

Topi Rantanen

Teollisuuslaitteiden kuljetuksen aikainen korroosiosuojaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinöörityö

24.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Topi Rantanen Teollisuuslaitteiden kuljetuksen aikainen korroosiosuojaus
Sivumäärä Aika	34 sivua + 13 liitettä 24.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Suunnittelupäällikkö Janne Tamminen Yliopettaja Kai Laitinen
<p>Opinnäytetyö käsitteli erilaisia menetelmiä teollisuuslaitteiden metallisten osien suojaamiseksi korroosiolta. Työssä käytiin läpi käytössä olevia suojausmenetelmiä, niiden toimivuus sekä vaihtoehtoisten menetelmien periaate ja tehokkuus korroosiosuojana. Tekstissä myös kuvailtiin monipuolisesti korroosioympäristöjen olosuhteita, jotka ovat vallitsevia maa- ja merikuljetuksien aikana.</p> <p>Opinnäytetyön aihe löytyi Rosendahl-Nextrom-firmalta, joka suunnittelee, valmistaa ja myy laitteita ja linjastoja valokuituvalmistajille ympäri maailman. Valokuitukaapelit ovat merkittävässä roolissa tietoliikennepalveluissa.</p> <p>Opinnäytetyö sisältää lyhyen teorian korroosiosta ilmiönä ja sen merkityksestä laitteen suunnittelu-, kokoamis-, kuljetus- ja käyttövaiheessa. Lisäksi selvennettiin, miten korroosiosuojaus on toteutettavissa eri tavoin, miksi korroosiosuojaus on tärkeää ja kuinka suuria tappioita voidaan hyvällä suojauksella välttää.</p> <p>Työhön liittyi laboratorioissa tehdyt empiiriset kokeet, joissa niukkaseosteista ja kuumasinkittyä terästä suojattiin erilaisilla korroosionestoaineilla, jonka jälkeen suoja-aineiden toimivuutta testattiin suolasumutestissä. Havaintojen perusteella pyrittiin työssä löytämään suojausteholtaan paras suoja-aine.</p>	
Avainsanat	korroosio, korroosiosuojaus, kuljetus

Author(s) Title	Topi Rantanen Corrosion protection of devices during transportation
Number of Pages Date	34 pages + 13 appendices 24.5.2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials technology and surface engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Janne Tamminen, Engineering Manager Kai Laitinen, Principal Lecturer
<p>The thesis addressed different methods concerning the corrosion and tarnish protection in metallic parts of industry devices. Some existing protection methods and their functionality were estimated in this project. Other optional protective agents and methods were also considered due to their principle and effectivity as protectors from corrosion. A wide range of corrosive environments during land and marine transports were also described.</p> <p>The subject of this thesis was found by the Rosendahl-Nextrom company, which designs, manufactures and sells devices for optical fiber manufacturers worldwide. Optical fiber cables play a remarkable role in data communication services.</p> <p>This thesis includes a concise account of the theory behind the corrosion phenomenon and explains the importance of corrosion prevention in every step of design, installation, transportation and usage. In addition, the thesis presents the different protection methods, explains their importance and shows the magnitude of the losses avoided by proper protection.</p> <p>The thesis project included empirical laboratory experiments where low carbon steel and hot galvanized steel were handled with various anti-corrosive agents in order to compare the differences in corrosion. On the basis of the observations, an attempt was made to find the best protection agent among the tested substances.</p>	
Keywords	corrosion, corrosion protection, transport

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Korroosion merkitys	2
3	Korroosioreaktio	4
4	Kuljetusten aikaiset olosuhteet	7
4.1	Maakuljetus	7
4.2	Merikuljetus	7
5	Korroosiosuojaus	10
5.1	Elektrodin eristäminen	10
5.1.1	Korroosionestomaalaus	10
5.1.2	Pinnoitus toisella metallilla	11
5.2	Inhibiitit	12
5.2.1	Anodiset inhibiitit	12
5.2.2	Katodiset inhibiitit	13
5.3	Anodinen suojaus	14
5.4	Katodinen suojaus	15
5.4.1	Katodisen suojauksen toteutus	17
5.4.2	Uhrautuvien anodien määrittäminen	18
5.4.3	Sähköisen suojausjärjestelmän määrittäminen	19
5.5	Materiaalin valinta ja metallurgia	19
5.5.1	Ruostumaton teräs	20
5.5.2	Alumiini	21
5.6	Rakenteiden suunnittelu	22
6	Tutkittavat kuljetuksien aikaiset suoja-aineet	23
7	Tutkimusmenetelmät	24
7.1	Suolasumutesti	24
7.2	Koekappaleet	24
7.3	Ruostumisen tarkastelu	26
8	Tulokset ja niiden tarkastelu	26

9	Johtopäätökset	29
10	Lähteet	31

Liitteet

Liite 1. Multilube -käyttöturvallisuustiedote

Liite 2. Dinitrol 77B -manuaali

Liite 3. Zerust Axxanol Spray-G -manuaali

Liite 4. Suoja-aineet ja koelevyt

Liite 5. Suolasumutesti 15 h

Liite 6. Suolasumutesti 37 h

Liite 7. Suolasumutesti 63 h

Liite 8. Suolasumutesti 133 h

Liite 9. Suolasumutesti 180 h

Liite 10. Suolasumutesti 228 h

Liite 11. Suolasumutesti 326 h

Liite 12. Suolasumutesti 350 h

Liite 13. Suolasumutesti 398 h

Lyhenteet

NSS Neutral Salt Spray, neutraali suolasumu. Suolasumutestin olosuhteita kuvaava termi.

NaCl Natriumkloridi eli ruokasuola.

1 Johdanto

Korroosio aiheuttaa suuria pääomatappioita maailmalla joka vuosi. Korroosion haitat voivat olla merkittäviä niin rakenteellisesti kuin esteettisesti. Betonirakenteiden raudoitteiden, siltojen ja muiden tasojen kantavien teräsrakenteiden tai laitteiden liukukiskojen ruostuminen ovat esimerkkejä rakenteen ja toimivuuden kannalta merkittävistä korroosion aiheuttamista ongelmista. Ruokailuvälineiden, ovenkahvojen, koriste-esineiden tai liikennemerkkipylväiden ruostuminen puolestaan ovat esteettisiä korroosion aiheuttamia haittoja. Ruostuminen yleisesti ottaen alentaa teräksen lujuutta ja huonontaa sen mekaanisia ominaisuuksia usein niin paljon, että rakenteet on vaihdettava turvallisuustai muista funktionaalisista syistä.

Usein puhutaan vain teräksen korroosiosta, koska teräs on maailmalla eniten käytetty metallimateriaali niin rakennuksissa, rakennelmissa, teollisuudessa kuin aterimissa ja kulkuvälineissäkin. Suojaamattomana teräs ruostuu nopeasti, joten on tiedettävä, mitä suojaavia aineita teräsmatriisiin tulisi liuottaa ja millainen pinta tai mahdollisesti pinnoite olisi korroosionkeston kannalta optimaalisin. Joskus teräsmateriaalin vaihtaminen rautaa sisältämättömään materiaaliin voi olla järkevin ratkaisu. Tärkeää on myös pitää mielessä metallikappaleen sijoituskohteessa vallitsevat olosuhteet kuten kosteus, ilmankosteus, lämpötila, jännitykset, mahdolliset liikehdinnät sekä aineet, jotka ovat kontaktissa metallirakenteeseen.

Opinnäytetyössä keskitytään laitteiden kuljetuksen aikaiseen korroosiosuojaukseen. Laitteissa on paljon sellaisia suojattavia metallisia osia, kuten laakereita, liukupintoja ja kiskoja, jotka eivät saa ruostua laitteen toimivuuden turvaamiseksi. Toisaalta laitteiden esteettisyyden vuoksi kaikki näkyvä ruoste on epäedullista ja sitä ei toivota missään tapauksessa. Työssä pohditaan, miten mahdollisen ruosteen muodostumista voisi estää tai vähentää tehokkaasti jo laitteen pakkausvaiheessa, mitä materiaaleja tulee käyttää ja mitkä pinnoitteet ovat käyttökelpoisia.

Työ tehdään Rosendahl-Nextrom -yritykselle, jonka päätoimialaa ovat optisen kuidun valmistukseen käytettävien laitteiden ja linjastojen suunnittelu ja valmistaminen. Yrityksen pääkonttori on Sveitsissä, Suomen toimipiste sijaitsee Vantaalla. Yrityksen liikevaihto vuonna 2015 oli 35 031 748 euroa. Asiakaskunta yrityksellä sijoittuu ympäri maailman, mutta suurelta osin Aasiaan optisen kuidun valmistajiin. (1)

2 Korroosion merkitys

Maailmalla korroosion vuoksi aiheutuu miljardiluokan kustannuksia joka vuosi. Pahinta taloudellista tappiota korroosio aiheuttaa sellaisissa kantavissa rakenteissa tai putkistoissa, joissa korroosio ei ole ulkoapäin silmin havaittavissa. Tällöin korroosiolla on mahdollisuus edetä rauhassa ilman, että sitä vastaan suoritetaan suojaavia toimenpiteitä. Tuloksena voi olla putkivuoto putken ruostuessa puhki tai vaikka sillan rakenteen romahtaminen lujuuden alenemisen myötä. Sillan romahtaminen voi aiheuttaa useita kuolonuhreja kuten Silver Bridge -sillan romahdus 15.12.1967 Yhdysvalloissa. Kuvassa 1 Devil's Elbow -sillan rakenteet ovat ruostuneet hyvin voimakkaasti, minkä seurauksena silta ei ole enää turvallinen käyttää. (2; 3; 4; 5.)



Kuva 1. Devil's Elbow Bridge, Missouri, Yhdysvallat. Sillan rakenne on ruostunut puhki. (4)

Rauhalahden kylpylän uimaosaston välikatto romahti kylpylän aukioloaikana 4.9.2003 (Kuva 2). Loukkaantumisilta kuitenkin vältyttiin, sillä ketään ei jäänyt romahtaneen rakenteen alle. Syynä romahtamiseen oli ripustimien altistuminen jännityskorroosiolle. (6, s. 3–4.)



Kuva 2. Rauhalahden kylpylän uimaosaston välikatto 4.9.2003 (6, s. 4).

Korroosio aiheuttaa myös teollisuudessa suuria tappioita, kun toimitettavien laitteiden osat pääsevät ruostumaan jo kuljetuksen aikana. Varsinkin laivakuljetuksien aikana materiaalit altistuvat suolavedelle ja kostealle ilmalle, paikasta riippuen myös trooppiselle ilmastolle. Korroosion aiheuttama haitta voi olla tällöin esteettistä tai laitteen toimivuutta häiritsevää. Kuvissa 3 ja 4 on esimerkit kyseisen kaltaisista tilanteista.



Kuva 3. Optisen kuidun kuitutornin hihnapyörät ovat alumiinia ja niihin on päälle asennettu teräslaippa. Voimakasta ruostetta on näkyvissä kyseisessä osassa sekä ruostumattomasta teräksestä valmistetun akselin päässä. Haitta on toistaiseksi esteettinen. (7.)



Kuva 4. Laakerit ovat ruostuneet. Haitta on toiminnallinen. (7.)

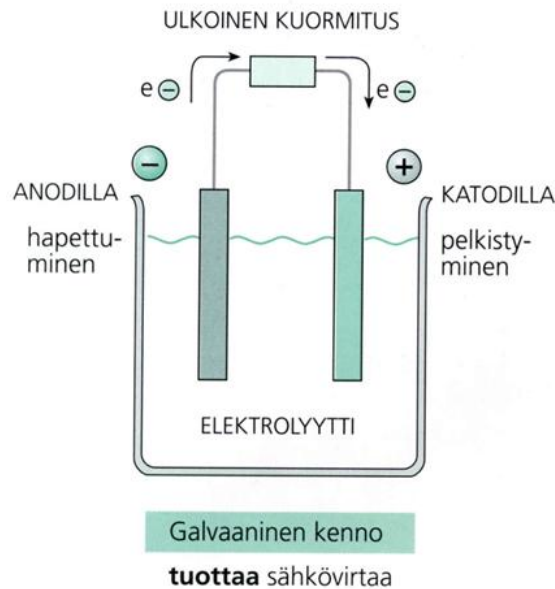
Korroosion aiheuttamat riskit ja kustannukset ovat niin mittavat, että materiaalit kannattaa suojata korroosiolta. Suojauskustannukset tulevat pitkällä aikavälillä edullisemmaksi kuin suojaamattomien rakenteiden kunnostus ja uusiminen. Korroosion estämiseksi pyritään poistamaan vähintään yksi korroosion edellytyksistä (luku 3, Korroosioreaktio). Suunnittelemalla rakenteet siten, että ne eivät pääse kastumaan tai vesi pääsee valumaan niistä pois, voidaan vähentää korroosion riskiä. Aiheesta löytyy tarkempaa tietoa luvusta 5.6.

3 Korroosioreaktio

Korroosioreaktiossa yleensä veteen liunneen hapen vaikutuksesta metalli hapettuu eli luovuttaa elektronejaan muuttuen ionisidoksellisiksi metalliyhdisteiksi sähkökemiallisessa prosessissa. Reaktio on hapettumis-pelkistymisreaktio, sillä metallin hapettuessa reaktioon osallistuvan jonkin toisen aineen on pelkistytävä eli otettava hapettuvan metallin elektronit vastaan. Oksidien lisäksi hapettumisen yhteydessä metallit saattavat muodostaa mm. karbideja, nitriittejä tai sulfaatteja. (8, s. 8–23.)

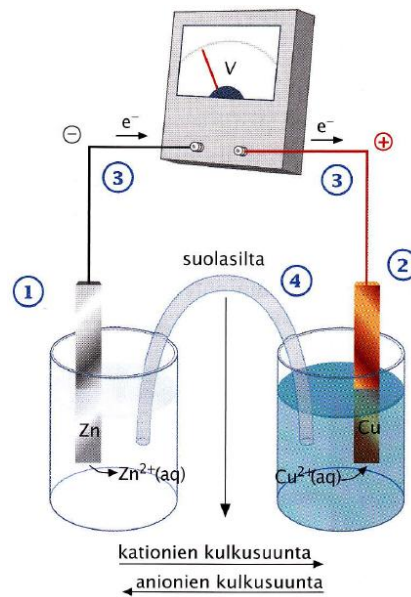
Korroosio vaatii aina seuraavat elementit (kuva 5): anodialue, katodialue, sähköä johtava kontakti näiden välillä sekä sähköä johtava liuos eli elektrolyytti, joka yksinkertaisimmillaan voi olla esimerkiksi ruokasuola NaCl:n vesiliuos. Pelkästään yksittäisellä metallikappaleella on jo anodi- ja katodialueet sekä sähköinen yhteys niiden välillä. Jos jokin näistä elementeistä puuttuu, korroosioreaktiota ei tapahdu. Lisäksi korroosioreaktio vaatii reaktiolle tarpeellisen minimilämpötilan, mutta lämpötilan laskemista ei pidetä

varsinaisena korroosionestomenetelmänä, sillä korroosiota tapahtuu hyvin matalissakin lämpötiloissa. Lämpötilan noustessa reaktionopeus kasvaa eksponentiaalisesti. (8, s. 23; 2, s. 1.)



Kuva 5. Kuvassa Galvaaninen kenno, josta nähdään kaikki korroosioon vaadittavat elementit (8, s. 23).

Koska reaktioon liittyy sähköisten hiukkasten kuten elektronien ja ionien liikettä ilman ulkoista virtalähdettä, reaktio tuottaa sähkövirtaa. Korroosioreaktiossa toimii yhtäaikaista kaksisuuntaista etenevää reaktiota, anodi- ja katodireaktio. Esimerkiksi Daniellin parina tunnetussa galvaanisessa kennossa on kytkettynä toisiinsa sinkki- ja kuparilevyt elektrolyytissä (kuva 6), jossa anodireaktiossa sinkki hapettuu ja liukenee elektrolyyttiin ionimuodossa, katodireaktiolla kupari-ioni pelkistyy kuparimetalliksi kuparikatodin pintaan. Suolasilta estää liuosten sekoittumisen ja tasapainottaa sähkövarausta. (8, s. 47.)



Kuva 6. Daniellin pari tai Daniellin kenno. Metallien välisen potentiaalieron vuoksi tapahtuu hapettumis-pelkistymisreaktio, jossa syntyy sähkövirtaa. Suolasilta mahdollistaa ionien liikkeen liuosten välillä. (8, s. 47.)

Mitä kiivaammin molemmat reaktiot käyvät, sitä nopeampaa korroosio on. Korroosionopeus riippuu korroosiovirran I suuruudesta suhteessa elektrodin pinta-alaan. Tätä suuretta kutsutaan korroosiovirrantiheydeksi. Mitä suurempi korroosiovirrantiheyden arvo on, sitä nopeampaa on korroosioreaktio eli anodin liukeneminen. Korroosionopeuden määrittää viimekädessä systeemin tapahtumien nopeus eli polarisaatio. Varausensiirron hitaus kertoo elektronien luovutus-, kulku- ja vastaanottonopeudesta. Aineensiirron hitaus määrittää, kuinka nopeasti ionit liikkuvat elektrolyyttiliuoksessa ja kuinka kauan pelkistymisreaktio katodin pinnalla kestää. (8, s. 89–91.)

Kaikki korroosioreaktiot jakavat samat yleisperiaatteet, mutta korroosiotyyppien jako syntyperusteella voi olla tarpeen, kun etsitään syytä tai suojausmenetelmää erilaisille korroosiotapauksille. Korroosiotyyppejä ovat yleinen korroosio, galvaaninen korroosio, pistekorrosio, rakokorroosio, raerajakorroosio, jännityskorroosio, korkealämpötilakorrosio, eroosikorrosio, mikrobiologinen korroosio, hiertymiskorroosio ja valikoiva liukeneminen. Kuljetuksen aikana materiaaleihin iskevät korroosiot rajoittuvat pääosin yleiseen, piste-, rako- ja mahdollisesti jännityskorroosioon. Myös raerajakorroosiota saattaa ilmetä hitsatuissa kappaleissa. (9, s. 1.)

4 Kuljetusten aikaiset olosuhteet

4.1 Maakuljetus

Rekkakuljetuksen aikana pakatut laitteet altistuvat tärinälle. Kaikkien osien tulee olla tukevasti kiinni, jotta osien välillä ei ilmenisi merkittävää värähtelyä, joka voi johtaa materiaalin tai pinnoitteen paikalliseen kulumiseen. Adhesiivista eli tartuntakulumista voi esiintyä pintojen välillä, jotka liikkuvat toisiaan vasten kohtisuorassa kontaktikulmassa tai hankautuvat toisiaan vasten. Adhesiivisen kulumisen yhteydessä kappaleiden väliin syntyy pieniä irtopartikkeleita, jotka alkavat kuluttaa pintoja abrasiivisesti eli hioen. Tuloksena voi olla lohkeamia ja naarmuja. (10, s. 10–12.)

Passivoituvien metallien ohut oksidikalvo ja kuumasinkityn teräksen sinkkipinnan pienet naarmut korjaantuvat itsestään; ruostumattoman teräksen ja alumiinin oksidikalvo uusiutuu, mikäli läsnä on happia ja kuumasinkityn pinnan pintaviat, ohuiden kuumasinkityjen tuotteiden porausreiät ja leikkausreunat korjaantuvat sinkin kuroutuessa sähkökemiallisesti vikakohtassa. Lisäksi sinkillä suojatun pinnan ala on moninkertainen pieeniin suojaamattomiin koneistettuihin anodialueisiin nähden, jolloin on mahdollista todeta suojauksen olevan tarpeetonta näiltä osin. (11, s. 2; 12, s. 2; 13, s. 1, 5, 12–13.)

Pintaviat kuitenkin saavat pinnan epätasaisemmaksi, jolloin metallin pinnalla syntyy normaalia suurempia eroja muun muassa lämpötilan, kosteuden ja potentiaalien suhteen. Tällöin korroosion todennäköisyys kasvaa huomattavasti. Naarmut maalissa altistavat maalatun pinnan ympäristön kosteudelle. Passivoituissa tai muuten suojatuissa metallikappaleissa mahdollisesti löytyvä korroosio onkin usein sijoittunut vikakohtaan.

Suomen ilmastossa alhainen ilman kosteus ja lämpötila kesän ja talven aikana eivät kuljetuksen lyhytkestoisuuden vuoksi voimista korroosiota merkittävästi. Kondensoitumisen riski kuitenkin on aina. (7.)

4.2 Merikuljetus

Meri-ilmastoon kosteus ja arvaamaton merenkäynti on laitteiden vaurioitumisen kannalta pahin uhka ennen kaikkea kappaleiden suuren ruostumisriskin takia. Merenkäynti on usein hyvin vaihtelevaa tyynen ja aurinkoisen sekä myrskyisän ja sateisen sään välillä.

Laivan heiluessa on erityisen tärkeää, että laitteet pysyvät tukevasti paikoillaan eivätkä kolhi toisiaan. Suurien aaltojen vesipärskeet kannelle sekä suuri ilmankosteus asettavat konttien ja pakkausten vesitiiveyden koetukselle. (7.)

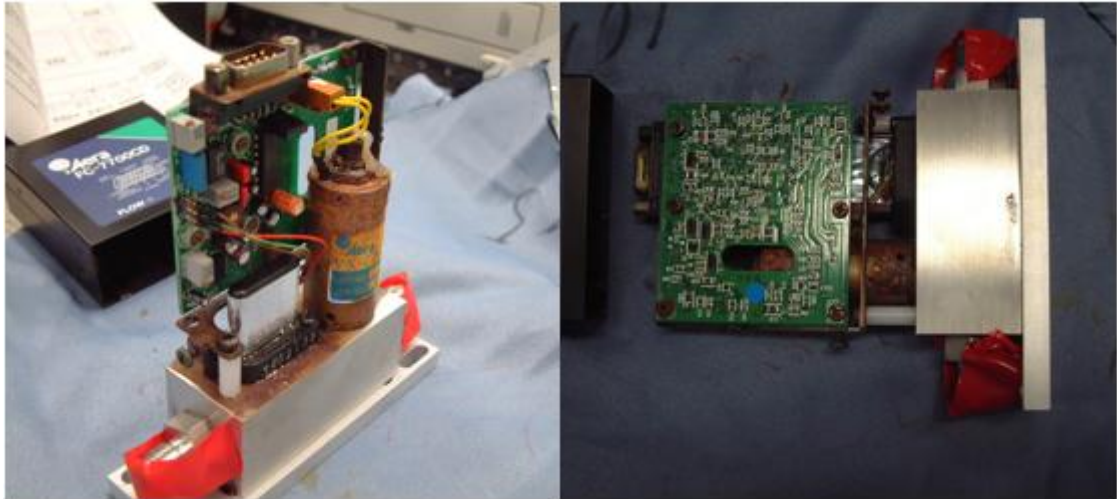
Kuljetus Suomesta esimerkiksi Aasiaan käsittää neljästä kuuteen viikkoa kestävästä laivamatkan ja lisäksi kahdesta neljään viikkoa jonotusta tullissa. Kokonaisaika, jonka laite viettää kuljetuspaketissa, voi siis olla kuudesta viikosta jopa kymmeneen viikkoon. Merivesiroiskeet, kondensaatiopisarat, ilman kosteus ja tropiikin lämpötilat luovat otolliset olosuhteet korroosiolle. (7.)

Aallon pärskeissä vesi pilkkoutuu mekaanisesti mikropisaroiksi, jotka voivat kulkeutua konttien ovenraoista kontteihin sisään. Tällaiset mikropisarot sisältävät meren suolaisuutta, toisin kuin ilman kosteus itsessään. Kloridit merivedessä ovat erityisen haitallisia alumiinille, teräkselle ja jopa ruostumattomille teräksille, joihin kloridipitoinen ympäristö voi aiheuttaa pistesyöpymää. (7; 14.)

Vielä tullissa odottaminenkin edesauttaa korroosion etenemistä laitteiden osissa. Mahdollisesti kastuneet pinnat eivät pääse kuivumaan pakkauksien vuoksi. Ilman kosteuden kondensoituminen sähkökaappien sisällä tai mikropiirilevyjen pinnalle on usein kohtalokasta, sillä näitä osia ei voida juurikaan käsitellä pakkauksivaiheessa korroosiosuoja-aineilla. Ilman suhteellinen kosteus ylittää usein 40 % lämpötilojen ollessa 20–35 °C kesän kuukausina (Kuva 7). Jo nanometrien suuruinen korroosioalue sähköisissä komponentissa voi estää laitteen normaalin toiminnan (Kuva 8). Usein näin pientä korroosioaluetta ei pystytä edes jäljittämään (3, s. 1).



Kuva 7. Ilmastodiagrammi, Peking, Kiina, 7/2015. Lämpötila iltapäivällä keskimäärin n. 30 °C astetta ja yöllä n. 22 °C. Ilmankosteus 32 %. (15)



Kuva 8. Laitteiden sähkö-, mikropiiri- ja virtalähdeosissa on havaittavissa korroosiota. Osia ei voi juurikaan suojata korroosiolta, sillä osien on oltava puhtaita ja suoja-aineen poisto on hankalaa. (7)

Laivareitillä voidaan vaikuttaa kuljetusaikaan merkittävästi. Aasiaan kuljetusta ajatellen pääreittejä on kaksi: Suomesta Hampurin sataman kautta Suezin kanavalle ja sieltä kohteeseen tai Koillisväylä, joka kulkee Jäämereltä Tyynelle valtamerelle Venäjän pohjoispuolelta. Esimerkiksi Suomesta Shanghaihin Suezin kanavan kautta kuljetus kestää 39 päivää, mutta jos lähdetään Kirkkoniemien satamasta Shanghaihin Koillisväylää pitkin, rahti kulkee perille 21 päivässä. (16, s. 17–18.)

Taloudellisesti Koillisväylä on kannattavampi vaihtoehto, kun huomioidaan lämpötila ja kuljetusaika. Vaikka pintojen kostumiseen vaikuttavat suhteellinen kosteus ja kastepiste, kylmässä ilmassa on vähemmän absoluuttista kosteutta ja viileä ympäristö hidastaa korroosiota. Lisäksi korroosion vapaa etenemisaika on 18 päivää lyhyempi. Myös merenkäynti on vakaampaa pohjoisella merialueella, jossa suurien ilmassojen lämpötila ja kosteuserot ovat homogeenisempiä kuin trooppisella vyöhykkeellä. Erityyppisten ilmassojen kohdatessa syntyy voimakkaita tuulia ja sateita. Lisäksi kauempana päiväntasaajasta ilman sumuveden osuus on vähäisempi. (17.)

5 Korroosiosuojaus

5.1 Elektrodin eristäminen

Anodilla tapahtuu hapettuminen. Hapettuminen eli metallin liukeneminen elektrolyyttiin voidaan estää, kun eristetään anodi elektrolyytistä pinnoituksen avulla. Pinnoite useimmiten on joko metallinen pinnoite, kuten sinkitty tai kromattu pinta tai maalipinta. Anodimateriaalin eristämässä tärkeintä on, että eristävän kerroksen ja materiaalin väliin ei jää elektrolyyttiä, joten eristettävä materiaali tulee esikäsitellä huolellisesti ja pitää pinnat puhtaana ennen pinnoitusta ja sen aikana. (18, 1.)

Myös katodi voidaan eristää samoilla tavoin pinnoittamalla, jolloin katodireaktio estyy. Toinen tapa estää katodireaktio on poistaa hapetin kuten happi elektrolyytistä. Yleisin tapa poistaa happi vedestä on astian alipaineistaminen ja mahdollisuuksien mukaan kiehattaminen tai paineiden pudotus niin alas, että vesi alkaa kiehua. Veden kiehuessa hapen liukoisuus veteen on lähes nolla. (18, 2.)

5.1.1 Korroosionestomaalaus

Korroosionestomaalauksessa suojattava pinta käsitellään kauttaaltaan korroosionestomaalilla. Korroosionestomaalit voidaan jakaa samalla tavalla kuin muutkin maalit liuotepohjaisiin ja vesipohjaisiin maaleihin, joista liuoteohenteisten maalien korroosionsuojaominaisuudet ovat toistaiseksi tehokkaammat.

Korroosionestomaaleissa korroosiota estävät ja hidastavat tekijät voidaan jakaa passiivointiin, katodiseen suojaukseen ja eristämiseen. Passivointi toteutetaan inhibiiteillä, joita ovat esimerkiksi sinkki-, barium-, lyijy- tai natriumyhdisteet. Niiden passivoiva toiminta perustuu suojaavan kerroksen muodostamiseen metallin pinnalle. Katodisessa suojauksessa maaliin on sekoitettu sinkkijauhetta, joka elektrolyytin kanssa kosketuksessa toimii uhrautuvana anodina ja siten estää rakenteen syöpymisen. Eristämisellä pyritään estämään elektrolyytin ja metallin kontakti. Jo pelkästään hyvin tiivis ja hydrofobinen maalikalvo toimii hyvänä suojana korroosiolta. (19, s. 29 – 30.)

Yleisesti kaikkia metalleja, joita halutaan suojata, voidaan maalata korroosionestomaalilla. Yleisimmät maalattavat materiaalit ovat teräs, ruostumaton teräs ja alumiini. Ruos-

tumaton teräs kestää erittäin hyvin korroosio-olosuhteita jo itsessään, mutta sillä on taipumusta pistekorroosiolle kloridipitoisessa ympäristössä, esim. merivedessä. Jos ruostumaton teräs on liitetty tavalliseen teräkseen tai jos kappaleen päälle on vaarana valua ruosteista vettä, ruostumaton teräskin kannattaa maalata. (20.)

Alumiini muodostaa tiiviin syöpymiseltä suojaavan oksidikalvon jo yksinään, mutta oksidikalvo saattaa tummua menettäen kiiltonsa sekä hilseillä ankarissa olosuhteissa. Tämän takia alumiinikappaleidenkin korroosionestomaalausta kannattaa harkita.

Mikäli kuumasinkitty pinta maalataan, saadaan erittäin hyvin korroosiota kestävä pinta, joka on myös helpompi pitää puhtaana kuin kuumasinkitty pinta yksinään. Tällaista käsittelyä kutsutaan duplex-käsittelyksi. Duplex-käsittely voi olla tarpeen, kun kohteessa voi ilmetä galvaanisen korroosion riski tai jos ympäristö on erittäin syövyttävä, kuumasinkitty kappale on hyvin ohut tai kunnossapitoon ja putsattavuuteen nähdään erityinen syy. On huomioitava, että duplex-teräs ei tarkoita samaa asiaa kuin duplex-käsittely. (21, s. 2.)

5.1.2 Pinnoitus toisella metallilla

Sinkin suojaava vaikutus perustuu sinkin kykyyn hapettua helposti eli toimia uhrimetallina varsinaiselle rakenteelle. Kulumisesta huolimatta sinkitty pinta kestää varsin pitkään ulkoilmassa ja jopa merivesissä, koska katodireaktio sinkin pinnalla on äärimmäisen hidaskäyttäytymisenä verrattuna jalomman teräksen pinnalla tapahtuvaan pelkistymiseen. Saasteiden hapattamia olosuhteita alumiini kestää sinkkiä paremmin. Sinkki on melko edullinen metalli, minkä vuoksi se on suosittu materiaali teräksen pinnoituksessa. (11.)

Sähkösinkitys tuo teräkselle erinomaisen korroosionkeston, ja pinta säilyy kiiltävänä. Sähkösinkitty pinta on helpohko pitää puhtaana, ja sen kerrospaksuus (5–40 µm) on kuumasinkitystä ohuempi. Päälystys tapahtuu elektrolyysin avulla sinkitysaltaassa, jossa sinkki-ionit pelkistyvät pinnoitettavan kappaleen pintaan. Pinnoitettavan pinnan on oltava yksinkertaisen muotoinen, sillä sähkökenttään tulee häiriöitä aina pinnan epäjatkuvuuskohdissa, kuten terävissä kulmissa, kuopissa ja rei'issä, minkä vuoksi sinkki-ionit eivät välttämättä kulkeudu tasaisesti kappaleen pinnalle. (22.)

Kuumasinkityksessä kappale upotetaan sulaan sinkkiin, jolla saadaan huomattavasti paksumpi suojaava kerrospaksuus kappaleelle (60–150 µm). Noin 460 °C:n lämpöinen

sinkki reagoi teräksen kanssa muodostaen yhdisteitä. Pintaan jää kuumasinkitylle pinnalle ominaisia erisävyisiä laikkuja, jotka johtuvat kerroksen erilaisesta faasikoostumuksesta. Pinnoite ei ole metallin kiiltävä siinä määrin kuin sähkösinkitty pinta, vaan tummempi ja harmaampi. Sinkin suojaava vaikutus on suoraan verrannollinen sen kerospaksuuteen. (23.)

Teräksiä myös kromataan, mikäli halutaan säilyttää esteettinen ja kaunis metallin kiilto yhdistettynä hyvään korroosionkeston. Teräskappaleiden kromaus tapahtuu samoin kuin sähkösinkitys, sähkökemiallisesti, mutta ennen kromausta teräkselle annetaan elektrolyysissä kiiltoonikkelipinta. Kiiltoonikkelin pinta on melko kova ja korroosiota kestävä, mutta se tummuu ajan saatossa nopeasti ja sen suurin tarkoitus on parantaa adheesiota päällimmäiseksi tulevalle kromipinnoitteelle. Kromi tuo pinnoitetulle kappaleelle mainittavan hyvän korroosionkeston sekä kirkkaan ja kovan, kulutusta kestävä pinnan. (24, s. 1, 6–8.)

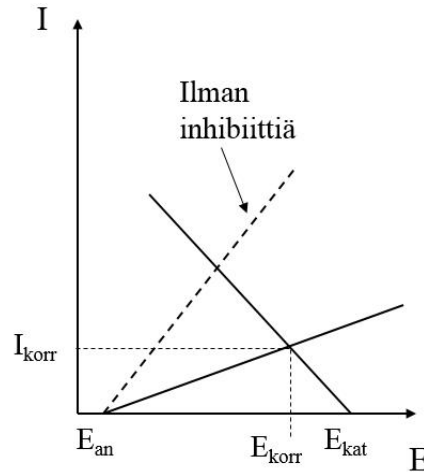
5.2 Inhibiitit

Inhibiitti on aine, jolla pystytään hillitsemään reaktioiden kulkua. Inhibiitti on siis katalyytin vastakohta. Korroosiosuojauksessa inhibiiteillä on tarkoitus hidastaa korroosioreaktioita ja oikealla annostelusuhteella jopa estää korroosio. Inhibiittien reaktiota hidastava vaikutus perustuu siihen, että ne alentavat korroosiovirtaa systeemissä. Inhibiittejä on esimerkiksi hapettavia, kalvonmuodostaja ja adsorptioinhibiittejä. Hapettavat inhibiitit muodostavat passiivikalvon ilman hapen läsnäoloa, kun taas muut inhibiitit toimivat ainoastaan olosuhteissa, joissa happea on liuenneena elektrolyyttiin. (25, s. 42.)

5.2.1 Anodiset inhibiitit

Tavallisesti inhibiitit ryhmitellään anodisiin ja katodisiin inhibiitteihin sen perusteella, kumpaa reaktiota niiden on tarkoitus hidastaa. Anodiset inhibiitit hakeutuvat anodin pinnalle muodostaen suojaavan passiivikalvon. Passiivikalvo pienentää anodista virtaa, koska kalvon muodostuessa anodin pinta-ala pienenee, jolloin anodireaktio hiipuu. Anodipinnan on kuitenkin liuettava sen verran, että passiivikalvo saadaan muodostuneeksi. Siksi anodiset inhibiitit kasvattavatkin korroosipotentialia (Kuva 9). Tyypillisiä anodisia inhibiittejä ovat voimakkaat hapettimet, kuten kalsiumnitriitti ja kromaatit.

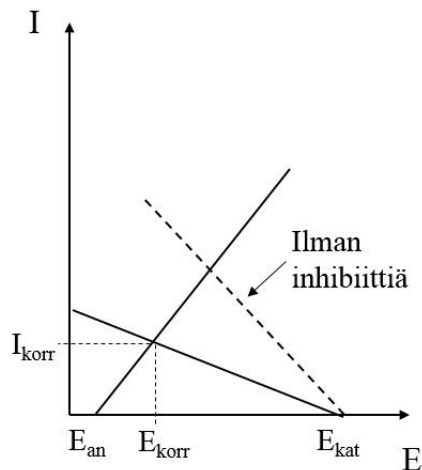
Anodisia inhibiittejä käytettäessä annostelun on oltava tarkkaa. Liian pienenä annostuksena inhibiitti voimistaa paikallisesti korroosioreaktiota, koska vähäinen määrä inhibiittiä muodostaa passiivikalvon pienelle osaa suojattavaa anodipintaa. Tällöin virrantiheys suojaamattomilla anodipinnoilla kasvaa suureksi ja anodi syöpyy pistemäisesti. (25, s. 42 – 44.)



Kuva 9. Anodisen inhibiitin vaikutus polarisaatiokäyrään. Korroosipotentiaali nousee ja korroosiovirta laskee. (25, s. 47.)

5.2.2 Katodiset inhibiitit

Vastaavasti katodiset inhibiitit hakeutuvat katodipinnoille, jolloin ne pienentävät katodista pinta-alaa ja pienentävät katodista virrantiheyttä laskien korroosipotentiaalia (Kuva 10). Katodisten inhibiittien annostelu ei vaadi samanlaista tarkkuutta kuin anodisten inhibiittien annostelu. Liian pienellä pitoisuudella saavutetaan vain hieman odotettua voimakkaampaa korroosiota. Yleisesti käytettäviä katodisia inhibiittejä ovat kalsiumkarbonaatit ja polyfosfaatit. (25, s. 44 – 45).



Kuva 10. Katodisen inhibiitin vaikutus polarisaatiokäyrään. Korroosipotentiaali ja korroosiovirta laskevat. (25, s. 47.)

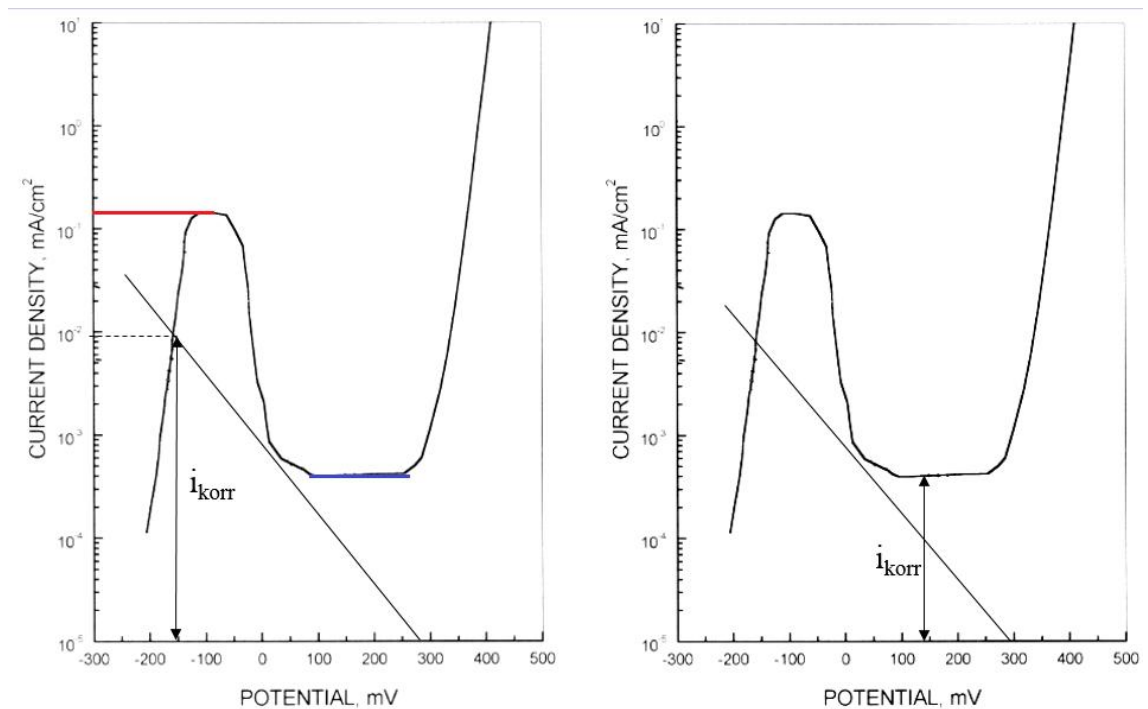
Kuljetuksien aikaisena inhibiittisuojausena ovat yleisesti käytössä muoviset tai paperiset inhibiittikalvot, jotka asennetaan pakattavan tavarän ympärille sekä roiske- että kontaktisuojaiksi. Kalvon sisäpinnalla olevat inhibiitit haihtuvat pakkauksen sisälle ilmaan muodostaen kappaletta korroosiolta suojaavan pienenilmaston. Tällaiset VCI-metodiin perustuvat kaasufaasi-inhibiitit muodostavat suojaavan molekyylikalvon tavarän pinnalle. (26, s. 2 – 4.)

5.3 Anodinen suojaus

Anodinen suojaus perustuu passiivikalvon muodostamiseen suojattavan kappaleen pinnalle. Suojaava kalvo muodostuu, kun anodia polarisoidaan eli poikkeutetaan tasapainopotentiaalista ulkoisen virtalähteen avulla anodiseen positiiviseen suuntaan. Tällöin kappaleen syöymisnopeutta kasvatetaan, jolloin muodostuu hyvin tiivis ja kiinni pysyvä suojaava passiivikalvo. Anodinen suojaus toimii vain passivoituvilla metalleilla, kuten hiiliteräksillä, ruostumattomilla teräksillä, alumiinilla ja titaanilla. (19, s. 34 - 36.)

Polarisaatiokäyrällä potentiaalin tulisi asettua passiivialueen keskelle, jossa sitä pyritään pitämään potentiostaatin avulla (Kuva 11). Potentiaalia seurataan vertailuelektrodin avulla, joka on kytketty samaan systeemiin ja elektrolyyttiin. Passivointi tarvitsee usein paljon suuremman virransyötön kuin passiivikalvon ylläpito. Tämä johtuu siitä, että passiivialueelle pääseminen vaatii kriittisen virrantiheyden ylittämistä. Mikäli poten-

tiaali ei pysy passivaatioalueella, tuloksena voi olla voimakas syöpyminen ilman passiivatiota. (19, s. 34 – 36.)



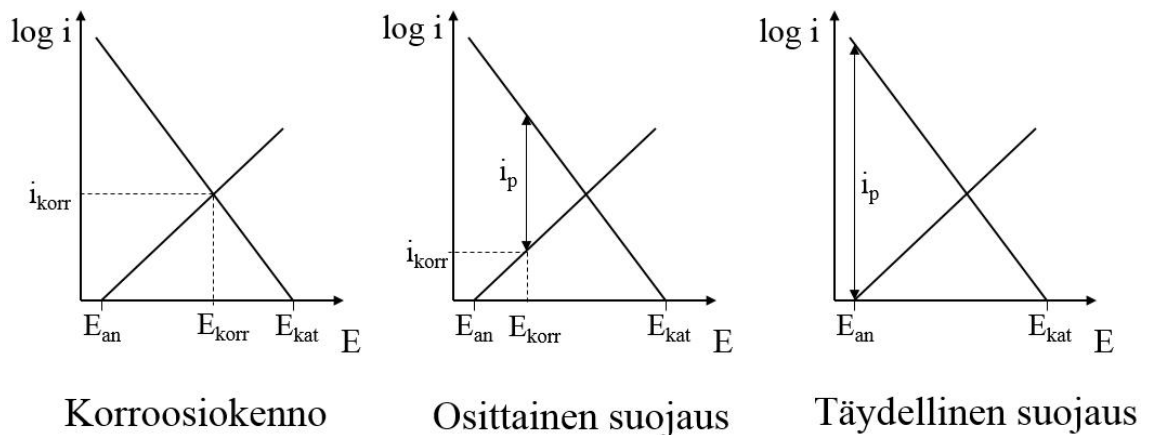
Kuva 11. Kriittinen virrantiheys on merkitty punaisella. Passiivialue on merkitty sinisellä. Kuvista havaitaan, että korroosiovirrantiheys on huomattavasti alhaisempi passiivialueella. (25, s. 31, värilliset viivat lisätty.)

Kun kriittinen virrantiheys on ylitetty ja passiivialue saavutettu, anodinen suojaus on teoriassa onnistunut. Potentiaalia on kuitenkin seurattava ja korjattava, jotta passiivialueella pysyttäisiin koko suojauksen ajan.

5.4 Katodinen suojaus

Katodisella suojauksella anodimateriaalin syöpyminen pyritään estämään käynnistämällä toinen anodireaktio, jolloin anodimateriaalin potentiaalia lasketaan katodiseen suuntaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että systeemiin liitetään toinen anodi, joka syöttää virtaa suojattavalle metallille, jolloin anodireaktio eli liukeneminen pysähtyy. Liitetty anodi voi olla joko liukeneva uhrianiodi, kuten terästä suojattaessa esimerkiksi sinkkielektrodi, tai liukenematon anodi, jolloin systeemi vaatii toimiakseen ulkoisen virtalähteen (Kuva 13). Virtalähteenä voi toimia esimerkiksi potentiostaatti tai muu tasavirtalähde. (19, s. 31.)

Katodisessa suojauksessa anodin syöttämää virtaa kutsutaan suojavirraksi. Suojavirrantiheyden tulee olla suurempi kuin korroosiovirrantiheys suojattavassa kohteessa, koska liitetyn anodin on pystyttävä tuottamaan katodireaktion tarvitsemat elektronit (Kuva 12). Kun anodi syöttää elektroneja rakenteeseen, rakenne ei pääse liukenemaan ja kappale on suojattu. Kuten mainittu, systeemi vaatii toimiakseen sen, että molemmat elektrodit on sijoitettu samaan elektrolyyttiin. Esimerkiksi teräksiset maaperään upotetut ulkopinnalta katodisesti suojatut putket eivät saa suojavirtaa putken sisäpinnalle, sillä sisäpinnan ja ulkopinnan elektrolyytit putki erottaa toisistaan. (19, s. 31 – 34.)



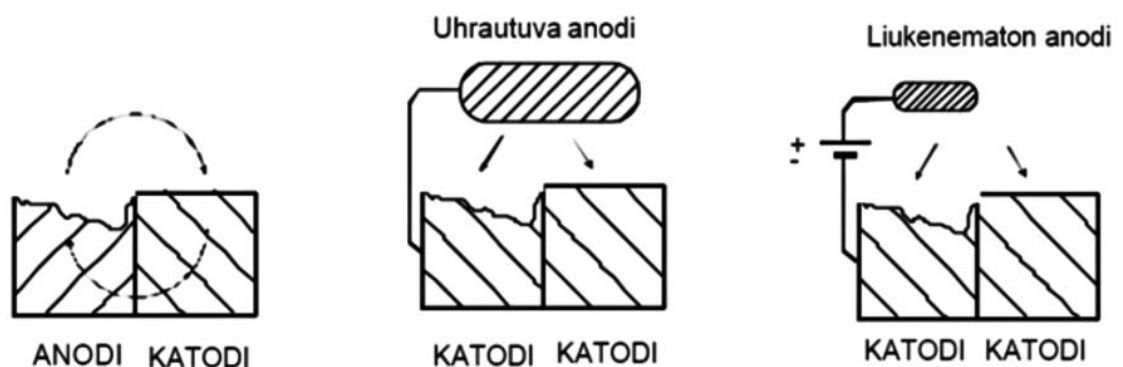
Kuva 12. Suojavirrantiheyden i_p suuruus. Vasemmalla on korroosiokenno, jossa anodi- ja katodireaktiot ovat asettuneet tasapainoon. Keskimmäisessä kuvassa systeemiin syötetään suojavirtaa, jonka tiheyden suuruus alentaa korroosiovirrantiheyttä, mutta estää puutteellisesti anodireaktion etenemisen. Oikealla suojavirrantiheys on tarpeeksi suuri, sillä korroosiovirtaa ei enää ole ja korroosiota ei tapahdu. (18, s. 12.)

Katodinen suojaus ei vaadi aivan samanlaista tarkkuutta kuin anodinen suojaus. Potentiaalinen muutos negatiiviseen suuntaan hidastaa aina korroosiota, joten vaikka suojavirrantiheys ei olisi tarpeeksi suuri, korroosionopeus hidastuu siitä huolimatta. Liiallisella virransyötöllä toisaalta voidaan saada potentiaali niin alas, että saavutetaan vedynkehitysalue. Tällä alueella vedessä alkaa muodostua vetykaasukuplia, jotka vaurioittavat rakenteiden pinnoitteita, kuten maalikalvoja, pinnoitteen alla muodostuvan kaasun vaikutuksesta. Lisäksi vety voi aiheuttaa lujissa teräksissä vetyhaurautta. Katodisen suojauksen toiminta-alue on siis suojapotentiaalinen ja vedynkehityksen alkupotentiaalisen välillä. Kaikilla metalleilla ei ole kuitenkaan ylisuojauksen vaaraa. (19, s. 31 – 34.)

Materiaalirajoituksiakaan ei katodinen suojaus aseta, vaan kaikkia perus metalleja voidaan suojata tällä tavalla. Mikäli rakenne on pinnoitettu, tarvittava suojavirta on paljon

pienempi, koska pinnoitus pienentää suojattavaa pinta-alaa. Suojavirran kulutus on suurta, kun yritetään suojata suuria pinnoittamattomia kappaleita sellaisessa elektrolyytissä, jonka liuosvastus on suuri. (19, s. 31 – 34.)

Varsinaiseksi ongelmaksi saattaa syntyä anodimateriaalin valinta. Anodimateriaalit voivat passivoitua tietyissä olosuhteissa, jolloin ne eivät toimi suojauksessa. Esimerkiksi sinkki voi passivoitua, kun pH on yli 8 tai lämpötila yli 60 °C. Alumiinianodit toimivat hyvin valtamerivesissä, mutta makeassa ja murtovedessä nekin saattavat passivoitua, jolloin ne voidaan korvata magnesiumanodeilla. Mikäli kupariosia halutaan katodisesti suojata uhrautuvalla anodilla, materiaalina on rauta. (18, s. 19.)



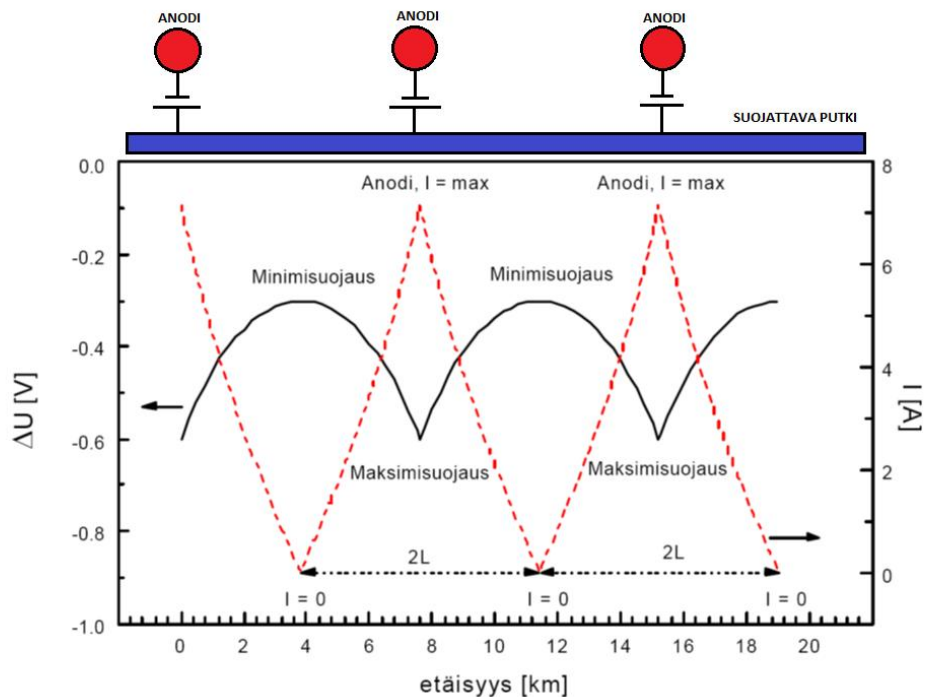
Kuva 13. Katodinen suojaus. Huomaa, että vasemman puoleinen katodi on entinen anodi, joka suojauksen yhteydessä muuttuu toiseksi katodiksi. (18, s.18.)

Mikäli nähdään tarpeellisena, katodinen suojausjärjestelmä voidaan koota liukenevien ja liukenemattomien anodien yhdistelmänä. Tästä on hyötyä esimerkiksi silloin, jos virtalähteellä toimivaan katodiseen suojaukseen tulee häiriö. Lisäksi uhrautuvat anodit syöttävät systeemiin lisävirtaa suojauksen alkuvaiheessa, jolloin suojavirtaa kuluu eniten. Yhdistelmäsuojauksessa uhrautuvat anodit toimivat kuitenkin tukena ulkoiselle virtalähteelle, jolla katodinen suojaus on ensisijaisesti toteutettu. (18, s. 55.)

5.4.1 Katodisen suojauksen toteutus

Tehdäänkö suojaus sitten liukenevalla tai liukenemattomalla anodilla, suojavirta ei ole kappaleen kaikissa paikoissa sama. Virta kulkee sieltä, missä vastus on pienin, ja yleensä tämä vastaa lyhyintä reittiä anodilta katodille. Tästä johtuu, että kaikkialle rakenteeseen ei saada samaa virrantiheyttä eikä potentiaalia. Mitä kauemmas katodiliitäntästä siirrytään, sen enemmän potentiaali nousee korroosipotentiaalia kohti, koska

kauempana anodista virrantiheys on pienempi. Käytännössä potentiaali saa vielä vaihdella 100 ja 200 mV:n välillä. (18, s. 31.)



Kuva 14. Kuvassa on esitetty teoreettinen virranjakauma katodisesti suojatussa putkessa. Kuvassa minimisuojauksessa suojavirta käy nollassa, kun ollaan kahden anodin puolivälissä. (18, s. 33, kuvaan lisätty anodiin kuvaajat ja suojattava putki.)

Anodeja tulee kytkeä katodiliitoksin siis tarpeeksi lähekkäin siten, että jokainen kohta virtaa vastaanottavasta kappaleesta saa tarpeellisen suojauksen. Suunnittelussa on otettava huomioon suojattavan rakenteen pinta-ala ja määritettävä suojavirran tiheys, sillä ne kertovat virtalähteen virransyöttökapasiteetin. Lisäksi on hyvä tietää, mikä on korroosioympäristön ominaisvastus ja virtausnopeus, sillä niiden avulla voidaan määrittää suojaavien anodiin määrä. (18, s. 35; 27, s. 13.)

5.4.2 Uhrautuvien anodiin määritys

Uhranodiin suojavirran I_p tarve voidaan laskea kertomalla suojattavan pinnan pinta-ala A virrantiheyden arvolla i_p , joka tarvitaan potentiaalilaskemiseen suojapotentiaaliin.

$$I_p [A] = i_p * A$$

Suojavirrantiheyteen vaikuttaa, onko metalli pinnoitettu vai pinnoittamaton. Suojavirrantiheys vaihtelee suuresti muistakin syistä riippuen, esimerkiksi pinnoittamattomalla teräksellä sen arvot vaihtelevat $20 \text{ mA/m}^2 - 4 \text{ A/m}^2$. (18, s. 36)

Uhrautuvan anodin massa määrittää saatavan suojavirran I_p . Sähkömäärä Q elektrolyysissä voidaan laskea sähkökemian kaavalla $Q = nzF$, josta edelleen voidaan johtaa $It = \frac{mzF}{M}$, josta saadaan massa lasketuksi suojavirran I_p avulla (18, s. 37).

Kaavassa $n = m/M$ on anodimateriaalin ainemäärä mooleina, z on reaktiossa siirtyvien elektronien lukumäärä, t on aika ja F on Faradayn vakio eli $96\,485 \text{ As/mol}$.

Anodin käyttöikä voidaan määrittää, kun tiedetään anodivastus R_a . Anodin vastukseen vaikuttavat anodin muodot, mitat ja ympäristön vastukset. Koska vastus riippuu mitoista, se riippuu myös anodin pinta-alasta, joka muuttuu käytön aikana. Liian pieneksi kuluneita anodeja ei voi enää käyttää niiden puutteellisen suojaustehon vuoksi.

5.4.3 Sähköisen suojausjärjestelmän määrittäminen

Sähköinen katodinen suojausjärjestelmä pitää sisällään liukenemattomia anodeja, referenssielektrodeja sekä tasavirtalähteen. Anodien tulee olla suojattavan kappaleen kanssa kosketuskontaktissa. Liukenemattomat anodit ovat usein hyvin inerttejä materiaaleja, kuten titaania, platinaa tai piirautaa, tantaalia tai grafiittia. Koska anodit ovat liukenemattomia, anodireaktiona on useimmiten hapen kehitys. Merivesissä voi kehittyä myös kloorikaasua (18, s. 45).

Referenssielektrodin suhteen mitataan suojattavan kohteen potentiaalia. Jotta rakenne olisi suojattuna, rakenteen potentiaalilin on oltava suojapotentiaalilin alapuolella. Referenssielektrodeja on monenlaisia, joten potentiaalivertailuissa on tärkeää tietää, mitä referenssiä käytetään.

5.5 Materiaalin valinta ja metallurgia

Korroosionkeston kannalta parhaiten kestävät inertit metallit tai metallit, joiden pinnalle muodostuu suojaava oksidikalvo. Kulta esimerkiksi säilyy pinnoittamattomana sellaisenaan, koska se ei oksettirakenteensa perusteella pysty reagoimaan ympäristön kanssa

tavanomaisissa olosuhteissa. Passivoituvia metalleja ovat esimerkiksi titaani, kupari, ruostumaton teräs ja alumiini, joista eniten käytettyjä teollisuudessa ovat teräs ja alumiini.

Metallin korroosionkestokykyyn voidaan vaikuttaa seosaineiden ja lämpökäsittelyn avulla. Seosaineiden lisäämisellä usein tavoitellaan suojaavan kalvon muodostumista (ruostumattomat teräkset) ja lämpökäsittelyllä taas homogenisoimaan metallia. Lämmön vaikutuksesta metalliin seostetut aineet asettuvat tasaisemmin matriisiin, jolloin esimerkiksi hitsauksen aiheuttamia riskejä raerajakorroosion synnylle voidaan vähentää. Lisäksi lämpökäsittely poistaa metallista sisäisiä jännityksiä, mikä puolestaan ehkäisee jännityskorroosiolta (19, s. 28).

5.5.1 Ruostumaton teräs

Normaalille niukkaseosteiselle teräkselle passiivikalvo ei muodostu luonnostaan, vaan rautamatriisiin on liuotettava muita metalleja parantamaan sen korroosionkestoa. Ruostumaton teräs sisältääkin kromia ja nikkeliä. Nikkelin tarkoitus on stabiloida teräksen austeniittista rakennetta ja kromin tehtävänä on muodostaa hapen kanssa tiivis ja hyvin kiinnipysyvä, muutaman nanometrin paksuinen oksidikalvo teräksen pinnalle. Tämä pintakalvo eristää teräksen ympäristöstään tehokkaasti ja siten estää teräksen ruostumista. Terästä kutsutaan ruostumattomaksi, jos kromia on seostettuna yli 10,5 %, tavallisesti seostus kuitenkin on 18 %.

Ruostumattoman teräksen heikkoutena kuitenkin ovat kloridi-ionit (ja muut halogeeni-ionit ja niiden yhdisteet) elektrolyytissä. Ruostumattoman teräksen ruostuessa geeli-mäisen hydratoituneen oksidikalvon vesimolekyylit syrjäytyvät kloridi-ionien vaikutuksesta, jolloin kloridi-ionit pääsevät muodostamaan teräksen kanssa metallikloridikomplekseja. Nämä metallikloridikompleksit hajaantuvat ja passiivikerrokseen jäänyt aukko altistaa metallia jatkuvasti klorideille. Tuloksena on ruostumattomalle teräkselle esim. merivesiympäristöissä tyypillistä pistesyöpymää. Pistesyöpymä saa alkunsa pinnan epäjatkuvuuskohdista, kuten urista tai kalvon rakennevirheistä. (14.)

Englantilainen tutkimus osoittaa, että rikkiepäpuhtaudet voivat olla syyllisiä ruostumattoman teräksen ruostumiseen. Rikki ilmestyy metallin pinnalle metalliseoksen jäähtymisen yhteydessä. Rikki karkottaa kromia matriisissa, jolloin oksidikalvon muodostuminen rikkiä sisältävillä alueilla on kromivajaiden vyöhykkeiden kohdalla heikompaa. Näin

syntyy epäjatkuvuuskohta, josta pistekorrosio voi alkaa. Terässtandardeissa rikkipitoisuus on kuitenkin rajoitettu hyvin pieneksi. (28.)

Ruostumaton teräs voi olla myös niin kutsuttua haponkestävää terästä, kun nikkelin ja kromin lisäksi rautaan sekoitetaan molybdeeniä. Haponkestävä teräs ei ole yhtä altis korroosiolle hapoissa tai muuten vaativissa korroosio-olosuhteissa kuten kloridipitoisissa liuksissa kuin tavallinen ruostumaton teräs. Tavallisesti molybdeeniä on liuotettuna 2 - 2,5 %. Rannikko- ja meri-ilmasto-olosuhteisiin ruostumatonta terästä paremmin soveltuvatkin haponkestävät teräkset. (29, s. 58.)

Puhuttaessa duplex-teräksestä, tarkoitetaan sellaista ruostumatonta terästä, jossa on suunnilleen yhtä paljon austeniittista ja ferriittistä mikrorakennetta. Tällainen rakenne on saatu aikaan käyttämällä seosaineita, jotka stabiloivat ferriittistä mikrorakennetta ja austeniittista rakennetta stabiloivia seosaineita käytetään vähemmän kuin tavallisesti. Duplex-teräksen hyvä ominaisuus on sen suuri lujuus verrattuna austeniittiseen ruostumattomaan teräkseen. Toisaalta duplex-teräksen käyttölämpötila-alue on suppeampi. Myös duplex-teräkset kestävät rannikko- ja meri-ilmaston klorideita paremmin kuin perinteinen ruostumaton teräs. Duplex-teräksiin lisätty typpi, molybdeeni ja kupari parantavat teräksen alttiutta pistekorroosiolle kloridi- ja happopitoisissa ympäristöissä. (29, s. 58.)

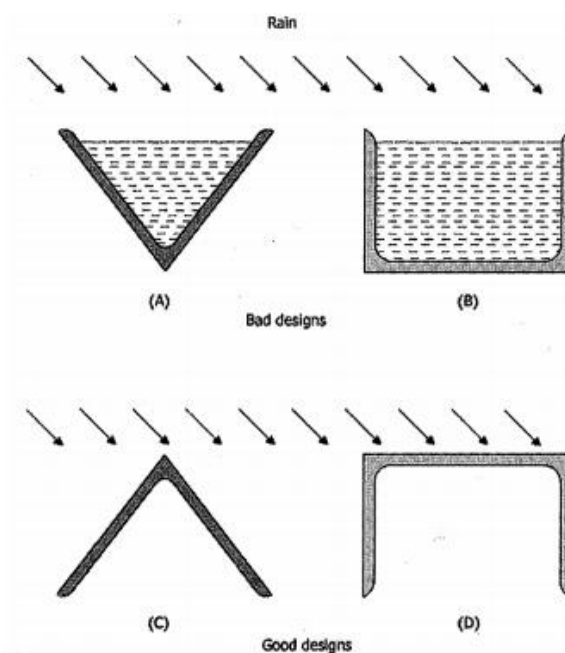
5.5.2 Alumiini

Alumiini on reaktiivinen metalli, jonka tiheys on noin kolmannes raudan tiheydestä. Reaktiivisuutensa ansiosta sillä on ominaisuus muodostaa yhdessä hapen kanssa erittäin tiivis ja hyvin korroosiolta suojaava passiivikalvo. Usein alumiini anodisoidaan, jotta saadaan vieläkin paremmat korroosionkesto-ominaisuudet. Kloridipitoinen ympäristö voi aiheuttaa pistesyöpymää myös alumiiniin samaan tapaan kuin ruostumattomaan teräkseen. (29, s. 13.)

Keveyden ja korroosionkeston vuoksi alumiinilla voidaan usein korvata teräksisiä rakenteita. Alumiini on lisäksi hygieeninen ja helppo pitää puhtaana. Yleisin seosaine on pii, joka lisää alumiinin lujuutta. Magnesiumia lisäämällä saadaan niin kutsuttua merialumiinia, jota käytetään vene- ja laivateollisuudessa, koska sen korroosionkesto on erittäin hyvä myös merivesissä. (30.)

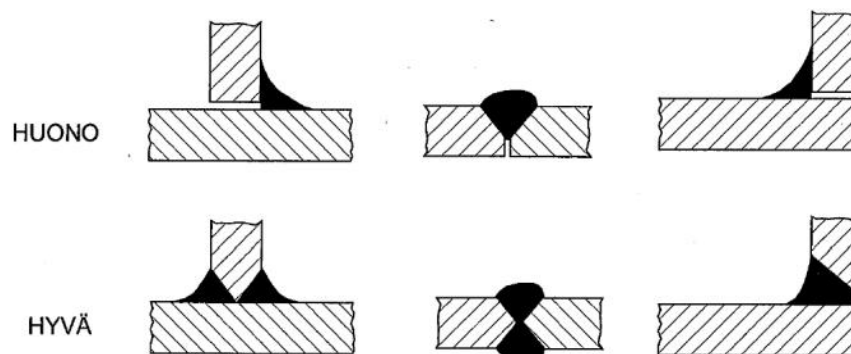
5.6 Rakenteiden suunnittelu

Rakenteet on hyvä suunnitella siten, että ne eivät kerää elektrolyyttiä mekaanisesti. Muotoilulla ja kappaleen asennon valinnalla pyritään takaamaan elektrolyyttien esteetön poispääsy rakenteesta. Sisäkulmat on myös hyvä pyöristää, jolloin niiden puhtaana pitäminen on helpompaa. Kuvassa 15 on esitetty sadevettä kerääviä ja sadevettä keräämättömiä malleja. (31, s. 5).



Kuva 15. Sadevettä ja roiskeita keräävät mallit A ja B vs. keräämättömät mallit C ja D. (31, s. 8)

Huono hitsausseama on myös potentiaalinen kosteuden ja lian kerääjä, joka on vaikea pitää puhtaana. Lisäksi ohuissa raoissa happipitoisuus pienenee ja liuos väkevöityy, mikä aiheuttaa suuren potentiaalieron raon ja raon ulkopuolen välillä. Tällaiseen paikkaan voi iskeä rakokorroosio. Hitsausseamojen ja muiden liitosten on oltava tiiviitä (kuva 16). Hitsauksen aikainen korkea lämpötila muuttaa hitsattavan metallin metallurgiaa, koska korkeissa lämpötiloissa metallin seosaineet saattavat suotautua raerajoille ja metalliin syntyy seosaineiden pitoisuuseroja. Pitoisuuserot aiheuttavat lujuuden muutoksia ja voivat altistaa metallin korroosiolle paikallisesti. Lisäksi hitsaus voi aiheuttaa liitettyihin metalleihin suuria sisäisiä jännityksiä epätasaisen jäähtymisen vuoksi. (14.)



Kuva 16. Hitsisaumojen tiiveydellä on merkitystä korroosioneston kannalta. Saumojen väliin ei tule jäädä rakoa, jonne kosteus ja lika voivat kulkeutua (31, s. 16).

Erialaisten metallien liittämistä toisiinsa kannattaa myös välttää. Mikäli eri metalleja on kuitenkin liitettävä toisiinsa, paras tapa on käyttää pienempiin osiin jalompaa ja suurempiin osiin epäjalompaa materiaalia. Esimerkiksi hitsiaineen ja pulttien tulee olla jalompaa metallia kuin varsinaisen rakenneaineen. Syy tähän on se, että jos anodin pinta-ala on pieni verrattuna katodin pinta-alaan, anodi syöpyy voimakkaasti, sillä iso katodi vaatii enemmän pelkistymisreaktioon tarvittavia elektroneja. Kun tilanne käännetään toisin päin, iso anodi kuluu vain vähän, kun pienipinta-alaisen katodin elektronien tarve on suhteessa vähäisempi. (31, s. 9.)

Tärkeää olisi valita metallit siten, että ne olisivat galvaanisesti mahdollisimman lähellä toisiaan. Liitettäviksi materiaaleiksi sopivat esimerkiksi magnesiumseokset puhtaan alumiinin kanssa ja sinkki- ja alumiiniseokset keskenään. Teräkset voidaan liittää lyijy- ja tinaseoksien kanssa, ruostumattomat teräkset taas kupari- ja nikkeliseoksien sekä jalometallien kanssa. (31, s. 9 – 10.)

6 Tutkittavat kuljetuksien aikaiset suoja-aineet

Kuljetuksien aikaisia korroosiosuojauksia ovat pääasiassa käsittely suoja-aineella ja pakkaus inhibiittikalvoon. Suoja-aineet voivat sisältää korroosioinhibiittejä, tai aineen suojaava vaikutus voi perustua pelkästään suojattavan pinnan eristämiseen ympäristöstä. Lisäksi kuljetettava tavara on suojassa ympäristön roiskeilta ja pölyltä kontissa, suljetussa ruumassa tai rekan tavaratilassa.

Tässä työssä testataan ainoastaan suojarä-aineiden suojaustehoa standardin ISO-9227 mukaisessa suolasumutestissä. Rosendahl-Nextromin valitsemat suoja-aineet

ovat CRC:n Multilube, Dinitrol 77 B ja Zerust Axxanol Spray-G, joka toimitettiin valmiina seoksena suihkepullossa. Suoja-aineista Multilube ja Dinitrol 77 B kuuluvat hyvin varustettujen moottoritavaratalojen tuotevalikoimaan, kun taas Zerustin tuote on tilattava maahantuojalta.

Multilube on sinisen värinen sprayvoiteluaine, jolla on tuotetietojen mukaan myös kevyt korroosiolta suojaava vaikutus (Liite 1). Dinitrol 77 B on väliaikaiseen korroosiosuojaukseen tarkoitettu suoja-aine, jolle tuotetiedot lupaavat 500 tuntia suojausta suolasumutestissä 50 µm:n kerrospaksuudella (Liite 2). Dinitrolin aerosoli kuivuu pintaan, jolloin se suojaa kappaletta myös pieneltä mekaaniselta rasitukselta. Kuivumisella tässä tapauksessa tarkoitetaan liuottimien haihtumista tuotteesta, mutta tuote jää kuitenkin tahmeaksi ja jähmeäksi suojakerrokseksi.

Zerust Axxanol Spray-G on Rosendahl-Nextromin käytössä oleva korroosiosuojarasva (Liite 3). Se on liuotinpohjainen korroosioinhibiittejä sisältävä suojarasva, joka poistetaan suojatuilta pinnoilta alkalisilla pesuaineilla. Tuotteen teknisten tietojen mukaan sopiva kalvonpaksuus on 25 µm ja 50 µm:n kerrospaksuudelle luvataan 1500 tunnin suojaavaa vaikutusta standardin ASTM B-117 mukaisessa suolasumutestissä.

7 Tutkimusmenetelmät

7.1 Suolasumutesti

Suolasumukokeella voidaan nopeuttaa metallien korroosiota. Tulosten perusteella arvioidaan erilaisten pinnoitusten korroosiosuojaominaisuuksia ja toimivuutta toisiinsa nähden. Tässä työssä sovelletaan NSS-testausta, jossa 5-prosenttinen NaCl-suolasumu vaikuttaa neutraaleissa olosuhteissa standardin ISO-9227 mukaan. Testiajon jälkeen korroosiovaurioita arvioidaan silmämääräisesti ja pannaan merkille, miten materiaali, pinnoite, suojaus tai niiden yhdistelmä kesti korroosiota tai suojasi siltä.

7.2 Koekappaleet

Metallisiksi näytelevyiksi on valittu niukkaseosteinen 1 mm:n ja kuumasinkitty 0,7 mm:n teräsmateriaali (Z275U), joiden mitat ovat 150 mm x 100 mm. Koelevyt suljetaan ilmas-

tointiteipillä siten, että vain yksi pinta jää näytepinnaksi. Näytepinta esikäsitellään etanolilla, jonka tarkoituksena on puhdistaa levyjen pinnasta rasva ja irtolika. Esikäsitelyjen jälkeen levyt käsitellään välittömästi suoja-aineilla. Molemmista materiaaleista yksi levy jää referenssinäytteeksi. (Liite 4)

Molemmista materiaaleista kolme levyä käsitellään Multilube-voiteluaineella, jota ruiskutetaan spray-pullostä näytteen pintaan. Sininen voiteluöljy on paksuhkoa, mutta leviää melko hyväksi ja valumattomaksi kalvoksi näytteiden pintaan. Tarkan kerrospaksuuden aikaansaaminen on kuitenkin hankalaa. Kaikkien suoja-aineiden kerrospaksuuksia mitataan märkäkalvonpaksuuskammalla, joka on tarkoitettu maalipintojen märkäkalvonpaksuuksien mittaukseen. Kaikkiin kuuteen levyyn saadaan Multiluben kalvonpaksuudeksi 75–100 µm. (Liite 4)

Toiset kuusi levyä (kolme molemmista materiaaleista) käsitellään Dinitrol 77 B-ruostesuoja-aineella. Dinitrolin spraysuutin muodostaa paremman aerosolisumun kuin Multiluben spraysuutin, jonka ansiosta kalvonpaksuus saadaan hieman ohuemmaksi. Dinitrolin käyttöohjeen mukaan 50 µm on hyvä kerrospaksuus ja tähän pyritään myös työn suojauksessa. Märkäkalvonpaksuusmitta antaa arvoiksi 50–75 µm, paitsi yhdessä levyssä, johon annostelun epäonnistuminen tuotti 125 µm märkäkalvon paikallisesti. Ruskean kellertävä kalvo tasoittuu hyvin muutamassa minuutissa ja kuivui lähes kosketuskuivaksi 45 minuutissa. (Liite 4)

Viimeiset levyt käsitellään Zerustin Axxanol Spray-G:llä, jonka Rosendahl-Nextrom toimitti valmiiksi sekoitettuna ruiskupullossa. Zerustin tuote ei leviä näytteen pinnalle sumuna, vaan suorana paksuna rasvavanana. Rasva on niin paksua, että sen levittäminen vaatii siveltimen. Siveltimellä päästään suositeltuun kalvonpaksuuteen eli 25–50 µm:iin. Levityksessä sovelletaan kahta erilaista levitysmetodia: molempien materiaalien kahteen levyyn suoja-aine levitetään pystyvedoin siten, että siveltimen jälki muodostaa suorat juovat. Kahteen jäljelle jäävään levyyn suoja-aine levitetään sivellintä hieman pyörittäen, jolloin siveltimen jälki jättää aaltomaisia kuvioita suoja-aineeseen. Tällä yritetään selvittää, vaikuttaako sivelytapa suoja-aineen suojaustehokkuuteen. Zerustin aineesta ei ollut tietoa, kuuluuko sen kuivua ollenkaan. Yli tunnin kuluttuakin suoja-aine oli edelleen tahmeaa. (Liite 4)

Suihkepullo, jossa Zerustin suoja-aine toimitettiin, vuotaa hieman. Rasvaa pulppuaa kannen alta pullon ulkoreunalle, vaikka se on moneen kertaan pyyhitty puhtaaksi. Tällä

saattaa olla vaikutusta liuottimien haihtumisen tai ylipäättään suojarasvan säilymisen kannalta, joilla puolestaan voi olla vaikutusta testin tuloksiin.

7.3 Ruostumisen tarkastelu

Suolasumutestin edetessä korroosiovaurioita seurataan silmämääräisesti. Kun näytteitä poistetaan suolasumukaapista, ne puhdistetaan ruosteesta ja suoja-aineesta siten, että metallin liukenemisen aiheuttamat jäljet saadaan näkyviin. Puhdistamiseen käytetään noin 10-prosenttista suolahappoa ja etanolia. Sinkityt kappaleet puhdistetaan valkoruosteesta alle 10-prosenttisella etikkahapolla, joka on hieman hellävaraisempi happo ohuelle sinkkipinnalle. Irronnut ruoste huuhdellaan pois vedellä ja pyyhitään paperilla. Ruostumisen aiheuttamat kuopat ovat paljain silmin nähtävissä.

8 Tulokset ja niiden tarkastelu

Suolasumutestin vaikutuksia levyihin seurataan päivittäin viikonloppuja lukuun ottamatta. Testin aikana huomataan, että 133 tunnin testauksen jälkeen levyihin ilmenevän ruosteen määrä ei muutu nopeasti, joten tarkkailuväli muutetaan joka toiseen päivään (pois lukien viikonloppu).

Testin aikana teippien reunojen välittömässä läheisyydessä alkaa ilmetä ruostumisen merkkejä jo melko varhaisessa vaiheessa. Tämä ei kuitenkaan ole merkki suoja-aineen pettämisestä olosuhteissa, vaan ruostuminen johtuu suoja-aineen puuttumisesta näiltä alueilta. Suoja-aineita ei pystytä levittämään täydellisesti teipin reunojen lähelle eikä alle. Ruostuminen näillä alueilla johtuu juuri tästä levitysongelmasta.

15 tuntia suolasumutestissä

Ensimmäisen 15 tunnin jälkeen referenssilevy ja kaikki Multilube-voiteluaineella käsitellyt levyt ovat ruostuneet kauttaaltaan. Multilubella käsiteltyjen näytteiden ruostuminen on silmämääräisesti samalla tasolla jopa referenssilevyjen kanssa. Dinitrolilla ja Zerustilla suojattujen levyjen ulkonäkö ei ole muuttunut lainkaan. (Liite 5)

37 h tuntia suolasumutestissä

Multilubella käsitellyt levyt ovat kuopparuosteella ja ruostemassan väri on muuttunut tummemmaksi. Dinitrolilla ja Zerustilla käsiteltyjen levyjen pinnassa ei näy ruostetta. Ainoastaan yhdessä teräksisessä Dinitrolilla käsitellyssä levyssä näkyy teippauksen juuressa pieni ruostejälki, joka ei ole suoja-aineen peittämisen merkki, vaan puutteellisen käsittelyn tulosta. (Liite 6)

63 tuntia suolasumutestissä

Kaksi Zerustin tuotteella suojattua levyä molemmista materiaaleista on ruostunut. Sivellin, jolla suoja-aine sivellään näytteiden pintaan, on puhdas. Yhdet Zerustin aineella käsitellyt levyt molemmista materiaaleista ovat kuitenkin vielä vapaita korroosiosta. Tämä ero saattaa johtua levyjen paremmin onnistuneesta käsittelystä. Dinitrolin suoja-kalvo ei ole peittänyt pieniä reunahapettumia lukuun ottamatta. (Liite 7)

133 tuntia suolasumutestissä

Viikonlopun jälkeen levyistä ainoastaan Dinitrolilla käsitellyt pinnat ovat säilyneet ruostumatta molemmissa materiaaleissa. Yksi teräksinen Zerustilla käsitelty levy on vielä kilpailukykyinen Dinitrolilla käsiteltyjä levyjä vastaan. Silti tässä teräksisessä Zerustilla suojatessa levyssä on nähtävissä pistemäisiä ruostejäkiä. Tämä voi aiheutua pienistä epäpuhtauksista näytepinnalla ennen suojarasvan levittämistä, mikä ohentaa suojarasvan kerrospaksuutta hyvin paikallisesti ja näin altistaa teräksen ympäristölle. Toinen teoria pistemäisen ruosteen synnylle on Zerustin tuotteen kontaminoituminen tai pilaantuminen. Kontaminaatiolähteitä ei pystytä kartoittamaan, sillä ei ole tietoa siitä, miten tuotetta on käsitelty ennen suihkepulloon laittamista. Pelkästään suihkepullo on voinut olla likainen jo täyttövaiheessa. Mikäli suoja-aine olisi pilaantunut, syynä voisi olla liuottimien haihtuminen tai suoja-aineen vanheneminen vuotavan pullon vuoksi.

Kaikki Multilubella käsitellyt levyt sekä referenssilevyt poistetaan kaapista ja puhdistetaan ruosteesta jatkotutkimuksia varten. Yllättävää on, että teräksisessä referenssilevyssä olevien korroosion aiheuttamien kuoppien lukumäärä on huomattavasti pienempi kuin Multilubella käsiteltyjen levyjen korroosiojälkien määrä. Toisaalta referenssilevyn kuoppien syvyys on suurempi. Suolasumuaajoa jatketaan tästä edespäin kuudella Dinit-

rolilla ja kuudella Zerustilla käsitellyllä levyllä ja tarkkailuväli muutetaan joka toiseen päivään. (Liite 8)

180 tuntia suolasumutestissä

Zerustilla suojatuista levyistä kaksi ovat paksujen ruostevanojen peittämät. Yksi näistä levyistä kuitenkin on vielä kohtalaisen hyvässä kunnossa. Vastaavasti samalla suoja-aineella suojattujen sinkittyjen levyjen pinnat ovat suurimmaksi osaksi valkoruosteen peitossa. Yhdessä levyistä huomataan myös ruskeaa ruostetta, joka on merkki siitä, että sinkitty pinta on tältä kohdalta kulunut loppuun täysin ja alla oleva teräskin on alkanut ruostumaan.

Sivelytyylillä ei näytä olevan merkittävää vaikutusta kappaleiden säilymisen kannalta. Ruostuminen lähtee liikkeelle levyjen toisesta pitkästä reunasta, joka on suolasumu-kaapin telineeseen asetetun levyn yläreuna. Onkin syytä epäillä, että teipin reunan läheisyydessä on kohtia, jonne suoja-ainetta levittävä sivellin ei yllä, ja täten metalli jää paljaaksi. Näin ruostuminen saa alkunsa ja se voi levitä suoja-aineen alla. Aerosolilevitys voisi toimia sivellinlevitystä paremmin, sillä aerosoli on tunkeutumiskykyinen pieniin rakoihin ja suoja-aineen kerrospaksuus saadaan tasaisemmaksi toisin kuin siveltimellä sivelemällä, mikä väkisin jättää juovia suoja-ainekerrokseen.

Testiä kuitenkin jatketaan, jotta voidaan varmuudella havaita, että ruoste on peräisin näytepinnalta, eikä esimerkiksi teipin reunan alta. Dinitrolilla suojatut levyt ovat molempien materiaalien kohdalla säilyneet edelleen hyvin hapettumatta. (Liite 9)

228 tuntia suolasumutestissä

48 tunnin aikana ei ole tapahtunut merkittäviä eroja levyjen kunnossa. Ruosteen määrä on hieman lisääntynyt kaikissa levyissä, mutta testistä ei poisteta levyjä vielä tois-
taiseksi. (Liite 10)

326 tuntia suolasumutestissä

Kaikissa Zerustilla suojatuissa sinkityissä levyissä on nähtävissä valkoruosteen lisäksi myös teräksen ruskeaa ruostetta. Myös teräksiset Zerustilla suojatut levyt ovat huo-

nossa kunnossa, mutta testiä jatketaan. Dinitrolilla suojatut levyt ovat säilyneet huomattavan hyvin. (Liite 11)

350 tuntia suolasumutestissä

Suolasumukaapista poistetaan kaikki Zerustin aineella käsitellyt levyt puhdistamista ja jatkotutkimuksia varten. Putsauksen jälkeen teräksen liukenemisen vuoksi syntyneet kuopat ovat selvästi nähtävissä paljaallakin silmällä. Kaikki Dinitrolilla käsitellyt kappaleet jäävät testaukseen. (Liite 12)

398 tuntia suolasumutestissä

Teräsisissä Dinitrolilla käsitellyissä levyissä on näytepinnalla ensimmäisiä ruostumisen merkkejä. Ruostetäpliä on ilmestynyt keskelle näytepintaa, ja reunoilla ollut ruoste on lähtenyt leviämään. Sinkityt levyt ovat edelleen lähes ruostevapaita, mutta pieni määrä valkoruostetta on ilmaantunut kahden levyn reunojen läheisyyteen. Viimeisetkin levyt poistetaan suolasumukaapista ja suolasumutestin osalta kokeet lopetetaan. Dinitrol liuotetaan pinnasta lakkabensiinillä kostutetulla paperilla, kuten tuoteselosteessa ehdotetaan. Jo pieni määrä lakkabensiiniä irrottaa suoja-aineen välittömästi ja tehokkaasti levyn pinnasta. Tämän jälkeen teräslevyt peitataan vielä 10-prosenttisellä suolahapolla ja vastaavasti sinkityt etikkahapolla. Korroosiojäljet levyjen pinnassa ovat varsin pieniä ja niitä on hyvin vähän. (Liite 13)

9 Johtopäätökset

Tulosten perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että tutkittujen korroosioinhibiittien vaikutuksissa ei ole merkittäviä eroja teräksen ja sinkityn pinnan välillä. Teräksen ruostetta ja sinkin valkoruostetta muodostuu lähes samalla tahdilla niille pinnoille, jotka on suojattu keskenään samalla suoja-aineella. Suolasumutestissä erot aiheutuvat eri suoja-aineista sekä näytepintojen suojakäsittelyn onnistumisesta.

Suolasumutesti osoittaa, että Multilube ei toimi lainkaan korroosiosuoja-aineena kyseisissä olosuhteissa. Teräs on ruostunut ja sinkki uhrautunut jo hyvin varhaisessa tes-

tauksen vaiheessa, eikä eroa referenssilevyjen kuntoon ole silmin nähtävissä. Käsitte-lyominaisuuksiltaan Multilube on varsin helppo, mutta sitä kannattaa käyttää korroosioneston sijasta voiteluaineena, johon se on tarkoitettu.

Multilubella suojattujen levyjen korroosiojäljet ovat hyvin erilaiset kuin muissa ruostu-neissa levyissä. Korroosiokuoppia on tasaisesti levyn näytepinnalla, toisin kuin muissa levyissä, joissa korroosiojäljet muodostavat levyjen poikki kulkevia raitamaisia kuvioita. Raitamaisuus johtunee levyjen pinnalla valuneiden pisaroiden valumasuunnasta. Multi-lubella käsitellyissä levyissä näitä valumasuuntia ei ole korroosiojälkien perusteella nähtävissä. Voi olla, että Multilube ei hylji vettä yhtä voimakkaasti kuin vertailuaineet, jolloin vesipisaroiden kontaktikulmat levyn suhteen jäävät merkittävästi pienemmiksi. Tällöin valuva vesi ei keräänny suuriksi pisaroiksi selkeästi erilleen, vaan valuu tasai-sesti näytepinnalla, jolloin selkeitä valumakanavia ei synny.

Dinitrol 77 B osoittautuu tämän työn parhaiten toimivaksi suoja-aineeksi. Levitysvai-heessa aerosoli on tasalaatuista ja ohutta, jolloin sopivan kerrospaksuuden aikaan-saaminen helpottuu huomattavasti. Lisäksi aerosoli tunkeutuu hyvin reunoihin ja kaik-kiin epäjatkuvuuskohtiin ja aine pysyy hyvin levyn pinnassa jo hetken odotuksen jäl-keen. Ennen kaikkea Dinitrolin suojausteho on testin perusteella ylivoimaisesti paras. Tuotetietojen lupaama suojausteho 500 tuntia suolasumutestissä pitäneen hyvin paik-kaansa, mikäli suojausolosuhteet ovat suotuisat sekä esikäsitteily että suojaus onnistu-vat hyvin. Sekä teräksiset että sinkityt levyt pysyvät näytepinnaltaan pääosin ruostu-matta koko testin 398 tunnin ajan.

Zerustin Axxanol Spray-G -suoja-aine on maailmanlaajuisesti tunnettu ja käytetty, mut-ta testissä se ei pärjää erityisen hyvin. Zerustin Axxanol Spray-G:n suojaustehoa voisi parantaa tuotteen levitys aerosolina suojattavalle pinnalle. Suojaustehollaan Zerust kuitenkin ohittaa Multiluben.

10 Lähteet

1. Asiakastieto, Rosendahl-Nextrom. Verkkodokumentti.
<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/rosendahl-nextrom-oy/06811787/taloustiedot>
Luettu 12.5.2016.
2. Armacellin vastauspalsta. Verkkodokumentti.
<http://www.armacell.com/WWW/armacell/INETArmacell.nsf/standard/59BE0607FF410248C1257D7E003AA64D>
Luettu 1.2.2016.
3. Risto Hienonen ja Reima Lahtinen, www.proessori.fi/arkisto. Osoite huoltokollalla. Verkkodokumentti. Uusi osoite:
<http://www.kamk.fi/loader.aspx?id=6b08eca9-aa79-4377-a568-62db489a6309>
Luettu 1.2.2016.
4. Conor Watkinsin Ozark Mountain Experience artikkeli. Verkkodokumentti.
<http://www.rollanet.org/~conorw/cwome/article51&52combined.htm>
Luettu 1.2.2016.
5. Corrosion Doctorsin artikkeli Silver Bridge – sillan romahtamisesta. Verkkodokumentti. <http://corrosion-doctors.org/Bridges/Silver-Bridge.htm>
Luettu 1.2.2016.
6. Rakennustieto, Viimeaikaiset kattosortumat – mitä olemme oppineet? Tuomo Karppinen, Kai Valonen, Esko Värttiö Onnettomuustutkintakeskus. Verkkodokumentti. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050201.pdf>
Luettu 1.2.2016.
7. Rosendahl-Nextromin sisäiset kuva-arkistot ja haastattelut, korroosio.
8. Laitinen Kai, Korroosiotekniikka, 1. Sähkökemian, luentomateriaali, Metropolia

9. Laitinen Kai, Korroosiotekniikka, 2. Korrosio, luentomateriaali, Metropolia
10. Keltamäki Kimmo, Kulumisalttiiden kohteiden eri pinnoitusmenetelmiä, kirjallisuusselvitys. Verkkodokumentti.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56015/keltamaki%20B%202%202013.pdf?sequence=1>
Luettu 1.2.2016.
11. EAB -värikartta pintakäsittelyt, kuumasinkitys. Verkkodokumentti.
http://www.eab.fi/media/41227/esite_varikartta_pintakasittely.pdf
Luettu 1.2.2016.
12. Helon kuumasinkitys Oy, Pulttiliitokset, Kuumasinkityn teräksen liittäminen pultteilla. Verkkodokumentti.
<http://www.helonkuumasinkitys.fi/PULTTI.pdf>
Luettu 1.2.2016.
13. Kotamies Juha, Metallioppi ja lämpökäsittely, luentomateriaali, Ruostumattomat teräkset, Metropolia
14. Kunnossapito – menestystekijä, oppimateriaalit, Korroosionesto: Esiintymismuodot. Verkkodokumentti.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_f2_korroosionesto_esiintymismuodot.html
Luettu 1.2.2016.
15. Ilmastodiagrammi, Peking, Kiina. Napsu.
<http://www.napsu.fi/matkailu/maailman-saa/715>
Luettu 3.5.2016.
16. Kiiskinen Sami, Kuljetukset Kiinasta, opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti.
<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40308/Kuljetukset+Kiinasta.pdf;jsessionid=2AA210BEA71FEFBF649042ED9EF303DC?sequence=1>
Luettu 1.2.2016.

17. Nord-Lock Bolt securing systems, torju korrosio. Verkkodokumentti.
<http://www.nord-lock.com/fi/bolted/combating-corrosion/>
Luettu 1.2.2016.
18. Laitinen Kai, Korroosiotekniikka, Korroosionesto osa 1, luentomateriaali, Metropolia. Verkkodokumentti.
19. Sainio Niko, Korrosio ja sähköinen korroosionesto, opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42016/Sainio_Niko.pdf?sequence=1
Luettu 1.2.2016.
20. Suomen Allas Laite Oy, Kuinka pidät ruostumattoman teräksen AISI 304 ruostumattomana. Verkkodokumentti.
http://www.suomenallaslaite.fi/fileadmin/tiedostot/03_ohjeet/asennus_ja_kayttoohjeet/pdf/895-RST_hoito.pdf
Luettu 1.2.2016.
21. Helon kuumasinkitys Oy, Duplex-menetelmä, Kuumasinkityn pinnan maalaus. Verkkodokumentti. <http://www.helonkuumasinkitys.fi/DUPLEX.pdf>
Luettu 1.2.2016.
22. Sähkösinkitys Reikko Oy. Verkkodokumentti. Luettu
<http://reikko.fi/sahkosinkitys/>
1.2.2016.
23. Suomen kuumasinkitsijät ry, Mitä on kuumasinkitys? Verkkodokumentti.
<http://www.kuumasinkitys.fi/kuumasink.html>
Luettu 1.2.2016.
24. Valo Heli, Kuparipuristeosien kiiltokromipinnoitteen tartunta, opinnäytetyö, Metropolia. Verkkodokumentti.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93200/Heli.Valo.pdf?sequence=1>
Luettu 2.2.2016.

25. Laitinen Kai, Korroosiotekniikka, Korroosionesto osa 2, luentomateriaali, Metropolia. Verkkodokumentti.
26. Cortec Corporation, VpCI Pakkausratkaisut, Korroosionesto pakkaustuotteet esite. Verkkodokumentti.
http://www.cortecvci.com/International/Finland/VpCI%20Pakk-Esite_LowRes.pdf
Luettu 2.2.2016.
27. Pitkänen Pertti, Katodinen suojaus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT. Verkkodokumentti.
http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/katodinen_suojaus_2008.pdf
Luettu 9.2.2016.
28. Ryan Mary, Williams David, Why stainless steel corrodes?, Nature-artikkeli. Verkkomateriaali.
<http://www.nature.com/nature/journal/v415/n6873/abs/415770a.html>
Luettu 9.2.2016.
29. Karjalainen Miikka, Teräsrakenteiden säilyvyys, opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/64255/Karjalainen_Miikka.pdf?sequence=1
Luettu 9.2.2016.
30. Merialumiini, rakennealumiini ja muut, Piharakenteet kaikkiin vuodenaikoihin, SafeWalk. Verkkodokumentti. <http://www.safewalk.eu/merialumiini/>
Luettu 15.2.2016.
31. Rossi Soili, Korroosioneston perusteet luento 13.02.2013, oppimateriaali Metropolia. Verkkodokumentti. Luettu 17.2.2016.

Käyttöturvallisuustiedote		Regulation EC No 1907/2006 Art.31	
Tuote :	MULTILUBE	Päiväys	31.10.07
Ref.Nr.:	AB17030-9-311007	Versio	01.04.04

1. KEMIKAALIN JA SEN VALMISTAJAN, MAAHANTUOJAN TAI MUUN TOIMINNAN HARJOITTAJAN TUNNISTUSTIEDOT

Tuote : MULTILUBE
Aerosoli

Käyttötarkoitus: Voiteluaineet

Valmistaja : CRC Industries Europe bvba
Touwslagerstraat 1
9240 ZELE
Belgium
Tel.: (+32)(0)52/456011
Fax: (+32)(0)52/450034
E-mail : hse@crcind.com

Hätänumero : (+32) (0)52/45 60 11
Suomi : +358-9-471 977 (Myrkytystietokeskus)

Tytäryhtiöt		Tel	Fax
CRC Industries Finland	Asemannrinne 13, 08500 Lohja AS	(+358)(0)19/32921	(+358)(0)19/383878
CRC Industries France	12, Bld des Martyrs de Chateaubriant F-95102 Argenteuil Cédex	(+33)(0)1/34112000	(+33)(0)1/34110998
CRC Industries Deutschland	Südring 9, 78473 Iffezheim	(+49)(0)7229/3030	(+49)(0)7229/303286
CRC Industries Iberia	Gremio del cuero S/N, 40195 Segovia	(+34)921/427548	(+34)921/438270
CRC Industries Sweden	Kryptongatan 14, 43153 Mölndal	(+46)(0)31/7088480	(+46)(0)31/273991

2. VAARALLISTEN OMINAISUUKSIEN KUVAUS

Terveydellinen ja tuotteen palovaara : R12: Erittäin helposti syttyvää.
(ponneaine propaani/butaani)
R67: Höyryt voivat aiheuttaa uneliaisuutta ja huimausta.
Aspiraatiovaaran vuoksi haitallisiksi luokiteltuja valmisteita ei tarvitse merkitä haitallisiksi ja varustaa lausekkeella R65, kun ne luovutetaan markkinoille aerosolipakkauksissa tai säiliöissä, joihin on asennettu sinetöity spraysuutin. (ETY-direktiivi 67/548 Liite VI 9.4)

Ympäristövaara : R52/53: Haitallista vesielioille, voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä.



Käyttöturvallisuustiedote

Regulation EC No 1907/2006 Art.31

Tuote : MULTILUBE **Päiväys** 31.10.07
Ref.Nr.: AB17030-9-311007 **Versio** 01.04.04

3. KOOSTUMUS JA TIEDOT AINEOSISTA

Vaarallinen aine	CAS-nro	EINECS	w/w %	symboli	R-lauseke*	Notes
Teollisuusbenssiini (maaöljy), vetykäsitelty kevyt (Bentseeni<0.1%)	64742-49-0	265-151-9	5-10	F,Xn,N	11-38-51/53-65-67	B,P
Huilivedyt, C3-4-rikas,maaöljytisle Maaöljykaasu	68512-91-4	270-990-9	30-60	F+	12	K
sinkkiaalkyyliiditiofosfaatti	68649-42-3	272-028-3	<1	N	51/53	
Teollisuusbenssiini (maaöljy), rikki poistettu vedyllä kevyt (Bentseeni<0.1%)	92045-53-9	295-434-2	5-10	F,Xn,N	11-38-51/53-65-67	B,P
mineral oil with additives	-	-	10-30	-	-	B
Explanation notes						
B : aineet, joille on määritetty kansallinen, työperäisen altistuksen raja-arvo						
K : ei luokiteltu syöpää aiheuttavaksi aineeksi, alle 0.1% p/p 1,3-butadieeniä (Einecs-nro. 203-450-8)						
P : ei luokiteltu syöpää aiheuttavaksi aineeksi, alle 0.1% p/p bentseeniä (Einecs-nro. 200-753-7)						

Note H and P of Annex I (67/548/EEC) apply for the naphtha's in this product.

(* R-lausekkeiden teksti on kohdassa 16)

4. ENSIAPUOHJEET

Erityiset ohjeet :	Yleisiä kemikaalien käsittelyn yhteydessä noudatettavia turvallisuustoimia tulisi noudattaa. Mikäli oireita ilmenee hakeuduttava lääkärin hoitoon.
Roiskeet silmiin :	Jos ainetta on joutunut silmiin, huuhto niitä heti käyttäen runsaasti vettä.
Iho :	Pese vedellä ja saippualla.
Hengitys :	Toimita raittiiseen ilmaan, pidä lämpimänä ja levossa.
Nieleminen :	Nauttiminen on epätodennäköistä. Ei saa oksennuttaa, koska on olemassa vaara, että ainetta menee keuhkoihin. Jos epäillään, että ainetta on mennyt keuhkoihin, hakeudu heti lääkärin hoitoon.

5. OHJEET TULIPALON VARALTA

Leimahduspiste : < 0 °C



CRC Industries Europe bvba
 Touwslagerstraat 1, 9240 Zele – Belgium
 Tel (+32) (0) 52 / 45 60 11 – Fax (+32) (0) 52 / 45 00 34 – www.crcind.com

Käyttöturvallisuustiedote		Regulation EC No 1907/2006 Art.31	
Tuote :	MULTILUBE	Päiväys	31.10.07
Ref.Nr.:	AB17030-9-311007	Versio	01.04.04

Räjähdyksrajat : ylempi : ei käytettävissä
alempi : ei käytettävissä
Sopivat sammutusaineet : vaahtoa, hiilidioksidia tai kuiva-ainesammutinta
Ohjeet tulipalon varalta : Jäähdytä tulelle alttiit säiliöt suihkuttamalla vettä
Muita ohjeita : Aerosolit voivat räjähtää yli +50 °C lämpötilassa.

6. OHJEET PÄÄSTÖJEN TORJUMISEKSI

Ohjeet henkilövahinkojen estämiseksi : Kytke kaikki sytytyslähteet pois päältä
Varmista, että tuuletus on riittävä
Ohjeet ympäristövahinkojen estämiseksi : Älä päästä viemäreihin tai vesistöihin
Puhdistusohjeet : Imeytä vuoto sopivaan inerttiin aineeseen

7. KÄSITTELY JA VARASTOINTI

Käsittely : Huolehdittava hyvästä ilmanvaihdosta
Eristettävä lämmöstä ja sytytyslähteistä
Älä suihkuta avotuleen tai kohti hehkuvia kappaleita.
Älä puhkaise tai polta aerosolipakkausta tyhjänäkään.
On suositeltavaa että noudatetaan varovaisuutta ja varotaan tuotteen joutumista iholle ja silmiin tuotteen käsittelyn yhteydessä.
Varastointi : Painepakkaus: Ei saa säilyttää auringonpaisteessa eikä yli + 50 °C lämpötilassa.
Säilytettävä lasten ulottumattomissa.

8. ALTISTUMISEN EHKÄISY/HENKILÖKOHTAISET SUOJAIMET

Tekniset ohjeet altistumisen torjumiseksi : Varmista, että tuuletus on riittävä
Eristettävä lämmöstä ja sytytyslähteistä
Henkilökohtaiset suojaimet : On suositeltavaa että noudatetaan varovaisuutta ja varotaan tuotteen joutumista iholle ja silmiin tuotteen käsittelyn yhteydessä.
Huolehdittava hyvästä ilmanvaihdosta

Altistumisen ehkäisy :

Vaarallinen aine	CAS-nro	menetelmä	
National established exposure limits : Suomi			
mineral oil with additives	-	HTP8h	5 mg/m ³

9. FYSIKAALISET JA KEMIAALLISET OMINAISUUDET

Olomuoto : neste, punneaine propaani/butaani
väri : sininen
haju : liuottimen



Käyttöturvallisuustiedote		Regulation EC No 1907/2006 Art.31	
Tuote :	MULTILUBE	Päiväys	31.10.07
Ref.Nr.:	AB17030-9-311007	Versio	01.04.04

Kiehumispiste/kiehumisalue :	ei käytettävissä
Tiheys :	0.8 g/cm ³ (@ 20°C)
pH :	ei sovelleta
Höyrynpaine :	ei käytettävissä
Höyryn tiheys :	ei käytettävissä
Liukoisuus veteen :	Veteen liukenematon
Jakaantumiskerroin n-oktanoli/vesi :	ei käytettävissä
Leimahduspiste :	< 0 °C
Itsesyttymispiste :	> 200 °C
Viskositeetti :	ei käytettävissä
Haihtumisnopeus :	ei käytettävissä

10. STABIILISUUS JA REAKTIIVISUUS

Vältettävät olosuhteet :	Painepakkaus: Ei saa säilyttää auringonpaisteessa eikä yli + 50 °C lämpötilassa. Eristettävä lämmöstä ja sytytlähteistä
Vältettävät materiaalit :	Voimakas hapetin
Haitalliset hajoamistuotteet :	CO, CO ₂

11. TERVEYSVAIKUTUKSIIN LIITTYVÄT TIEDOT

Hengitys :	Liuoittimen höyryjen hengitys voi aiheuttaa pahoinvointia, päänsärkyä ja huimausta
Nieleminen :	Nauttiminen on epätodennäköistä Ei saa oksennuttaa, koska on olemassa vaara, että ainetta menee keuhkoihin. Jos epäillään, että ainetta on mennyt keuhkoihin, hakeudu heti lääkärin hoitoon
Iho :	Pitkäaikainen ihokosketus aiheuttaa ihon rasvan häviämisen.

12. TIEDOT KEMIKAALIN VAARALLISUUDESTA YMPÄRISTÖLLE

Muut haitalliset vaikutukset:	R52/53: Haitallista vesielioille, voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä. Älä päästä viemäreihin tai vesistöihin
--------------------------------------	---

13. JÄTTEIDEN KÄSITTELY

Tuote :	Ei saa tyhjentää viemäriin. Hävityksen tulisi tapahtua paikallisten ja kansallisten määräysten mukaisesti
----------------	--



Käyttöturvallisuustiedote		Regulation EC No 1907/2006 Art.31	
Tuote :	MULTILUBE	Päiväys	31.10.07
Ref.Nr.:	AB17030-9-311007	Versio	01.04.04

14. KULJETUSTIEDOT

YK-numero :	1950
Maakuljetukset - ADR/RID :	UN1950 Aerosolit Klasse: 2, PG : NA, Class. code : 5F, Label : 2.1
Merikuljetukset - IMDG :	UN1950 Aerosolit Klasse: 2.1, PG : NA, Label : 2.1
EmS	F-D,S-U
Ilmakuljetukset - IATA/CAO:	UN1950 Aerosols, flammable Klasse: 2.1, PG : NA, Label : RFG
Packing instr. LQ	Y203
PAX	203
CAO	203

15. KEMIKAALEJA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET

Varoitusmerkin kirjaintunnus:	F+
R-lausekkeet :	R12: Erittäin helposti syttyvää. R52/53: Haitallista vesieliöille, voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä. R67: Höyryt voivat aiheuttaa uneliaisuutta ja huijausta.
S-lausekkeet :	S2: Säilytettävä lasten ulottumattomissa. S16: Eristettävä sytytyslähteistä - Tupakointi kielletty. S23: Vältettävä sumun hengittämistä. S35: Tämä aine ja sen pakkaus on hävitettävä turvallisesti. S51: Huolehdyttävä hyvästä ilmanvaihdosta.
Painepakkaus: Ei saa säilyttää auringonpaisteessa eikä yli +50°C:n lämpötilassa. Ei saa puhkaista eikä polttaa tyhjänäkään. Ei saa suihkuttaa avotuleen eikä hehkuvaan aineeseen. Ilman riittävää tuuletusta voi kehittyä räjähtäviä kaasuja.	
Kemikaaleja koskevat tiedot:	Suomi Käyttötarkoituskoodi, KT1: 35
	Suomi Toimialakoodi, TOL: G502

16. MUUT TIEDOT

Tätä tuotetta varastoitaessa, käsiteltäessä ja käytettäessä on noudatettava hyvää teollisuushygieniaa ja lain määräyksiä. Tiedot tuotteiden turvallisuusvaatimuksista perustuvat nykytietämyksemme. Ne eivät takaa tiettyjä ominaisuuksia. Tiedotteesta ei saa käyttää erillisiä osia ilman CRC:n lupaa lukuunottamatta tutkimuskohteita, jotka koskevat terveys-, ympäristö- ja turvallisuusvaarojen arviointeja.



CRC Industries Europe bvba
Touwslagerstraat 1, 9240 Zele – Belgium
Tel (+32)(0)52 / 45.60.11 – Fax (+32)(0)52 / 45.00.34 – www.crcind.com

5 / 6

Käyttöturvallisuustiedote		Regulation EC No 1907/2006 Art.31	
Tuote :	MULTILUBE	Päiväys	31.10.07
Ref.Nr.:	AB17030-9-311007	Versio	01.04.04

*Luettelo asiaa koskevista R-lausekkeista:

- R11: Helposti syttyvää.
- R12: Erittäin helposti syttyvää.
- R38: Ärsyttää ihoa.
- R51/53: Myrkyllistä vesieliöille, voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä.
- R65: Haitallista: voi aiheuttaa keuhkovaurion nieltäessä.
- R67: Höyryt voivat aiheuttaa uneliaisuutta ja huimausta.

Tämä käyttöturvallisuustiedote on voitu jo päivittää syistä, jotka liittyvät mm. lainsäädäntöön, raaka-aineiden saatavuuteen ja saatuihin uusiin kokemuksiin. Viimeisin ja ainoa voimassa oleva tämän käyttöturvallisuustiedotteen versio lähetetään pyynnöstä. Tiedote on julkaistu myös web-sivustollamme osoitteessa: www.crcind.com



**TEKNISET TIEDOT****Tuote: DINITROL 77B**

Vahva, elastinen, pitkävaikutteinen ruosteestoaine

Ominaisuudet: DINITROL 77B antaa pitkävaikutteisen ruostesuojan erittäin ruostealttiin kohteisiin. Tuote on jäykähkö ja jättää liuotinaiseen haihduttua paksun, ruskean, vahamaisen kalvon joka antaa erittäin hyvän ruosteeston sekä sisä- että ulkotiloissa. Kiinteän koostumuksensa ansiosta kalvo antaa myös mekaanisen suojan. DINITROL 77B jättää tahraamattoman kalvon, antaa hyvän peittokyvyn ja kuivuu nopeasti.

Käyttökohteet: DINITROL 77B on tarkoitettu autoihin, veneisiin, työkaluihin ja muiden rauta- ja teräsesineisiin, jotka varastoidaan tai kuljetetaan erittäin vaikeissa olosuhteissa. DINITROL 77B soveltuu suoja-aineeksi lähes kaikkiin tuotteisiin, jotka varastoidaan pitkään.

Käyttötapa: DINITROL 77B voidaan sumuttaa, ruiskuttaa tai levittää penslaamalla. Paras tulos saadaan kun ruosteestokäsittely suoritetaan +15°C - +20°C lämpötilassa. Ruosteestonesto tulee mieluiten säilyttää lämpimässä tilassa. Käsiteltäessä ruosteisia ja likaisia rautarakenteita tulee pinnat ensin käsitellä tunkeutuvalla DINITROL ML:llä. DINITROL 77B voidaan poistaa liuotinbensiinillä tai klooratulla hiilivedyllä, esim. trikloretyleenillä.

FYSIKAALISET JA KEMIALLISET TIEDOT

Kalvon laatu	vahamainen, vaaleanruskea	
Tiheys 23°C	860 kg/m ³	DAM 4:1
Viskositeetti 23°C, DIN 4	38 s	DAM 5:1
Kuiva-ainepitoisuus	55 % painosta	DAM 2:4
Leimahduspiste	29 °C	DAM 7:4
Liuottimen aromaattinen pitoisuus	<1 %	
Suosittelun kalvon paksuus	50 µm	
Kuivumisaika	30 min	
Kiinnipävyys alh.lämpötilassa	-30°C	SAE J400
Vaikutus auton maaliin	ei ole	SS 186011
Kuumuudenkesto	105 °C	SS 186035
Suolasumutuskoe	500 tuntia	DAM 39:1
Läpätunkeutuminen	30 mm	DAM 33:2



Zerust® Axxanol™ Spray-G

For superior corrosion protection in a sprayable grease, use Zerust®/Excor® Axxanol Spray-G. It protects in extreme conditions, such as during outdoor storage and overseas shipping.

Axxanol Spray-G provides the protection of a grease in the convenience of a sprayable form. It outperforms many other rust preventative coatings, while being easier to apply and remove, saving time and costs associated with corrosion control. The product has an oily grease consistency and provides advanced corrosion protection for parts and equipment for up to 1 year outdoors and 2 years indoors.

Axxanol Spray-G can be used as a light lubricant while it provides exceptional corrosion protection. The product is resistant to water and is compatible with packaging and most rubber and plastic materials. Test on a small area before use. Check with your Zerust/Excor representative for a corrosion management solution most effective for your metal assets.

Application Example

A large piece of machinery was coated with Axxanol Spray-G before shipment overseas. It was shipped on the deck and in extreme open-air conditions. The item arrived corrosion-free to the end customer.



Benefits

- Sprayable multimetal rust preventative coating
- Protects in extreme outdoor conditions
- Safe for paint and plastic
- Non-hazardous* disposal
- Removable with an alkaline cleaner

Application Type

- Storage
- Shipping
- During Operation
- May be used with Zerust VCI packaging

*Non-Hazardous Disposal: Product in unopened original container prior to use is non-hazardous waste in the United States according to 40 CFR 261 (no components listed on F, K, P or U lists; not ignitable, not corrosive, not reactive and not toxic).



Technical Data

Product Information	Solvent-based corrosion inhibitor spray grease.	
Application	Apply via pressurized spray	
	Application temperature	50 to 90°F (10 to 32°C)
	Coverage	1 lb covers 211 ft ² (20 m ²)
	Layer Thickness	1 mil (25 µm)
	Removability	Alkaline cleaner
	VOC content	< 45%
	Flash Point	≥ 142° F (61° C)
	Viscosity at 104°F (40°C)	> 1123 mm ² per second
Protection Properties	Indoors	Up to 2 years
	Outdoor	Up to 1 year
	Salt Spray ASTM B-117	1500 Hrs @ 2 mil (50 µm)
	Packaging/Hermetically Sealed	Up to 5 years
	Metal types	Multimetal protection
Storage Guidelines	Temp	50 to 90°F (10 to 32°C)
	Duration	Up to 2 years

Availability

Zerust®/Excors® Axxanol™ Spray-G is sold in a ready-to-use aerosol can and in bulk pails and drums.

Part Number	Qty
350-M-00023AC	12 oz
350-M-00023PL	5 Gal
350-M-00023DR	55 Gal

Contact an Expert

Consult your local Zerust/Excors representative to implement an optimum corrosion prevention system for your production facility and supply chain.

Safety

- Product in unopened original container prior to use does not meet criteria for hazardous waste according to 40 CFR 261 (no components listed on F, K, P or U lists; not ignitable, not corrosive, not reactive and not toxic).

Warranty and Disclaimer Information: We guarantee our products conform to documented quality specifications. Product information subject to change without notice. We make no warranty of any kind expressed or implied as to the effects of use (including, but not limited to, damage or injury). For full warranty and disclaimer information visit, www.zerust.com/warranty.

©2016 Northern Technologies International Corporation (NTIC). All Rights Reserved. NTIC is the owner of the following trademarks: ActivPak®, Cor-Tab®, EXCOR®, Flange Saver®, ICT®, NTI®, Plastabs®, Z-CIS®, Zerion®, ZERUST®, The ZERUST People®, and the Color *Yellow*. ABRIGO®, UNICO®, and VALENO® are registered trademarks of EXCOR GmbH, a Joint Venture Partner of NTIC.

Contact Us



A product of:
Northern Technologies
International Corp
4201 Woodland Road
Circle Pines, MN 55014
USA

Phone. +1 763.225.6600
Fax. +1 763.225.6645
sales@zerust.com
www.zerust.com



Suoja-aineet ja koelevyt

Suoja-aineet:



Multilube



Dinitrol 77 B



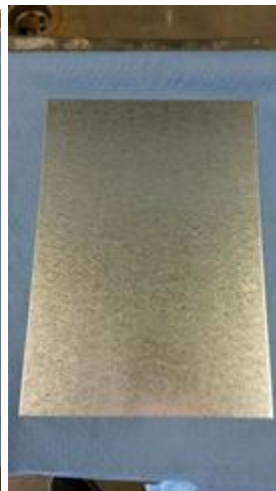
Zerust Axxanol Spray-G

Ennen testiä:

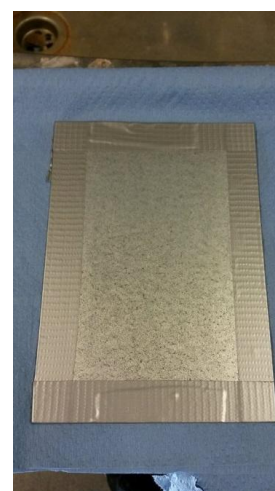
Suojaamattomat paljaana ja teipattuna



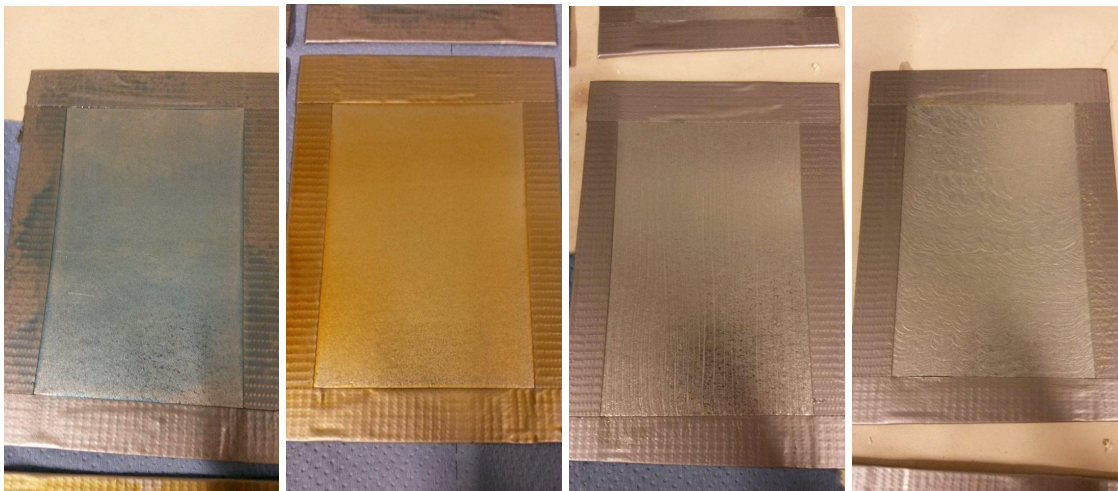
Niukkaseosteinen teräs



Kuumasinkitty teräs



Suojatut:

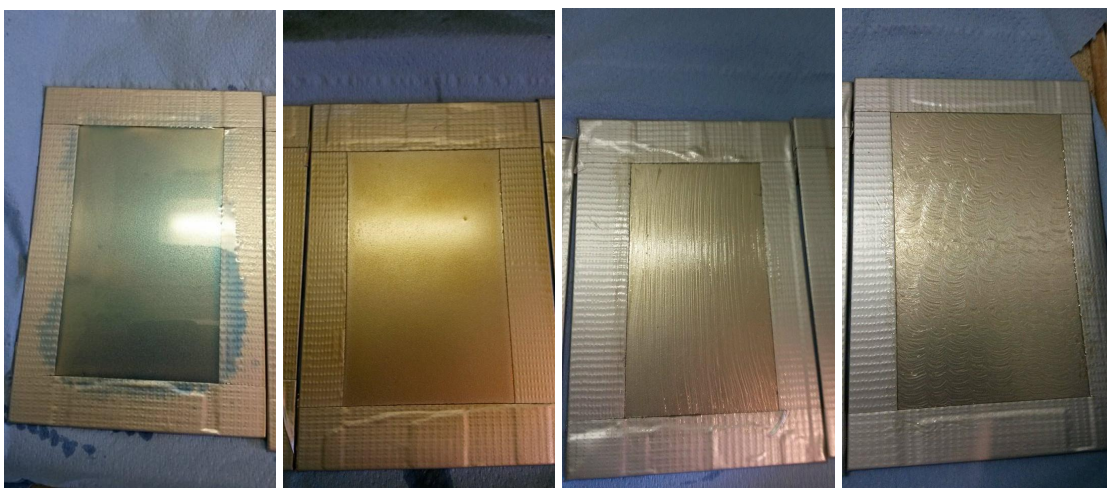


Sinkitty Multilube

Sinkitty Dinitrol 77B

Sinkitty Zerust SS

Sinkitty Zerust PS



Teräs Multilube

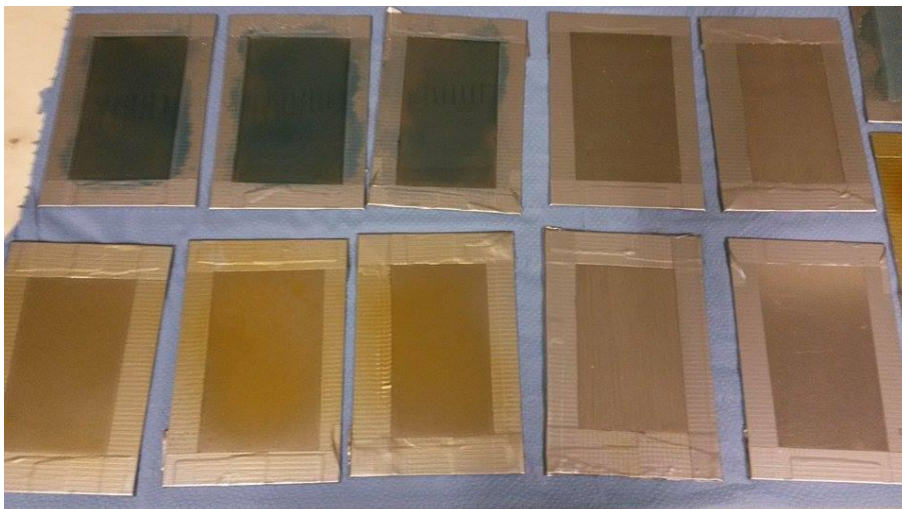
Teräs Dinitrol 77 B

Teräs Zerust SS

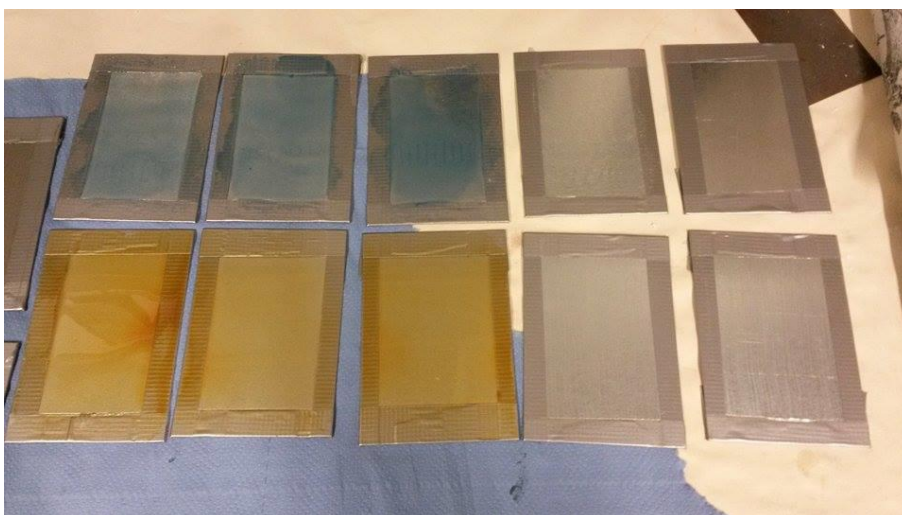
Teräs Zerust PS

Suoja-aineen nimi tarkoittaa, että ylläoleva levy on käsitelty kyseisellä suoja-aineella. Esim. Sinkitty Multilube tarkoittaa, että kuumasinkitty teräslevy on käsitelty Multilube-voiteluaineella.

SS = Suora sively, PS = Pyörresively



Teräksiset koelevyt suojattuna, referenssikappale oikeassa alanurkassa.



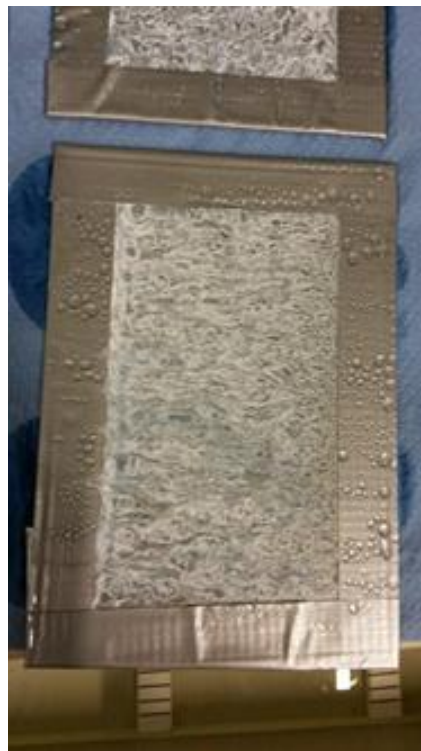
Sinkityt koelevyt suojattuna, referenssikappale oikeassa yläkulmassa.

Suolasumutesti 15 h:

Referenssit:

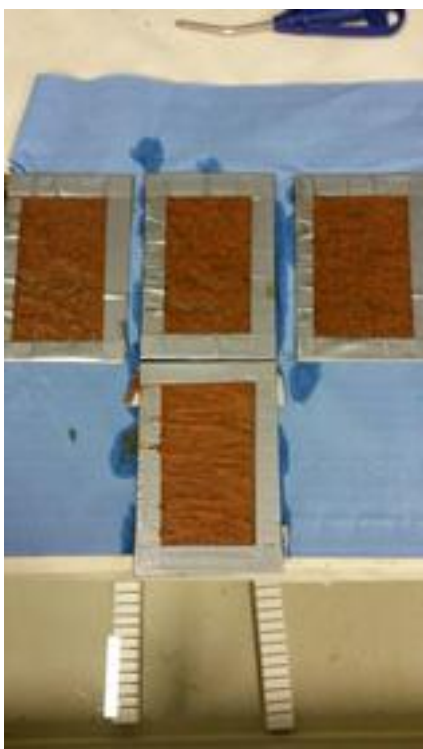


Niukkaseosteinen teräs



Kuumasinkitty teräs

Käsitellyt (Referenssilevy alimmaisena):



Teräs Multilube



Sinkitty Multilube

Muuttumattomat



Teräs Zerust



Sinkitty Zerust

Suolasumutesti 37 h

Referenssit:



Niukkaseosteinen teräs



Kuumasinkitty teräs

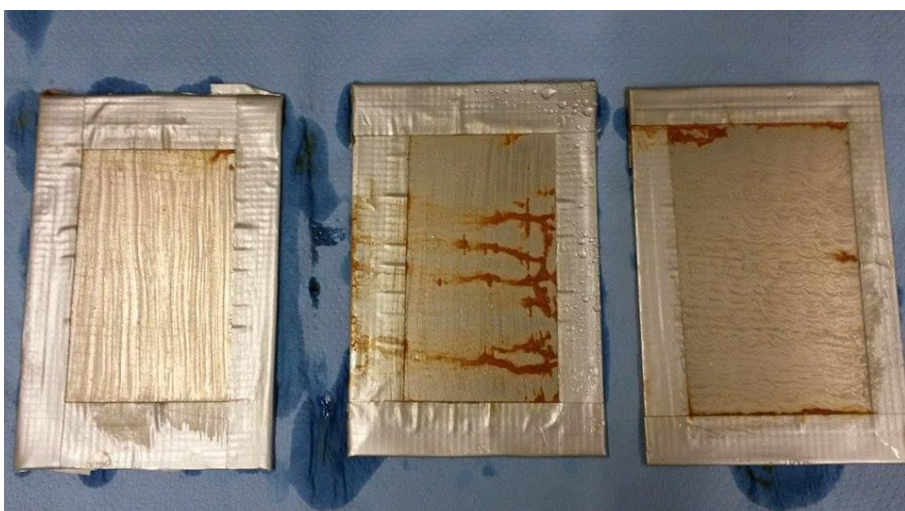
Käsitellyt:



Teräs Multilube



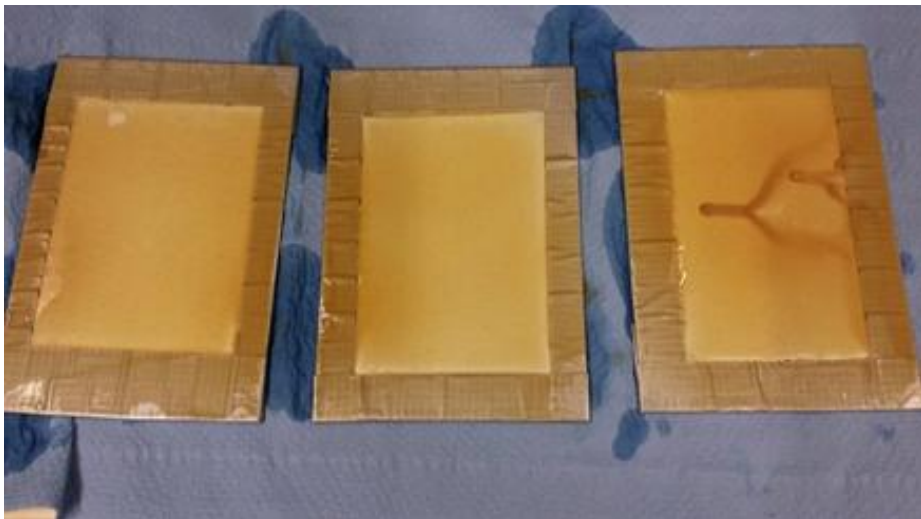
Teräs Dinitrol 77 B



Teräs Zerust



Sinkitty Multilube



Sinkitty Dinitrol 77 B



Sinkitty Zerust

Suolasumutesti 63 h

Referenssit:



Niukkaseosteinen teräs

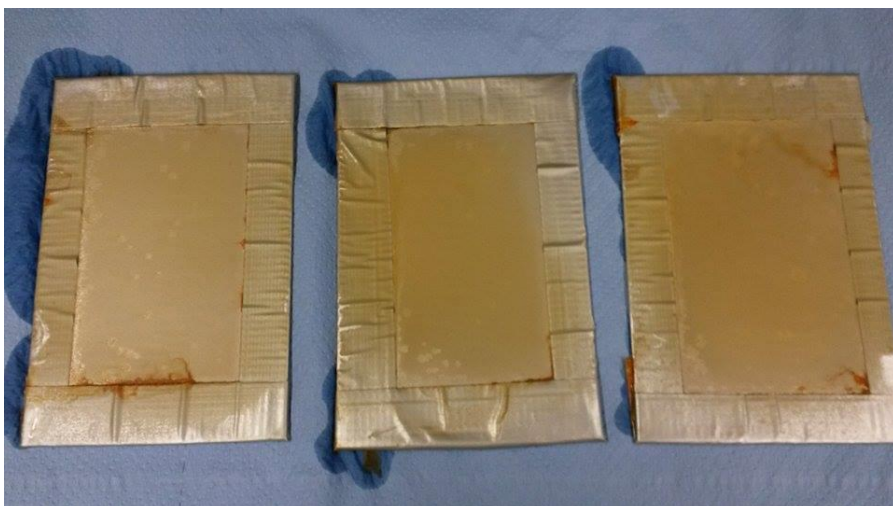


Kuumasinkitty teräs

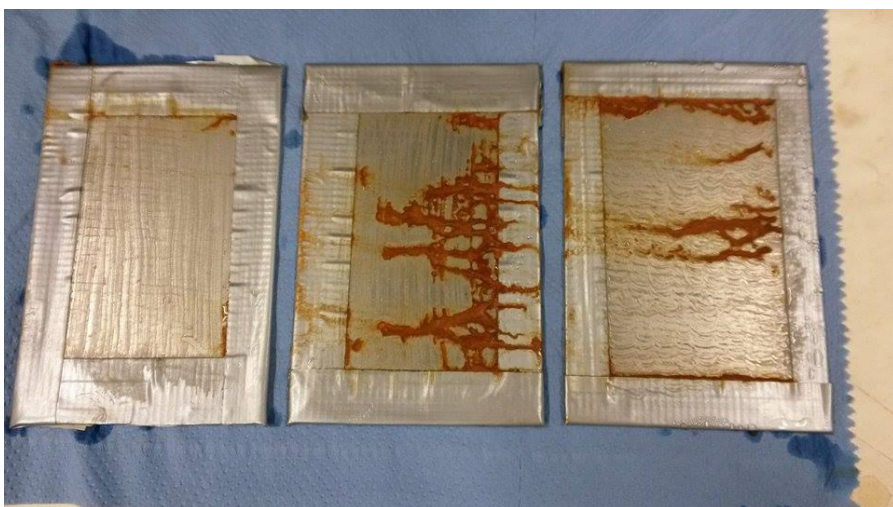
Käsittelyt:



Teräs Multilube



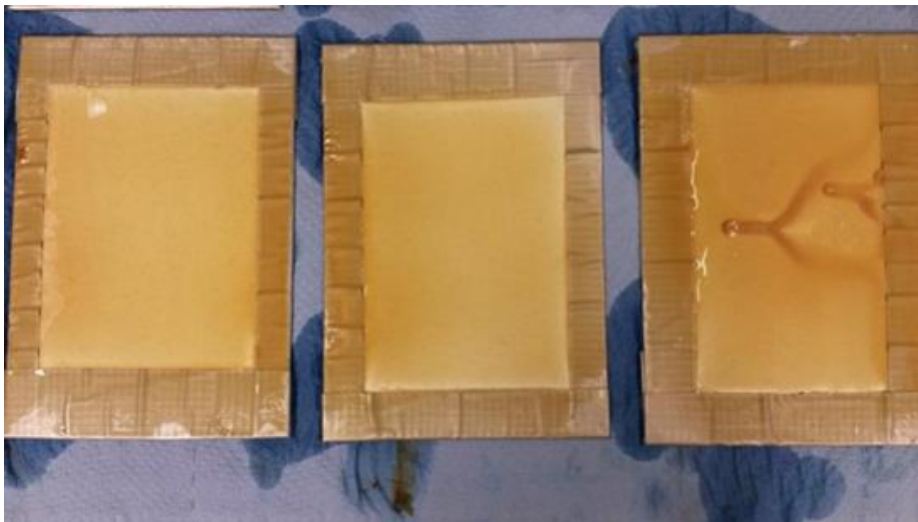
Teräs Dinitrol 77 B



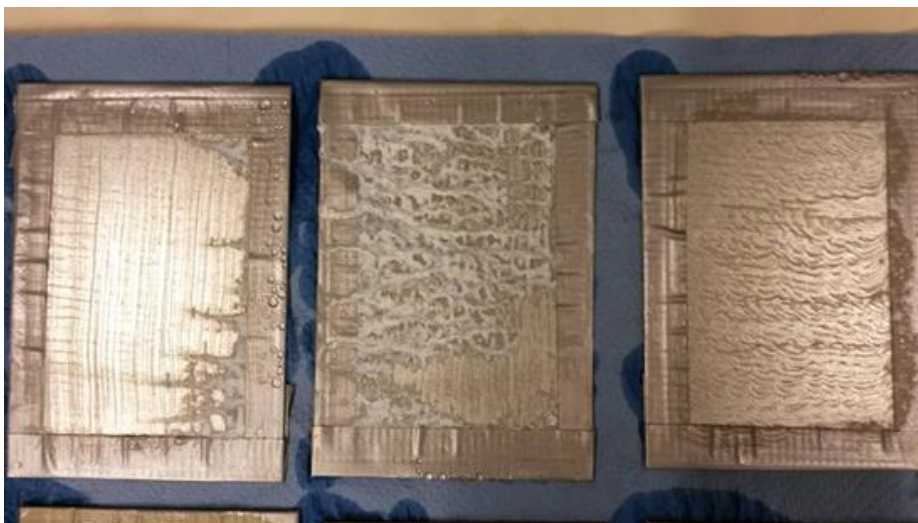
Teräs Zerust



Sinkitty Multilube



Sinkitty Dinitrol 77 B



Sinkitty Zerust

Suolasumutesti 133 h

Referenssit:



Niukkaseosteinen teräs

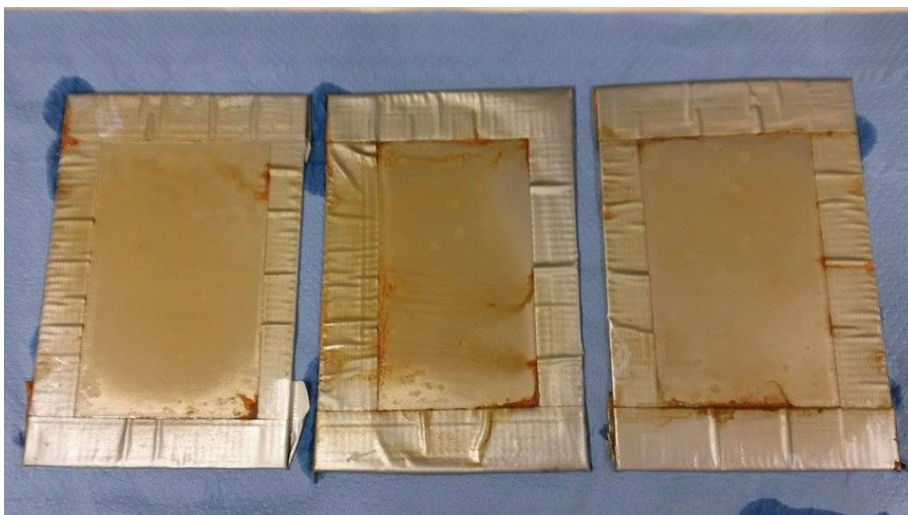


Kuumasinkitty teräs

Käsitellyt:



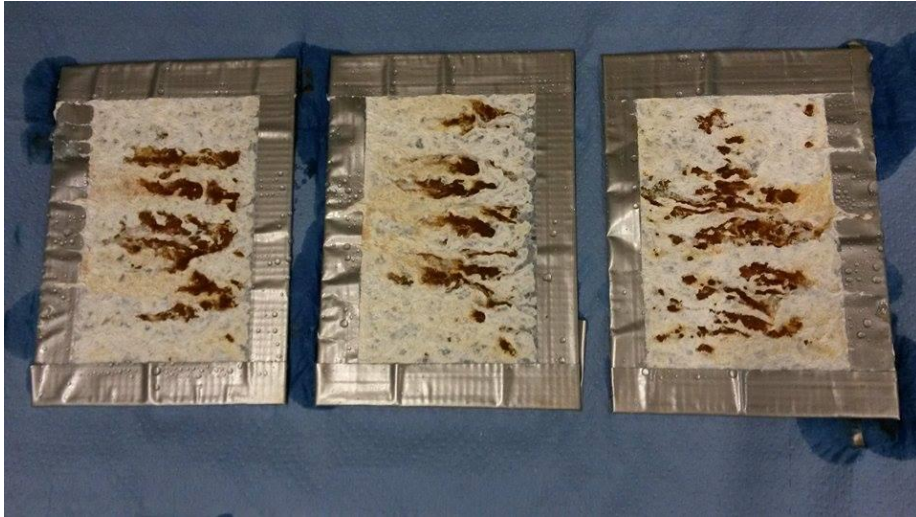
Teräs multilube



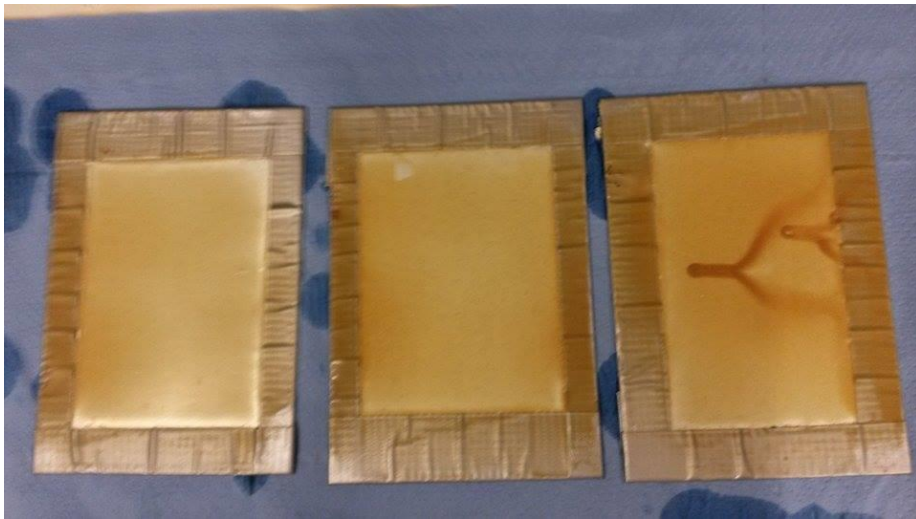
Teräs Dinitrol 77 B



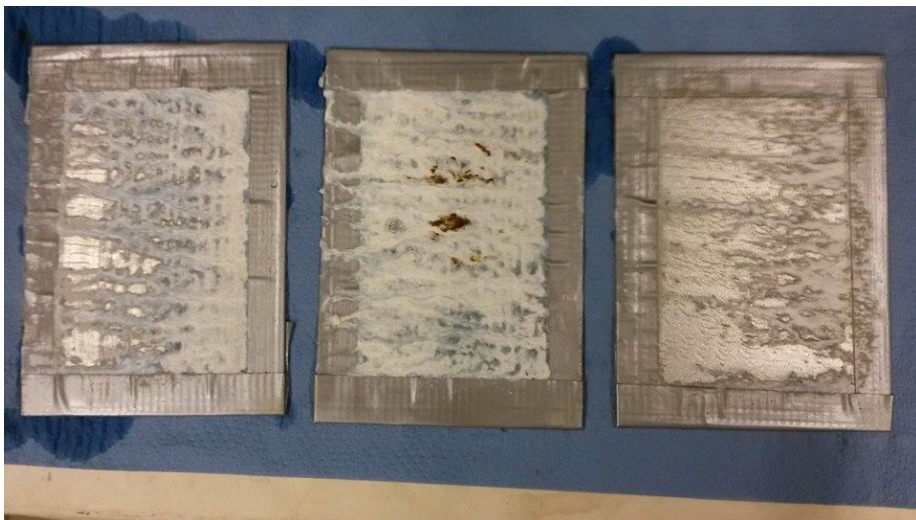
Teräs Zerust



Sinkitty Multilube



Sinkitty Dinitrol 77 B



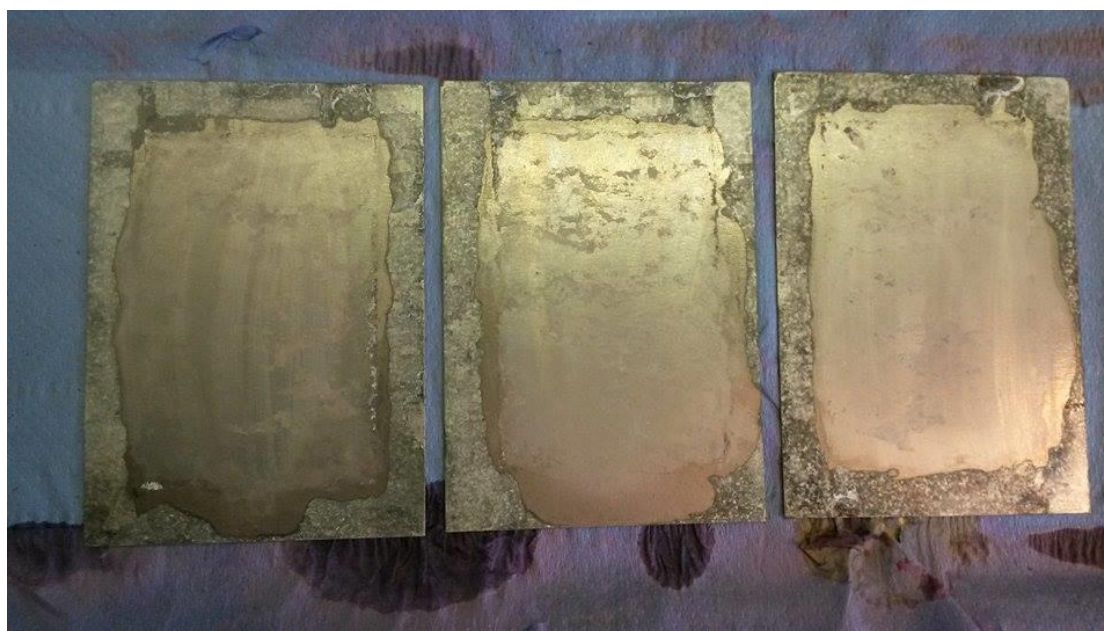
Sinkitty Zerust



Teräksinen referenssilevy puhdistettuna. Sinkitty referenssilevy puhdistettuna.



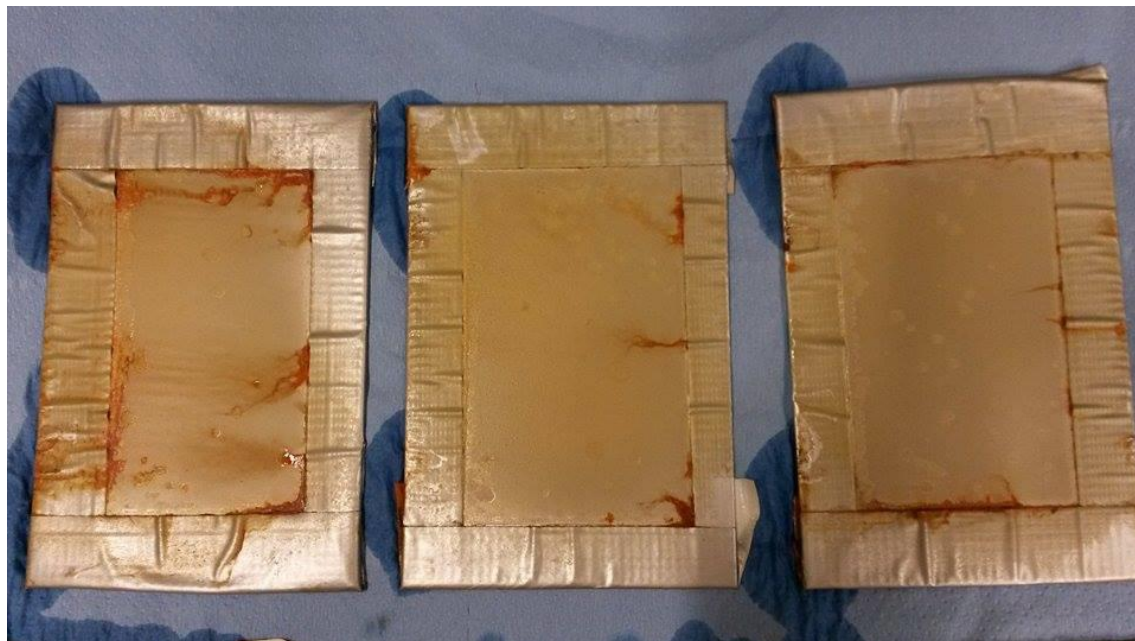
Teräksiset Multilubella suojatut levyt puhdistettuina.



Sinkityt Multilubella suojatut levyt puhdistettuina. Sinkin alta paljastuu korroosion jälkiä.

Suolasumutesti 180 h

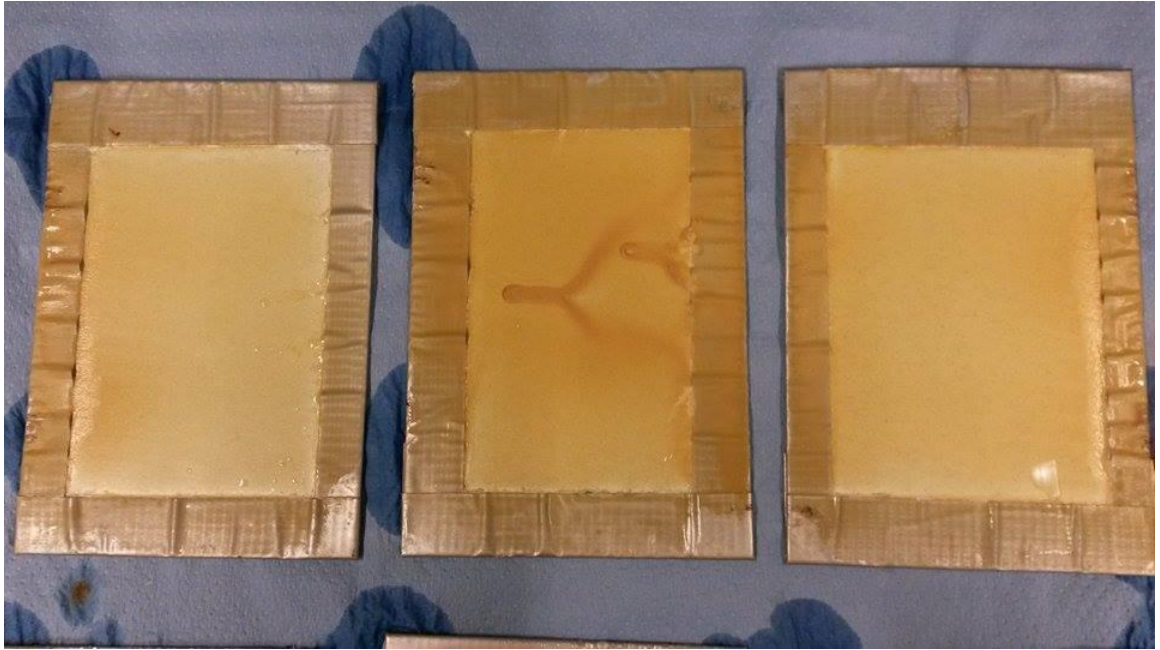
Käsitellyt:



Teräs Dinitrol 77 B



Teräs Zerust



Sinkitty Dinitrol 77 B



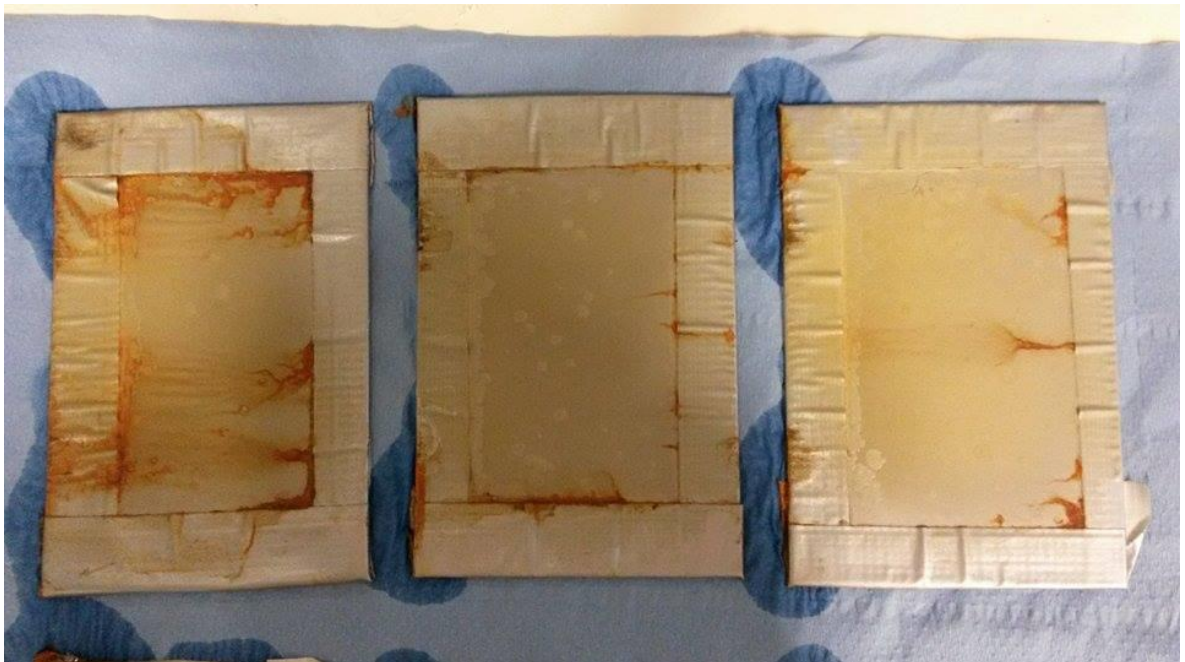
Sinkitty Zerust

Suolasumutesti 228 h

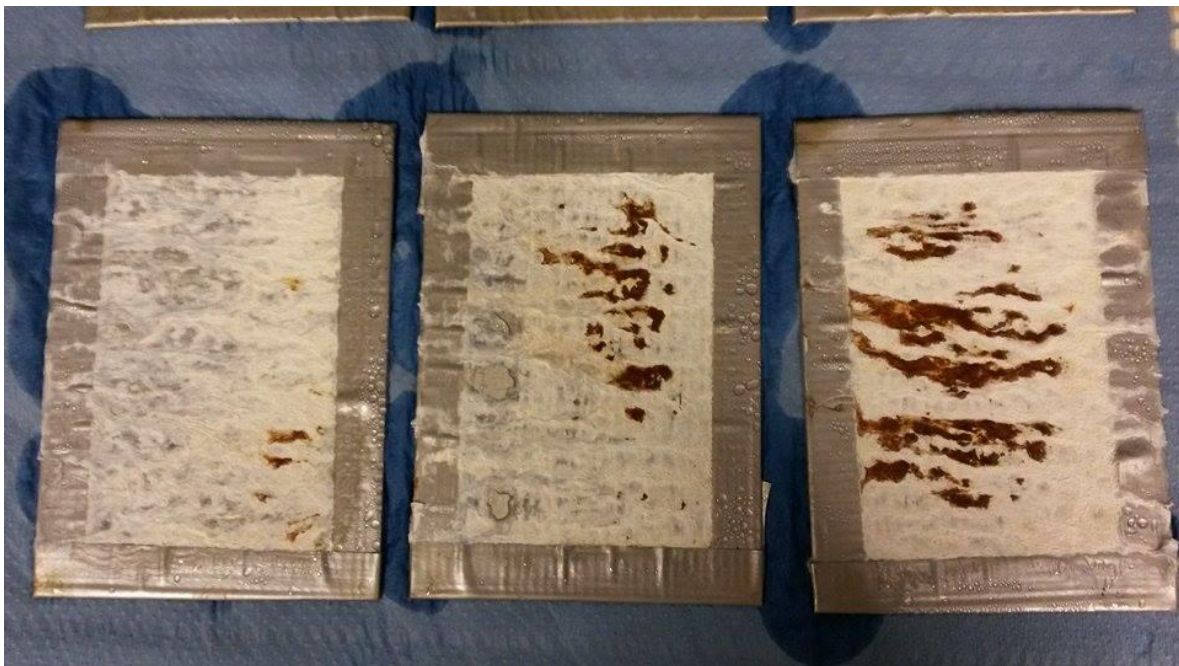
Käsitellyt:



Teräs Zerust



Teräs Dinitrol 77 B



Sinkitty Zerust



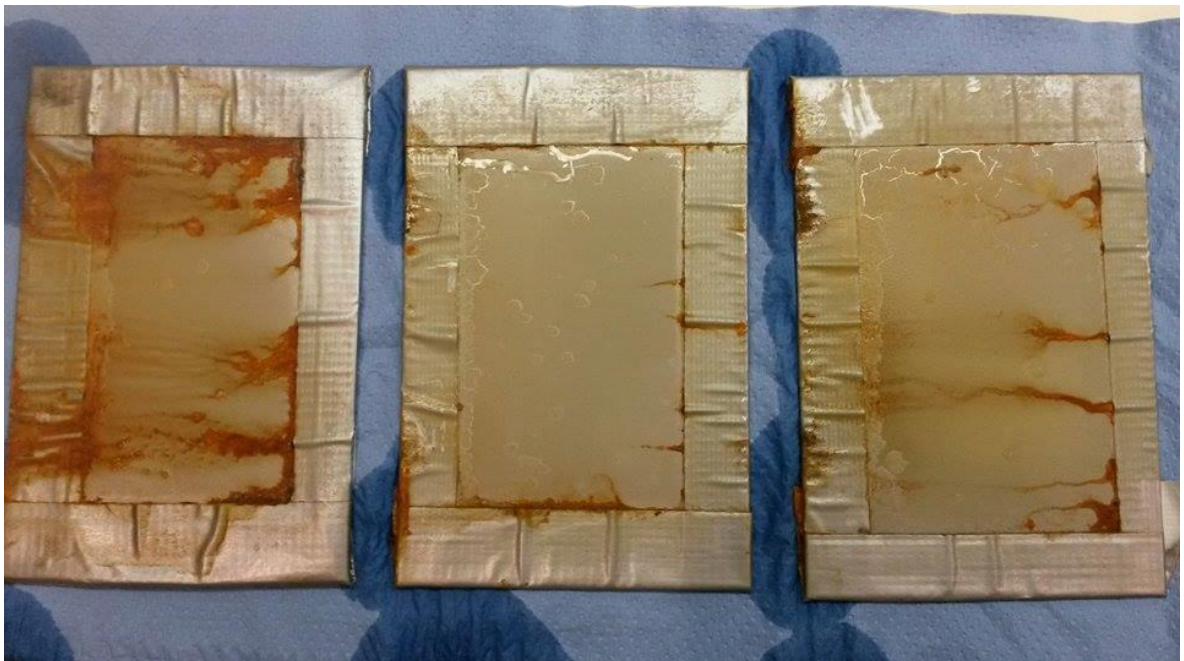
Sinkitty Dinitrol 77 B

Suolasumutesti 326 h

Käsitellyt:



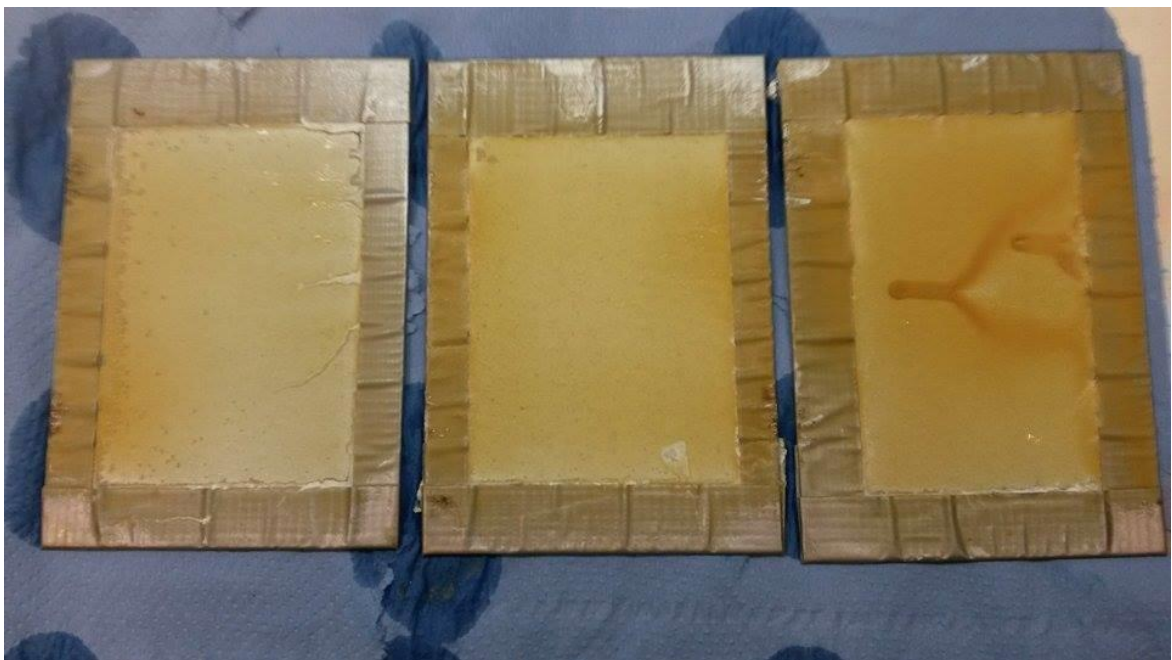
Teräs Zerust



Teräs Dinitrol 77 B



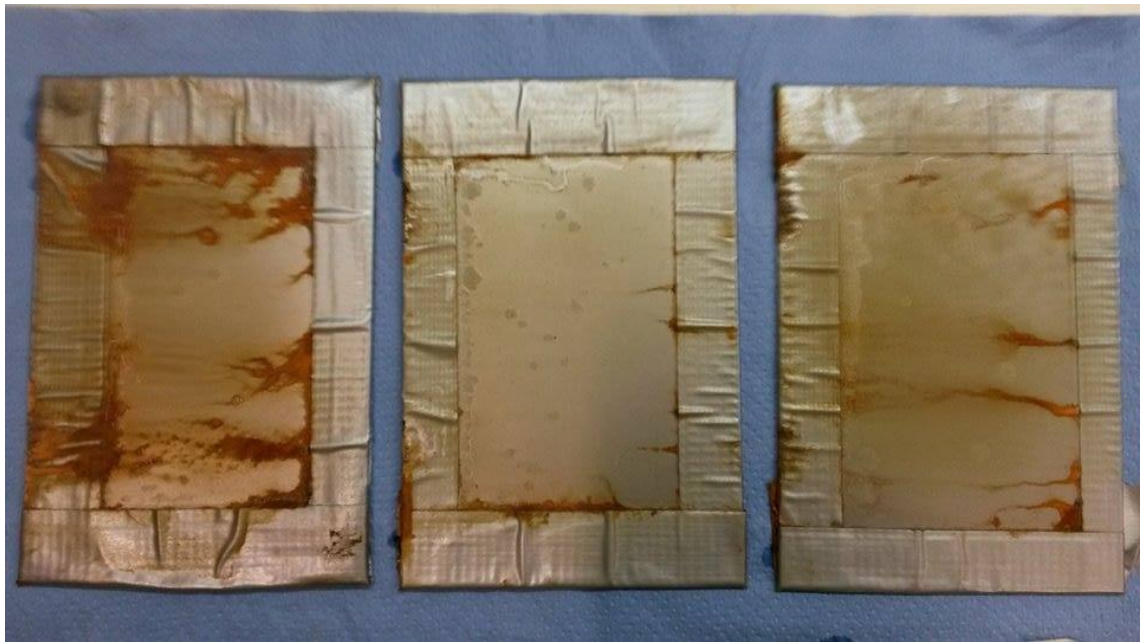
Sinkitty Zerust



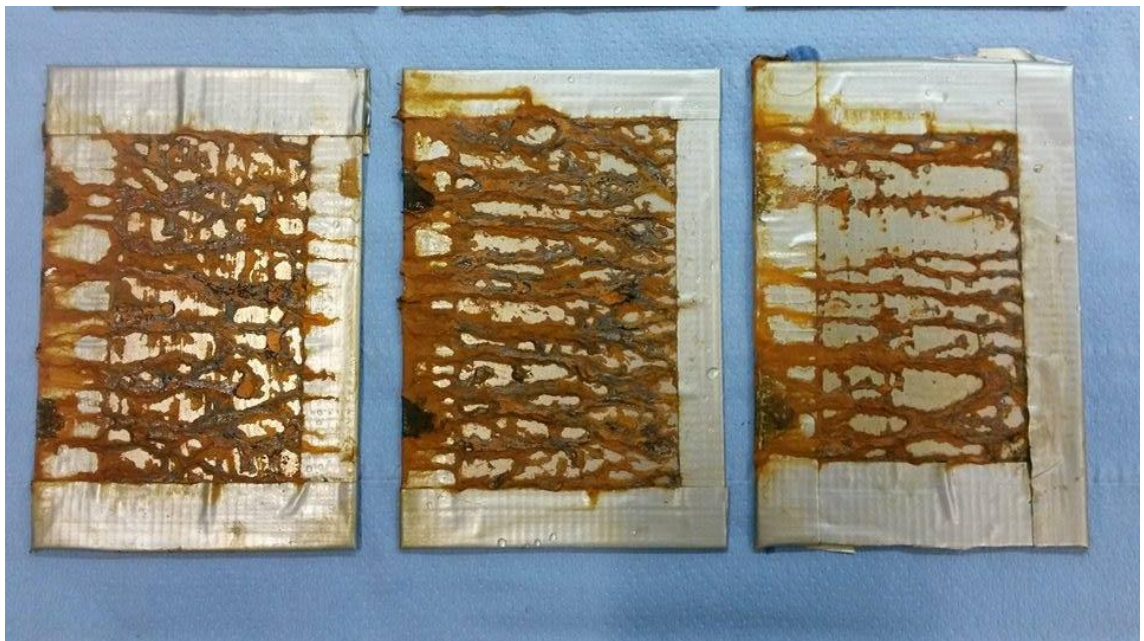
Sinkitty Dinitrol 77 B

Suolasumutesti 350 h

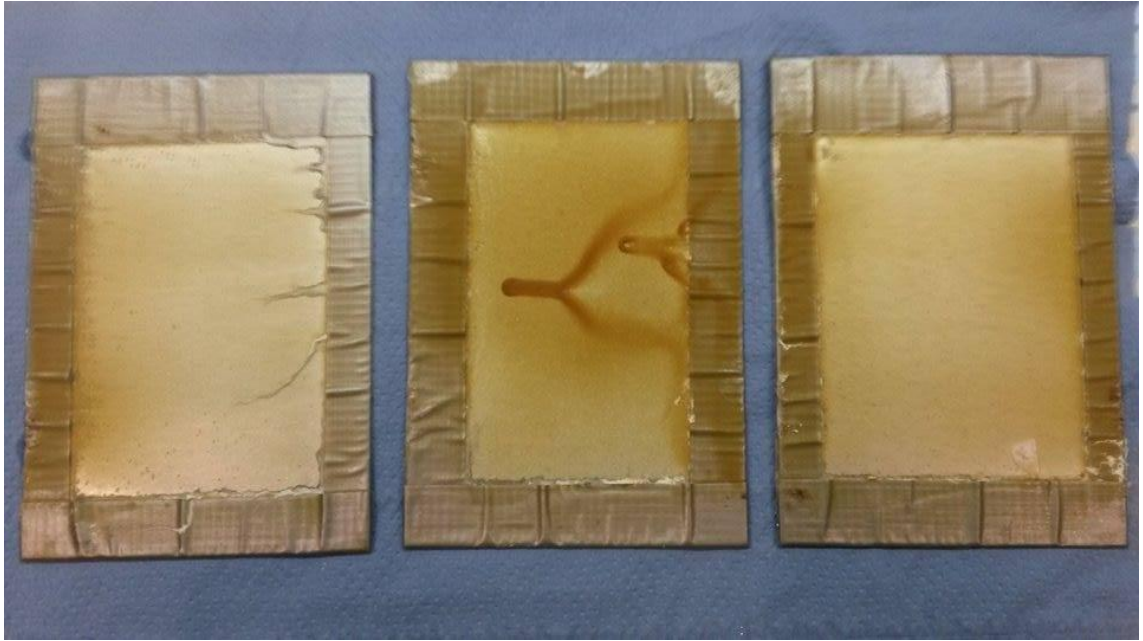
Käsitellyt:



Teräs Dinitrol 77 B



Teräs Zerust



Sinkitty Dinitrol 77 B



Sinkitty Zerust



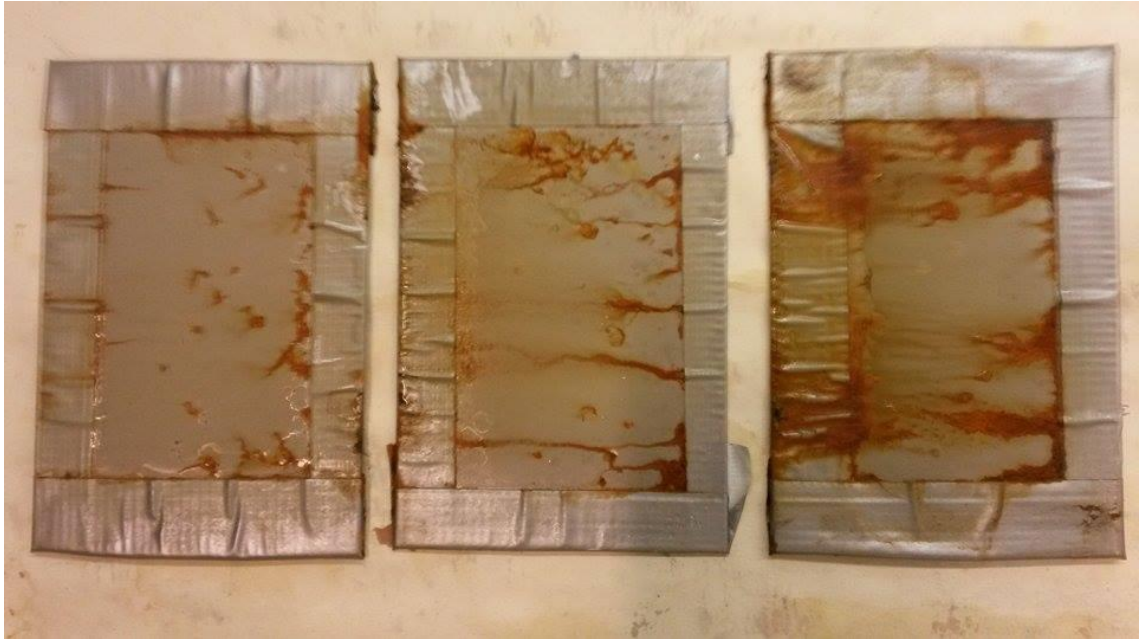
Teräksiset Zerustilla suojatut levyt puhdistettuina.



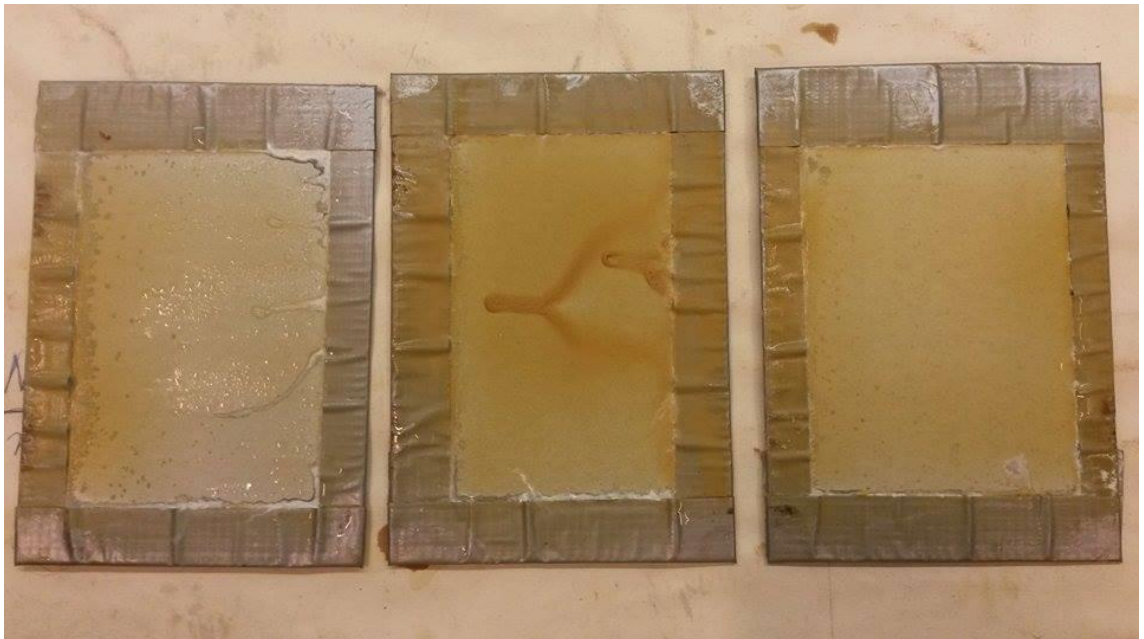
Sinkityt Zerustilla suojatut levyt puhdistettuina. Sinkin alta paljastuu korroosion jälkiä.

Suolasumutesti 398 h

Käsitellyt:



Teräs Dinitrol 77 B



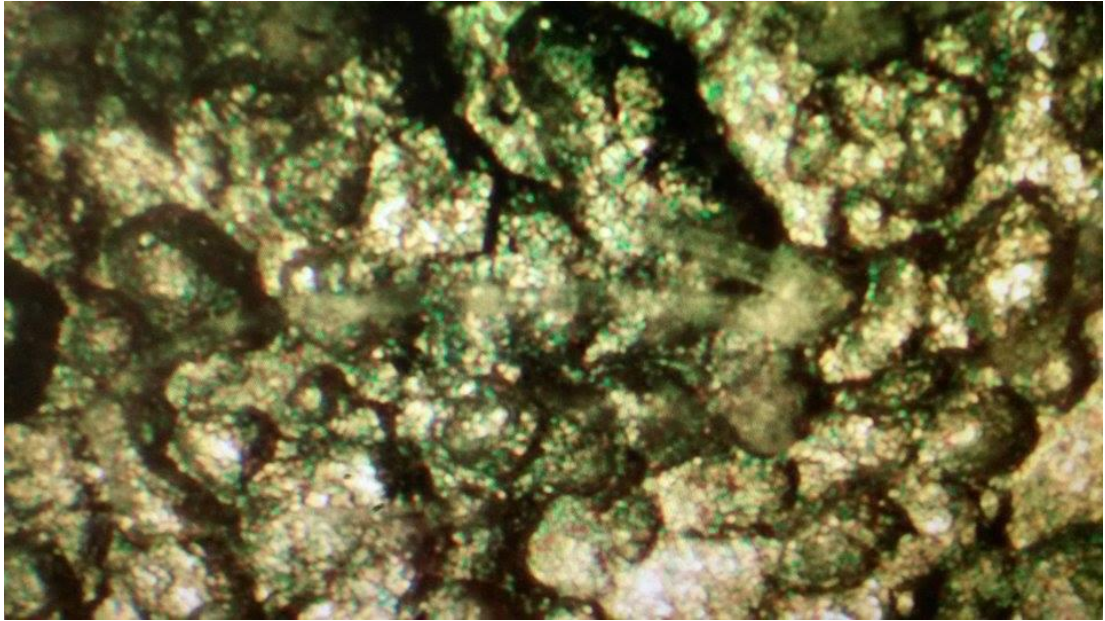
Sinkitty Dinitrol 77 B



Teräksiset Dinitrolilla suojatut levyt puhdistettuina.



Sinkityt Dinitrolilla suojatut levyt puhdistettuina.



Käänteismikroskoopin kuva teräksisestä Dinitrolilla suojatusta levystä. Korroosiojäljet ovat nähtävissä juuri ja juuri paljaallakin silmällä, mutta mikroskoopin kuva osoittaa, että syöpymistä on selkeästi tapahtunut.