniteltu erityisesti vettä hylkiviksi ja kulutusta kestäviksi. Polymeerisesti pinnoitettu pinta on jopa 20 kertaa sileämpi kuin kiillotetun, ruostumattoman teräksen pinta. (Kuva 6.) (Xia 2002.)



Kuva 6. Karheuserot. (Belzona in focus-Pumps.)

Eräs tunnettu keraamisten komposiittien valmistaja tarjoaa yksinkertaisen ja kustannustehokkaan keinon palauttaa alkuperäisen profiilin ja komponenttien suojauksen tulevia vauriota kohtaan, taaten että laite on käyttökunnossa muutaman päivän sisällä. Korjauksen jälkeen pumppu on parempi kuin uutena, tarjoten paremman kulutuskestävyyden ja suorituskyvyn. (Kuva 7.) (Belzona in focus-Pumps.)



Kuva 7. National Engineering Laboratories 1989. Hyötysuhteen muutos. Pinnoitetun pumpun hyötysuhde kasvoi 6 % ja vuosittainen sähkönkulutus pieneni 25 400 kWh, 5000 h vuosittaisella käytöllä (Maillard 2008.)

Esimerkiksi Siemensin tyhjiöpumppu oli jo 12 kuukauden jälkeen kulunut melkein käyttökelttomaksi ja siinä oli havaittu syöpyymiä ja toleranssien poikkeamia. Tyhjiöpumppu korjattiin keraamisella komposiitilla. (Kuvat 8 ja 9.)

Pumppu tarkastettiin 13 kuukauden jälkeen ja se oli vieläkin erinomaisessa kunnossa. Siinä ei havaittu minkäänlaisia prosessista aiheutuneita muutoksia, kun taas suojaamaton pumppu melkein tuhoutui 12 kuukaudessa. Tehtaan kaikki kymmenen pumppua

korjattiin keraamisella komposiitilla ja ne pysyivät vielä kuusi vuotta käytössä, ennen kuin ne tarvitsivat haalauksen. Keraamisen komposiitin avulla tehdas vältti kokonaan pumppujen vaihdon. (Belzona in focus-Pumps)



Kuva 8. Roottori ennen pinnoitusta (Belzona in focus-Pumps)



Kuva 9. Roottori pinnoituksen jälkeen. (Belzona in focus-Pumps)

9.2 Korjaus

Korroosion eri muodot ovat hyvin ikäviä kunnossapidon ja laitteiden kannalta, mutta onneksi niiden ehkäisyyn ja korjaamiseen löytyy monia ratkaisuja, joista keraaminen komposiitti on yksi.

Keraamisia komposiitteja voidaan käyttää melkein missä vain, esimerkiksi vesiputkissa, viemäreissä ja mopon lokasuojissa. Korjauskomposiitteja voidaan tarpeen mukaan levittää yhdellä kertaa paksultai tai ohuelti, kovettumisaika pitenee ohuissa kerroksissa ja vastaavasti lyhenee paksummissa.

Keraamisen komposiitin etu on muun muassa helppokäyttöisyys. Ne eivät vaadi ammattimiestä, ne ovat helppoja sekoittaa ja levittää, aineen valumattomuus eli pysyvyys myös osien alapinnoissa, kovettuu alhaisissa lämpötiloissa, ei ruostu, sekä kestää erittäin hyvin kulutusta. Se sitoutuu vahvasti kaikkiin metalleihin, ei kutistu, eikä laajene tai vääristy korjausprosessin aikana – merkittävä etu komposiitteihin, jotka sisältävät haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. (Belzona in focus-Pumps)

Keraamisen komposiitin käyttöä rajoittavat välillä korjauskohteen olosuhteet. Esimerkiksi, jos venttiili ei pidä kunnolla aiheuttaen jatkuvan vähäisen veden tulon. Vedentulo vaikeuttaa oleellisesti korjausta, sillä korjauskohteen pitää olla erittäin puhdas kaikista mahdollisista liasta ja mielellään hiekkapuhallettu sekä kuiva, jotta komposiitti tarttuisi siihen kunnolla. Osaa korjaustuotteista mainostetaan käytettäväksi jopa veden alla, mutta henkilökohtaisista kokemuksista päätellen kyseiset tuotteet toimivat luvulla tavalla korkeintaan hetken, joten ne yleensä toimivat vain niin sanottuna hätäkorjauksena, jonka jälkeen on suositeltavaa suorittaa varsinainen korjaus mahdollisimman pian.

Alueet, jotka ovat kärsineet pahoista vaurioista runkorakenteessa (esimerkiksi osa perusaineesta on irronnut iskun vuoksi), pystytään korjaamaan siten, että siitä tulee yhtä vahva, kuin perusmateriaalista. Korjauskohdat vahvistetaan teräsverkolla ja täytetään keraamisella komposiitilla alkuperäiseen profiiliin. (Belzona in focus-Pumps)

Merenkulun laitteistot kärsivät muun muassa kavitaatiosta ja iskuista. Nämä eroosiovoimat tuhoavat tavanomaisen pinnoitteen, joka johtaa korroosioon. Keraamiset kom-

posiitit tarjoavat ratkaisuja korroosion eliminoimiseen ja eroosion vaikutusten vähentämiseen. (Maillard 2008.)

Esimerkiksi eräs paikallinen yritys käyttää keraamista komposiittia potkuritunnelien vuoraamisessa, Thrustereiden runkojen pinnoituksessa sekä pumppujen pesien vuorauksessa. He myös pitävät suurempien merivesiputkien sisäpuolista pinnoitusta mahdollisena, mutta se ei ole taloudellisesti järkevää sinkitykseen verrattuna. (Inter Marine Oy 2014.)

Muita mahdollisia korjauskohteita:

- Runko ja ulkoiset rakenteet
 - Peräsimen korjaus ja suojaus
 - Propulsio järjestelmä
 - Akselit
 - Moottorin lohkot ja sylinteriputket
 - o Korkean lämpötilan tuotteet
 - Varastotankit
 - Lastitankit
 - Poisto- ja turbopuhallin
 - Apukoneikot
 - o Vuotava evaporaattori
 - Muuntajat / Generaattorit
 - Tankin pesujärjestelmä
 - Separaattori
 - Kansikoneet ja -laitteet
 - Pelastusveneet
 - Offshore -tuotanto ja porausvälineet
- (Belzona Inc:n julkaisu 2013.)

10 TYÖVÄLINEET

Yleisimpiä työssä tarvittavia välineitä ja työkaluja siinä järjestyksessä, missä niitä yleensä käytetään:

- Hiekkapuhalluslaitteet
 - o Hiekkana käytetään alumiinioksidia tai piikarbidia, jotta saataisiin hyvä, karhea profiili ja jotta komposiitti tarttuisi hyvin. Korjattava pinta puhalletaan puhtausasteeseen SA 2,5-3 (Erittäin puhdas pinta eli ei ruostetta, likaa rasvaa, maalia, pölyä, suoloja tai muita epäpuhtauksia). Alumiinioksidi on kovuutensa ja särmikkyytensä vuoksi tehokkain yleisessä käytössä oleva puhallusaine. Se soveltuu kemiallisesti neutraalina kaikkien materiaalien pintakäsittelyyn, eikä sisällä lainkaan rautaa.
- Puhdistusaineet
 - o Korjattavaa pintaa varten metyylietyyliketoni, tai jokin muu nopeasti haihtuva, tehokas rasvan ja pölyn poistaja.
 - o Työvälineiden puhdistusta varten asetonit.
- Työkohteen mukaan valitut korjausaineet.
- Lämminilmapuhallin
 - o Perusainetta, pinnoitusta ja korjauskohdetta lämmittämällä saadaan lyhennettyä kovettumisaikaa.
- Vaaka
 - o Jotta saadaan sekoitettua painon mukaan perusaine ja kovetin oikeassa suhteessa toisiinsa.
- Kauha
 - o Korjausaineiden sekoitusta varten.

- Lasta ja jäykkä sivellin
 - o Tuotteen levitystä varten.

- Ämpäri
 - o Työvälineiden pesua varten.

11 LOPPUPÄÄTELMÄ

Omasta mielestäni sain yleisesti ottaen käsiteltyä opinnäytetyön aiheet kattavasti. Sain liitettyä hyvin teorian käytäntöön, esimerkiksi annettujen käytännön esimerkkien kautta, kuten kohdassa 9.1 Palveluiän nousu ja kustannusten säästö. Tavoitteenani oli tehdä työstäni mahdollisimman helppolukuinen ja johdonmukainen ja mielestäni onnistuin tässä kiitettävästi.

Yhtenä työn suurimmista ongelmista oli tiedonsaanti. Jouduin todella näkemään vai-
vaa luotettavien tiedonlähteiden löytämisessä. Yritin saada tietoa sähköpostitse eri valmistajilta, mutta Belzona Inc. oli ainoa, jolta sain vastauksen. Tästä syystä en pääs-
syt vertailemaan eri valmistajia keskenään, vaan jouduin tyytymään yksipuoliseen tar-
kasteluun.

Alun perin tavoitteenani oli keskittyä enemmän kunnossapitoon ja sitä kautta tuoda eri
valmistajilta vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä perinteisten korjausmenetelmien tilalle
ja vertailla niiden hyviä ja huonoja puolia, mutta tiedonsaantiongelmiensa vuoksi jou-
duin poikkeamaan alkuperäisestä suunnitelmasta. Loppujen lopuksi opinnäytetyöstä
tuli mielestäni hyvä perustietopaketti korroosion aiheuttamista ongelmista kunnossapi-
toon ja kuinka näitä ongelmia pystytään korjaamaan keraamisilla komposiiteilla.

Toinen ongelma työnvalmistumisessa oli ajankäyttö. Minulla oli vaikeuksia tasapai-
noilla matkatyön ja opinnäytetyön välillä. Jouduin tekemään opinnäytetyötä kausi-
luontoisesti ja katkonaisesti töiden vuoksi ja se vaikeutti keskittymistäni. Lisäksi vai-
kea tiedonsaanti turhautti ajoittain minua.

Toivon, että joku voi hyötyä keräämistäni tiedoista. Nämä tiedot soveltuvat mielestäni
hyvin perehdytykseksi vasta-alkajalle tai jo alan ammattilaiselle lisätiedoksi. Uskon,
että keraamisen komposiitin käyttö kunnossapidossa tulee lisääntymään yhtenä korja-
us- ja pinnoitusmenetelmänä, kun tietoisuus niistä ja niiden ominaisuuksista kasvaa.
Henkilökohtaisesti olen pistänyt merkille, että muun muassa paperiteollisuudessa ke-
raamisen komposiitin käyttö on lisääntynyt viime vuosina korjausmenetelmänä.

Yhtenä tämän työn tavoitteena oli oma oppiminen ja jo olemassa olleen tietouden laa-
jentaminen. Tämä tavoite tuli täytettyä, uutena tietona päällimmäisenä jäi mieleen se,
että armeija on käyttänyt keraamista komposiittia jo yli 40 vuotta sitten. Tämä opin-

näytetyö on antanut minulle eväitä ja uutta näkökulmaa omaan työhöni keraamisten komposiittien parissa. Uuden oppiminenhan pitää tiedot ja taidot ajan tasalla.

LÄHTEET

Aura, T. Sähköpostitiedoksianto 28.3.2014 Kotka: Inter Marine Oy

Belzona Inc:n julkaisuja 2013. Belzona Inc:n internetsivut. Saatavissa:

<http://www.belzona.com/en/industries/marine.aspx>

Belzona in focus-Pumps. 2013. Belzona Inc:n julkaisuja 2013:1. Belzona Inc:n internetsivut. Saatavissa: <http://www.belzona.com/assets/data/news/FOCUS-Pumps-en%28online%29.pdf>

Belzona Inc. 1996. Belzona tuotetieto 6.8.1996. Liite 3.

Belzona Inc.1996. Belzona tuotetieto 25.6.2009. Liite 4.

Belzona Polymerics Ltd. Sähköpostin liitetiedosto 18.9.2013.

Composite Materials Handbook Volume 5. Ceramic Matrix Composites. 2002. Department of Defence United States of America 17.6.2002. Amerikan yhdysvaltojen julkaisema pdf-tiedosto. Saatavissa: <http://snebulos.mit.edu/projects/reference/MIL-STD/MIL-HDBK-17-5.pdf> [viitattu 20.1.2014]

Eskelinen, H. 2012. Konstruktiomateriaalit: komposiitit. Luentosarja. Syksy 2012. Pdf-tiedosto. Saatavissa:

<https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=0CDIQFjAA-OAo&url=https%3A%2F%2Fnoppa.lut.fi%2Fnoppa%2Fopintojakso%2Fbk20a2100%2Fluennot%2Fkomposiitit.pdf&ei=1U0kU93PNKXV4ATXh4DoBA&usg=AFQjCNFPjRbF5YRU4XiQ5F5RQCjjNYyaDQ&bvm=bv.62922401,d.bGE&cad=rja> [viitattu 21.1.2014]

Halonen, M. 2005. Opinnäytetyö - Keraamikomposiittipinnoitet keskikapopumppujen osien pinnoituksessa. Kevät 2005. Pohjois-Karjala: Pohjois-Karjalan ammattikoulu, konetekniikan koulutusohjelma.

Keraamit 2005 Tampereen teknillinen yliopisto Materiaaliopin laitos. Tampereen teknillisen yliopiston internetsivut. Saatavissa:

http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_3.php [viitattu 20.4.2014]

Koivisto, K. & Laitinen, E. & Niinimäki, M. & Tiainen, T. & Tiilikka, P. Tuomikoski, J. 2004. Konetekniikan materiaalioppi

Kustantaja: **Edita Publishing Oy**

Komposiitit 2005. Tampereen teknillinen yliopisto Materiaaliopin laitos. Tampereen teknillisen yliopiston internetsivut. Saatavissa:

http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_5.php [viitattu 22.02.2014]

Korroosionesto: perusteet. Opetushallituksen internetsivut. Saatavissa:

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_fl_korroosionesto_perusteet.html [viitattu 13.3.2014]

Maillard, J. 2008. Coating Technology Increases Pump Performance. Belzona Inc:n julkaisuja 3.6.2008. Belzona Inc:n internetsivut. Saatavissa:

<http://www.belzona.com/pumps/assets/pdf/en/articles/CoatingTechnologyIncreasesPumpPerformance.pdf>

Myllymaa, H. & Vesterbacka, P. 2005. Komposiitit. Kemia yhteiskunnassa –kurssi. Helsingin yliopisto, Kemian laitos. Helsingin yliopiston internetsivut. Saatavissa:

www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/komposiitit/

Mäntylä, T & Vuorinen, P. 1991. Keraamien ja keraamikomposiittien väsyminen.

Tampere: Tampere University of Technology institute of Materials Science

Saarela, O. & Airasmaa, I. & Kokko, J. & Skrivas, M. & Komppa, V. 2003 Komposiittirakenteet. Helsinki: Muoviyhdistys ry.

Sainio N. 2012. Opinäytetyö – Korroosio ja sähköinen korroosion esto. Kevät 2012.

Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, kemiantekniikan koulutusohjelma. Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42016/Sainio_Niko.pdf?sequence=1

Xia, W. 2002. Polymer Coating of Pumps Boosts Efficiency Performance. Water-World –lehti 2002. Belzona Inc:n internetsivut. Saatavissa:

<http://www.belzona.com/pumps/assets/pdf/en/articles/ARTICLE-WaterWorldReprint.pdf>

LIITTEET

Liite1.

| Belzonan valintataulukko erilaisille kohteille | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|--|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----|--------------------|
| Tuote | Kuvaus | Käyttökohteet | Levitysmenetelmä | Sekoitussuhde (tilavuus) perusaine/kovetin | Työskentelyaika +20 °C min | Täysin mekaanisesti kovett. +20 °C | Täysin kemiallisesti kovett. +20 °C | Lämmönkestävyys °C | | Pakkaus-koko |
| | | | | | | | | Kuiva / Märkä | | |
| Belzona 1111 (Super metal) | Työstettävä laatu koneiden ja laitteiden korjaamiseen ja uudistamiseen. | Akselit, pumput hydraulikka, laakerinpesät, kiilaurat, moottorilohkot, valut, putkistot, säiliöt, laipat. | Lastalla | 3:1 | 20 | 24 h | 2 pv | 200 | 93 | 1 kg 2 kg |
| Belzona 1221 (Super E-metal) | Nopeasti kovettuva pikakorjausaine. | Vuotavat putket ja säiliöt, hydraulikka, kierteet, muovi/metalliliitokset, huokoiset valut, laakerinpesät, akkunavat, läpiviennit | Lastalla | 1:1 | 3,5 | 75 min | 24 h | 150 | 60 | 125 g pussipakkaus |
| Belzona 1291 | Putkimuotoon pakattu korjausaine. | Erilaisten vuotojen paikkaus | Tarvittava määrä leikataan, sekoitetaan ja painetaan vuotokohtaan | | 4 | | | | | 110 g |
| Belzona 1131 (Itsevoiteleva metalli) | Belzona 1111:n itsevoiteleva versio. | Akseliholkit, laakerit/holkit, liukupinnat, ohjaustangot, putkistotuet. | Lastalla | 3:1 | 20 | 24 h | | 232 | 100 | 1 kg |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--|------------------------------------|-----|----|------|------|-----|----|---------------|
| Belzona 1141 (Sähköä johtava metalli) | Pronssinvärinen | Ei-magneettiset korjaukset, anodikiinnikkeiden tiivistäminen, pronsisiesineiden kosmeettiset korjaukset, sähköäjohtavat täytelevyt. | Lastalla | 3:1 | 30 | 24 h | 4 pv | 200 | 93 | 1,5 kg |
| Belzona 1311 (Keraaminen R-metalli) | sähköä johtava metallin korjaus- ja liittämismenetelmä | Keskipako- ja tyhjiöpumput, lämmönvaihtimet, perhos- ja läppäventtiilit, potkurit, potkuritunnelit, keulanostimet. | Lastalla | 3:1 | 30 | 24 h | 2 pv | 200 | 60 | 2 kg |
| Belzona 1321 (Keraaminen S-metalli) | Eroosiota ja korroosiota kestävä korjaus/uudistamisaine. | Keskipako- ja tyhjiöpumput, lämmönvaihtimet, perhos- ja läppäventtiilit, potkurit, potkuritunnelit, keulanostimet. | Lastalla tai jäykällä siveltimellä | 5:1 | 45 | 36 h | 2 pv | 200 | 60 | 1 kg |
| Belzona 1341 (Supermetalliglide) | Eroosiota ja korroosiota kestävä menetelmän pinnoite-laatu. | Pumppujen juoksupyörät ja pumpunpesät, putkijärjestelmät, venttiilit, vesisäiliöt, tyhjiöpumput, vesiturbiinit, lämmönvaihtimien päädyt. | Jäykällä siveltimellä | 3:2 | 35 | 3 pv | 7 pv | 150 | 60 | 750 g 5 kg |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---|---|-------|-----|------|------|-----|-----|--------|
| Belzona 1391 | Pinnoitusaine nesteen käsitte-lylaitteiden tehokkuuden parantamiseen ja metallipintojen suojaamiseen eroosio- korroosiota vastaan. | Lauhde-erotinpumput, lauhdepalautus-säiliöt, haihduttimet, separaattorit, kaasunpesulaitteet, pesurit. | Lastalla tai jäykällä siveltimellä | 5:1 | 35 | 3 pv | 5 pv | 200 | 130 | 1 kg |
| Belzona 1591 | Pinnoite vettä ja vesiliuoksia käsitteleviin laitteisiin, joissa korkea lämpötila. | Lauhde-erotinpumput, lauhdepalautus-säiliöt, haihduttimet, separaattorit, kaasunpesulaitteet, pesurit. | Lastalla tai jäykällä siveltimellä | 6,8:1 | 65 | 3 pv | 5 pv | - | 185 | 1 kg |
| Belzona 1811 (Keraaminen karbidi) | Pinnoite vettä, vesiliuoksia ja hiilivetyjä käsitteleviin laitteisiin, joissa korkea lämpötila. | putkien mutkat, kuilut ja suppilot, sekoitusastiat | Lastalla | 4:1 | 75 | 3 pv | 5 pv | 120 | | 2 kg |
| Belzona 1812 | Kulutukselle alttiina olevien pintojen korjaus- ja pinnoitusaine | Täyteaine ja raappakuljettimien pohjat ja liukupinnat, kuorikuljettimien kuluva alueet. | Lastalla | 4:1 | 30 | 3 pv | 5 pv | 150 | | 2 kg |
| Belzona 4311 (Magma CR1) | Kulutukselle alttiina olevien pintojen korjaus- ja pinnoitusaine | Happojen suoja-altaat - ja rakennelmat, kemikaali-oviemärit ja kanavat, pumppujen perustat, säiliöiden jalustat. | Lastalla tai jäykällä siveltimellä | 3,8:1 | 35 | 36 h | 7 pv | 200 | 60 | 1,5 kg |
| Belzona 5811 (Immersion grade) | Kestävä suoja-päälyste metalli ja ei-metallisten pintojen suojaamiseen vesiliuosten vaikutuksilta. | Uppopumput, jätevesisäiliöt – ja kanavat, meripojut, varasto – ja vesisäiliöt, miesluukut, putkistot, kemikaalien suojarakennelmat. | Jäykällä siveltimellä tai kumilas-talla | 3:1 | 120 | 5 pv | 7 pv | - | 60 | 4 l |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|------------------------------------|---------------|----|--------|--------|------|----|-------|
| Belzona 2111 (D&A Hi-build elastomer) | Kulutuskestävä aine metallipintojen pinnoittamiseen sekä kumipintojen korjaamiseen, uudistamiseen ja suojaamiseen. | kumitukset, liukuhihnojen liitosten suojaaminen ja paikkaus, suppilot, kourut, pumput ja juoksupyörät. | Lastalla | purkki/purkki | 15 | 1 pv | 2,5 pv | 65 | 65 | 500 g |
| Belzona 2121 (D&A Hi-coat elastomer) | Paksukalvoinen elastomeerinen korjausaine pinnoituksiin | Pumpunpesät – ja juoksupyörät, vesiturbiinien ohjaussivellimet. | Lastalla tai jäykällä siveltimellä | purkki/purkki | 15 | 1 pv | 2,5 pv | 65 | 65 | 500 g |
| Belzona 2131 ((D&A Fluid elastomer) | Valettava, elastomeerinen korjausaine pinnoituksiin sekä työstettäviin kohteisiin. | Pumpunpinnoitukset, voimansiirtovaihteet, iskunvaimentajien ja ohjauslaakerien valaminen. | Lastalla tai jäykällä siveltimellä | purkki/purkki | 15 | 1 pv | 2,5 pv | 65 | 65 | 500 g |
| Belzona 2211 (MP Hi-build elastomer) | Kumiosien korjaaminen ja uudistaminen. | Liikuntasaumat, kuljetinhihnat, tiivisteinä, raskaskoneiden renkaiden kyljet, pumput. | Lastalla | 3:1 | 15 | 1 pv | 2 pv | 65 | 65 | 550 g |
| Belzona 2311 (SR elastomer) | Nopeasti kovettuva elastomeerinen tuote kumipintojen korjaamiseen ja uudistamiseen. | Kuljetushihnat, letkut, kumitukset, juoksupyörät, metallin ja kumin yhteenliittäminen. | Lastalla | 1:1 | 3 | 1 h | 2,5 pv | 65 | 65 | 75 g |
| Belzona 2911 (QD conditioner) | Elastomeereilla korjattavan pinnan tiivistysaine. | Pintojen esikäsitteily tartunnan parantamiseksi. | Siveltimellä | Sellaisenaan | | 20 min | | | | 165 g |
| Belzona 8211 (HP anti-seize) | Estää osien kiinnijuuttumisen. Kestää tärinää, korroosiota, kemiallisia aineita ja lämpötilaa 1000 °C saakka. | Sopii kaikille metalleille. Estää muun muassa muttereiden juuttumisen. | Siveltimellä | Sellaisenaan | - | - | - | 1100 | | 500 g |



TUOTETIETO

9.8.1996

BELZONA METALLIEN TYÖSTÖ

Belzona 1111 (Super Metall) ja Belzona 1131 ovat koneallisesti työstettävissä kovettumisen jälkeen.

Belzona-metallin pintaa voidaan tasoittaa jo ennen kuivumista puhtaaseen veteen kastetulla lastalla tai esim. polyeteenikalvolla.

Metallin kovetuttua se voidaan viimeistellä hiomalaikalla tai -kankaalla. Koneistamalla saadaan tasainen pinta seuraavasti:

SORVI

| | |
|----------------|-------------------|
| Leikkuunopeus | enintään 45 m/min |
| Syöttönopeus | |
| - karkea | 1 mm/kierros |
| - hieno | 0,25 mm/kierros |
| Terä | Kovametalliterä |
| Kaltevuuskulma | 3° |
| Poikittaisväly | 3° |
| Etuvällys | 3° |
| Huomautus | Kuivasorvaus |

Akselitoissa sorvaa ensin 125 µm:n päähän lopullisesta halkaisijasta ja tarkista mahdolliset virheet tai ilmakuplat. Avaa nämä vähintään 1,5 mm:n syvyyteen ja täytä Belzona-metallilla. Anna kovettua ennen työstön viimeistelyä. Käytä hienoa smirkeli- tai krookuskangasta viimeisten 50-75 µm:n poistamiseksi ja kiillota lopuksi parhaan pinnan saavuttamiseksi.

JYRSINKONE

| | |
|------------------|-----------------|
| Leikkuunopeus | >520 rpm |
| Poikittaissyöttö | 7-15 cm/min |
| Terä | Pikateräjyrsin |
| Kaltevuuskulma | Normaali |
| Huomautus | Kuivausjyrsintä |

PORAKONE

| | |
|------------------|-------------|
| Kierrosnopeus | >400 rpm |
| Poikittaissyöttö | 15 cm/min |
| Terä | Pikateräs |
| Huomautus | Kuivaporaus |

BELZONA METALLIEN OMINAISUUDET

| Ominaisuus | Testi- menetelmä | h u o m | 1111 Super Metalli | 1131 | 1141 | 1221 Super E-met. | 1311 Ker. R-met. | 1321 Ker. S-met. | 1341 Super- metal- glide | 1391 | 1421 | |
|--|---------------------|------------------|--------------------------|------|------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|------|------|------|
| Puristuslujuus N/mm ² | ASTM D695 | a | 90 | | 80 | 56 | 90 | 90 | 48 | 79 | 25 | |
| | | b | 103 | | | | | | 59 | 100 | | |
| Taivutuslujuus N/mm ² | ASTM D790 | a | 62 | 53 | | 59 | 69 | 69 | 41 | 69 | | |
| | | b | 90 | | | | | | 44 | | | |
| Kovuus Shore D | ASTM D2240 | a | 89 | | 85 | 80 | | | | 84 | 72 | |
| | | b | | | | | | | | 87 | | |
| | | c | | | | | | | | | 85 | |
| | | d | | | | | | | | | 78 | |
| Rockwell | ASTM D785 | | | | | | R104 | | | | | |
| Iskulujuus J/m (lovittamaton) J/m (vastakk. lovitus) | ASTM D256 | | | | | | | | | | | |
| | | a | 70 | | | | | | | | | |
| | | b | 35 | 24 | | | 50 | 50 | 54 | 46 | >109 | |
| Tarttuvuus Vetomurtolujuus N/mm ² - alumiini - messinki - valurauta - kupari - formica - polyester/lasikuitu - ruostumaton teräs | ASTM D1002 | | | | | | | | | | | |
| | | a | 11,2 | | | 11,2 | | | 11,0 | 11,0 | | |
| | | b | 11,5 | | | | 15,7 | 15,2 | | | | |
| | | c | 18,6 | 19,3 | 11,0 | 18,6 | 20,0 | 20,0 | 20,7 | 22,1 | 22,8 | |
| | | d | 11,7 | | | 19,6 | 15,2 | 15,2 | 15,2 | 15,2 | 15,2 | 30,0 |
| | | e | >3,5* | | | | | | | | | |
| | | f | >4,8* | | | | | | | | | |
| | | g | 19,3 | | | | 20,7 | 20,7 | 19,3 | 19,3 | | |

Huomautukset

- a - normaali kovettuminen
b - jälkilämmitys 24 h +100°C
c - +140°C
d - +200°C

Tuotetieto

Monikäyttöinen, veden- ja öljynkestävä korjauskomposiitti

Belzona1831(SuperUW-Metal)onkaksikomponenttinen, piiteräksellä vahvistettu polymeeri – korjauskomposiitti.

Tämä helposti työstettävä pintatiivis tuote syrjäyttää nesteen alusmateriaalista, joten sillä voi huoletta käsitellä märät sekä öljyiset pinnat.

Belzona 1831 (Super UW-Metal):

- Tarttuu lujasti öljyiseen, märkään tai manuaalisesti esivalmisteltuun alustaan
- Kovettuu veden alla
- Yksinkertaistaa huoltotoimenpiteitä
- Eliminoi kalliit varaosakustannukset
- Minimoi seisonta-ajan
- Parantaa turvallisuutta - Ei tulitöitä

Belzona® 1831

Super UW-Metal



Kylmäliitokset



Vuotavien putkien tiivistys



Liitosten tiivistys



Öljyvuotojen korjaukset

Belzona 1831 (Super UW-Metal) käyttökohteina mm.

- Laiturit ym. teräsrakenteet
- Tihkuvat putkistot
- Öljy- ja nestevuodot
- Laippavuodot
- Putkien liitoskohdat
- Putkirikot
- Vuotavat säiliöt
- Kylmäliitokset
- Tiivistys

www.belzona.com

Belzona® auttaa ratkaisemaan korjaus- ja kunnossapitotarpeet.

BELZONA®
Korjaa • Suojaa • Kohentaa

