

Marjo Roininen

Frosio-koulutuksen käytännön harjoitusten suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinööriytyö

3.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Marjo Roininen Frosio-koulutuksen käytännön harjoitusten suunnittelu
Sivumäärä Aika	51 sivua + 11 liitettä 3.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Kai Laitinen
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli luoda suunnitelma Frosio-koulutuksen käytännön harjoituksille. Frosio-koulutuksen avulla voi suorittaa kansainvälisen pintakäsittelyn laaduntarkastajan pätevyyden. Koulutus pohjautuu norjalaiseen standardiin NS 476:2004.</p> <p>Pintakäsittelyn tarkastajan tehtävänä on varmistaa, että pintakäsittelyn lopputulos on maalausohjeissa asetettujen tavoitteiden mukainen. Tarkastaja tutkii pintaa sekä visuaalisesti, että ainetta rikkovilla menetelmillä, jotta varmistutaan että tarvittavat pinnoitekerrokset löytyy. Tarkastaja voi työskennellä maalausyrityksen palveluksessa tai hän voi olla projektin ulkopuolinen henkilö.</p> <p>Koulutuksen aikana käydään läpi keskeisimmät asiat metallien korroosiosta, korroosionestosta, pintakäsittelyn laaduntarkastuksesta sekä työ- ja ympäristöturvallisuusasioista. Kurssilla suoritettavat käytännön harjoitukset sisältävät tarkastajantyössä tarvittavien välineiden käytön opastuksen sekä eri menetelmien suoritukset.</p> <p>Käytännön töiden suunnittelussa otetaan huomioon standardin NS 476:2004 vaatimukset sekä ajankäyttö. Tässä työssä tehty suunnitelma hahmottaa töiden suoritusta ja työssä on selvitetty tarvittavia välineitä ja aineita käytännön harjoituksiin.</p> <p>Käytännön harjoitukset toteutetaan pääsääntöisesti eurooppalaisten ISO-standardien mukaisesti ja harjoitukset on suunniteltu siten, että niiden suoritus ei vaadi maalaamo- tai laboratorio-olosuhteita.</p>	
Avainsanat	Frosio, korroosionestomaalaus, pintakäsittelyn tarkastaja, koulutuksen suunnittelu

Author(s) Title	Marjo Roininen Planning the practical exercises of the Frosio education
Number of Pages Date	51 pages + 11 appendices 3 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials- and Surface Engineering
Instructor(s)	Kai Laitinen, Principal Lecturer
<p>The aim of this thesis was to create a plan for practical exercises of the Frosio education. Frosio is a member organization that organizes education for qualification of coating inspectors. The education is based on the Norwegian standard NS 476:2004.</p> <p>The main task coating inspector is to make sure that the result is compatible with the painting system. The Inspector will inspect the surface both visually and with methods that break the surface. With these methods, the inspector can make sure that all layers are painted. The inspector can work for some painting company, or the inspector can be a third person of the project.</p> <p>During the training course, candidates are going to learn the main aspects of corrosion, surface protection and corrosion prevention, coating quality inspection, health, environment and safety. Practical exercises include work instructions and use of methods.</p> <p>The planning of practical of the training course is based on standard NS 476:2004 which defines the subjects and time allocation. The planning made in this thesis is to picture the practical exercises and in this thesis is listed all the things that are needed for the training course.</p> <p>Practical exercises are based on European ISO standards. The exercises do not require paint shop or laboratory conditions.</p>	
Keywords	Frosio, corrosion protection, coating inspertor, planning of an education

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Korroosiosuojapinnoitus	1
2.1	Korroosio ilmiönä	2
2.1.1	Yleinen korroosio	2
2.1.2	Paikallinen syöpyminen	3
2.1.3	Galvaaninen korroosio	5
2.1.4	Mekaanisesta kulumisesta johtuva korroosio	5
2.1.5	Raerajakorroosio	6
2.1.6	Valikoiva syöpyminen	7
2.1.7	Jännityskorroosio	7
2.2	Korroosio erilaisissa ympäristöolosuhteissa	8
2.3	Korroosiosuojamaalaus	11
2.3.1	Esikäsitteleminen	11
2.3.2	Metallityöt	15
2.3.3	Rakennesuunnittelu	18
3	Pintakäsittelyn tarkastajakoulutus	22
3.1	NACE-instituutti	22
3.2	Frosio organisaationa	23
4	Pintakäsittelyn tarkastajan pätevyys	24
5	Frosio-koulutukseen liittyvä käytännön harjoittelu	26
5.1	Ilmasto-olosuhteet	27
5.2	Pinnankarheus ja puhdistusaste	29
5.3	Vesiliukoisen suolojen testaus – Bresle-menetelmä	30
5.4	Pinnoitteen paksuus – ainetta rikkova menetelmä	31
5.5	Kuivakalvon paksuuden määrittäminen – ainetta rikkomaton menetelmä	32
5.6	Tartuntavetokoe – ainetta rikkova menetelmä	33
5.7	Hilaristikkotestaus – ainetta rikkova menetelmä	35
5.8	Huokoisuuden testaaminen – korkeajännite	36
5.9	Huokoisuuden testaaminen – matala jännite	36
5.10	Maalikalvon kovettuminen	37

5.11	Pintojen tarkastelu	39
5.12	Maalityypin tunnistaminen	40
5.13	Maalaustyön tarkastus	41
5.14	Ruostumisaste	42
5.15	Laboratoriotöiden aikataulutus	43
6	Tarvittavat välineet	45
7	Yhteenveto	49
	Lähteet	50
	Liitteet	
	Liite 1. Ilmasto-olosuhteet	
	Liite 2. Pinnankarheus ja puhdistusaste	
	Liite 3. Pintojen tarkastelu	
	Liite 4. Maalaustyön tarkastus	
	Liite 5. Ruosteasteet	
	Liite 6. Huokoisuuden testaaminen	
	Liite 7. Maalikalvon kiinnipysyvyys	
	Liite 8. Pinnoitteen paksuus	
	Liite 9. Vesiliukoisten suolojen määrittäminen	
	Liite 10. Maalikalvon kovettuminen	
	Liite 11. Maalityypin tunnistaminen	

1 Johdanto

Korroosioneston kanssa työskennellessä on tärkeää olla tarkat ohjeavot laadun suhteen. Turvallisuus, kustannukset ja rakenteen elinkaari ovat yhteydessä korroosiosuojaukseen. Pintakäsittelyn tarkastajan tehtävänä on huolehtia, että työ on suoritettu suunnitellusti. Määräykset ohjeistavat mm. yhtenevät säännöt kaikille alan toimijoille, ja näin ollen inhimillisistä tekijöistä johtuvat virheet saadaan minimoitua.

Euroopassa standardi EN 1090 on määritellyt velvoitteet rakenteiden valmistajille. Rakennustuotteiden CE-merkintä on tullut pakolliseksi 1.7.2013 alkaen ja siirtymäaika on päättynyt 1.7.2014. CE-merkintä tuotteessa osoittaa, että tuotteen ominaisuudet on määriteltä ja varmennettu yhdenmukaisella tavalla. Lisäksi standardin toisessa osassa ”Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset” on määriteltä korroosionestolle vaatimukset kohdassa 12.6 ja 2.7. Korroosionesto tulee tarkastaa standardin 1090-2 liitteen F mukaan, jossa käsitellään korroosionestoa, ja joka perustuu pinnan esikäsittelyyn ja maalaukseen, termiseen ruiskutukseen tai kuumasinkitykseen. Liitteen tarkastukset perustuvat kansainvälisesti hyväksytyihin standardeihin. [1.]

Pätevältä teräsrakenteiden pintakäsittelyn tarkastajalta edellytetään soveltuvan koulutuksen, siihen liittyvän tentin ja harjoitusten suorittamista hyväksytysti. Lisäksi edellytetään riittävä työkokemus alan tehtävistä ja taitoa tehdä korroosionestomaalauksen tarkastuksia. [2.]

2 Korroosiosuojapinnoitus

Metallien korroosio on ympäristön vaikutuksesta johtuvaa materiaalin ominaisuuksien muuttumista. Muutos pyritään minimoimaan, sillä korroosio saattaa pahimmassa tapauksessa muuttaa metallin käyttökelvottomaksi. Metallien eri ominaisuudet vaikuttavat voimakkaasti korroosiotaipumukseen. Oikeanlaisella suojauksella rakenteelle saadaan pitkäikäisyyttä, turvallisuutta ja taloudellisuutta. Korroosiosuojausta tehdään eniten teräkselle, sillä tavallinen rakenneteräs on melko edullinen rakennusmateriaali ja sen lujuusominaisuudet ovat hyvät. Korroosioestomaalaus on yksi

tärkeimmistä menetelmistä suojauksessa, mutta myös esim. toisella metallilla pinnoittaminen on tehokasta korroosiosuojausta. [3.]

2.1 Korroosio ilmiönä

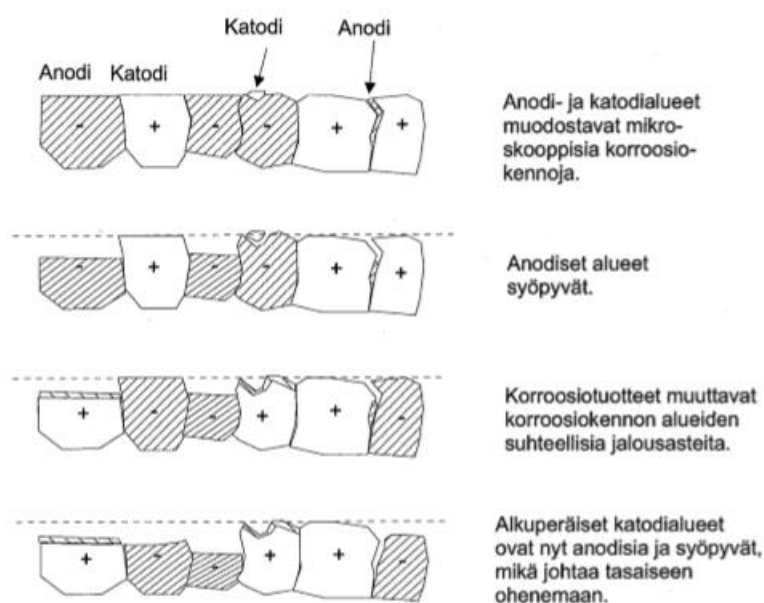
Korroosion taustalla on kemiallinen tai sähkökemiallinen ilmiö, mutta useimmiten korroosioprosessit ovat sähkökemiallisia.

Sähkökemiallisessa korroosiossa muodostuu anodi-katodi-pari jotka ovat samassa elektrolyytissä. Anodi-katodipari voi muodostua kahdesta eri metallista joilla on eri jalousaste, mutta myös saman metallin sisällä voi muodostua korroosiopari esimerkiksi rakenne tai pintaeron vuoksi. Anodi syöpyy ja katodi säilyy ennallaan. Jos kyseessä on saman materiaalin sisällä tapahtuvaa korroosiota, niin anodi ja katodi vaihtuvat nopeasti ja varsinaista eri alueiden syöpymistä ei voi havaita. [4; 3.]

Kemiallisessa korroosiossa metallipinta reagoi suoraan ympäristön kanssa. Korroosiotuotetta ei ilmesty eikä sähkövarauksen liikettä tapahdu. Kemiallista korroosiota esiintyy mm. metallien ja kaasujen välillä. Korroosion esiintymismuotoja löytyy monia erilaisia, ja useimmiten ne jaetaan tyyppin mukaan.

2.1.1 Yleinen korroosio

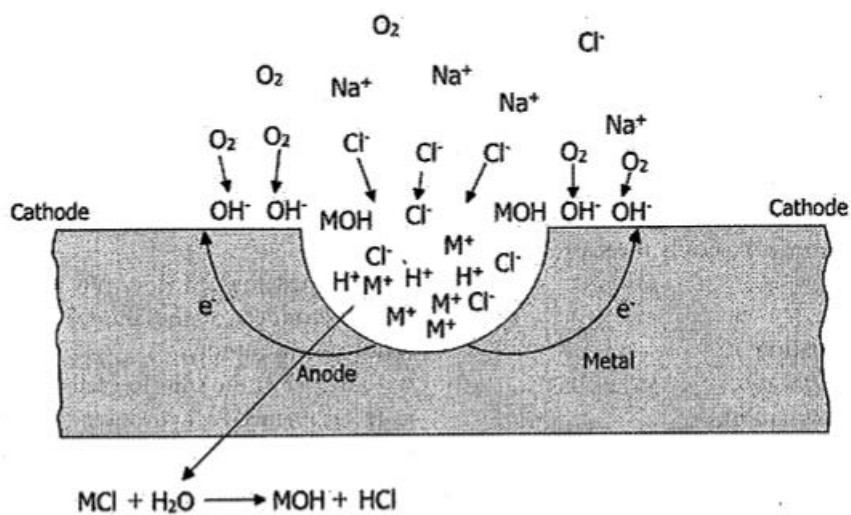
Metallin syöpyminen tapahtuu tasaisella nopeudella koko pinnassa. Anodiset ja katodiset alueet vaihtavat sijaintiaan jatkuvasti (kuva 1). Yleistä korroosiota tapahtuu useimmiten ilmasto-olosuhteissa ja kemiakaalien kanssa tekemisissä olevilla metalleilla. Korroosion seuraaminen on helppoa esim. painohäviötä mittaamalla tai seinämäpaksuutta seuraamalla. [3, s. 102.]



Kuva 1. Yleinen korrosio [5, s. 30.]

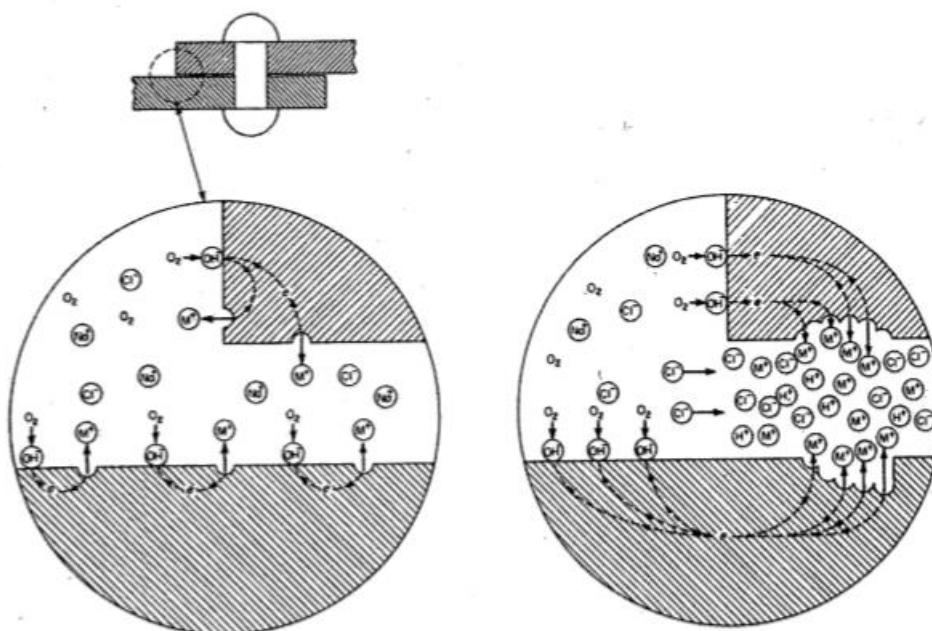
2.1.2 Paikallinen syöpyminen

Paikallisessa syöpymisessä, eli piste- ja rakokorroosiossa metalli syöpyy paikallisesti muodostaen syviä kuoppamaisia syvänteitä. Useimmiten pistekorrosiota esiintyy helposti passivoituvilla metalleilla kuten alumiinilla ja ruostumattomalla teräksellä. Pistekorrosio ei etene usein paksujen rakenteiden läpi vaan pysähtyy tietystä syvyydestä. Ohuissa seinämissä tai putkistoissa pistekorrosio saattaa kuitenkin aiheuttaa vuotoja rakenteeseen. Pistekorrosio saa alkunsa pintaviasta, syövyttävien ionien, lämpötilan tai potentiaalinvaihtelun vaikutuksesta. Metallionit reagoivat veden kanssa happamoittaen sitä. Pistekorrosiossa metallin liuetessa kuoppaan syntyy positiivinen varaus ja kuoppaan hakeutuu negatiivisia ioneja kompensoimaan positiivisia varauksia jolloin syntyy väkevä ja hapan metallikloridiliuos joka kiihdyttävästi syövyttää pistettä lisää (kuva 2). [3, s. 103–108.]



Kuva 2. Pistekorroosion eteneminen [3, s. 105.]

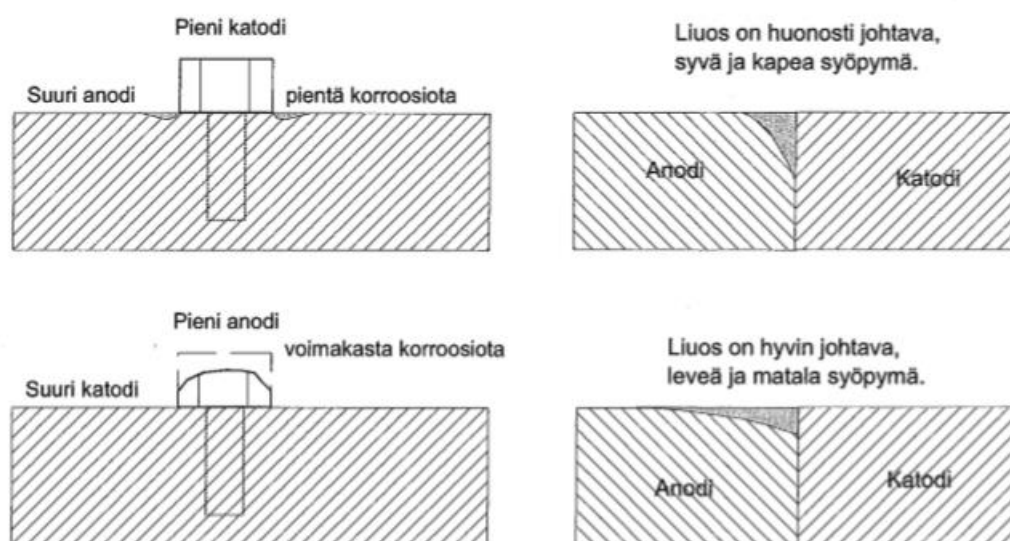
Rakokorroosiota esiintyy paikoissa joissa liuos pääsee hautumaan raossa, ja näin ollen liuos väkevöityy samalla tavalla kuin pistekorroosiossa (kuva 3).



Kuva 3. Rakokorroosion eteneminen [3, s. 109.]

2.1.3 Galvaaninen korroosio

Galvaanista korroosiota tapahtuu kun samassa elektrolyytissä on kaksi metallia joilla on eri jalousaste. Epäjalompempi metalli syöpyy, yleensä ilmiötä on havaittavissa liitoskohdissa. Mitä kauempana galvaanisessa sarjassa metallit ovat, sitä todennäköisempää galvaaninen korroosio on. Korroosion voimakkuus on suurempi jos anodi on pienempi kuin katodi (kuva 4). [3, s. 109–110.]



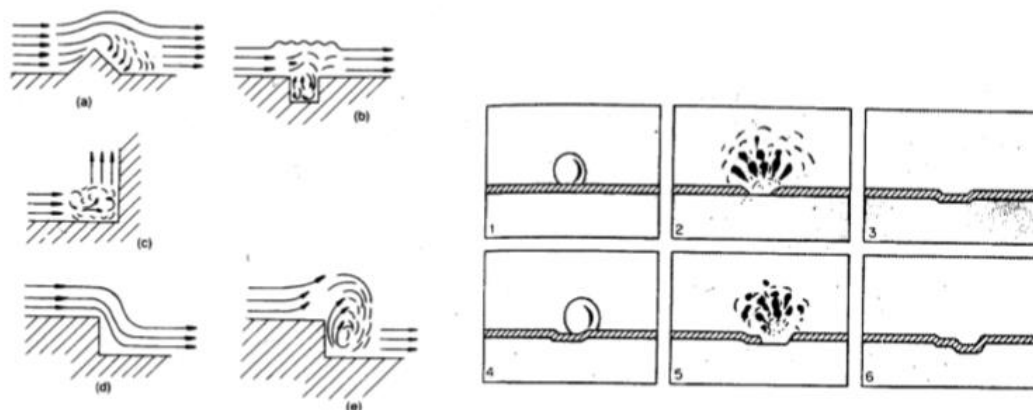
Kuva 4. Galvaaninen korroosio [6, s. 34.]

2.1.4 Mekaanisesta kulumisesta johtuva korroosio

Eroosiokorroosiota eli kulumista tapahtuu virtauksen myötävaikutuksella. Mitä suurempi virtausnopeus, sitä nopeammin kuluminen tapahtuu. Virtaus kuluttaa pois suojaavan reaktiotuotteen pois nopeammin jos virtauksen mukana kulkeutuu kiinteitä partikkeleita. Virtauksen kulutus on voimakkaampaa jos rakenteessa on kohtia mihin pääsee syntymään pyörteitä.

Kavitaatiossa nestevirtaukseen syntyvät kaasukuplat luhistuvat jolloin syntyy paineaaltoja jotka voivat rikkoa metallin pintaa suojaavan kerroksen paljastaen uutta korroosiolle altista metallipintaa. Riittävän voimakkaat paineaallot rikkovat pintaa

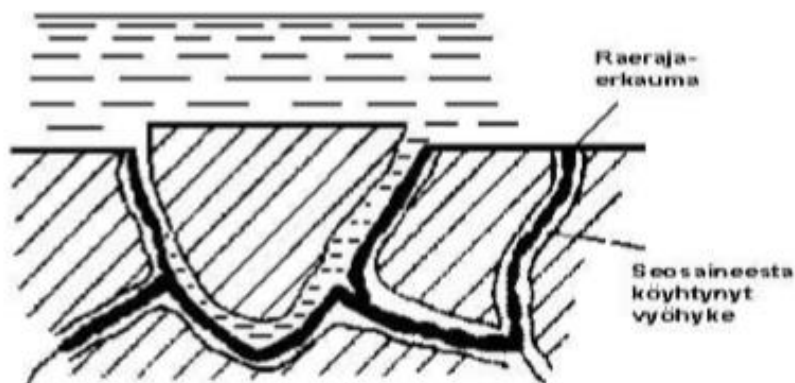
mekaanisesti. Kavitaatiokorroosiota tapahtuu mm. laivojen potkureissa (kuva 5). [3, s. 110.]



Kuva 5. Eroosikorroosion ja kavitaation mekanismit [3, s. 113.]

2.1.5 Raerajakorroosio

Raerajakorroosio on paikallista korroosiota metallikiteiden raerajoilla joka voi johtua esim. hitsauksen, jähmettymisen tai lämpökäsittelyn seurauksena. Korroosiopari muodostuu rakeiden ja raerajojen välille (kuva 6). Raerajakorroosiota voivat aiheuttaa raerajoille suotautuvat epäpuhtaudet ja seosaineen rikastuminen tai köyhtyminen. [3, s. 115.]



Kuva 6. Raerajakorroosio [3 s. 115.]

2.1.6 Valikoiva syöpyminen

Valikoiva syöpyminen on jalouserosta johtuvaa syöpymistä. Metallissa oleva seosaine liukenee muita nopeammin ja muodostuu sienimäinen, reikäinen rakenne. Esimerkiksi sinkinkato messingissä ja valuraudan grafitoituminen (taulukko 1). [3, s. 117.]

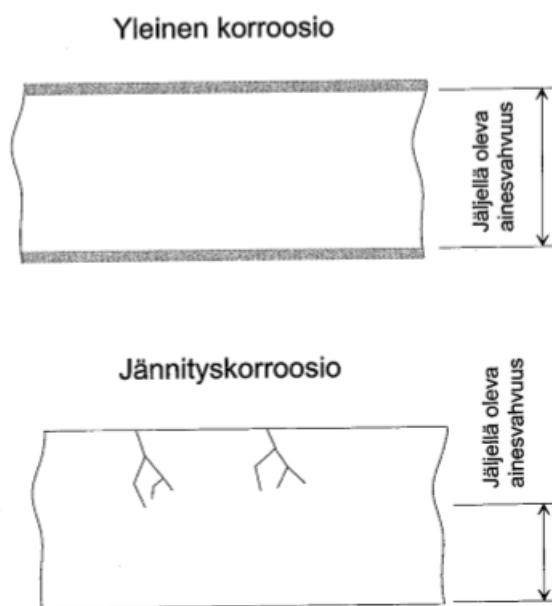
Taulukko 1. Valikoiva liukeneminen [5, s. 56.]

Seos	Ympäristö	Liukeneva aine
Messingit	Useat vedet, erityisesti seisovat	Sinkki
Harmaa valurauta	Maaperä, useat vedet	Rauta
Alumiinipronssi	HF, klorideja sisältävät hapot	Alumiini
Piipronssi	Korkean lämpötilan höyry ja happamat aineet	Pii
Tinapronssi	Kuumat suolaliuokset ja höyry	Tina
Kupronikkeli	Kuumat pinnat, joilla hidas virtaus	Nikkeli
Monel	HF ja muut hapot	Kupari joissakin hapoissa, nikkeli toisissa
Kulta, jossa Cu tai Ag	Sulfidiliuokset, sylki	Kupari, hopea
Rakenneteräs	Hapettava ilmasto, vety korkeissa lämpötiloissa	Hidri
NiMo-seokset	Happi korkeissa lämpötiloissa	Molybdeeni

2.1.7 Jännityskorroosio

Jännityskorroosiossa metalliin muodostuu murtumia korroosioympäristön ja jännityksen yhteisvaikutuksesta. Jännitykset voivat olla ulkoisesta kuormasta johtuvia vetojännityksiä tai sisäisiä jännityksiä. Sisäiset jännitykset voivat johtua kylmämuokkauksesta, työstöstä, hitsauksesta tai lämpökäsittelystä. Sisäiset jännitykset ovat erityisen vaarallisia sillä niiden suuruutta on vaikea ennustaa, ja ne voivat olla lähes metallin myötölujuuden suuruisia. Materiaalin todellista vahvuutta on vaikea arvioida (kuva 7) Vetojännityksiä voi aiheuttaa mm. staattinen kuorma, ruuviliitosten kiristysvoima sekä värähtely.

Happirikas ympäristö ja voimakkaat hapettajat lisäävät jännityskorroosioherkkyyttä. Korkea lämpötila edesauttaa jännityskorroosion etenemistä. [3, s. 117–119.]



Kuva 7. Jännityskorroosion ja yleisen korroosion ero materiaalissa.[7, s. 8.]

2.2 Korroosio erilaisissa ympäristöolosuhteissa

Erilaisia korroosioympäristöjä voidaan jaotella ympäröivän ilmatilan, veden ja maaperän mukaan. Vedessä ja maan alla korroosionopeus voi olla suuri. Rakenteen altistuessa osittain vesiupotukselle tai maan sisään on huomioitava erityistoimenpiteet.

Ilmastollisessa korroosiossa vaikuttavat ilman suhteellinen kosteus, lämpötila, epäpuhtaudet, pinnan asento ja sijainti rakenteessa. Korroosiotaipumus metallilla kasvaa lämpötilan kohotessa. Tärkeimmät epäpuhtaudet korroosion kannalta ovat kloridit ja rikkioksidi. Epäpuhtauksien määrään vaikuttaa sijainti; rannikolla esiintyy paljon klorideja johtuen merivedestä, teiden läheisyydessä kloridit ovat peräsin maantiesuolasta. Rikkihappoa syntyy rikkidioksidin ollessa kosketuksissa ilman kosteuden kanssa. Rikkidioksidia tulee ilmakehään mm. rikkipitoisista polttoaineista.

Pintakäsittlemättömälle teräkselle tai muulle metallille korroosiota alkaa muodostua kun ilman suhteellinen kosteus on suurempi kuin 60–70 %. Ilmastollinen korroosio edellyttää pinnan kostumista, yleensä johtuen sateesta tai kosteuden kondensoitumisesta pinnalle. Metalleilla on tunnettu kriittisen kosteuden arvo, jonka yläpuolella korroosio nopeutuu.

Kun korroosio on saanut alkunsa, ei kosteuden tarvitse olla kriittisen kosteuden arvon tasolla, vaan korroosiota tapahtuu ilmankosteuden ollessa pienempi. [8, s. 33; 9, s. 2.]

Korroosionopeuteen vedessä vaikuttaa lämpötila, veden pH ja happipitoisuus, virtausnopeus sekä veden suolapitoisuus. Makeassa vedessä kuten järvissä on alhaisempi suolapitoisuus kuin merivedessä. [8, s. 33; 4, s. 2.]

Maaperän koostumus, happipitoisuus ja kosteus vaikuttavat metallin korroosioon. Pahimmillaan korroosio maassa voi olla samanlaista kuin vedessä. Lisäksi rakenteen ollessa kahdessa erilailla korroosiota aiheuttavassa ympäristössä, kuten osittain maan sisässä ja osittain ilmassa, on yhtymäkohta altis korroosiolle suuressa määrin. [8, s. 34; 4, s. 2.]

Korroosioympäristöä arvioidessa on standardissa EN ISO 12944-2 jaettu ilmastoympäristöt kuuteen ilmastorasitusluokkaan (taulukko 2) sen mukaan, kuinka nopeasti niukkahiilinen teräs ja sinkki syöpyvät vuodessa kyseisessä ilmanalassa.

Taulukko 2. Ilmastorasitusluokat ja esimerkkejä tyypillisestä ympäristöstä [10, s. 12.]

Rasitusluokka	Painohäviö pinta-alayksikköä kohden/paksuushäviö (ensimmäinen koestusvuosi)				Esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä lauhkeassa ilmastossa (vain opastava)	
	Niukkahiilinen teräs		Sinkki		Ulkona	Sisällä
	Painohäviö g/m ²	Paksuus- häviö µm	Painohäviö g/m ²	Paksuus- häviö µm		
C1 hyvin lievä	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	–	Lämmitetyt rakennukset, joissa puhtaat ilmatilat, esim. toimistot, kaupat, koulut, hotellit.
C2 lievä	> 10...200	> 1,3...25	> 0,7...5	> 0,1...0,7	Ilmatilat, joissa epäpuhtauksien määrä on alhainen. Enimmäkseen maaseutualueita.	Lämmittämättömät rakennukset, joissa voi esiintyä kondensoitumista, esim. varastot, urheiluhallit.
C3 kohtalainen	> 200...400	> 25...50	> 5...15	> 0,7...2,1	Kaupunki- ja teollisuusilmatilat, joissa kohtalainen rikkidioksidikuormitus. Rannikkoalueet, joilla alhainen suolapitoisuus.	Tuotantotilat, joissa korkea kosteuspitoisuus ja jossain määrin epäpuhtauksia ilmassa, esim. elintarviketehtaat, pesulat, panimot, meijerit.
C4 ankara	> 400...650	> 50...80	> 15...30	> 2,1...4,2	Teollisuusalueet ja rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus on kohtalainen.	Kemianteollisuuden tuotantolaitokset, uima-altaat, rannikolla sijaitsevat telakat ja veneveistämöt.
C5-I hyvin ankara (teollisuus)	> 650...1500	> 80...200	> 30...60	> 4,2...8,4	Teollisuusalueet, joilla kosteus on korkea ja ilmatila on syövyttävä.	Rakennukset tai alueet, joilla kondensoituminen on miitei jatkuvaa ja saasteiden määrä korkea.
C5-M hyvin ankara (meri)	> 650...1500	> 80...200	> 30...60	> 4,2...8,4	Rannikkoalueet ja rannikon ulkopuoliset alueet, joilla suolapitoisuus on korkea.	Rakennukset tai alueet, joilla kondensoituminen on miitei jatkuvaa ja saasteiden määrä korkea.

HUOMAUTUKSIA

- Rasitusluokissa käytetyt häviöarvot ovat yhtäpitävät standardin ISO 9223 arvojen kanssa.
- Kuumien ja kosteiden vyöhykkeiden rannikkoalueilla paino- ja paksuushäviöt voivat ylittää luokan C5-M rajat. Suojamaalyhdistelmän valintaan on kiinnitettävä erityisesti huomiota.

Ilmastorasitusluokkien lisäksi on luokiteltu rasitusluokat veteen upotetuille ja maanalaisille rakenteille (taulukko 3). Taulukoista voidaan arvioida todennäköistä korroosiokäyttäytymistä.

Taulukko 3. Ympäristöluokat veteen upotetuille ja maanalaisille rakenteille [10, s. 12.]

Luokka	Ympäristö	Esimerkkejä ympäristöstä ja rakenteista
Im1	Makea vesi	Jokirakenteet, vesivoimalat
Im2	Meri- tai murtovesi	Satama-alueen rakenteet kuten pato- ym. luukun aukot, portit, sulkulaitteet, laiturit, offshore-rakenteet
Im3	Maaperä	Maanalaiset säiliöt, teräspaalut, teräsputket

2.3 Korroosiosuojamaalaus

Korroosiota pyritään estämään ja rajoittamaan erilaisten menetelmien avulla. Teoriassa jos jokin korroosioparin edellyttämistä toiminnoista voidaan poistaa, korrosio saadaan estettyä. Elektrolyytin poisto, anodi tai katodireaktion poistaminen sekä sähköisen yhteyden katkaiseminen estävät korroosioreaktioiden tapahtumista. On tärkeää tuntea metalli jota suojataan korroosiolta sekä olosuhteet ja rakenne jotta käytetään tarvittavaa menetelmää.

Maalaus on yleisemmin käytetty suojausmenetelmä korroosiosuojauksessa. Maalaus perustuu eristämiseen, inhibointiin ja katodiseen suojaukseen. Korroosiosuojamaaleissa käytetyt pigmentit estävät korroosiota. Passivoivat ja inhiboivat pigmentit hidastavat korroosiota ja katodiset pigmentit toimivat uhrautuvana anodina. Passivoivia pigmenttejä ovat mm. lyijymönjä, sinkkikromaatti, sinkkifosfaatti ja bariummetaboraatti. Katodisiin pigmentteihin kuuluu mm. sinkkipöly. Lyijymönjää ja kromaatteja ei enää juurikaan käytetä sen työterveydellisten sekä ympäristöä saastuttavien syiden takia. Rakenneteräs usein suojataan ensin sinkkipinnalla ja vasta sitten maalataan. Korroosiosuojamaalauksen avulla saadaan aikaan myös esteettistä pintaa jos kohteessa on korroosiosuojan lisäksi ulkonäkövaatimukset. Korroosiomaalauksella voidaan tuoda lisäsuojaa metalleille jotka eivät välttämättä tarvitse suojausta kuten ruostumaton teräs. Ruostumaton teräs muodostaa passiivikalvon pinnalle joka suojaa korroosiolta, mutta se on kuitenkin altis pistekorrosiolle ja tätä voidaan vähentää maalauksen avulla. [11; 3.]

Muina suojausmenetelminä metallia voidaan pinnoittaa toisella metallilla joka toimii uhrautuvana anodina. Teräkselle voidaan pinnoittaa sinkkipinta sähkösinkityksen tai kuumasinkityksen avulla. Pinnoitteena voidaan käyttää myös muovia, kumia tai lasia tai betonia. Kaksi eri metallia voidaan eristää toisistaan esim. muovilla jolloin estetään galvaanisen parin muodostuminen. [3.]

2.3.1 Esikäsitely

Korroosiosuojauksessa on tärkeää, että jokainen työvaihe on suoritettu huolellisesti. Esikäsitely juuri ennen pinnoitusta on yksi tärkeimmistä työvaiheista mitä korroosiosuojapinnoitukseen kuuluu. Huolellisella esikäsitelyllä saadaan aikaiseksi pinta johon saadaan hyvä tarttuvuus. Pinnoitteen elinkaari voi lyhentyä huonon

esikäsitteilyn takia. Pinnassa olevien epäpuhtauksien poiston lisäksi metallityön laatu ja pintaprofiili ovat tärkeitä esikäsitteilyn sekä suoja-pinnoituksen kannalta.

Suojattavilla pinnoilla voi esiintyä rasvaa tai suoja öljyä, vesiliukoisia epäpuhtauksia kuten suojoja, ruostetta, valssihilsettä tai kiinteitä epäpuhtauksia kuten vanhoja maalijäämiä, jäätä, laastia. Metallin pintaa suojataan usein varastoinnin tai kuljetuksen aikana öljyllä. Rasvat ja öljyt estävät pinnoiteaineita tarttumasta kunnolla. Suolat imevät kosteutta itseensä ja pinnoitteen alle jää elektrolyyttiä, joka pääsee aiheuttamaan ruostumista ja rikkomaan pinnoitteen, usein maalikalvon. Kiinteät epäpuhtaudet voivat estää suoja-pinnoitteen tartuntaa sekä aiheuttaa vääristymiä tarvittavaan kerrospaksuuteen.

Valssihilse toimii korroosiosuojana ennen pinnoitusta. Sitä muodostuu, kun terästä kuumavalssataan ja kuuma teräs hapettuu kontaktissa ilman kanssa, jolloin pintaan syntyy suojaava oksidikerros. Valssihilse on yleensä melko tasainen, mutta hyvin hauras ja esimerkiksi kuljetuksen aikana se saattaa rikkoutua jolloin alla oleva kerros pääsee ruostumaan. Valssihilse ruostuttaa teräksen pintaa sillä se on jalompaa kuin teräs ja näin ollen aiheuttaa galvaanista korroosiota teräspinnalle. Syntyvä ruoste irrottaa suojaavaa valssihilsepintaa paljastaen uutta teräspintaa. Jos valssihilsettä ei poisteta ennen pintakäsittelyä, suoja-pinnoitteen elinkaari saattaa vähentyä jopa puolella odotetusta ajasta. Muodostuva ruoste on huokoista ja se pidättää kosteutta, suojoja ja happoja jotka edesauttavat ruostumisen etenemistä. Ruostunutta pintaa onkin vaikea saada kuivaksi ennen suoja-pinnoitetta. [11.]

Pinnan esikäsitteily suoritetaan halutun puhtausasteen mukaisesti. Pinnan puhdistus suoritetaan poistamalla irtolika, vesiliukoiset suolat ja epäpuhtaudet, rasvat ja öljyt ja lopuksi valssihilse ja ruoste. Irtolika poistetaan mekaanisesti, vesiliukoiset suolat ja epäpuhtaudet vesipesulla, esimerkiksi painepesulla tai höyrypesulla, rasvat ja öljyt poistetaan alkalisen, emulsio- tai liuotinpesun avulla. Valssihilse ja ruoste poistetaan raesuihkupuhdistuksella tai happopeitauksella. Mahdollisia puhdistusmenetelmiä ovat suihkupuhdistus (Sa), joka on yleisimmin käytetty menetelmä, happopeitus, liekipuhdistus (FI) sekä käsityökaluilla tai koneellisesti suoritettu puhdistus (St). Menetelmien puhtausasteet luokitellaan sen mukaan kuinka puhdas pinnan tulee olla. Standardi EN ISO 8501 käsittelee teräksen esikäsitteilyä ennen suoja-pinnoitusta.

Standardin EN ISO 8501 ensimmäisessä osassa on määritelty uusien teräspintojen ruostumisasteet ennen maalausta tai muuta pinnoitusta. Standardin ensimmäisessä osassa on määritelty ruostumisasteet sekä sanallisesti että valokuvin. Standardi soveltuu kuumavalssatuille teräksille, mutta myös teräksille jotka ovat riittävän paksuja vastustamaan suihkupuhdistuksesta aiheutuvaa muokkausta.

Ruostumisasteet ovat luokiteltu sanallisesti neljään luokkaan A-D

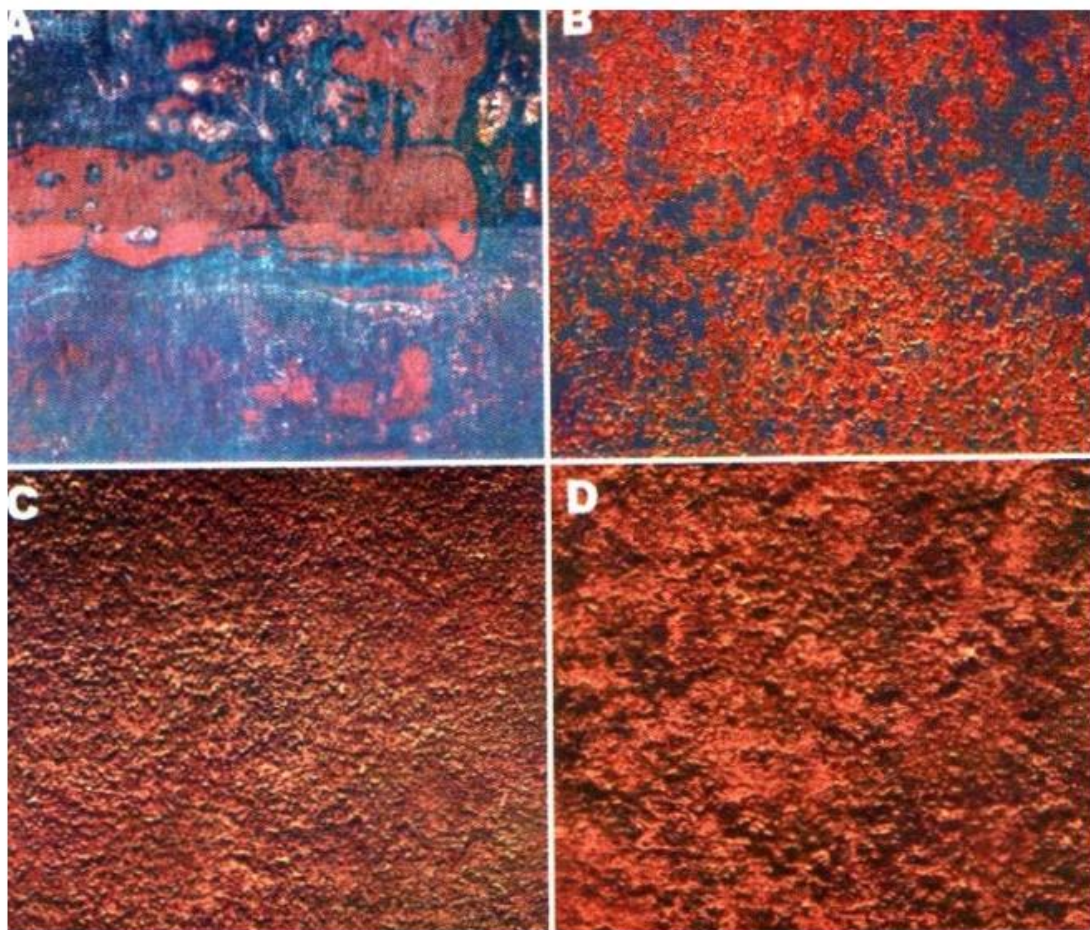
A Teräspinta, jota laajalti peittää hyvin kiinni oleva valssihilsekerros mutta ruostetta on hyvin vähän tai ei lainkaan.

B Teräspinta, jolla alkavaa ruostumista ja jolta valssihilsekerros on alkanut irrota.

C Teräspinta, jolta valssihilse on ruostunut pois tai jolta se voidaan kaapia mutta jossa paljain silmin tarkasteltaessa on havaittavissa vähäistä kuoppakorroosiota.

D Teräspinta, jolta valssihilse on ruostunut pois ja jossa paljain silmin tarkasteltaessa on havaittavissa yleistä kuoppakorroosiota.

Ruostumisasteiden esimerkkikuvat havainnollistavat ruostumisasteita (Kuva 8)



Kuva 8. Ruostumisasteet A-D kuvallisesti esitettynä [11, s. 53.]

Standardissa on myös määritelty puhdistusasteet sanallisesti sen mukaan kuinka puhdasta pintaa haetaan sekä valokuvien joissa on otettu huomioon pinnan ruostumisaste. [12.]

Standardin EN ISO 8501 toinen osa käsittelee puhtausasteita teräspinnoille jotka ovat jo ennestään suojattuja esimerkiksi maalilla ja vanha käsittelyaine on poistettu vain osittain. Iso kirjain P ennen puhdistusastetta merkitsee, että pinta on vain paikoittain puhdistettu, esimerkiksi P Sa 2 tarkoittaa perusteellista paikoittaissuihkupuhdistusta. [13.]

2.3.2 Metallityöt

Pintakäsittelyn onnistumisen kannalta metallityöt on suoritettava kunnolla. Puutteellisesti tehty työ vaikeuttaa pintakäsittelyn tekemistä tai estää sen kokonaan. Terästyöt tulee tarkastaa huolellisesti jo konepajalla mutta joitain pieniä virheitä voi olla mahdollista havaita vasta pinnan puhdistuksen jälkeen. Virheellisesti tehdyt terästyöt voivat aiheuttaa liian pieniä kerrospaksuuksia maalikalvoille jos esimerkiksi hitsisauma on epätasainen. Liian terävät kulmat voivat myös aiheuttaa kerrospaksuuden vähäisyyttä maalikalvolle jolloin ei saavuteta tarvittavaa suojaa.

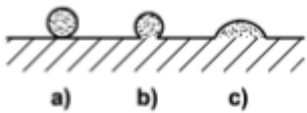
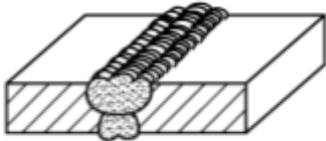


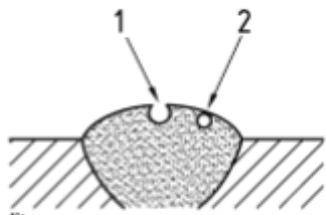

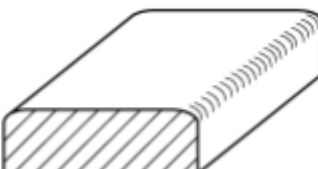
Standardi EN ISO 8501-2 määrittelee tarvittavan esikäsittelyasteen terästöille jotka on tarkoitettu maalattavaksi tai muuten pinnoitettavaksi. Standardin toisessa osassa määritellään hitsien, leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten teräspintojen esikäsittelyasteet. Teräspintojen esikäsittelyasteet jaotellaan kolmeen osaan sekä vaatimukset on esitetty taulukoissa 4 ja 5. [14.]

P1 Kevyt esikäsittely: ei esikäsittelyä tai vain mahdollisimman vähäinen esikäsittely on tarpeen ennen maalin levittämistä

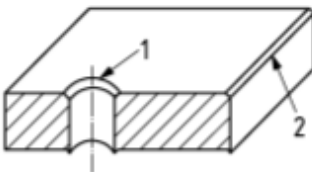
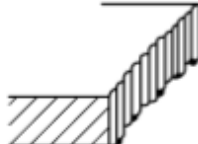
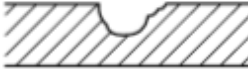



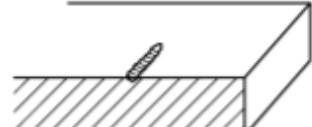
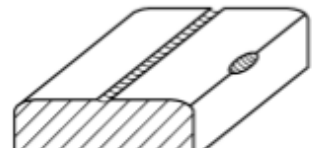
P2 Perusteellinen esikäsittely: suurin osa virheellisyyksistä on poistettu

P3 Erittäin perusteellinen esikäsittely: pinnalla ei ole merkittäviä näkyviä virheellisyyksiä.

Taulukko 4. Virheellisyydet ja esikäsitteysteet [14, s. 10.]

Virhetyypit		Esikäsitteysteet		
Kuvaus	Piirros	P1	P2	P3
1 Hitsit				
1.1 Hitsausroiskeet		Pinnalla ei saa olla irtonaisia hitsausroiskeita [ks. a)]	Pinnalla ei saa olla irtonaisia eikä huonosti kiinni tarttuneita hitsausroiskeita [ks. a) ja b)] Kuvassa c) esitetyt hitsausroiskeet ovat sallittuja	Pinnalla ei saa olla lainkaan hitsausroiskeita
1.2 Hitsin uurteitus/profiili		Ilman esikäsitteilyä	Pinnasta tulee poistaa epäsuunnolliset ja teräväreunaiset profiilit viimeistelemällä (esim. hiomalla)	Pinnan tulee olla täysin viimeistelty eli sileä
1.3 Hitsauskuona		Pinnalla ei saa olla hitsauskuonaa	Pinnalla ei saa olla hitsauskuonaa	Pinnalla ei saa olla hitsauskuonaa
1.4 Reunahaavat		Ilman esikäsitteilyä	Pinnalla ei saa olla teräviä eikä syviä reunahaavoja	Pinnalla ei saa olla reunahaavoja
1.5 Hitsin huokoisuus	 Selitys 1 näkyvä 2 näkymätön (voi avautua raesuihkupuhdistettaessa)	Ilman esikäsitteilyä	Pintahuokosten tulee olla riittävän auki, jotta maalin tunkeutuminen on mahdollista, tai huokokset tulee hioa auki	Pinnalla ei saa olla näkyviä huokosia
1.6 Päätakraatterit		Ilman esikäsitteilyä	Päätakraattereissa ei saa olla teräviä reunoja	Pinnalla ei saa olla näkyviä päätakraattereita
2 Leikkaussärmät				
2.1 Pyöristetyt reunat		Ilman esikäsitteilyä	Ilman esikäsitteilyä	Reunat tulee pyöristää siten, että pyöristys säde on vähintään 2 mm (ks. ISO 12944-3)

Taulukko 5. Virheellisydet ja esikäsitelyasteet [14, s. 12.]

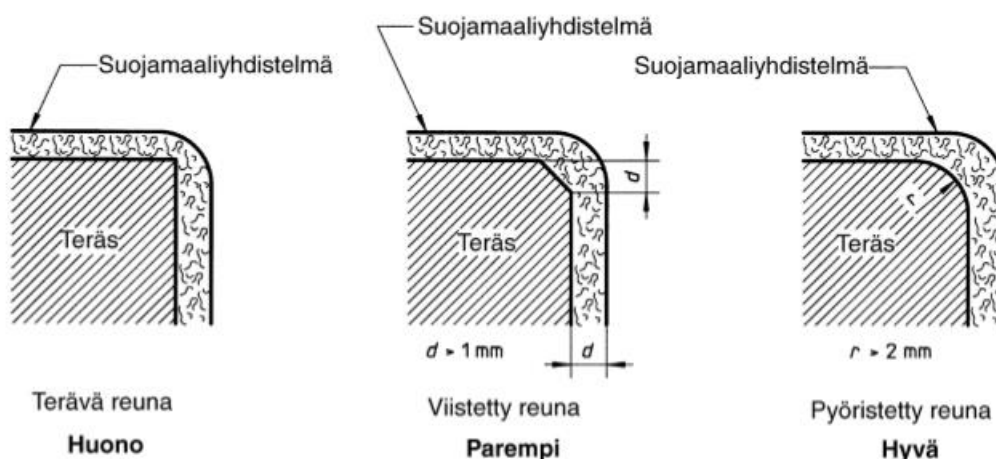
2.2 Stanssatut, leikatut, sahatut tai poratut reunat	 <p>Selitys 1 stanssaus 2 leikkaus</p>	Reunan mikään osa ei saa olla terävä, eikä reunassa saa olla jäysteitä	Reunan mikään osa ei saa olla terävä, eikä reunassa saa olla jäysteitä	Reunat tulee pyöristää siten, että pyöristyssäde on vähintään 2 mm (ks. ISO 12944-3)
2.3 Polttoleikatut reunat		Pinnalla ei saa olla kuonaa eikä irtonaista hilsettä	Mikään osa reunasta ei saa olla profiililtaan epäsäännöllinen	Leikkauspinta tulee poistaa ja reunat pyöristää siten, että pyöristyssäde on vähintään 2 mm (ks. ISO 12944-3)
3 Pinnat yleisesti				
3.1 Pistesyöpymät ja kraatterit		Pistesyöpymien ja kraattereiden tulee olla riittävän auki, jotta maalin tunkeutuminen on mahdollista	Pistesyöpymien ja kraattereiden tulee olla riittävän auki, jotta maalin tunkeutuminen on mahdollista	Pinnalla ei saa olla pistesyöpymiä eikä kraattereita
Kuorittuminen HUOM. Englannin kielessä käytetään tämänkaltaisesta virheellisyydestä myös termejä "slivers" ja "hackles".		Pinnalla ei saa olla kohollaan olevaa ainesta	Pinnalla ei saa esiintyä näkyvää kuorittumista	Pinnalla ei saa esiintyä näkyvää kuorittumista
3.3 Valssausjäämät/ valssaus-laminoitumiset/ leikkaus-laminoitumiset		Pinnalla ei saa olla kohollaan olevaa ainesta	Pinnalla ei saa olla näkyviä valssijäämiä tai laminoitumisia	Pinnalla ei saa olla näkyviä valssijäämiä tai laminoitumisia
3.4 Sisään vaissautunut vieras aines		Pinnalla ei saa olla sisään vaissautunutta vierasta ainesta	Pinnalla ei saa olla sisään vaissautunutta vierasta ainesta	Pinnalla ei saa olla sisään vaissautunutta vierasta ainesta
3.5 Mekaanisista syistä syntyneet rallot ja uurrokset		Ilman esikäsitelyä	Rallojen ja uurrosten säteen tulee olla vähintään 2 mm	Pinnalla ei saa olla ralloja, ja uurrosten säteen tulee olla suurempi kuin 4 mm
3.6 Painumat ja valssijäljet		Ilman esikäsitelyä	Painumien ja valssijälkien tulee olla sileitä	Pinnalla ei saa olla painumia eikä valssijälkiä

2.3.3 Rakennesuunnittelu

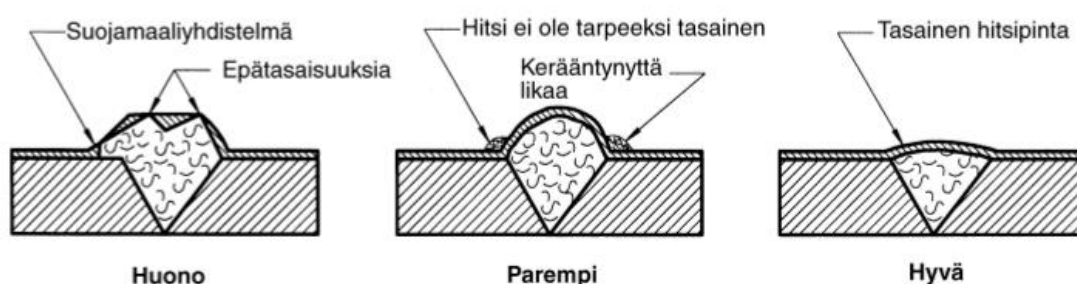
Rakennesuunnittelun avulla voidaan ehkäistä korroosiota ja varmistaa, että rakenteen huolto on mahdollista. Standardissa EN ISO 12944-3 on esitetty rakennesuunnittelun pääkohtia. Standardi on suunnattu pääosassa teräspintojen korroosionestomaalauksen avuksi mutta yleisesti sitä voi myös soveltaa korroosiota ehkäisevässä suunnittelussa.

Rakenteen suunnittelijan vastuuna on huolehtia, että rakenne on soveltuva käyttötarkoitukseen ja rakenteelle määritellyt vaatimukset ovat CE-merkinnän mukaisia. Suunnittelijan tulee määrittää rakenteen terästyön laatuaste standardin EN ISO 8501-3 mukaisesti. Rakenteiden tulisi olla mahdollisimman yksinkertaisia erityisesti suuren korroosiorasituksen kohteissa, lisäksi rakenteiden on täytettävä turvallisuus ja ympäristövaatimukset. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakenteiden mahdolliset kuljetukset, varastoinnit ja kokoonpanot kentällä.

Rakenteen suunnittelijalla on moninaiset mahdollisuudet vaikuttaa korroosiokestävyyteen ja suunnittelussa tulisi pyrkiä mahdollisimman taloudellisiin, teknisesti hyviin ja turvallisiin ratkaisuihin. Suunnitteluvaiheessa tulee huomioida reunojen pyöristykset ja hitsisaumojen virheellisyydet. Reunojen pyöristysten tulee olla tarpeeksi suuret jotta korroosiosuojapinnalle saadaan tarpeeksi suuri paksuus (kuva 9). Hitsisaumoissa ei saa olla pintavirheitä kuten rosoisuutta, huokoisuutta, kraattereita tai roiskeita (kuva 10)

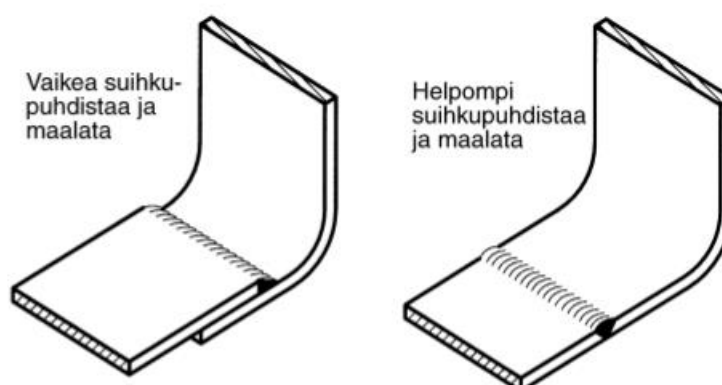


Kuva 9. Reunojen pyöristykset [15, s. 26.]



Kuva 10. Hitsien pintavirheiden välttäminen [15, s. 26.]

Standardin EN ISO 12944 kolmannessa osassa annetaan esimerkkejä tarkoituksenmukaisesta ja epätarkoituksenmukaisesta suunnittelusta. Rakenteen tulee olla mahdollisimman yhtenäinen ja rakenteet tulee yhdistää hitsaamalla eikä pultti- tai niittiliitoksilla sekä katkonaisia hitsisaumoja tulisi välttää sillä rakoihin ja koloihin pääsee kondensoitumaan kosteutta ja aiheuttamaan korroosiota. Saumojen tulee olla puskusaumoja jotka liitetään tasaisella hitsisaumalla yhteen (kuva 11). Tällöin rakenteen puhdistus esikäsitteilyn yhteydessä on mahdollisimman helppoa ja rakenteeseen ei tule kahden kappaleen päällekkäisyyttä.

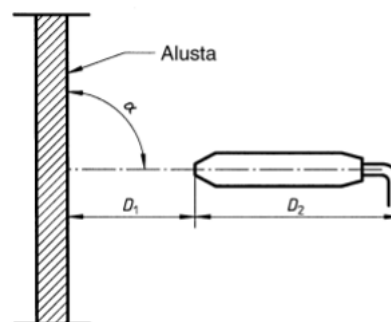


Kuva 11. Kappaleiden yhdistäminen hitsisaumalla [15, s. 24.]

Rakenteen tulee olla suunniteltu siten, että huoltaminen ja rakenteiden pinnoitus on mahdollista ja turvallista. Standardissa on määritelty vaatimukset minimietäisyyksille esikäsitteilyn, pinnoituksen ja huollon kannalta. Esimerkiksi eri työkalujen vaatimat etäisyydet (kuva 12). Rakenneosat joissa ei ole korroosiovaaraa ja jonne ei ole mahdollista päästä pystytyksen jälkeen on korroosiosuojattava yhdistelmällä joka kestää

koko käyttöiän tai rakenneosalle on lisättävä korroosiovaraa esimerkiksi paksummalla teräksellä. Eritystä tarkkuutta vaativat rakenteet, kuten ontelorakenteet, tulee suunnitella niin että ne ovat ilmaa ja kosteutta läpäisemättömät.

Toiminta	Työkalun pituus (D_2) mm	Työkalun ja alustan välinen etäisyys (D_1) mm	Työskentelykulma (α) astetta
Raesuihkupuhdistus	800	200...400	60...90
Koneellinen puhdistus			
— neulapistoolilla	250...350	0	30...90
— hiertämällä/hiomalla	100...150	0	—
Puhdistus käsitökaluilla			
— harjaamalla/hakkurilla	100	0	0...30
Metalliruiskutus	300	150...200	90
Maalin levitys			
— ruiskuttamalla	200...300	200...300	90
— siveltimellä	200	0	45...90
— telalla	200	0	10...90



α työkalun lävistäjän ja alustan välinen kulma

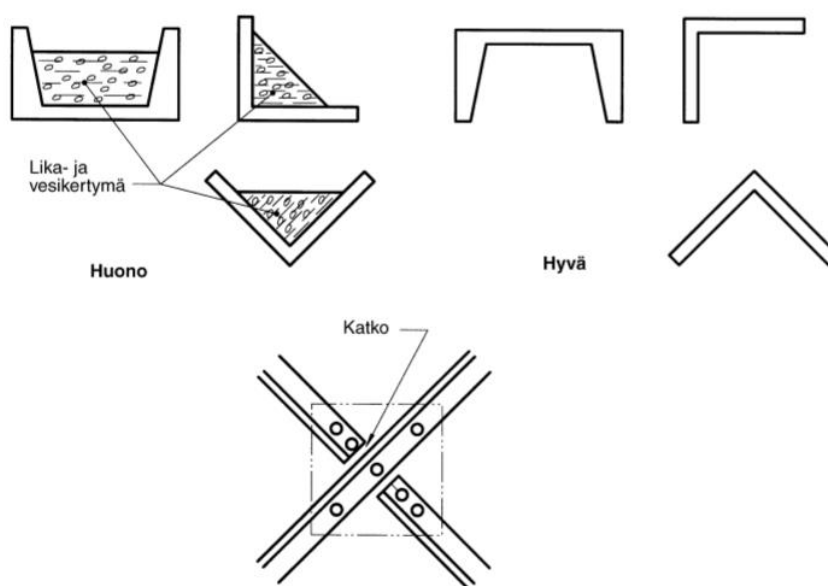
D_1 työkalun etäisyys alustasta

D_2 työkalun pituus

Kuva A.1

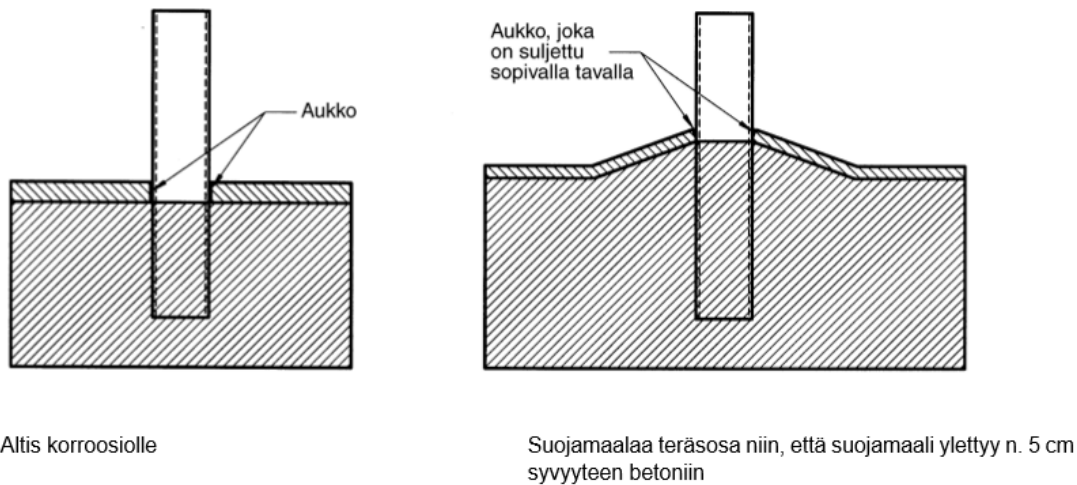
Kuva 12. Korroosiotyössä käytettävien työkalujen vaatimia etäisyyksiä [15, s. 14.]

Standardissa EN ISO 12944-3 on esitetty rakenteille muotoja jotka tulisi ottaa huomioon suunnittelussa (kuva 13). Rakenteissa tulisi välttää muotoja joihin vesi ja lika jäävät seisomaan pitkiksi ajoiksi sekä eri materiaalien liitoskohdat tulee huomioida kuten teräksen ja betonin yhdyskohta (kuva 14) sekä eri jalousasteiden metallien yhdistäminen jolloin syntyy galvaaninen pari. [15; 4.]



Vesi- ja likakertymien estäminen "katkolla" liitoslevyissä.

Kuva 13. Veden ja lian kertymisen välttäminen [15, s. 22.]



Kuva 14. Suositeltava yhdistelmä rakenne rakenteelle jossa on terästä ja betonia yhdistetty [15, s. 26.]

3 Pintakäsittelyn tarkastajakoulutus

Pintakäsittelyn tarkastajan rooli vaihtelee projektin luonteen mukaan. Tarkastajan roolina on huolehtia, että pintakäsittelytyö on suoritettu ohjearvojen, sopimuksen ja standardien mukaisesti. Huolimattomasti, väärillä materiaaleilla tai epäkunnossa olevilla laitteilla suoritettu työ voi vähentää rakenteen elinkaarta huomattavan paljon. Korroosionestossa pintakäsittelyn tarkoitus on suojata rakennetta, mutta myös joissain kohteissa on esteettiset vaatimukset. [2.]

Pintakäsittelyn tarkastuksia on tärkeää tehdä jotta osataan arvioida onko uusi rakenne esimerkiksi korroosiosuojamaalattu oikein. Jo olemassa oleville rakenteille tehdään tarkastuksia jotta saadaan tietää onko huollolle tarvetta. Ajoissa havaittu huoltotarve on taloudellisesti järkevämpi ja turvallisempi vaihtoehto verrattuna rakenteeseen joka on päässyt ruostumaan niin paljon, että uudelleen pinnoittaminen tulee todella kalliiksi tai pahimmassa tapauksessa rakenteen kantokyky pettää. [2.]

Pintakäsittelyn tarkastajille on olemassa erilaisia koulutuksia. Suomessa Teräsrakenneyhdistys myöntää pätevyyskatsastuksia teräsrakenteiden pintakäsittelijöiden tarkastajille. Koulutukseen kuuluu teoriaosuus sekä käytännön harjoituksia. Kansainvälisesti hyväksytyjä pintakäsittelyn tarkastajien sertifikaatteja ovat mm. norjalaiseen standardiin NS 476 perustuva Frosio-koulutus sekä Yhdysvalloissa toimiva NACE-koulutus.

3.1 NACE-instituutti

Yhdysvalloissa ja Kanadassa pintakäsittelijöiden ja korroosioneston parissa työtä tekee mm. NACE-järjestö joka tarjoaa koulutusta pintakäsittelyn tarkastajille. NACE on perustettu vuonna 1943 tarkoituksenaan tuoda korroosioneston tärkeyttä, tietämystä ja sertifiointia esille. Järjestö tarjoaa koulutusta korroosioon liittyvissä asioissa monipuolisesti, mm. sertifikaattia katodiseen suojaukseen erikoistuneille tahoille. Tällä hetkellä n. 35 000 henkilöä omaa jonkin NACE sertifikaatin. NACE järjestää koulutusta pintakäsittelyn tarkastukseen liittyvissä asioissa. Erilaisia kurssivaihtoehtoja on monia, kurssien avulla voi erikoistua mm siltateollisuuden, telakkateollisuuden tai ydinvoimaloiden pintakäsittelyiden tarkastajaksi.

NACE järjestön koulutuksiin kuuluu korroosion yleistuntemus, sekä erityiskoulutuksia kuten katodinen suojaus, putkiston korroosionesto ja tutkimus sekä jätevesilaitosten korroosionesto. Tarvittavat esitietotaidot riippuvat kurssista johon kandidaatti aikoo osallistua, työkokemusta vaaditaan joissain kurseissa sekä alaan liittyvää koulutusta.

NACE tarjoaa erikoistumiskurssien lisäksi pintakäsittelyn tarkastajille ensimmäisen ja toisen tason tarkastajien kurseja. Ensimmäisen tason tarkastajat saavat perusopin tarkastajan työstä ja toisen tason tarkastajalla täytyy olla vähintään kahden vuoden työkokemus. Sekä ensimmäisen että toisen tason tarkastajien koulutukseen kuuluu sekä teoriaopetusta että käytännön harjoituksia ja loppukokeet. Läpäistyään kokeet hyväksytysti kandidaatti voi hakea NACE sertifikaattia. [16.]

3.2 Frosio organisaationa

Frosio on Norjassa vuonna 1986 perustettu organisaatio, joka järjestää koulutuksia pintakäsittelyn tarkastajille. Frosio sertifiointijärjestelmä perustuu norjalaiseen standardiin NS 476:2004 jossa on kriteerit pintakäsittelyn tarkastajille. Standardi tukee ISO 9000 kuuluvia laatustandardeja. Hyväksytty tarkastaja voi varmistaa pintakäsittelyn laatua kohteissa jotka vaativat korroosioneston tietämystä sekä kohteissa joissa työnjäljen täytyy olla erittäin tarkkaa.

Frosio-organisaatio kehittyi Norjassa, kun havaittiin, että pintakäsittelyn tarkastajille ei ollut soveltuvia ohjeita ja ohjeistuksia pinnoitteen tarkastukselle. Tarkastajien koulutus tapahtui lähinnä työssäoppimisen kautta jolloin asioita toteutettiin eri tavoilla ja yhtenäistä linjausta ei ollut. Tarkat linjaukset tarvittiin erityisesti vaativille kohteille kuten telakkateollisuudelle ja tankeille joissa säilytetään kemikaaleja. Alettiin kehittää yhtenäisiä sääntöjä ja vuonna 1981 tuli voimaan norjalainen standardi NS 5801–5803 pintakäsittelyn laadunvarmistukselle joka toimi pohjana NS 476 standardille. [17.]

Eri koulutustahot järjestävät yhteistyössä Frosio-organisaation kanssa koulutuksia joissa on mahdollista suorittaa kansainvälisesti tunnettu Frosio-tarkastajan pätevyys. Suomessa koulutusta järjestää tällä hetkellä Metropolia Ammattikorkeakoulu ja Amiedu.

Kurssille voi osallistua henkilö jolla on tarve saada pintakäsittelyn tarkastajan pätevyys. Kurssille osallistujalla täytyy olla tarvittavat esitiedot pintakäsittelystä ja korroosiosta työelämän tai koulutuksen kautta.

Kurssin sisältöön kuuluu pintakäsittelyn eri vaiheet, materiaalien tuntemus, esikäsitteilyt, erilaisten pinnoitteiden tunteminen, tarkastajan työ, ympäristö ja työturvallisuusasiat. Kurssiin kuuluu sekä teorialuentoja että käytännön harjoituksia.

Koulutuksen kesto on määritelty standardissa NS 476:2004. Koulutus sisältää teorialuentoja 55 ja käytännön harjoituksia 25 oppituntia, joista 4 + 4 tuntia käytetään loppukokeisiin. Yhteensä 80 tuntia, lisäksi osa kurssin materiaaleista on tarkoitettu itseopiskeltavaksi. Kurssin sisältö on standardissa jaoteltu ensisijaiseen-, perus- ja toissijaiseen tietoon sen mukaan kuinka tärkeää tieto on tarkastajalle. Toissijainen tieto kattaa mm. sähköpinnoituksen, jauhemaalauksen, palonsuojamaalauksen sekä kumilla pinnoituksen.

Kurssin aikana käydään läpi korroosiosuojauksen kaikki osa-alueet. Materiaalien tuntemus, esikäsitteilyt, pinnoitteet, korroosion esiintyminen ja työturvallisuus kuuluvat kurssilla käsiteltäviin asioihin. Suurin osa kurssin asioista lukeutuu ensisijaiseen tietoon, mm. rakennesuunnittelu sekä korroosimuodot, jotka on esitetty luvussa 2. Kurssin aikana käytyjä teoriaosuuksia tuetaan käytännön harjoitusten avulla jotta tarkastajalle tärkeimmät työt ja tietämys opitaan vahvasti [9.]

4 Pintakäsittelyn tarkastajan pätevyys

Pätevällä pintakäsittelyn tarkastajalla on hallussaan kattavat tietotaidot pintakäsittelyn eri vaiheista, käytetyistä materiaaleista, esikäsitteilyistä ja käytetystä pintakäsittelymenetelmästä. Tarkastajan on osattava tulkita maalausselostusta tehdystä työstä sekä tunnettava eri pinnoitteiden ominaisuudet ja ohjeavrot pinnoitteiden paksuudelle.

Tarkastaja voi työskennellä maaliteollisuuden yrityksessä jolloin työtä tehtäessä yrityksellä on pätevä tarkastaja käytössään. Tarkastaja voi työskennellä myös esim. telakkateollisuudessa jolloin hänen työhönsä voi kuulua maalaustyön alihankkijoiden

koordinointi ja pintakäsittelytöiden tarkastukset. Tarkastaja voi olla myös projektin ulkopuolinen henkilö jos tarvittavaa pätevyyttä ei löydy projektiin osallistuvista henkilöistä. Korroosionestomaalauksen vaativuuden mukaan määräytyvät tarkastajan pätevyysvaatimukset. Suurimmat pätevyysvaatimukset ovat telakkateollisuudessa sekä ydinvoimaloiden pintakäsittelyjen tarkastajilla.

Frosio-organisaation sertifiointiin suorittuaan standardin NS 476:2004 mukaisesti kandidaatti voi hakea tarkastajan pätevyyttä. Frosio-koulutuksessa on kolme tasoa tarkastajille jotka määräytyvät työkokemuksen mukaan. Ensimmäisen ja toisen tason tarkastaja ei voi työskennellä yksin itsenäisenä tarkastajana, vaan tarvitsee kolmannen tason tarkastajan valvonnan. Ensimmäisen tason tarkastaja ei tarvitse aiempaa työkokemusta, toisen tason tarkastajalla on vähintään kahden vuoden työkokemus tarkastajan työstä. Kolmannen tason tarkastajalla täytyy olla vähintään 5 vuoden työkokemus tarkastajan työstä.

Tarkastajan tarvittavat tietotaidot on määritelty standardissa NS 476:2004. Tarkastajalla on oltava kattavat tietotaidot pintakäsittelyn kaikista vaiheista, tarkastajan työssä käytetyistä menetelmistä ja tarkastajan vastuusta. Tarkastajan on tunnettava pintakäsittelyyn liittyvät standardit sekä laatustandardit ISO 9000 ja ISO 9001 ja osattava hyödyntää niitä työssään. Pätevä tarkastaja osaa käyttää kentällä tarvittavia välineitä joilla voidaan tarkastella esikäsiteltyä, vastamaalattua, sekä vanhaa maalipintaa. Pintakäsittelystä ja sen eri vaiheista on osattava kirjoittaa tarvittavat dokumentit ja raportit. Lisäksi tarkastajan on osattava tulkita toisen tarkastajien kirjoittamia raportteja. Käytettyjen pintakäsittelyaineiden on oltava tarkastajalle tuttuja sekä tarkastajan on osattava tulkita maalauserittelyä jossa on määritelty mm. kalvonpaksuudet.

Standardi NS 476:2004 määrittelee esitietovaatimukset pintakäsittelyn tarkastajille jotka ovat tekemisissä teräksen tai muun metallin pinnoituksen kanssa. Kurssille osallistuvilla henkilöillä tulee olla ennestään kokemusta korroosiosuojauksesta tai metallien esikäsitelystä. Kurssin suorittuaan hyväksytysti sertifiointiin on voimassa viisi vuotta toisen ja kolmannen tason tarkastajilla. Ensimmäisen tason tarkastajilla ei ole aikarajaa sertifiointiin vanhenemisen suhteen. Toisen ja kolmannen tason tarkastaja voi uusia sertifiointinsa todistamalla olleensa vähintään kaksi vuotta aktiivisesti tarkastajantyössä. Jos sertifiointi ehtii umpeutua ja olla ummessa kuusi kuukautta niin tarkastajan tulee suorittaa koe tai käydä kurssi uudelleen. Tarkastajan pätevyyden voi

menettää jos Frosio-neuvostolle tulee dokumentoitua tietoa tarkastajan työn laiminlyömisestä. [9.]

5 Frosio-koulutukseen liittyvä käytännön harjoittelu

Pätevällä pintakäsittelyn tarkastajalla on oltava tarvittavat tietotaidot käytännön testauksista laboratorio-olosuhteissa sekä kentällä. Kentällä testaaminen ei ole yhtä helppoa kuin laboratoriossa ja siksi on osattava käyttää eri menetelmiä joiden avulla saadaan kattavaa tietoa pinnoitteesta ja pinnan kunnosta. Tarkastajan on osattava tutkia pintaprofiilia, maalipinnan kestoa ja huonontumista. Lisäksi tarkastajalla on oltava tuntemus eri maalityypeistä ja niiden ominaisuuksista sekä tehdyistä testeistä on osattava kirjoittaa kattava raportti. [3]

Koulutuksessa käytännön harjoittelulle on suunniteltu standardissa NS 476:2004 21 oppituntia (taulukko 6) [9, s. 16]. Standardissa käytännön harjoituksista on suurin osa ajallisesti suunnattu tarkastajan työn suorituksen harjoitteluun, yhteensä 7 oppituntia (taulukko 6). Kurssilla suoritettavat käytännön harjoitukset voisi jaotella eri pisteisiin suorituksen mukaan jolloin tehtäisiin samankaltaisia töitä yhdessä ja ajankäyttö tehostuisi. Työt voisi suorittaa parityöskentelynä, kurssille osallistuu 16 henkeä joten syntyisi kahdeksan ryhmää. Teorialuentojen aikana, jo kurssin alkuvaiheessa osallistujille olisi hyvä antaa lista suoritettavista käytännön harjoituksista sekä standardeista, jotta kaikki ehtivät tutustua töihin ja harjoitukset sujuvat jouhevasti. Teoriatuntien aikana olisi hyvä näyttää kuvamateriaalina harjoituksissa käytettyjä laitteistoja sillä visuaalinen muisti tukee oppimista sekä auttaa hahmottamaan työtä. Käytännön harjoitusten aikana standardien käyttö olisi kannattavaa jotta saadaan vahvat muistisidokset työstä ja suorituksesta, mutta kandidaattien on tiedostettava että käytännönharjoitusten loppukokeessa ei standardeja saa käyttää [18; 19; 20.]

Taulukko 6. Standardin NS 476:2004 määrittämät tuntimäärät [9, s, 16.]

Modules	Teory	Demo/exercise
1. Materials and design	3	-
2. Corrosion	5	2
3. Surfaces/substrates for paints and coatings	6	3
4. Environment	3	2
5. Paints and coatings	11	4
6. Requirements for execution of work	3	1
7. Standards, specifications, procedures	5	1
8. Inspection work, the role of the inspector	10	7
9. Health, Environment, Safety	5	1
10. Final examination	4	4
Total	55	25

Koulutukseen kuuluvien käytännön harjoitusten tulee olla sellaisia että ne voidaan suorittaa muuallakin kuin laboratorio-olosuhteissa. Tästä syytä mm. maalin tunnistus suoritetaan kuvista tutkimalla sillä liuottimien käyttö vaatii kunnolla ilmastoidun työtilan ja kaikkialla tätä ei ole saatavilla.

5.1 Ilmasto-olosuhteet

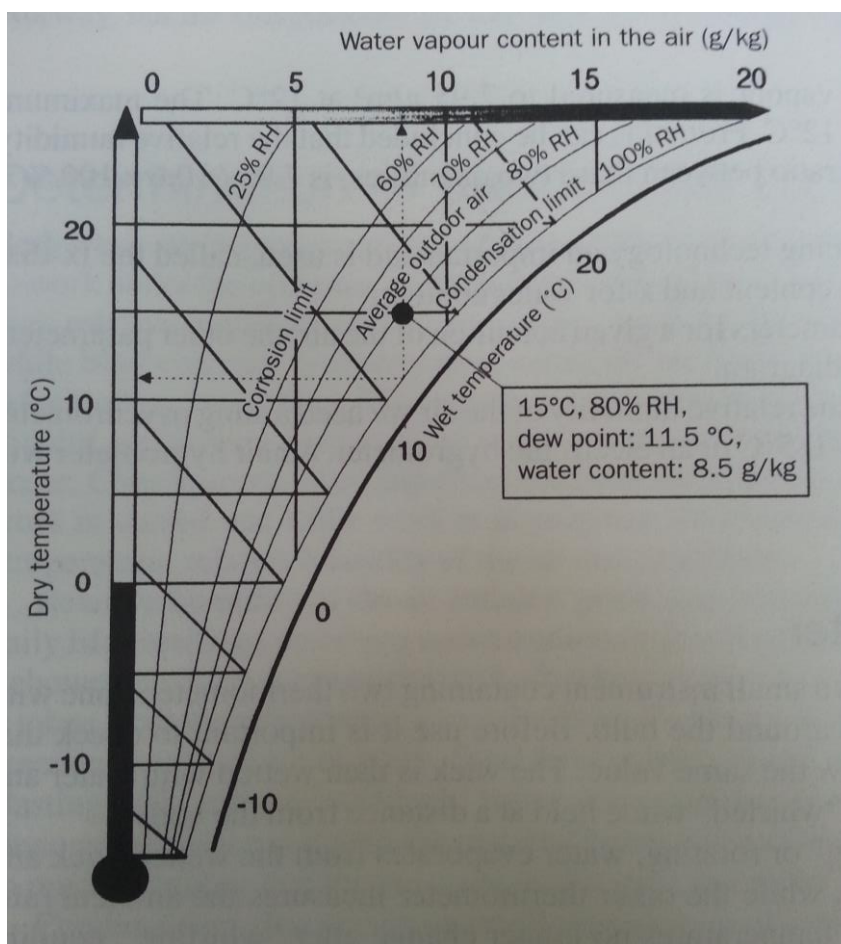
Ennen pintakäsittelyä on oltava selvillä olosuhteet joissa pinnoitus tapahtuu. Käytettävästä maalista täytyy tuntea sen ominaisuudet sillä eri maalityypeillä on erilaiset vaatimukset. Maalin kuivuminen saattaa vaatia esim. matalaa tai korkeaa ilmankosteutta. Maalauksen aikana edellytetään että teräspinnan lämpötila on vähintään 3 °C korkeampi kuin kastepiste.

Työpisteessä käytettäviin välinesiin kuuluu psykrometri tai muu ilman kosteusmittari, kastepistekiekko, teräksen pinnanlämpötilan mittari.

Työt suoritetaan mittaamalla ilmasto-olosuhteet (liite 1). Psykrometrin avulla määritetään ilman lämpötila. Psykrometrissä on kaksi lämpömittaria joista toinen kastellaan ja psykrometriä pyöritetään ilmassa mahdollisimman kaukana vartalosta niin kauan, että lämpömittarien lämpötilat eivät enää muutu. Pyöriksen aikana kosteus haihtuu kastellusta mittarinpäästä ja kuiva pää mittaa ilman lämpötilaa. Saaduista arvoista

voidaan lukea ilman suhteellinen kosteus kun yhdistetään lämpömittarien päät yhteen. Vaihtoehtoisesti ilman suhteellinen kosteus voidaan lukea taulukosta tai IX-diagrammista (kuva 15). [8, s. 331–332.]

Psykrometrin ja IX-diagrammin käyttöä on havainnollistettu kuvassa 15. Psykrometrin avulla on mitattu märän lämpömittarin lukemaksi 13 °C ja ilman lämpötilaksi 15 °C. Taulukosta määritetään ilman suhteellinen kosteus (80 % RH) ja kastepiste (11,5 °C). Kastepiste määritetään menemällä taulukossa suoraan alas asteikolle jossa ilman suhteellinen kosteus on 100 % ja vertaamalla linjaa ilman lämpötilaan. [8, s. 332.]



Kuva 15. IX-diagrammi ilmankosteuden ja kastepisteen selvittämiseen [8, s. 332.]

Ilman lämpötilan- ja kosteudenmittareilla mitataan ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä teräksen pinnan lämpötila mitataan pinnanlämpötilamittarilla. Kastepistekiekkon avulla voidaan määrittää kastepiste ja vähimmäislämpötila pinnalle

jotta maalaustyö voidaan suorittaa. Kiekossa on kaksi pyöreää kiekkoa joissa on asteikot ilman lämpötilalle ja suhteelliselle kosteudelle. Kun ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus asetetaan kohdakkain, voidaan kiekosta lukea kastepiste ja sallittu pinnan lämpötila. [8.]

5.2 Pinnankarheus ja puhdistusaste

Alustan pinnankarheus määritellään kohteen mukaan. Alustan pintaprofiilivaatimus luokitellaan maalausyhdistelmän mukaan. Jos pinnankarheus on liian karhea, niin maalikalvonpaksuus ei välttämättä ole riittävä tai maalia joudutaan levittämään paksumpi kerros jolloin kustannukset nousevat. Pinnankarheuden ollessa liian pieni maalilla ei ole tarpeeksi tartuntapintaa ja adheesio jää liian pieneksi.

Pinnankarheutta koelevyistä tutkitaan vertailulevyjen, suurennuslasin, jäljenneteipin sekä digitaalisen pinnankarheusmittarin avulla (liite 2).

Pinnankarheusvertailulevyjen avulla määritellään kuinka hieno pintaprofiili on ja vastaako profiili työlle asetettuja vaatimuksia. Työ suoritetaan vertaamalla standardin ISO 8503 toisen ja kolmannen osan mukaisesti esikäsiteltyä pintaa vertailulevyyn. Menetelmä tulee suorittaa kynnellä jotta vertailulevyyn ei tule rasvaisuutta tai epäpuhtauksia.

Suurennuslasia (x10) voidaan käyttää apuna tutkittaessa pinnankarheuslevyjä.

Pinnankarheuden tutkiminen jäljenneteipin avulla suoritetaan standardin ISO 8503 viidennen osan mukaisesti. Jäljenneteipin avulla saadaan selvitettyä pinnan profiilista löytyvien laaksojen ja huippujen ero. Frosio-koulutuksessa käytetään kahta eri teippiä pinnan profiilin mukaan, profiilipinnalle 20–64 µm sekä profiilipinnalle 38–115 µm. Pinnan karheutta tarkastellaan ensin vertaamalla grit ja shot levyihin jonka jälkeen valitaan profiilille soveltuva teippi ja suoritetaan työ standardin mukaisesti.

Pinnankarheusprofiilin määrittäminen mittaamalla suoritetaan pinnankarheusmittarilla, esimerkiksi elcometer 224C-B1-laitteella, jolla voidaan määrittää pinnanprofiileja väliiltä 0–500 µm. Laitteistossa oleva mittakärki liukuu alustaa pitkin seuraten pinnankarheuden

muotoja. Anturi mittaa pinnan profiilin keskiarvoa ja laitteistosta saa lukeman mikrometreinä.

Pinnan puhtausaste määrittyy sen mukaan, miten pinta on puhdistettu. Eri kohteet vaativat erilaisia pinnanpuhtausasteita mm. sen mukaan minkälaiseen rasiinukseen pinta on tulossa. Erilaisia esikäsitteilymenetelmiä ovat suihkupuhdistus (Sa), käsityökaluilla tai koneellisesti tehty puhdistus (St), liekki puhdistus (FI) sekä happopeittäminen (Be). Eri menetelmin saavutettavia puhtausasteita kuvataan numeroarvoilla 1, 2, 2 ½ ja 3. Eri menetelmillä ja ruostumisasteeltaan erilaisille alustoille tehdyt esikäsitteilyt eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Standardi EN ISO 8501-1 määrittelee esikäsitteilyasteet sanallisesti kuvaamalla sekä selventävien esimerkkikuvien avulla.

Pinnan puhtausastetta arvioidaan standardin EN ISO 8501-1 mukaisesti vertaamalla puhdistettua pintaa standardin vertailukuviin.

5.3 Vesiliukoisen suojojen testaus – Bresle-menetelmä

Maalattavan pinnan liukoisia epäpuhtauksia voidaan tutkia Bresle-menetelmän avulla. Testissä käytettävä liuote valitaan määritettävien epäpuhtauksien mukaan. Pinnan epäpuhtauksien määrittäminen on tärkeää sillä pintaan jäävät epäpuhtaudet pääsevät ruostuttamaan terästä maalikalvon alla ja maalin suojauskyky huononee huomattavasti.

Työ suoritetaan standardin ISO 8502-6 mukaisesti koelevyille (liite 9). Työssä käytetään liimautuvia näytetaskuja jotka liimataan testattavalle pinnalle ja johon ruiskutetaan kertakäyttöruiskulla jossa on ohut neula tislattua vettä jonka johtokyky on alle 5 µS/cm. Käytetyn veden johtokyky on mitattava ennen testin suorittamista. Vettä siirretään ruiskun ja näytetaskun välillä vähintään 4 kertaa noin kymmenen minuutin ajan jotta saadaan kaikki liukeneva suola liuotettua. Ajanjakso voidaan sopia osapuolten kesken, standardissa on todettu kymmenen minuutin olevan tyydyttävä ajanjakso. Jos liuosta katoaa testin aikana, on tulos hylättävä. [21]

Näytetaskusta saadusta liuksesta tutkitaan sen johtokykyä standardin ISO 8502-9 mukaisella menetelmällä jossa määritetään suojojen kokonaispintatiheys näytetaskun

alalta. Tutkittavasta näytteestä mitataan johtokyky ja suolojen kokonaispintiheys ρ_A (kg/m^2) lasketaan standardissa osoitetulla tavalla.

Saatu lukema (kg/m^2) kerrotaan luvulla 10^6 jotta saadaan suolan määrä yksikössä mg/m^2 [22].

5.4 Pinnoitteen paksuus – ainetta rikkova menetelmä

Maalaustyötä tarkistettaessa pinnoitteen paksuutta voidaan tutkia rikkomalla maalikalvo jolloin saadaan eri kerrokset näkyviin ja voidaan tarkistaa tarvittava kerrospaksuus kaikista kerroksista. Samalla tarkistetaan, että kaikki tarvittavat maalikerrokset löytyvät. Pinnoitteen tutkimiselle ainetta rikkovalla menetelmällä on olemassa erilaisia kalvoporia joilla tehdään ympyränmuotoinen reikä pinnoitteeseen alustaan saakka. Lisäksi on olemassa laitteistoja joilla tehdään viilto alustaan saakka terällä joka on tunnetussa kulmassa. Työtä hankaloittaa jos maalikerrokset ovat samanvärisiä jolloin on hankalaa erottaa eri kerrosten vaihtuminen.

Työssä tutkitaan valmiiksi pinnoitettuja maalilevyjä viiltomenetelmän avulla (liite 8). Testilevyistä määritellään kuinka monta kalvoa maalia on ja kunkin kalvon paksuudet.

Työ suoritetaan standardin ISO 2808 menetelmällä 6B. Työssä tutkitaan pinnoitteen paksuutta P.I.G (paint inspection gauges) laitteistolla, esimerkiksi elcometerin P.I.G laitteistolla A121-S. Laitteistossa on terä joka on toiselta sivulta viistetty. Koelevyyn vedetään tasainen viilto alustaan. Viillon avulla saadaan pinnoitteen eri kerrokset näkyviin ja laitteessa olevan mikroskoopin avulla voidaan määrittää eri kerrosten paksuus kun käytetyn terän kulma on tiedossa. Käytetyn terän kulmaan vaikuttaa pinnoitteen paksuus (taulukko 7). Ennen viillon tekemistä alustalle tehdään suora viiva erottuvalla värillä joka auttaa tarkasteltaessa pinnoitteen paksuutta. Viillon tulee olla kohtisuorassa piirrettyä viivaa vasten.

Kalvonpaksuutta tutkittaessa kalvonporan avulla suoritetaan poraus metalliin saakka ja tarkastellaan porausta mikroskoopilla. Poran kärkikulman ollessa tunnettu saadaan eri kalvonpaksuudet laskettua.

Kalvonpaksuus t lasketaan yhtälöstä $t = b \times \tan \alpha$

jossa:

t = kalvonpaksuus

b = mikroskoopilla määritelty leikkausuran puolileveys

α = leikkauskulma

Taulukko 7. Pinnoitteen paksuuden vaikutus terän kulmaan [8, s.348.]

Cutting tool (tip, knife)	Cutting angle	Measuring range	Thickness of each division on the scale
1	45°	0-2000 μm	20 μm
2	26° 35'	0-1000 μm	10 μm
3	5° 43'	0-200 μm	2 μm

5.5 Kuivakalvon paksuuden määrittäminen – ainetta rikkomaton menetelmä

Maalikalvon paksuuden määrittäminen ainetta rikkomattomalla menetelmällä ei aiheuta paikkamaalauksen tarvetta, mutta pystytään varmistumaan että tarvittava pinnoitepaksuus on saavutettu. Kuivakalvonpaksuus on määritettävä jotta tiedetään onko maalin suojauskyky saavutettu valmistajan ohjeiden määrittämällä tavalla. Menetelmän avulla ei kuitenkaan voida mitata eri kerrosten paksuuksia vaan ainoastaan kaikkien kalvojen yhteispaksuutta.

Kuivakalvonpaksuutta voidaan mitata sekä ferriittiseltä että ei ferriittiseltä alustalta. Ferriittisellä alustalla menetelmä perustuu magneettiseen vetovoimaan. Pinnoite heikentää magneettista vuorovaikutusta ja näin saadaan selville pinnoitteen kuivakalvonpaksuus. Ei ferriittisillä alustoilla mittaus perustuu pyörrevirtaan jolloin pyörrevirtojen voimakkuus riippuu metallin ja mittapään välissä olevan maalikalvon paksuudesta. Käytettävällä laitteistolla jolla voidaan mitata sekaisin kuivakalvonpaksuuksia sekä ferriittiseltä että ei ferriittiseltä alustalta. [19.]

Testaukset suoritetaan valmiiksi maalatuille koelevyille (liite 8). Levyjen maalipintaan ei tule tehdä viiltoja tai muuta pintaa vahingoittavaa.

Työ suoritetaan standardin ISO 2808 menetelmän 7C mukaisesti. Alustan esikäsitteilyaste vaikuttaa saatuihin tuloksiin ja mittauksia täytyy suorittaa tarvittava määrä, ainakin kolme mittausta eri puolilta testausaluetta jotta saadaan luotettava tulos. Mittalaitteisto tulee kalibroida ennen työn suoritusta laitteiston omilla kalibrointilevyillä. Kalibrointi täytyy suorittaa ennen testausta ja jos testauksia tehdään useita, niin kalibrointi on suoritettava myös testauksen aikana.

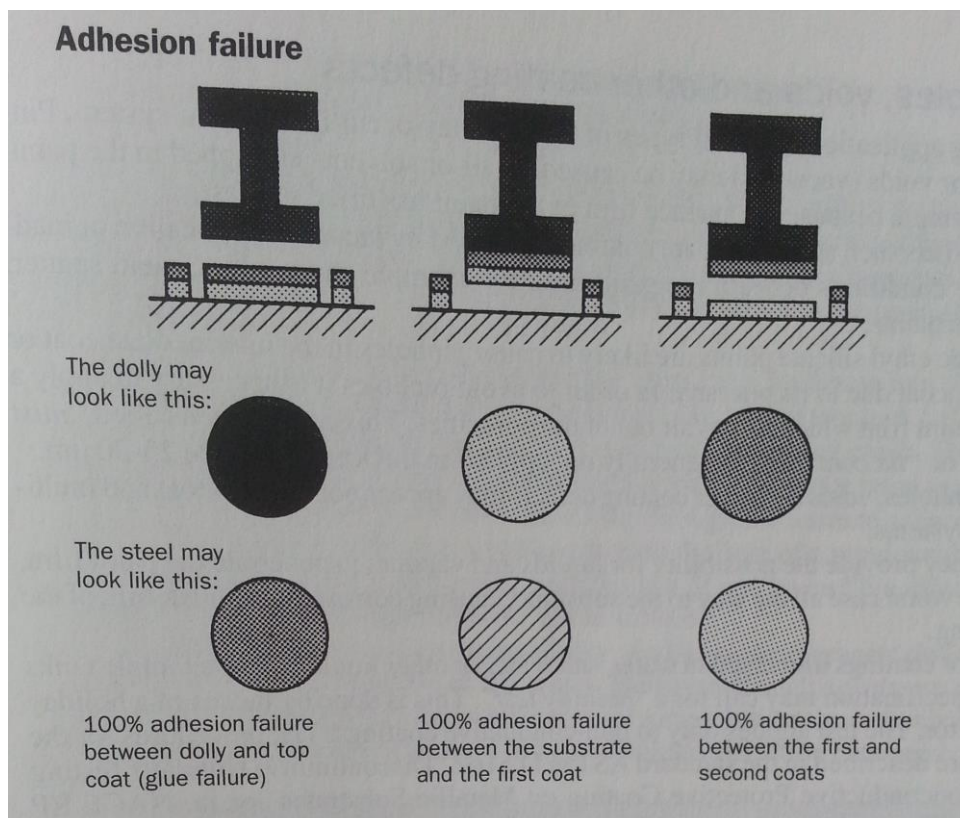
Maalaukselosteesta löytyy vaaditut kuivakalvonpaksuudet, lisäksi standardin 12944-5 viides osa määrittää, että kuivakalvonpaksuus ei saa olla suurempi kuin 3 kertaa kuivakalvon nimellispaksuus.

5.6 Tartuntavetokoe – ainetta rikkova menetelmä

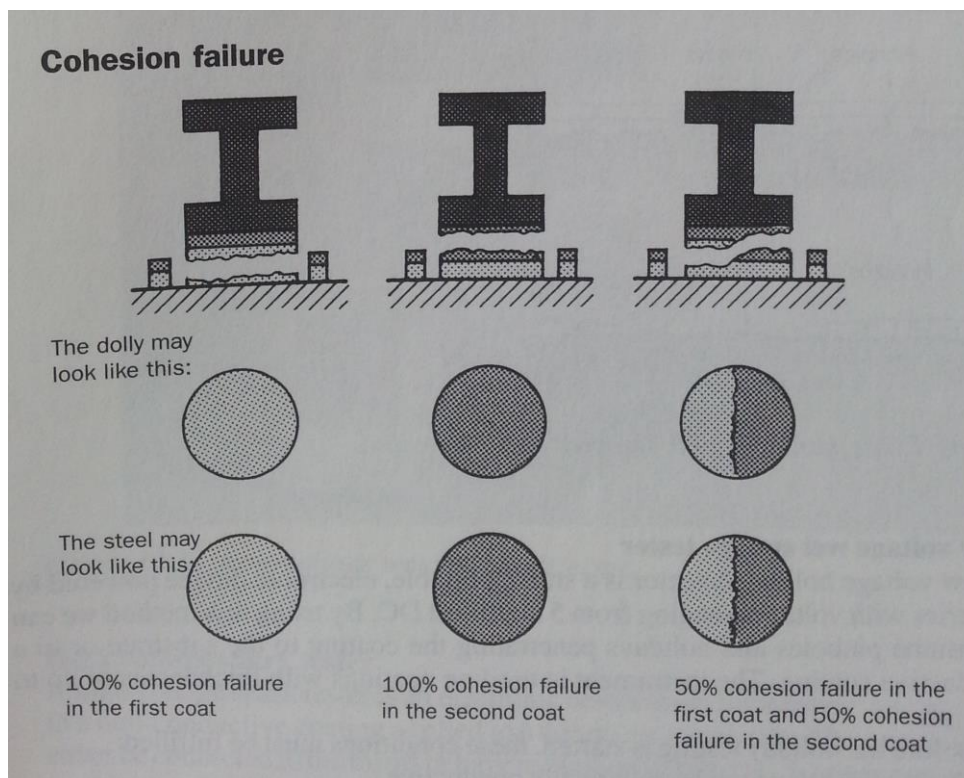
Tartuntavetokokeella voidaan tutkia maalikalvojen sisäistä lujuutta sekä tartuntaa alustaan. Maalipinnan pettäessä alustan ja pohjamaalin väliltä on alustan esikäsitteilyssä saattanut olla väärä menetelmä tai huolimattomasti suoritettu käsittely. Valmistaja on määritellyt maalille lujuuden jonka maalikalvon tulee jaksaa pettämättä, esimerkiksi 5 MPa. Jos maalikalvo pettää niin silloin maalikerrosten adheesio- tai koheesiolujuus ei ole riittävä.

Tartuntavetokoe suoritetaan standardin ISO 4624 mukaisesti liimaamalla koenapit valmiiksi maalatuille alustoille ja vetokokeen avulla tutkitaan maalikalvon kiinnipysyvyyttä esimerkiksi elcometerin 106 laitteiston avulla (liite 7). Testissä käytettävän liiman on oltava nopeasti kovettuvaa ja standardissa hyväksyttyä, esimerkiksi syanoakrylaattiliimaa jonka avulla voidaan suorittaa vetokokeet noin tunnin kuluttua liimaamisesta.

Irtivetokokeen jälkeen tutkitaan onko murtumatyyppi adheesio vai koheesiomurtuma (kuva 16, kuva 17) ja tulokset kirjataan standardissa osoitetulla tavalla.



Kuva 16. Tartuntavetokokeen murtumatyypit, adheesiomurtuma [8 s. 353.]



Kuva 17. Tartuntavetokokeen murtumatyypit, koheesiomurtuma [8 s. 353.]

5.7 Hilaristikkotestaus – ainetta rikkova menetelmä

Hilaristikkokokeen avulla voidaan tutkia onko ennen maalausta suoritettavat esikäsitteilyt tehty riittävän hyvin. Maali tarvitsee riittävästi puhdasta pinta-alaa alustassa jotta riittävä adheesio saadaan aikaan.

Työ suoritetaan valmiiksi maalatuille testikappaleille standardin ISO 2409 mukaan (liite 7). Työssä käytetään kahta eri terää joilla voidaan tutkia eri paksuisia pinnoitteita. Käytettävät terät määrittävät viiltojen välimatkan, 2 mm:n terien etäisyyksiä käytetään 61–120 µm:iin saakka ja 3 mm:n käytetään paksuuksilla 121–250 µm. Terät tuottavat standardissa vaaditun 6 leikkausuran sarjan. Terän koko valitaan sen mukaan, kuinka suuri kalvonpaksuus koekappaleessa on. Saadut tulokset arvioidaan standardissa esitetyn taulukon mukaan sen mukaan, kuinka paljon maalia irtoaa alustasta. Monilla vaativissa olosuhteissa, kuten telakkateollisuudessa, käytetyillä maaleilla tulosten täytyy olla 0 tai 1 standardin taulukon mukaan. [8, s. 349.]

5.8 Huokoisuuden testaaminen – korkeajännite

Maalikalvossa voi esiintyä huokoisuutta johtuen esimerkiksi liuotteen tai ilman jäämisestä maalikalvon alle. Tämä voi johtua maalin liian nopeasta kuivumisesta jolloin pinta muodostaa kalvon liian nopeasti ja sisäosa ei ole päässyt vielä kuivumaan. Maalissa saattaa olla myös liikaa ilmakuplia jolloin maalin laatu ei ole soveltuva. Huokoisuus maalikalvossa heikentää maalin suojaominaisuuksia. Pinnanpaksuus saattaa paikoitellen olla hyvinkin pieni jos huokonen kulkee lähes koko maalikalvon läpi. Kosteus ja epäpuhtaudet pääsevät pinnan läpi alustaan helpommin huokosten kautta.

Maalin kuivuttua huokoisuutta testataan sähkövirtaan perustuvilla menetelmillä. Korkeajännitetestausta käytetään usein kalvonpaksuuksille jotka ovat yli 500 µm, mutta myös pienemmille paksuuksille voidaan laitteistoa käyttää. Laitteistosta valitaan kalvonpaksuudelle sopiva jännite. Liian suuri jännite lyö läpi jatkuvasti ja liian pieni ei rekisteröi kaikkia huokosia. Liian suuri jännite saattaa vahingoittaa maalikalvoa lyödessään läpi.

Testaus suoritetaan valmiiksi maalatuille kappaleille joissa on ilmoitettu kuivakalvonpaksuus (liite 6). Testissä käytetään korkeajännitemittaria huokosten havaitsemiseen, esimerkiksi elcometerin laitteisto D266-4. Työssä käytetään 15 kV:n kahvaa jolla voidaan tutkia maksimissaan 4,07 mm:n paksuisia pinnoitteita.

Työ suoritetaan standardin ISO 29601 mukaisesti. Testaustilanteessa koekappaleeseen kiinnitetään maadoitusjohdin sähköä johtavaan kohtaan. Testaus tulee suorittaa liikuttaen laitetta noin 0,1 m/s vauhtia jotta laite ehtii havaita kaikki huokokset. Havaitut huokokset kirjataan ylös ja merkitään huokosten paikat piirtämällä. [8, s. 355-356.]

5.9 Huokoisuuden testaaminen – matala jännite

Pinnoitteen huokoisuutta voidaan tutkia matalajännitetestauksella jos maalin kuivakalvonpaksuus on liian pieni korkeajännitetestaukselle. Menetelmän avulla voidaan havaita samoja virheitä kuin korkeajännitetestauksen avulla.

Matalajännitetestauksella voidaan tutkia maalikalvon huokoisuutta 500 µm saakka. Jännite voidaan säätää 9 – 90 V välillä. Tutkittavan pinnan täytyy olla puhdas sekä alustan täytyy johtaa sähköä. Menetelmässä käytetään sientä joka kastellaan vedellä tai vedellä johon on lisätty pintajännitystä rikkovaa ainetta. Pintajännitystä alentavaa ainetta ei tule käyttää jos tutkitaan välimaalin huokoisuutta.

Testaus suoritetaan valmiiksi maalatuille kappaleille joissa on ilmoitettu kuivakalvonpaksuus (liite 6). Testissä käytetään matalajännitemittaria huokosten havaitsemiseen, esimerkiksi elcometerin laitteisto D270-4.

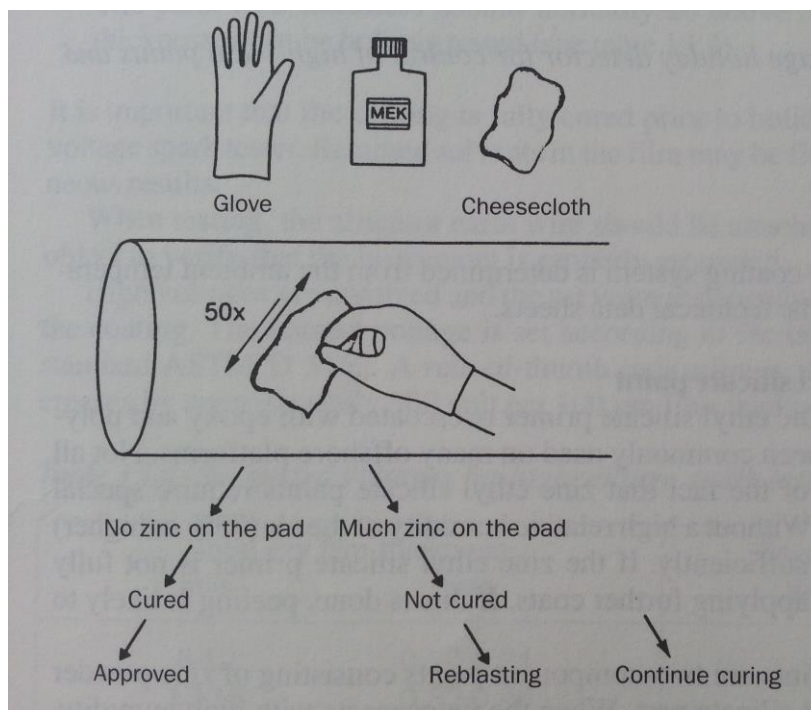
Testaus suoritetaan standardin ISO 14654 mukaisesti. Sienen täytyy olla kostea mutta siitä ei saa tippua vettä. Testielektrodia tulee liikuttaa pinnalla noin 0,1 – 0,2 m/s vauhtia jotta kaikki huokokset ehditään havaita. Havaitut huokokset kirjataan ylös ja merkitään huokosten paikat piirtämällä. [8, s. 354-355.]

5.10 Maalikalvon kovettuminen

Käytetystä maalista on tunnettava sen ominaisuudet ja kuivumistapa. Lämpötila vaikuttaa maalin levitysominaisuuksiin sekä maali saattaa vaatia kuivuakseen kunnolla matalaa tai korkeaa ilmankosteutta.

Sinkkisilikaattipohjamaalia käytetään usein epoksi ja polyuretaaniyhdistelmien kanssa. Sinkkisilikaattimaali vaatii erityisiä olosuhteita kuivuessaan, ilman suhteellisen kosteuden tulee olla vähintään 50 % jotta maalissa oleva etyyli pääsee haihtumaan ja silikaatti alkaa reagoida ilman kosteuden kanssa. Jos liuotin ei ole kokonaan haihtunut niin uutta maalikerrosta ei voida maalata. [8.]

Maalin kovettumista voidaan tutkia ASTM D 4752 mukaisella testillä (liite 10). Työssä käytetään koekappaleina valmiiksi maalattuja levyjä joista tutkitaan metyylietyyliketoni-liottimen avulla liukeneeko pinnasta sinkkipölyä. Jos pölyä liukenee, niin pinta ei ole kuivunut tarpeeksi. Testi suoritetaan hankaamalla kankaanpalaa jossa on liuotinta 50 kertaa tutkittavalla pinnalla käyttäen peukalon painetta (kuva 18). Tulokset arvioidaan irronneen pölymäärän mukaan asteikolla 1-5 (taulukko 8).



Kuva 18. MEK-testauksen periaate [8, s. 358.]

Taulukko 8. MEK-testin arviointitaulukko [8, 392.]

Resistance rating	Description
5	No effect on the surface, no zinc on cloth after 50 double rubs
4	Burnished appearance in rubbed areas; slight amount of zinc on cloth after 50 double rubs
3	Some marring and apparent depression of the film after 50 double rubs
2	Heavy marring; obvious depression in the film after 50 double rubs
1	Heavy depression in the film but no actual penetration to the substrate after 50 double rubs
0	Penetration to the substrate in 50 double rubs or less

5.11 Pintojen tarkastelu

Maalatuissa pinnoissa esiintyvien virheiden tunnistamisen avulla voidaan selvittää onko virhe johtunut esikäsitteystä, levitystavasta, kerrospaksuudesta tai esimerkiksi väärästä maalista kohteessa. Virheiden tunnistamisen avulla korjaustoimenpiteet pystytään huomioimaan asianmukaisella tavalla sekä virheellisyuden toistuminen voidaan estää.

Maalikalvoja ja niiden virheitä tutkitaan vertailulevystä visuaalisesti tarkastelemalla (liite 3). Virheitä arvioidaan standardin ISO 4628 mukaisesti. Tutkittavista pinnoista merkitään virheet standardin ensimmäisen osan mukaisesti, tarvittaessa merkitään tarkentavia huomioita kuten vaurion rajoittuminen reunoille. Tutkittavia levyjä tarkastellaan silmämääräisesti eikä kappaleita saa vaurioittaa esimerkiksi viiltämällä maalikalvoa auki. Vaurio kirjataan ylös ja arvioidaan mistä vaurio on syntynyt. [19.]

Rakkuloitumisastetta arvioidaan standardin toisen osan mukaisesti. Tutkittavia kappaleita verrataan standardissa oleviin vertailukuviin ja virheiden määrä merkitään rakkuloiden koon ja tiheyden mukaan standardin mukaisesti.

Ruostumisastetta arvioidaan standardin kolmannen osan mukaisesti. Tutkittavia kappaleita verrataan standardissa oleviin vertailukuviin. Jos arvioitavassa kappaleessa

esiintyy eriasteista ruostumista, merkitään ruosteasteet alueiden mukaan. Ruostumisasteet kirjataan standardissa esitetyllä tavalla.

Halkeamisastetta arvioidaan standardin neljännen osan mukaisesti. Halkeamat luokitellaan tyyppin mukaan, esimerkiksi mosaiikkimainen tai yhdensuuntainen halkeama. Tutkittavia kappaleita verrataan standardissa oleviin vertailukuviin. Virheiden määrä ja koko merkitään ylös.

Hilseilyastetta arvioidaan standardin viidennen osan mukaisesti vertaamalla tutkittavia kappaleita standardissa oleviin kuviin. Hilseilystä on erotettava onko hilseily johtunut maalikerroksesta vai alustasta. Hilseilyaste kirjataan ylös standardissa esitetyllä tavalla.

Liituumisastetta arvioidaan standardin kuudennen osan mukaisesti teippimenetelmän avulla. Liituuntumista esiintyy UV-säteilyn vaikutuksesta jolloin pintakalvon sideaineen molekyyliketjut hajoavat ja pinnalle muodostuu jauhemaista kerrosta. Liituuntumista tapahtuu erityisesti maaleille joissa on sideaineena öljy, alkydi, tai epoksi. Testauksessa liimataan läpinäkyvä teippi pinnalle ja se asetetaan tummalle tai vaalealle pinnalle riippuen kummasta saa paremman kontrastin. Liituumisastetta verrataan standardissa oleviin kuviin. [23.]

5.12 Maalityypin tunnistaminen

Vanha maalityyppi on oltava selvillä ennen uudelleenmaalausta sillä eri maalit vaativat erilaisen esikäsittelyn ennen uutta pintaa. Tuntemattomia maaleja voidaan tunnistaa liuotintestin avulla. Eri maalityypit reagoivat eri tavoilla liuottimiin. Fysikaalisesti kuivuvat maalit liukenevat ksyleeniin sekä metyylietyyliketoniin, kemiallisesti kuivuvat maalit eivät reagoi edellä mainittuihin liuottimiin ja hapettumalla kuivuvat alkavat kupruilla.

Työ suoritetaan tarkastelemalla kuvista koekappaleita jotka ovat altistettu tunnetulle liuottimelle (liite 11). Maalityyppi kirjataan ylös ja perustellaan miksi kyseinen maalityyppi on reagoinut liuottimeen.

Maalipinnan huononemisesta kuten kupruilusta tai kalvon liukenemisesta voidaan päätellä käytetty maalin sideaine (taulukko 9). [8, s. 358–359.]

Taulukko 9. Erilaisten liuottimien vaikutus kovettuneeseen maalikalvoon [8, s. 359.]

Maalityyppi	Ksyleeni	Metyylietyyliketoni	Etanoli
Kloorikautsu	liukenee	liukenee	ei vaikutusta
Vinyyli	ei vaikutusta	liukenee	ei vaikutusta
Alkyydi	ei vaikutusta	rypistyy / nousee ylös	ei vaikutusta
PVA lateksi	ei vaikutusta	ei vaikutusta	liukenee
Epoksi	ei vaikutusta	pehmenee hieman	ei vaikutusta

5.13 Maalaustyön tarkastus

Maalaustyön aikana maalin ilmaantuneet pintavirheet tulee tunnistaa jotta ne voidaan korjata ja ennaltaehkäistä. Virheet voivat johtua esimerkiksi maalin viskositeetista joka ei ole optimaalinen tai epäpuhtauksista maalissa. Virheellisyydet voivat mm. heikentää maalin suojauskykyä tai tartuntaa alustaan.

Maalaustyössä tapahtuvia pintavirheitä arvioidaan testikappaleista joissa on virheellisiä pintoja (liite 4). Virheet tunnistetaan ja kirjataan ylös sekä perustellaan mistä ongelma on syntynyt. Koekappaleita arvioidaan silmämääräisesti eikä pintoja tule naarmuttaa tai rikkoa.

Rakkuloituminen ja huokosten muodostuminen voi tapahtua maalaustyön yhteydessä tai sen jälkeen kun pinta on altistunut ulkoilmalle. Huokosia voi tulla jos kuivakalvonpaksuus on liian suuri. Huokokset voivat olla liuotinta tai ilmaa joka on jäänyt maalikalvon sisään. Maalin voimakas sekoittaminen juuri ennen maalaustyötä edesauttaa ilmahuokosten muodostumista. Rakkuloiden ilmaantuminen ajan myötä maalipintaan voi johtua adheesion puutteesta maalikalvolla tai vesiliukoisten epäpuhtauksien jäämisestä maalipinnan alle jotka kosteuden kanssa kosketuksiin joutuessaan laajentuvat ja aiheuttavat rakkuloita pintaan.

Pinnassa esiintyvät kuppimaisen muotoiset kuopat ovat kraattereita. Kraatterit muodostuvat kun liuotin tai ilmakuplat poistuvat maalikalvosta kun maali on jo kuivunut niin paljon että maalipinta ei pääse enää tasoittumaan. Kraattereita esiintyy usein sinkkisilikaattimaaleilla.

Kalansilmät muodostuvat kun teräsalustan kostutus on riittämätön. Kalansilmä muistuttaa ulkonäöllisesti kraattereita, mutta siinä on keskellä pieni täplä. Kalansilmät voivat johtua silikonikontaminaatiosta joka saattaa tulla paineilmaa käytettäessä tai pinnalle tulleesta öljystä tai rasvasta.

Pienet reiät ilmaantuvat kun liuote ja ilma pakenevat maalikalvosta ennen kuin pinta on kuivunut tarpeeksi ja muodostanut koherenttia kalvoa. Pienet reiät menevät kalvon läpi eikä ne muodosta kaulusta joita esiintyy kraattereissa ja kalansilmissä. [8, s. 210-220.]

5.14 Ruostumisaste

Pinnan sallittu ruosteaste määräytyy kohteen mukaan. Teräksen pinnassa oleva ruoste pidättää kosteutta ja epäpuhtauksia kuten suoloja jotka pääsevät maalin alla ruostuttamaan pintaa lisää. Ruosteiselle pinnalle levitettävä maali ei ole kontaktissa teräksen pinnan kanssa. Ruostumisasteen lisäksi eri korroosiotyypit vaikuttavat pinnan kuntoon. Ruostumisasteen ja korroosiotyyppin määrittämisen avulla osataan määritellä onko pinta maalattavassa kunnossa vai onko korroosio mahdollisesti vahingoittanut rakenteita.

Pinnan ruostumista arvioidaan standardin EN ISO 8501-1 mukaisesti testipaloista tai kuvista. Pintojen korroosioaste luokitellaan standardissa esitetyllä tavalla.

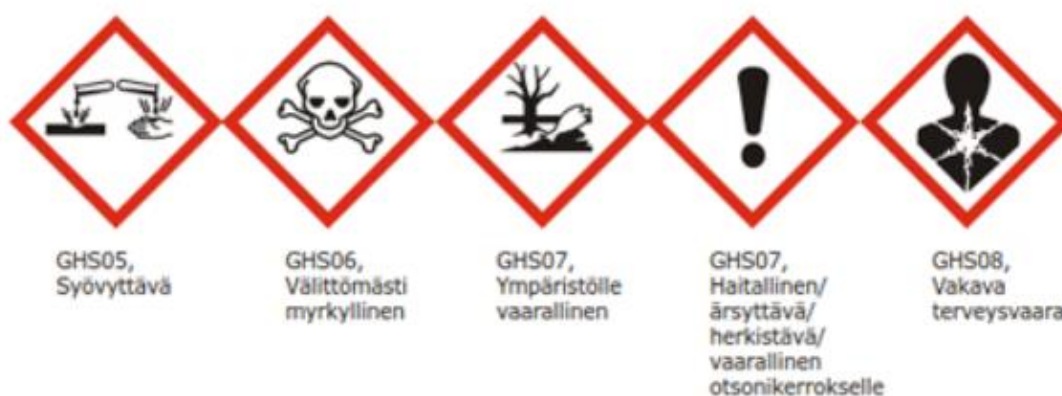
Korroosionmuotoja tutkitaan testipaloista silmämääräisesti arvioimalla (liite 5). Korroosionmuoto on tunnistettava ilman pinnan vahingoittamista. Esimerkiksi testipala joka on täysin tasaisen ruosteen peitossa: yleinen korroosio ja ruosteaste D.

5.15 Laboratoriotöiden aikataulutus

Työjärjestys tulee organisoida siten että samassa työskentelypisteessä voi suorittaa samankaltaisia töitä (taulukko 10). Käytännön harjoituksiin osallistuu 16 henkeä. Työ suoritetaan kahden hengen työskentelynä jolloin pareja tulee kahdeksan. Ennen töiden aloitusta opettaja käy läpi kaikille yhteisesti työpisteiden tehtävät. Töiden suorituksen aikana opettaja on läsnä ja neuvomassa tarvittaessa. Lähtökohtaisesti käytännön harjoituksiin osallistuu yksi opettaja. Parityöskentelyn kulku tapahtuu testauspisteissä siten, että toinen parista työskentelee ja toinen tarkkailee. Testauksen jälkeen parit vaihtavat rooleja ja lopuksi antavat palautetta toisen työskentelystä. Pisteissä joissa arvioidaan silmämääräisesti pintoja kummatkin tutkivat ja perustelevat valintansa toiselle kun kaikki arvioinnit on suoritettu. Parit antavat toiselleen palautetta työskentelystä jotta oppimistilanne on mahdollisimman tehokas ja hyödyllinen.

Käytännön harjoituksiin standardissa NS 476:2004 on varattu 25 oppituntia joista 4 on varattu koetilanteeseen [9, s.16]. Käytännön harjoituksissa jokaisesta harjoitteesta kirjoitetaan harjoitusmuotoinen raportti. Käytännön harjoituksille on aikaa 13 tuntia josta puoli tuntia käytetään työpisteiden esittelyyn. Työpisteiden esittelyjärjestyksen voisi suorittaa kertomalla ensin töistä joissa suoritetaan silmämääräinen tarkastelu ja sen jälkeen työt joissa suoritetaan mittauksia (taulukko 10). Lisäksi 8 tuntia varataan tarkastajan raportille, korroosiolle, muille pinnoitteille sekä turvallisuus- ja ympäristöasioille [9, s. 16]. Tarkastusraporttia laatiessa kandidaattien tulee osata lukea jo valmiita raportteja sekä kirjoittaa itse raportti. Korroosion tarkastelu suoritetaan tarkastelemalla sähkökemiallisia ilmiöitä, muiden pinnoitusten suoritus esitetään demoni kurssilaisille.

Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu kuuluvat kurssin keskeisiin asioihin. Korroosionestomaalauksessa terveys- ja ympäristöhaittoja aiheuttavat mm. ilmaan haihtuvat liuotteet, myrkylliset pigmentit sekä suihkupuhdistuksessa irtoava pöly. Kurssille osallistujien tulee tunnistaa erilaiset vaaramerkit jotka valmistaja on laittanut maalille. Vaaramerkkeihin kuuluu mm. terveysvaaraa merkitsevät merkit ja ympäristövaaran merkki (kuva 19).



Kuva 19. Varoitusmerkit [24.]

Töiden suorittaminen tehdään kiertoperiaatteella eli kaikki osallistujat suorittavat kaikki työt. Taulukossa 9 on esitetty ehdotelma ajankäytölle ja töiden suoritukselle.

Taulukko 10. Ajankäyttösuunnitelma käytännön harjoituksissa

Työskentelypiste	Suoritettavat työt	Suorituksen arvioitu kesto kahden hengen ryhmältä (koulun oppitunteja)
1. Piste	Ilmasto-olosuhteet (liite 1)	1
2. Piste	Pinnankarheus (EN ISO 8503, osat 2, 3 ja 5, EN ISO 8501-1, liite 2)	1,5
3. Piste	Pintojen tarkastelu , silmämääräinen tarkastelu (liite 3) Maalaustyön tarkastus , silmämääräinen tarkastelu (liite 4)	1,5
4. piste	Ruostumisasteet , silmämääräinen tarkastelu (EN ISO 8501-1, liite 5)	0,5

5. Piste	Huokoisuuden testaus: korkeajännite (EN ISO 29601, liite 6) matalajännite (EN ISO 14654, liite 6)	1,5
6. Piste	Maalikalvon kiinnipysyvyys: adheesiotesti (EN ISO 4624, liite 7) hilaristikkokoe (EN ISO 2409, liite 7)	1,5
7. Piste	Maalikalvon paksuus: Standard P.I.G (EN ISO 2808-6B, liite 8) DFT Measurement (EN ISO 2808-7C, liite 8)	1,5
8. Piste	Bresle – mittaus (EN ISO 8502-6 ja EN ISO 8502-9, liite 9)	1,5
9. Piste	Maalin kovettuminen, MEK-testi (ASTM D 4752, liite 10)	1
10. Piste	Maalityypin tunnistaminen (liite 11)	1
		Yhteensä: 12,5

6 Tarvittavat välineet

Käytännön harjoitukset suoritetaan valmiiksi maalatuille teräsalustoille, alustojen koon tulisi olla n. 20 x 20 cm. Tarvittavat harjoituskappaleet tulee olla ruiskumaalattuja ja muut ominaisuusvaatimukset on esitetty taulukossa 11 kohdassa koekappaleet. Koekappaleet toimituksesta voisi sopia erikseen esimerkiksi Finnish Steel Painting Oy:n tai Tikkurila

Oyj:n kanssa. Kummatkin yritykset ovat tehneet yhteistyötä Metropolia Ammattikorkeakoulun kanssa. Testauslaitteistot toimittaa Elcometer erikseen kurssia varten jolloin loppukokeessa on käytössä samat laitteistot joilla harjoitukset ovat suoritettu.

Taulukossa 11 on esitetty koulutukseen kuuluvat standardit sekä harjoituksissa tarvittavat välineet.

Taulukko 11. Tarvittavat välineet käytännön harjoituksiin

Aihe	Standardit	Välineet ja aineet	Koekappaleet
Ilmasto-olosuhteet	ISO 8502-4	<ul style="list-style-type: none"> • psykrometri • kastepistekiekko • teräksen pinnanlämpötilan mittari • IX-diagrammi 	Pinnoittamaton teräskappale pinnan lämpötilan mittaukseen
Pinnankarheus- sekä puhtausaste	ISO 8503 ISO 8501-1	<ul style="list-style-type: none"> • Grit-vertailulevy • Shot-vertailulevy • Suurennuslasi x 10 • Jäljenneteippi (profiilille 20 -64 µm ja 38-115 µm) • Digitaalinen pinnankarheusmittari 	2 kpl grit-rakeella esikäsiteltyjä teräslevyjä, esim. keskikarhea ja hieno profiili 2 kpl shot-rakeella esikäsiteltyjä teräslevyjä, esim. keskikarhea ja hieno profiili (levyistä arvioidaan puhdistusastetta sekä pinnankarheutta)
Pintojen tarkastelu	ISO 4628		5 kpl valmiiksi maalattuja levyjä tai valokuvat joissa esiintyy: rakkuloituminen, ruostuminen,

			halkeaminen, hilseily, liituaminen
Maalaustyön tarkastus			4 kpl valmiiksi maalattuja koelevyjä joissa esiintyy virheitä: huokosia, kraatterit, kalansilmät, pienet reiät. vaihtoehtoisesti virheet voidaan arvioida kuvista
Ruostumisasteet	ISO 8501-1		Koelevyt joissa esiintyy ruostumisasteet A - D
Maalin huokoisuus	Korkeajännite: ISO 29601	<ul style="list-style-type: none"> testausmittari (elcometer D266-4) 15 kV-kahva 	Maalattu koelevy, kalvonpaksuus n. 400 µm
Maalin huokoisuus	Matalajännite: ISO 14654	<ul style="list-style-type: none"> testausmittari (elcometer D270-4) 	Maalattu koelevy, kalvonpaksuus n. 200 µm
Tartuntavetokoe	ISO 4624	<ul style="list-style-type: none"> Vetokoelaitteisto (elcometer F106-2) 20 mm irtivetonapit leikkaustyökalu jolla nappi erotetaan muusta kalvosta syanoakrylaattiliima tai epoksiliima 	8 kpl maalattuja levyjä joissa on vähintään kaksi maalikalvoa (kullekin parille 1 levy, 4 nappia yhteensä)

Hilaristikkokoe	ISO 2409	<ul style="list-style-type: none"> • kalvonpaksuusmittari • leikkaustyökalu (elcometer F10713348-6) • moniterä 2 mm etäisyyksillä • moniterä 3 mm etäisyyksillä • standarditeippi • harja 	<p>8 kpl maalattuja levyjä joissa vähintään kaksi maalikalvoa.</p> <p>Kalvonpaksuus n. 100 μm</p> <p>8 kpl maalattuja levyjä joissa vähintään kaksi maalikalvoa.</p> <p>Kalvonpaksuus 200 μm (kullekin parille 1 levy kummallakin kalvonpaksuudella, 2 viiltoa/hlö/levy)</p>
Maalikalvon paksuus (ainetta rikkova)	ISO 2808-6B	<ul style="list-style-type: none"> • P.I.G –laitteisto • pinnasta erottuvan värinen tussi 	8 kpl maalattuja koelevyjä jossa on kolme maalikerrosta
Maalikalvon paksuus (ainetta rikkomaton)	ISO 2808-7C	<ul style="list-style-type: none"> • DFT-mittari (elcometer A456CFNFBS) 	2 kpl maalattuja koelevyjä, eri kalvonpaksuudet, esim. 200 ja 400 μm
Bresle-mittaus	ISO 8502-6 ISO 8502-9	<ul style="list-style-type: none"> • Bresle-näytetaskuja • ruiskuja • ionivaihdettua vettä • johtokyky mittari • dekantterilasi 	Pinnoittamattomia teräslevyjä (1 levy/pari, kaksi testausta)
Maalin kovettuminen	ASTM D 4752	<ul style="list-style-type: none"> • metyylietyylisketoni-liuotinta • hankauskangas 	Sinkkisilikaattimaalilla maalattuja koelevyjä (1 levy/pari, kaksi testausta)

Maalityypin tunnistaminen			Kuvat liottimille altistetuista vanhoista maalipinnoista.
---------------------------	--	--	---

7 Yhteenveto

Kurssin aikana käydään läpi tarvittavat tietotaidot tarkastajan työstä, sekä teorian tuntien aikana että käytännön harjoituksissa joita on käsitelty tässä työssä.

Harjoituksiin on oltava tarvittavat välineet valmiina. Käytännön harjoituksissa voidaan käyttää apuna standardeja. Teoriaopetuksen ja käytännön harjoitusten aikana on huomioitava, että loppukokeessa ei saa käyttää standardeja apuna vaan tarvittavat tietotaidot on omaksuttava harjoitusten aikana.

Kaikkien osallistujien tulee saada tarvittava tietotaito harjoituksista, joten harjoitusten suorittaminen parityöskentelynä antaa kaikille mahdollisuuden suorittaa harjoitukset yksilöinä. Kurssille osallistujien tulisi perehtyä töiden suoritukseen ja aikataulutukseen ennen käytännön harjoitusten alkamista jotta työpisteiden vaihto sujuu ongelmitta. Tässä suunnitelmassa esitetyt ajankäyttösuunnitelmat ovat arvioita jotka ovat tarkoitettu tukemaan opetusta.

Lähteet

- 1 SFS-EN 1090-2. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS
- 2 Teräsrakenneyhdistys. 2010. Teräsrakenteiden pintakäsittelyn tarkastajan pätevyysvaatimukset. Teräsrakenneyhdistys Oy.
- 3 Korroosiokäsikirja. Lokakuu 2008. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 12, 4.painos.
- 4 Tikkurila Oyj. 2010. Metallipintojen teollinen maalaus.
- 5 Soili Rossi. 2013. Korroosioneston perusteet, luento 28.1.2013. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu
- 6 Soili Rossi. 2013. Korroosioneston perusteet, luento 23.1.2013. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu
- 7 Soili Rossi. 2013. Korroosioneston perusteet, luento 30.1.2013. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu
- 8 Kjernsmo, Kleven, Scheie. 2003. Corrosion Protection. Inspector's book of reference
- 9 Norsk Standard NS 476:2004. Paints and coatings. Approval and certification of surface treatment inspectors.
- 10 SFS-EN ISO 12944-2. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 2: Ympäristöolosuhteiden luokittelu. 1998. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS
- 11 Kai Laitinen. 2014. Korroosionestomaalaus 1. Määritelmä-esikäsittely. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu
- 12 SFS-EN ISO 8501-1. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 1 : Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS
- 13 SFS-EN ISO 8501-2. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 2:

ennestään pinnoitetun teräksen esikäsitteilyasteet sen jälkeen kun aikaisemmat pinnoitteet on poistettu paikoittain. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS

- 14 SFS-EN ISO 8501-3. Teräspintojen esikäsitteily ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 3 : Hitsien, leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden esikäsitteilyasteet. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS
- 15 SFS-EN ISO 12944-2. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 3: Rakenteen suunnitteluun liittyviä näkökohtia. 1998. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS
- 16 Nettisivu: <https://www.nace.org/home.aspx>, luettu 17.3.2016
- 17 UK Corrosion 90: Conference Papers. 1990. Institute of Corrosion
- 18 Jukka Lähde, teknologiajohtaja FSP Finnish Steel Paintig Oy. Sähköpostikeskustelu 12.4.2016
- 19 Juha Kilpinen, teknisen palvelun päällikkö Tikkurila Oy. Sähköpostikeskustelu 15.4.2016
- 20 Rauste-von Wright, Maijaliisa von Wright, Johan & Soini, Tiina. 2003. Oppiminen ja koulutus. 9. uudistettu painos. Juva: WS Bookwell Oy
- 21 SFS-EN ISO 8502-6. Teräspintojen esikäsitteily ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Testit pinnan puhtauden arvioimiseksi. Osa 6: Liukoisten epäpuhtauksien uutto analysointia varten. Bresle-menetelmä. 2007. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS
- 22 SFS-EN ISO 8502-9. Teräspintojen esikäsitteily ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Testit pinnan puhtauden arvioimiseksi. Osa 9: Kenttämenetelmä vesiliukoisten suolojen määrittämiseksi konduktiometrisesti. 2000.Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS
- 23 SFS ISO 4628-1.Maalit ja lakat. Pinnoitteiden huononemisen arviointi. 2004. Osat 1-6. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto
- 24 Nettisivu: http://www.ttl.fi/partner/epoksikansio/kemikaaliriskien_arviointi/sivut/default.aspx . Luettu 3.5.2016

Ilmasto-olosuhteet

Ennen teräspinnan maalaustyön suoritusta täytyy selvittää onko ilmasto-olosuhteet sellaiset että maalaustyö voidaan suorittaa. Teräspinnan lämpötilan täytyy olla vähintään kolme astetta korkeampi kuin kastepiste.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta lopuksi.

Tarvittavat välineet:

- Maalaamaton teräslevy
- Psykrometri
- Pinnan lämpötilan mittari
- Kastepistekiekko
- IX-diagrammi

Työn suoritus:

1. Mittaa näytemateriaalista teräksen pinnan lämpötila ja ilman lämpötila sekä suhteellinen kosteus käyttäen pyöritettävää psykrometriä.
2. Määritä kastepiste kastepistekiekon ja IX-diagrammin avulla. Arvioi onko tutkittu pinta soveltuva maalaustyölle

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Pinnankarheus- ja puhtausaste

Ennen teräspinnan maalaustyön suoritusta täytyy selvittää onko pinta esikäsitelty maalausselostuksen mukaisesti. Tutkittavista pinnoista tutkitaan puhtausastetta esikäsitteilymenetelmän mukaisesti sekä pinnankarheutta.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta lopuksi.

Tarvittavat välineet:

- Kaksi kappaletta shot-rakeella esikäsiteltyjä teräslevyjä, keskikarhea ja hieno pinnanprofiili.
- Kaksi kappaletta grit-rakeella suihkupuuhdistettuja teräslevyjä, keskikarhea ja hieno pinnanprofiili.
- Standardin EN ISO 8503-2 ja EN ISO 8503-3 mukaiset vertailulevyt.
- Suurenuslasi x 10.
- Jäljenneteippi profiilille 20 – 64 µm ja 38 – 115 µm.
- Mittalaitteisto jäljenneteipin pinnankarheuden määrittämiseen.
- Sähköinen pinnankarheusmittari.

Työn suoritus:

1. Määritä pinnan puhtausaste standardin EN ISO 8501-1 mukaisesti.
2. Vertaa näytekappaleiden pintaprofiilia vertailulevyihin standardin EN ISO 8503 toisen ja kolmannen osan mukaisesti. Vertailulevy valitaan sen mukaan onko kappale suihkupuuhdistettu grit- vai shot-rakeella. Työ suoritetaan sivelemällä kynnellä pintaa jotta vertailulevyjen pintaan ei tule rasvaisuutta sormen pinnasta. Tarvittaessa pintaa voidaan tutkia 10 x suurennuslasilla.
3. Määritä edelleen samoista levyistä pinnankarheus jäljenneteipin avulla. Valitse teippi profiilin karheuden mukaan. Paina teippi pintaan ja hiero pintaprofiilin jäljennös käyttäen pallomaista työkalua. Mittaa teipistä pinnankarheusarvo.
4. Mittaa edelleen samoista kappaleista maksimiprofiilinsyvyys sähköisellä mittarilla.

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Pintojen tarkastelu

Maalikalvoissa esiintyvien vaurioiden tunnistamisen avulla voidaan selvittää onko virhe johtunut esikäsitteystä, levitystavasta, kerrospaksuudesta tai esimerkiksi väärästä maalista kohteessa.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta lopuksi.

Tarvittavat välineet:

- Maalatut koekappaleet (5 kpl)

Työn suoritus:

Tutki koekappaleista virheellisyyksiä standardin EN ISO 4628 mukaisesti. Kirjaa ylös virheiden koko ja määrä standardissa osoitetulla tavalla. Työssä tutkitaan rakkuloitumista, ruostumisastetta, halkeilua, hilseilyä sekä liituumista.

Koekappaleita arvioidaan silmämääräisesti eikä pintoja tule naarmuttaa tai rikkoa.

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Maalaustyön tarkastus

Maalaustyön aikana ilmaantuneet pintavirheet tulee tunnistaa jotta ne voidaan korjata ja ennaltaehkäistä.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta.

Tarvittavat välineet:

- Maalatut koekappaleet (4 kpl)

TAI

- Tarkasteltavat kuvat

Työn suoritus:

Tutki maalipinnassa esiintyviä virheitä koekappaleista. Pintavirheitä ovat huokokset, kraatterit, kalansilmät sekä pienet reiät.

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Ruostumisasteet

Ennen teräspinnan esikäsitteilyn ja maalaustyön suoritusta täytyy selvittää pinnan ruostumisaste.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta.

Tarvittavat välineet:

- Koelevyt

Työn suoritus:

Tutki pinnan ruostumisastetta standardin EN ISO 8501-1 mukaisesti.

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Huokoisuuden testaus

Maalikalvon huokoisuutta tutkitaan korkeajännite- sekä matalajännitetestauksen avulla. Korkeajännitetestausta käytetään kuivakalvonpaksuuksille jotka ovat yli 500 µm ja matalajännitetestausta käytetään kuivakalvonpaksuuksilla jotka ovat alle 500 µm.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta.

Tarvittavat välineet:

- Maalattu koelevy jossa kalvonpaksuus on n. 400 µm
- Maalattu koelevy jossa kalvonpaksuus on n. 200 µm
- Korkeajännitemittari huokosten havaitsemiseen
- Matalajännitemittari huokosten havaitsemiseen

Työn suoritus:

Korkeajännitetestaus:

Mittauskahvassa on pidettävä sormia kiinni kahvassa samanaikaisesti kun virta painetaan päälle, kahvassa on ns. kuolleen miehen kytkin joka katkaisee virran jos otetta ei pidä. Työ suoritetaan standardin EN ISO 29601 mukaisesti.

1. Kiinnitä maadoitusjohto kiinni tutkittavaan teräskappaleeseen ja valitse sopiva jännite kalvonpaksuuden mukaan.
2. Käy tutkittava levy läpi liikuttaen testauselektrodia n. 0,1 m/s pintaa pitkin. Jännite lyö läpi ja laite ilmaisee valon ja äänimerkin avulla kun huokosia havaitaan.
3. Merkitse havaittujen huokosten paikat ylös piirtämällä erilliselle paperille.

Matalajännitetestaus:

Työ suoritetaan standardin EN ISO 14654 mukaisesti.

1. Kiinnitä maadoitusjohto tutkittavaan teräskappaleeseen ja valitse jännitteeksi 90 V
2. Kastele elektrodin sienin ja purista ylimääräiset vedet pois. Sieni ei saa olla vettä valuva.
3. Käy tutkittava levy läpi liikuttaen testauselektrodia n. 0,1 m/s pintaa pitkin. Jännite lyö läpi ja laite ilmaisee valon ja äänimerkin avulla kun huokosia havaitaan.
4. Merkitse havaittujen huokosten paikat ylös piirtämällä erilliselle paperille.

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Maalikalvon kiinnipysyvyys

Maalikalvon kiinnipysyvyyttä voidaan tutkia tartuntavetokokeen sekä hilaristikkotestauksen avulla.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta lopuksi.

Näytenapit tartuntavetokoetta varten liimataan pintaan ja liiman kuivuessa suoritetaan hilaristikkotestaus.

Tarvittavat välineet:

- Maalattu koelevy (tartuntavetokoe)
- Maalattu koelevy jossa kalvonpaksuus on n. 100 µm (hilaristikkotestaus)
- Maalattu koelevy jossa kalvonpaksuus on n. 200 µm (hilaristikkotestaus)
- 20 mm irtivetonappeja
- Syanoakrylaattiliimaa
- Vetokoelaitteisto
- Hilaristikkoleikkuri

Työn suoritus:

Tartuntavetokoe:

1. Kukin pari liimaa tutkittavaan näytepintaan yhteensä neljä nappia (kaksi/hlö). Napit sekä alusta on oltava puhtaita ja pintojen tasaisia. Liimauskohtaa sekä nappeja karhennetaan hiomapaperilla ennen liimausta.
2. Työ suoritetaan standardin EN ISO 4624 mukaisesti vetämällä napit irti alustasta ja tarkastamalla voima jonka napin irrotus vaatii.
3. Tutkitaan onko maalikalvossa tapahtunut adheesio vai koheesiomurtuma ja missä maalikerroksessa murtuma on tapahtunut.

Hilaristikkotestaus:

1. Tee tutkittavaan kappaleeseen ristikkoviillot käyttäen tasaista painetta ja nostamatta työkalua irti viillon aikana. Sopiva terä valitaan tutkittavan pinnoitteen paksuuden mukaan. Pinnoitteen paksuus mitataan sähköisellä kalvonpaksuusmittarilla.
2. Harjaa levyä kevyesti pehmeällä harjalla useita kertoja taakse- ja eteenpäin ristikkokuvion kummankin lävistäjän suuntaisesti.
3. Liimaa standarditeippi tehdyn ristikon päälle ja hankaa teippi alustaan sormella.
4. Irrota teippi alustasta ja tutki maalikalvon vaurioita verraten rikkoutunutta maalikalvoa standardin EN ISO 2409 kuviin. Tarvittaessa ristikon pintaa voi kevyesti harjata irtonaisen aineksen poistamiseksi.

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Pinnoitteen paksuus

Maalikalvon paksuutta voidaan tutkia ainetta rikkovalla sekä rikkomattomalla menetelmällä.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta lopuksi.

Tarvittavat välineet:

- Maalattu koelevy jossa vähintään kolme maalikalvoa (P.I.G)
- Maalattu koelevy jossa kalvonpaksuus n. 200 µm
- Maalattu koelevy jossa kalvonpaksuus n. 400 µm
- P.I.G –laitteisto
- Maalialustasta erottuva tussi
- DFT-mittari

Työn suoritus:

Ainetta rikkomaton menetelmä:

1. Kalibroi mittalaitteisto sekä ferriittisen että ei ferriittisen alusmateriaalin mittauksille.
2. Mittaa maalikalvon paksuus käyttäen mittaria jossa on sekä magneettinen että pyörrevirtaan perustuva menetelmä (vähintään 3 mittausta) standardin EN ISO 2808 menetelmän 7C mukaisesti.

Ainetta rikkova menetelmä:

Määritä kalvonpaksuus P.I.G -laitteiston avulla standardin EN ISO 2808 menetelmän 6B mukaisesti.

1. Merkitse pinnoitteeseen erottuvalla värillä suora viiva.
2. Tee P.I.G -laitteistolla viilto alustaan asti kohtisuoraan piirrettyä viivaa vastaan.
3. Mittaa mikroskoopin avulla eri maalikalvojen määrä ja paksuudet.
4. Laske kalvonpaksuus t jokaisesta maalikalvosta alla olevan kaavan mukaan.

$$t = b \times \tan \alpha$$

jossa:

t = kalvonpaksuus

b = mikroskoopilla määritelty leikkausuran puolileveys

α = leikkauskulma

Työstä kirjoitetaan lyhyt tarkastusraportti

Maalattavan pinnan suolapitoisuuden määrittäminen

Ennen teräspinnan maalaustyön suoritusta täytyy selvittää onko pinnan puhtaus soveltuva maalaustyölle. Pinnasta määritetään vesiliukoiset suolat Bresle-menetelmän avulla. Työ suoritetaan standardien EN ISO 8502-6 ja EN ISO 8502-9 mukaisesti.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta.

Tarvittavat välineet:

- Maalaamaton teräslevy
- Bresle-näytetaskuja
- Kertakäyttöruisku
- Dekantterilasi
- Johtokyky mittari

Työn suoritus:

1. Kiinnitä Bresle-näytteenottotasku tutkittavan kohtaan.
2. Mittaa käytettävän puhdistetun veden johtokyky.
3. Ruiskuta taskuun kertakäyttöruiskulla tislattua vettä jonka johtokyky on mitattu
4. Siirrä vettä näytetaskun ja ruiskun välillä standardissa määritellyllä tavalla.
5. Siirrä näyte dekantterilasiin suolapitoisuuden määrittämistä varten. Jos näytettä katoaa mittauksen aikana on näyte hylättävä.
6. Huuhtelee ja kuivaa johtokyky mittarin mittapää.
7. Sulje johtokyky mittarin mittapään aukko sormin käyttäen puhtaita hanskoja ja mittaa liuoksen johtokyky.
8. Määritä näytteen vesiliukoisen suolojen määrä mg/m² standardin EN ISO 8502-9 mukaisesti.

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Maalin kovettuminen

Kosteuskovettuvista maaleista tulee määrittää onko maali kuivunut jotta voidaan maalata uusi kerros päälle. Työ suoritetaan standardin ASTM D 4752 mukaisesti määrittämällä sinkkisilikaattimaalin kovettumista.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta loppuun.

Tarvittavat välineet:

- Sinkkisilikaattimaalilla maalattu koelevy
- Hankauskangas
- Metyylietyyliketoni-liuotinta

Liuotinta käsiteltäessä käytä hanskoja!

Työn suoritus:

1. Kasta kankaanpala metyylietyyliketoni-liuottimessa ja hankaa tutkittavaa pintaa kankaanpalalla 50 kertaa edestakaisin käyttäen peukalon painetta.
2. Tutki hankausrättiä ja arvioi irronneen sinkkipölyn määrä asteikolla 0-5 standardin mukaisesti. Nolla tarkoittaa että koko maalikalvo on liuennut puhki alustaan asti ja 5 tarkoittaa että pinnalle ei ole tapahtunut mitään.

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.

Maalityypin tunnistaminen

Vanha maalityyppi on oltava selvillä ennen uudelleenmaalausta sillä kaikki maalit eivät ole yhteensopivia keskenään. Tuntemattomia maaleja voidaan tunnistaa liuotintestin avulla.

Työ suoritetaan parityöskentelynä siten että kummatkin suorittavat työn ja kommentoivat toisen suoritusta lopuksi.

Tarvittavat välineet:

- Kuvalliset näytteet liuottimille altistetuista pinnoista.

Työn suoritus:

Työ suoritetaan tarkastelemalla kuvista koekappaleita jotka ovat altistettu tunnetulle liuottimelle. Maalityyppi kirjataan ylös ja perustellaan miksi kyseinen maalityyppi on reagoanut liuottimeen.

Maalipinnan huononemisesta kuten kupruilusta tai kalvon liukenemisesta voidaan päätellä käytetty maalin sideaine alla olevan taulukon mukaisesti.

Maalityyppi	Ksyleeni	Metyylietyyliketoni	Etanoli
Kloorikautsu	liukenee	liukenee	ei vaikutusta
Vinyyli	ei vaikutusta	liukenee	ei vaikutusta
Alkyydi	ei vaikutusta	rypistyy / nousee ylös	ei vaikutusta
PVA lateksi	ei vaikutusta	ei vaikutusta	liukenee
Epoksi	ei vaikutusta	pehmenee hieman	ei vaikutusta

Työstä kirjoitetaan tarkastusraportti.