



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tuukka Metsänen

Nosturiajoneuvon osien pinta- käsittely

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

23.5.2021

Tekijä Otsikko	Tuukka Metsänen Nosturijoneuvon osien pintakäsittely
Sivumäärä Aika	44 sivua + 1 liite 23.5.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	materiaali- ja pinnoitetekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Kai Laitinen Kehitysjohtaja Rauli Yrjänä
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää FSP Finnish Steel Painting Oy:n Hämeenlinnan yksikön pintakäsittelyprosessia koskien Bronto Skylift Oy:n tuotteita. Bronto Skylift Oy valmistaa Suomessa nostolaiteajoneuvoja ja laitteita toimitetaan maailmanlaajuisesti. FSP pintakäsittelee Hämeenlinnassa useita erilaisia nostolaiteajoneuvojen osia. Pintakäsittelyn kannalta nostolaiteajoneuvojen osien maalauksessa korostuu niiden korkeat ulkonäkövaatimukset sekä vaatimusten mukaiset korroosionkesto-ominaisuudet.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuus selvitti keskeisiä asioita teräksen korroosionestomaalauksesta. Teoriaosassa painotettiin terästyön laatua, esikäsittelyä, maalaustyötä, maaleihin liittyvää teoriaa, sekä laadunvalvontaa.</p> <p>Pintakäsittelyprosessia lähdettiin kehittämään laatimalla prosessikuvaus FSP:n pintakäsittelyprosessista Bronto Skyliftin tuotteille. Prosessikuvauksessa keskityttiin erityisesti työvaiheisiin, joissa on aiemmin havaittu puutteita tai jotka ovat muuten kriittisiä lopputuotteen laadun kannalta. Näihin työvaiheeseen oli tarkoitus löytää myös kehitysideoita. Prosessikuvauksen pohjalta laadittiin työohje tarkastustyövaiheeseen, joka on tarkoitus ottaa toimipisteellä tulevaisuudessa käyttöön. Työohjeen tarkoituksena on varmistaa, että tuotteet vastaavat Bronto Skylift Oy:n vaatimuksia. Lisäksi työssä testattiin kahden prosessissa käytetävän pintakäsittelyaineen korroosiosuojaus-ominaisuuksia. Testaus toteutettiin suolasumukokeella ja kokeeseen valittiin mukaan myös esikäsittelyn kannalta erilaisia testilevyjä.</p> <p>Tarkastustyövaiheeseen laaditun työohjeen mukaisella työskentelyllä odotetaan olevan vaikutusta tuotteiden laatuvaatimusten täyttymiseen. Prosessikuvauksen laatimisen aikana prosessiin löydettiin uusia ratkaisuja sekä tulevaisuuden kehitysideoita. Suolasumukokeen perusteella todetaan, että sinkkipölymaali on korroosiosuojaus ominaisuuksiltaan Tectyl-korroosionestoainetta parempi vaihtoehto. Tectyl-korroosionestoaine todettiin toimivaksi, kunhan esikäsittelytyö on tehty hyvin. Esikäsittelyn suorittaminen todettiin pinnoitteiden kestävyden kannalta merkittäväksi.</p>	
Avainsanat	korroosionestomaalaus, laadunhallinta, esikäsittely, ISO 12944

Author Title Number of Pages Date	Tuukka Metsänen Surface Treatment of Crane Vehicle Parts 44 pages + 1 appendices 23 May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Materials and Surface Engineering
Instructors	Rauli Yrjänä, Development Director Kai Laitinen, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to develop FSP Finnish Steel Painting Ltd Hämeenlinna unit a surface treatment process regarding the products of Bronto Skylift Ltd. Bronto Skylift manufactures truck mounted aerial platforms in Finland. In Hämeenlinna, FSP implements surface treatments for several different parts of the cranes. From the point of view of surface treatment, the painting of parts of crane vehicles emphasizes their high appearance requirements, as well as the corrosion resistance properties required. The theoretical background dealt with the key issues of anti-corrosion painting. The theory section emphasized the quality of steelwork, pretreatment, painting, paint theory, as well as quality control.</p> <p>The surface treatment process was developed by preparing a process description of FSP's surface treatment process for Bronto Skylift products. In particular, the process description focused on the work steps where deficiencies had been identified in the past or which were otherwise critical to the quality of the final product. The work steps were also meant to find development ideas. On the basis of the process description, work instructions were prepared for the inspection work phase. The work instructions are to be introduced at the site in the future. The purpose of the work instructions is to ensure that the products meet the customer's requirements. In addition, the corrosion protection properties of the two surface treatment agents used in the process were tested. Testing was performed in salt spray chamber. Different pre-treated test plates were also included in the test.</p> <p>Inspection work according to the work instructions prepared for the stage, is expected to affect the fulfillment of the product quality requirements. During the preparation of the process description, new solutions and future development ideas were found for the process. On the basis of the salt spray test, it is observed that zinc dust paint is a better alternative than Tectyl -anticorrosion agent. However, Tectyl was found to work if the pretreatment is done well. The performance of the pretreatment was found to be significant for the durability of the coatings.</p>	

Keywords	Anti-corrosion painting, quality management, pretreatment, ISO 12944
----------	--

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teräksen korroosionestomaalaus	2
2.1	Rakenteen suunnittelu ja terästyön laatu	3
2.2	Esikäsitteleminen	5
2.3	Maalityyppejä, maalikerrokset ja maalin levitys	9
2.4	Laadunvalvonta ja maalaustarkastus	15
3	Pintakäsiteltävät tuotteet	18
4	Pintakäsittelyn prosessikuvaus FSP Hämeenlinnassa	24
4.1	Tuotteiden vastaanottotarkastus ja ripustelu	25
4.2	Esikäsitteleminen	26
4.3	Pohjamaalaus, kittaus ja hionta	28
4.4	Pintamaalaus	32
4.5	Tarkastus ja pakkaus	33
5	Tarkastusohje	35
6	Korroosiotestaus	36
6.1	Koemateriaalit ja kappaleet	36
6.2	Koetulokset ja tulosten tarkastelu	38
7	Yhteenveto	41
7.1	Prosessikuvaus	41
7.2	Tarkastusohje	43
7.3	Korroosiotestaus	44
	Lähteet	45
	Liite 1. Tarkastustyöohje	1

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on kehittää FSP Finnish Steel Painting Oy:n Hämeenlinnan toimipisteen pintakäsittelyprosessia koskien Bronto Skylift Oy:n pintakäsiteltäviä tuotteita. Työssä avataan tarkemmin FSP:n pintakäsittelyprosessia tekemällä prosessikuvaus ja siinä pyritään kiinnittämään erityisesti huomiota prosessin vaiheisiin, joissa on aikaisemmin havaittu puutteita ja jotka ovat merkittäviä tuotteen lopullisen laadun kannalta. Pintakäsittelyprosessin kehittämisen kannalta tärkein osa työtä on lopputarkastusohjeen luominen FSP:n pintakäsittelyprosessiin. Tarkastusohjeet lisätään insinööriyön liitteeksi ja otetaan myöhemmin toimipisteellä käyttöön. Lisäksi opinnäytetyössä tehdään kahdelle pintakäsittelyaineelle suolasumukoe. Testattavat pinnoitteet ovat Tectyl-korroosionestoaine ja sinkkipölymaali. Molemmat pinnoitteet ovat keskeisessä roolissa Bronto Skylift Oy:n tuotteiden pintakäsittelyssä. Työn aiheeksi valikoitui Bronto Skylift Oy:n tuotteiden pintakäsittely, koska yritys on osoittanut aitoa kiinnostusta tämänkaltaiselle projektille. Lisäksi tarkoituksena on kehittää yritysten välistä yhteistyötä.

Työn tavoitteena on muodostaa selkeät ja toimivat tarkastusohjeet FSP:n Hämeenlinnan lopputarkastustyövaiheeseen. Prosessikuvauksessa tavoitteena on tunnistaa laadun kannalta kriittisiä työvaiheita ja tuoda prosessiin uusia kehitysideoita. Suolasumukokeen tarkoitus on tuoda sekä FSP:lle että Bronto Skylift Oy:lle uudenlaista tietoa Tectyl-korroosionsuoja-aineen ja sinkkipölymaalin mahdollisista eroista korroosionkestävyyden ja käytettävyyden suhteen. Suolasumukoe suoritettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun Myyrmäen kampuksen materiaalitekniikan laboratoriossa. Työn tavoite saavutetaan tekemällä tarkastusohjeet pohjautuen Bronto Skyliftin pintakäsittelyvaatimuksiin sekä aikaisempiin kokemuksiin tuotteiden tarkastamisesta ja FSP:n prosessista. Työssä pääasiallisina lähteinä käytetään Metropolia Ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja, korroosionestomaalausstandardeja sekä teoriaa ja insinööriyön kirjoittajan kokemuseräistä tietoa FSP:n pintakäsittelyprosessista. Työn aikana suoritetaan myös kaksi vierailukäyntiä Bronto Skylift Oy:n tuotantolaitoksille Tampereelle ja Poriin. Vierailujen tarkoituksena on tutustua nosturijoneuvojen osien valmistukseen, pintakäsittelyvaatimuksiin sekä valmiisiin nostolaitajoneuvoihin. Vierailuilla myös syvennetään FSP:n ja Bronto Skyliftin yhteistyötä. Vierailukäynneistä saadaan lisäksi arvokasta tietoa Bronto Skylift Oy:n omista kokemuksista ja havainnoista pintakäsittelyn suhteen.

Korroosionestomaalauksen teorian tunteminen on keskeisessä roolissa, jotta työn toteutus pystytään suorittamaan oikeilla menetelmillä, oikeissa olosuhteissa ja standardien mukaisesti. Teoriaosuus avaa myös lukijalle korroosionestomaalauksen keskeisiä asioita.

2 Teräksen korroosionestomaalaus

Kaikenlaisten metallisten alustojen maalaamista kutsutaan korroosionestomaalaukseksi. Teräksen korroosionestomaalauksen tarkoitus on suojata terästä ympäristön syövyttävältä vaikutukselta. Lisäksi kappaleelle saadaan maalaamalla haluttu ulkonäkö. (1.) Teräs on metalleista tärkein käyttömetalli ja teräksen hyvä murto- ja myötölujuus ovat sen ominaisuuksista kaikkein tärkeimmät syyt sen laajaan käyttöön (2). Normaleilla rakenneteräksillä on suhteellisen huono korroosionkestävyys, joten ne yleensä joudutaan pinnoittamaan ennen lopullista käyttöä. Yleensä teräksen korroosionesto tehdään maalaamalla tai pinnoittamalla erilaisilla metallisilla pinnoitteilla. (3, s. 3.)

Ympäristöolosuhteet

Ilmasto-olosuhteet jaetaan kuuteen erilaiseen korroosiovaikutusluokkaan niiden rasituksen perusteella. Korroosiorasitukset tietyssä ympäristössä tai korroosiovaikutusluokka ovat yksi oleellinen muuttuja valittaessa suojamaaliyhdistelmää eri metalleille.

Standardin ISO 9223 mukaisesti luokitellut ilmatilakorroosiovaikutusluokat:

- C1 hyvin lievä korroosiovaikutus
- C2 lievä korroosiovaikutus
- C3 kohtalainen korroosiovaikutus
- C4 ankara korroosiovaikutus
- C5 hyvin ankara korroosiovaikutus
- CX äärimmäinen korroosiovaikutus. (4, s. 9.)

Tämän lisäksi veteen upotetuille ja maanalaisille rakenteille on omat korroosiovaikutusluokat standardissa SFS-EN ISO 12944. Korroosionopeus kasvaa silloin, kun ilman suhteellinen kosteus nousee, esiintyy kondensoitumista tai ilmatilan epäpuhtauksien

määrä kasvaa. Merkittävää korroosiota alkaa kokemusten perusteella tapahtumaan, kun ilman suhteellinen kosteus on yli 80 % ja ilman lämpötila on yli 0 °C. Ilmatilakorroosioon vaikuttavat myös rakenteen perusosan sijainti, sekä sen altistuminen sateelle ja aurin-
gonpaisteelle. Pinnoille, jotka altistuvat samanaikaisesti sekä mekaaniselle että kemial-
liselle rasitukselle voi alkaa muodostua korroosiota nopeammin kuin normaaleissa il-
masto-olosuhteissa. Tämä koskee erityisesti sellaisia rakenteita, jotka ovat lähellä esi-
merkiksi teitä, joiden pinnalla on soraa ja suolaa. (4, s. 8–10.)

Suojamaalien mekanismit korroosion estämiseksi

Korroosionestomaalien korroosionestomekanismi perustuu esimerkiksi anodin eristämi-
seen, eli pinnan pitämiseen kuivana elektrolyytistä eli usein vedeltä. Katodinen pelkis-
tysreaktio voidaan pysäyttää myös maalilla eristämällä. Lisäksi maaleihin voidaan lisätä
korroosionestoaineita eli inhibiittejä. (5, s. 33.) Inhibiitit saostavat elektrodipinnoille suo-
jakerroksia, ja tällainen korroosionestoaine on esimerkiksi sinkkifosfaatti. (6, s. 13.) Sink-
kipölyä sisältävät maalit antavat teräkselle katodisen suojan. Tämä tarkoittaa, että epä-
jalompi sinkki uhrautuu ja liukenee ja suojattavana oleva jalompi metalli säilyy. Jos kato-
dinen suojaus halutaan saavuttaa, pinnan on oltava täysin puhdas, jotta sinkki olisi jo-
kaisessa kohdassa sähköisessä kontaktissa maalattavaan alustaan nähden. Korroo-
sionestomaalaeilla on mahdollista eristää yhteys metallien väliltä kaksimetallikorroosi-
ossa. Maalikalvot eivät kuitenkaan ole täysin veden ja hapen pitäviä, joten ne eivät estä
korroosiota kokonaan. Maalattu pinta antaa metalliselle alustalle parhaan korroosiosuo-
jan silloin, kun maalipinta on paksu ja tiivis. Korroosioinhibiitit kuluvat myös ajan myötä,
kun ne reagoivat ympäristön kanssa. (5, s. 34–43.)

2.1 Rakenteen suunnittelu ja terästyön laatu

Onnistunut korroosionestomaalaus vaatii teräsrakenteiden oikeanlaista suunnittelua.
Teräsrakenteet tulisi suunnitella niin, että epäsäännöllisyyksiä olisi mahdollisimman vä-
hän ja esimerkiksi liitokset olisi tehty ennemmin hitsaamalla kuin pulttaamalla. Lisäksi
epäjatkuvien hitsien käyttöä teräsrakenteissa tulisi välttää. Näin päästään tasaisempaan
kokonaispintaan, joten vahvistemaalattavat ja vaikeasti luoksepäästävässä olevat paikat
vähenevät. Epäsäännöllisyyksiin voidaan luokitella esimerkiksi reunat, kulmat ja limityk-
set. Käsiteltävien pintojen luokse päästävyys tulisi olla sen kaltainen, että

pintakäsittelytyön tekijälle jäisi tarpeeksi tilaa työn suorittamiselle. Kotelorakenteiden aukoille tulisi olla riittävän hyvä pääsy, jotta työn suorittaja pystyisi laitteineen toteuttamaan vaaditun pintakäsittelyn. Korroosioalttiit osat, joihin ei pääse tekemään pintakäsittelyä asennustyön jälkeen, tulisi valmistaa korroosionkestävistä materiaaleista tai ne tulisi pinnoittaa sellaisella suojamaaliyhdistelmällä, joka kestää koko rakenteen käyttöiän. Vaihtoehtoisesti korroosio tulisi huomioida suuremmalla ainevahvuudella eli korroosiovaralla. Jos rakenteessa on avoimia kotelo- tai ontelorakenteita ja niihin kohdistuu pintakosteutta, ne on varustettava valuma-aukoilla sekä suojattava korroosiolta tehokkaasti. Suunnitteluohjeistus teräsrakenteiden luokse päästävyden varmistamiseksi pintakäsittelyn kannalta on annettu Standardin SFS-EN ISO 12944-3 liitteessä A. (7, s. 8–11.)

Korroosionestomaalauksen lopulliseen suojaustoimintaan vaikuttaa merkittävästi teräspinnan kunto juuri ennen maalausta. Kolme päätekijää, joiden tiedetään vaikuttavan maalin toimintaan, ovat valssihilse ja ruoste, pinnan epäpuhtaudet ja pintaprofiili. Standardissa ISO 8501-3 käsitellään terästyön virheellisyyksiä hitseissä, leikkaussärmissä sekä teräspinnoissa yleensä. Standardissa on määritelty myös teräksen esikäsittelyasteet P1, P2 ja P3. Esikäsittelyasteiden tarkoitus on saada erilaiset virheelliset pinnat sopiviksi korroosionestomaalausta varten. Hyvän terästyölaadun takaamiseksi tulisi pinnoilta poistaa hitsausroiskeet, teräväreunaiset hitsiprofiilit, hitsauskuonat ja reunahaavat. Lisäksi hitsin huokoisuuteen on kiinnitettävä huomiota, koska joissain tapauksissa hitsaussauman huokoisuus voi tulla ilmi vasta raesuihkupuhdistuksen aikana tai sen jälkeen. Terävät reunat ja särmit tulisi myös pyöristää ja kaikenlaiset syöpymät, kuoriutumiset, laminoitumiset, vieras aines ja muut teräksessä olevat jäljet tulisi huomioida vaaditun esikäsittelyasteen mukaisesti ennen pintakäsittelyä. Korroosionestomaaleja on vaikea saada levitettyä teräville reunoille, koska maali pakenee usein terävien reunojen päältä ja kuivakalvonpaksuus jää kyseisissä kohdissa alhaiseksi. Alustan muutkin epätasaisuudet voi heikentää maalin kalvonpaksuuksia. Joskus voidaan vaatia myös esikäsittelyastetta P3, vaikka tuotteelle ei olisi suunniteltu pitkäaikaista korroosionkestoa. Näissä tapauksissa P3-luokitus halutaan varmistamaan pinnan esteettisyys lopputuotteessa. (8, s. 8–12.)

2.2 Esikäsittely

Teräksen pinnalle tehtävä esikäsittely on merkittävässä roolissa, kun määritetään korroosionestomaalauksen pitkäaikaiskestävyyttä. Esikäsittelyn tarkoituksena on poistaa maalattavalta pinnalta epäpuhtaudet ja varmistaa tulevien pinnoitteiden tartunta alustaan. Kaikenlainen lika, ruoste ja valssihilse ovat haitaksi maalipinnan pitkäaikaiskestävyyden kannalta. Epäpuhtaudet kuten irtolika, vesiliukoiset epäpuhtaudet, orgaaniset rasvat ja öljyt, sekä epäorgaaniset epäpuhtaudet tulee puhdistaa pinnalta pois ennen maalausta. Erilaiset puhdistusvälineet ja aineet, sekä työtavat riippuvat pinnalla olevien epäpuhtauksien määrästä ja laadusta, vaaditusta puhtausasteesta, vaaditusta pinnan karheudesta, sekä puhdistettavan kappaleen koosta. Esikäsittelymenetelmille on annettu omat kirjaintunnukset. Suihkupuhdistuksen tunnus on Sa, käsityökaluilla tai koneellisesti tehdyn puhdistuksen tunnus on St, happopeittauksen Be ja liekkipuhdistuksen FI. Puhdistusasteita kuvataan numeroin ja ne lisätään aina saavutetun puhtausasteen mukaisesti esikäsittelymenetelmän kirjainyhdistelmän perään. Pinnan esikäsittelyitä on kahta erilaista tyyppiä. Ensisijaisella koko pinnan esikäsittelyllä tarkoitetaan, että koko pinta käsitellään puhtaaseen teräkseen saakka. Toissijaisella eli osittaisella esikäsittelyllä tarkoitetaan esikäsittelyä, jossa orgaaniset ja metallisten pinnoitteiden osat jätetään ehjiksi. Osittain tehdyn esikäsittelyn kirjainyhdistelmän eteen merkitään P kirjain. Esimerkiksi osittain tehty raesuihkupuhdistus puhdistusasteeseen 2 merkitään standardin mukaisesti P Sa 2. Kaikki pinnan esikäsittelytyöt tulee valvoa ja tarkastaa asianmukaisesti. (9.)

Pesu

Kappaleen pesutavan ja pesuaineiden valinnan määrittelee pinnan epäpuhtaudet sekä käytännön suoritusmahdollisuudet. Myös tuotannon määrä ja laatu vaikuttaa pesumenetelmien valintaan. Vesiliukoiset epäpuhtaudet pestään esimerkiksi painepesurilla, höyrypesulla tai harjaamalla. Pesutehoa voidaan lisätä nostamalla veden lämpötilaa tai lisäämällä mekaanisen vaikutuksen määrää pinnalla. Vesiliukoisten epäpuhtauksien poistamista voidaan tehostaa myös alkalisilla pesuaineilla. Öljyt, rasvat ja muut orgaaniset epäpuhtaudet puhdistetaan erilaisilla puhdistusaineilla, jotka sisältävät pinta-aktiivisia aineita kuten alkali-, emulsio- tai liotinpesuaine. Kappaleiden pesulla ennen suihkupuhdistusta estetään epäpuhtauksien sekoittuminen puhallusrakeen sekaan sekä

varmistetaan, että pintakäsittävällä pinnalla ei ole pinnoitteen tartuntaa heikentäviä epäpuhtauksia. Pesuaineita käyttäessä on pesun jälkeen välttämätöntä tehdä huuhtelu makealla vedellä. (9, s. 11;10, s. 11–12.)

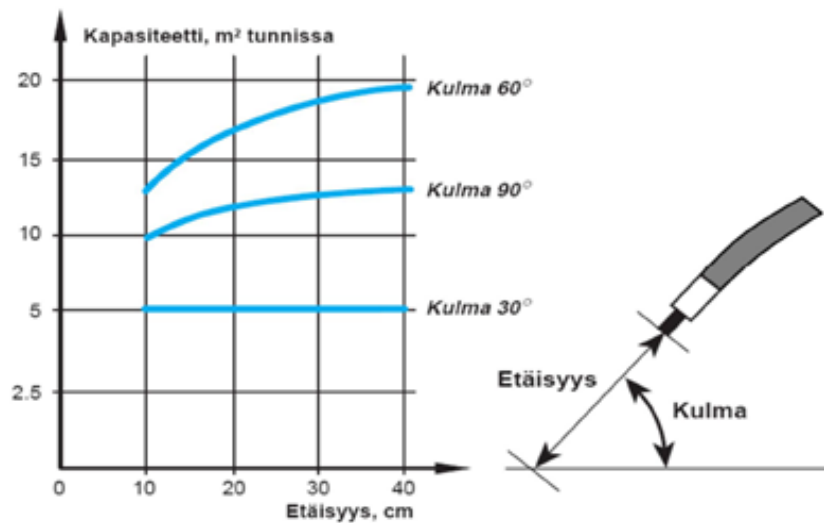
Suihkupuhdistus

Ruosteet ja valssihilseet saadaan maalattavilta pinnoilta pois raesuihkupuhdistuksen avulla, joka on tärkein osa esikäsitteilyprosessia. Myös alustan karheudella on merkitystä maalikalvon tarttumiseen ja siksi teräspintoihin pyritään saamaan pintaprofiilia raesuihkupuhdistuksella ennen ensimmäisen maalikerroksen levittämistä. Pinnankarheus on jaettu kolmeen eri ryhmään: hienoon, keskikarheaan ja karheaan. (11.) Raesuihkupuhdistuksessa puhdistusrae kiihdytetään paineilman, nesteen tai keskipakovoiman avulla suureen nopeuteen ja se iskeytyy puhdistettavaan pintaan irrottaen ruostetta, valssihilsettä ja muita epäpuhtauksia. Raesuihkupuhdistusmenetelmät voidaan jakotella kahteen erilaiseen ryhmään: kuivaan raesuihkupuhdistukseen ja märkään raesuihkupuhdistukseen. Kuivia raesuihkupuhdistus menetelmiä ovat esimerkiksi paineilmaraesuihkupuhdistus, sinkopuhdistus ja alipainepuhallus. Märkiä raesuihkupuhdistus menetelmiä on kostea raesuihkupuhdistus, märkä paineilmaraesuihkupuhdistus sekä nesteraesuihkupuhdistus. (12.)

Sinkopuhdistuksessa puhallusrakeet kiihdytetään useiden siipipyörien avulla suureen nopeuteen. Puhallusrakeet törmäävät tasaisena suihkuna useista eri suunnista puhallettavan kappaleen pintaan ja saavat aikaiseksi tasaisen puhdistusjäljen. Sinkopuhalluksessa rajoittavina tekijöinä voidaan pitää kappaleen kokoa sekä sen monimuotoisuutta ja sen takia sinkopuhallusta on pidetty parempana vaihtoehtona sarjatuotantoon. (12.)

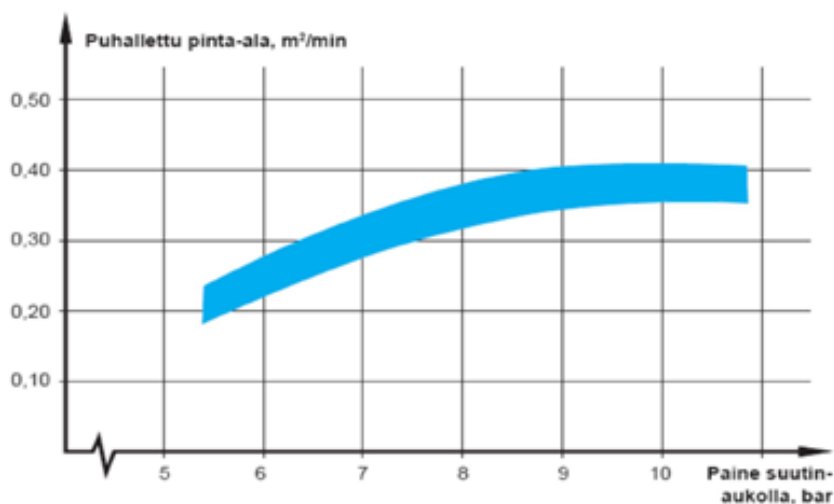
Paineilmaraesuihkupuhdistuksessa rakeet saadaan paineilman avulla suureen nopeuteen ja muodostuva ilman ja rakeiden suihku ohjataan puhdistettavaa pintaa kohti. Menetelmällä voidaan suihkupuhdistaa käytännössä kaiken muotoisia ja kokoisia kappaleita niin kenttäolosuhteissa, kuin erityisissä puhalluskammioissakin. Paineilmaraesuihkupuhdistus ei ole automaattinen prosessi kuten sinkopuhallus, joten raesuihkupuhaltajan tulee olla ammattitaitoinen ja tietoinen siitä, millä suihkutusetäisyydellä, paineella ja suihkun kulmalla saataisiin paras mahdollinen työteho ja pinnanlaatu.

Suuttimen etäisyyden tulisi olla noin 30–40 senttimetrin etäisyydellä pinnasta ja suuttimen kulman noin 50–70 asteen kulmassa pintaan nähden (kuva1). (12.)



Kuva 1. Suuttimen kulman ja etäisyyden vaikutus suihkupuhdistus kapasiteettiin (12).

Ilman määrän ja rakeiden määrän tulisi olla säädetty optimaaliseksi. Optimaalinen sekoitussuhde on 1 litra puhdistusraetta yhtä kuutiometriä ilmaa kohden. Tämän lisäksi suurin puhdistustehokkuus saadaan aikaiseksi, kun käyttöpaine on 8–10 baaria. (kuva 2.) Suihkupuhdistuslaitteiston asetukset on aina kuitenkin tarkistettava kokeilemalla. (12.)



Kuva 2. Suihkupuhdistuksen käyttöpaineen suhde puhaltuvaan pinta-alaan (12).

Paineilmaraesuikku puhdistuksessa syntyy vapaata pölyä, jota voidaan pitää menetelmän huonona puolena. Tämä voi rajoittaa tietyissä olosuhteissa työmenetelmän käyttöä. (12.)

Teräksen suihku puhdistuksessa tulee käyttää vain siihen tarkoitukseen valmistettuja puhallusrakeita. Näitä rakeita ovat raskaat hiovat materiaalit, kuten valurautakuulat, lankakatko, teräskuulat ja teräsmurske. Toisena teräkselle soveltuvana puhallusmateriaalina voidaan pitää luonnonhiekkaa, mutta sen tehokkuus ei ole yhtä hyvä kuin metallisilla puhdistusrakeilla eikä sitä voi kierrättää. Lisäksi hiekkarakeet muodostavat paljon pölyä törmätessään teräspintaan. On olemassa suuri määrä myös muita puhallusmateriaaleja. Luonnosta saadaan esimerkiksi oliviinihiekkaa, granaattia ja zirkoniumoksidia. Teollisuuden sivutuotteista raesuikku puhdistuksessa voidaan käyttää hiili-, kupari- ja nikkeli-kuonaa. (13, s. 34–39.)

Lisäksi on vielä muita tehdasvalmisteisia juuri raesuikku puhdistukseen valmistettuja puhdistusrakeita. Puhdistusrakeet on pyritty valmistamaan materiaaleista, joiden ominaisuudet olisivat juuri suihku puhdistukseen sopivat. Ominaisuuksia ovat esimerkiksi, kovuus, muoto, koko ja tiheys. Näitä materiaaleja ovat alumiinioksidi, piikarbidi ja lasikuulat. Edellä mainitut puhallusrakeet sopivat myös teräksen suihku puhdistamiseen, mutta ovat niin kalliita, että niitä ei kannata käyttää suurten teräksisten kappaleiden jatkuvassa suihku puhdistamisessa. (13, s. 34–39.) Lasikuulilla ei saada juurikaan vaikutusta perusaineeseen, mutta sillä saadaan pinta puhtaaksi ja ulkonäöltään siistiksi. Joitain puhallusmateriaaleja käytetään niiden hellävaraisuuden takia. Näissä tapauksissa puhdistettava materiaali on usein jotain muuta kuin terästä tai pinnalle on asetettu erikoisvaatimuksia. Lisäksi erikoispuhallusmateriaalien valinnan olennaisena perusteena on pölyisyyden vähentäminen. Näitä vähemmän käytettyjä puhallusmateriaaleja on muovirouheet, komposiittirakeet, pähkinäkuoret ja hiilidioksidijää. (14, s. 143)

Puhallusrakeen valinta perustuu puhdistettavan pinnan ruostumisasteeseen, haluttuun pinnankarheuteen, puhdistustehokkuuteen sekä käytössä olevaan laitteistoon. Muita valintaan vaikuttavia tekijöitä on hinta, sekä puhallettavat kappaleet ja niiden materiaali (taulukko 1.) (13, s. 39–41;14.)

Taulukko 1. Puhallusrakeiden soveltuvuus eri materiaaleille (14, s. 149).

Raetyyppi	Kappaleen materiaali
valurauta- ja teräshiekat	Fe
teräslankakatko	Fe
teräslevyrouhe	Fe
alumiinioksidi	Fe, Zn, Al
alumiinisilikaatti	Fe, Zn, Al
erilaiset kuonatuotteet	Fe
kvartsihiekkä	Fe, Zn, Al
luonnonhiekkä	Fe, Zn, Al
lasikuulat	Fe

Puhallusrakeet voidaan jakaa kahteen eri pääryhmään: metallisiin (M) ja ei-metallisiin (N). Lisäksi niitä voidaan jaotella niiden muodon perusteella: pyöreät rakeet (S), särmikkäät rakeet (G) ja sylinterin muotoiset (C). Särmikkäillä rakeilla pintaprofiilista tulee korroosionestomaalauksen kannalta paras, sillä profiili on terävä ja maalille syntyy enemmän pinta-alaa tarttua. Pyöreillä puhallusrakeilla saadaan enemmän aaltomainen pintaprofiili, mikä ei taas maalin tartunnan kannalta ole paras mahdollinen. Pyöreät puhallusrakeet ei kuitenkaan kuluta puhalluslaitteistoa niin paljon kuin särmikkäät rakeet. Särmikkäät rakeet kuluvat myös nopeammin, joten niiden hankintakustannus on suurempi. Lankakatolla eli sylinterin muotoisella rakeella ei saavuteta kovin tehokasta puhdistusta. Siksi sitä käytetään enemmän sinkopuhalluksessa. Lankakatkon hyvä ominaisuus on sen pitkäaikaisuus, sitä voidaan käyttää jopa 4 300 kertaa uudelleen. (14, s. 133–153.)

2.3 Maalityyppejä, maalikerrokset ja maalin levitys

Korroosiosuojaus koostuu yleensä useista eri kerroksista, ja jokaisella kerroksella on maaliyhdistelmän suojauksen kannalta oma tehtävänsä. Maalausjärjestelmissä suoja- maaleja merkitään sideaineen perusteella, mutta niitä voidaan jaotella myös monilla

muilla eri tavoilla kuten käyttöolomuodon, kalvonmuodostuksen, pigmentin, käyttöjärjestyksen ja käyttöalan mukaan. Suojamaalit sisältävät sideaineiden lisäksi myös muita erittäin tärkeitä aineita kuten pigmentit, lisäaineet, liuottimet ja täyteaineet. Vaikka sideainekategoria olisi maaleilla sama, voi niiden koostumuksessa ja ominaisuuksissa olla suurtakin heittoa. Standardi SFS-EN ISO 12944-5:2019 käsittelee teräksen korroosionestolle tarkoitettuja suojamaaliyhdistelmiä. Maalausjärjestelmissä huomioidaan esikäsitteilyaste, korroosiorasitusluokka, kestävyysluokka, käytettävät maalityypit, maalikerrosten lukumäärä, sekä vaadittavat kalvonpaksuudet. (16;15;17.)

Maalityyppejä

Palautettavissa olevien eli reversiibeiden maalien sideaineena toimii valmis polymeeri. Kalvonmuodostus ei sisällä kemiallista reaktiota vaan kalvo muodostuu, kun maalin sisältämä haihtuva komponentti haihtuu ja sideaineen molekyylit pääsevät pakkaantumaan yhteen. Kalvo voidaan liuottaa kovettumisensa jälkeen, milloin tahansa uudestaan alkuperäiseen liuottimeen ja niitä voidaan myös lämmittämällä pehmentää. Reversiibeitä maaleja on esimerkiksi kloorikautsumaalit (CR), akryylimaalit (AY) ja vinyylimaalit (PVC). Käytännössä näiden maalien sideaine muodostuu erilaisista polymeereistä, mutta käyttökohteet ja ominaisuudet esimerkiksi säänkestävyyden osalta ovat samankaltaisia. Sopivat niin pohja-, väli- ja pintamaaleiksi. (15, s. 26.) kloorikautsumaalit olivat oman aikansa tuote ja niitä ei enää juurikaan käytetä, koska ne ovat ympäristölle haitallisia. Epoksi- ja polyuretaanimaalit korvaavat nykyään kloorikautsumaaleja. (16.)

Palautumattomat maalit eli irreversiibelit maalit eivät liukene enää kuivuttuaan alkuperäiseen liuottimeensa. Mikäli maali sisältää liuotinta, se haihtuu ensimmäisenä pois kovettumisprosessin aikana, ja tätä kutsutaan fysikaaliseksi kuivumiseksi. Liuottimien haihduttua seuraa kemiallinen reaktio. Jos maali on vesiohenteista, kemiallista reaktiota ei tapahdu vaan maalin sideaine pakkautuu yhteen. Irreversiibeitä maaleja voidaan vielä luokitella lisää esimerkiksi hapettumalla kuivuviin maaleihin. Alkydimaalit (AK) ovat tällaisia ja niiden sideaineena käytetään öljymodifioitua alkydi-, epoksi-, tai uretaanihartsia. Alkydimaaleja on liuotin- ja vesiohenteisia. Pigmenttejä joudutaan lisäämään kyseisen kalvon haluttujen ominaisuuksien mukaisesti. (15, s. 26.)

Kemiallisesti kuivuvia maaleja on pääasiassa epoksimaalit ja polyuretaanimaalit. Ne ovat niin ikään irreversiibeitä maaleja. Molemmat ovat kaksikomponenttisia maalityyppejä.

Kalvon muodostuminen on kemiallinen reaktio, joka tapahtuu mahdollisten liuottimien ensin haihduttua. Epoksi- ja polyuretaanimaalien (EP ja PUR) yhteisinä ominaisuuksina voidaan pitää hyvää tartuntaa alustaan sekä hyvää kulumisen- ja kemikaalienkestokykyä. Suurin osa kaksikomponenttisistä maaleista on kertamuoveja. Epoksimaalien kovettuminen perustuu epoksihartsin verkottamiseen amiinilla, ja ilman lämpötilan tulisi kovettumisen aikana olla yli 10 °C ilman erikoiskovetetta. (15, s. 27.) Epoksimaalien hyvä korroosionestokyky johtuu maalikalvon tiiveydestä. Kalvo eristää alustaa vedeltä ja kosteudelta. Lisäksi epoksimaalilla saadaan aikaiseksi erinomainen tartunta moniin erilaisiin alustoihin. (17, s.10.) Epoksimaalit eivät ole säänkestävyydeltään erityisen hyviä. Aurin- gonalossa ne liituuntuvat helposti UV-valon vaikutuksesta, joten yleensä epoksimaaleja ei käytetä pintamaalina säärasitukselle alttiissa kohteessa. Epoksimaaleja on liuotino- henteisia, vesiohenteisia ja liuotinvapaita. Polyuretaanimaalien yhtenä tunnetuimpana ominaisuutena voidaan pitää korkeaa kiiltoa, sekä hyvää säänkestävyyttä. Kiilto ja vä- risävyt pysyvät alkuperäisessä kunnossa pitkään. Sideaineina polyuretaanimaaleissa toimii hydroksyyli-ryhmiä sisältäviä hartsia eli polyolia, esimerkiksi akryyli- tai polyesteri- hartsia. (15, s. 27.)

On olemassa myös kosteuskovettuvia maaleja. Näitä ovat esimerkiksi sinkkisilikaatti- maalit ja osa polyuretaanimaaleista. Näissä tapauksissa kovettuminen tapahtuu kemial- lisenä reaktiona ilmankosteuden ja sideaineen reagoidessa. (15, s.28.)

Maalikerrokset

Pohjuste on pinnoitejärjestelmän ensimmäinen kerros, ja sen tarkoitus on varmistaa muille pinnoitekerroksille vaaditut tartuntaominaisuudet. Pohjuste pitää saada myös tart- tumaan hyvin alustaan, joten pinnan esikäsitteily tulee tehdä asianmukaisesti. Joissain yksikerrosjärjestelmissä pohjuste toimii myös pintamaalina. Pohjamaalit on jaoteltu stan- dardissa kahteen eri ryhmään niiden pigmenttien perusteella. Sinkkipölypohjamaaleiksi Zn (R) määritellään sellaiset maalit, joiden kalvosta 80 painoprosenttia tai enemmän on muodostunut sinkkipölypigmentistä. Sinkkipölymaalien pigmentin täytyy olla standardin ISO 3549 mukaista. Sinkkipölymaalit antavat alustalle katodisen suojauksen. Kaikki muut pohjamaalit muodostavat toisen ryhmän eli sekalaisia pigmenttejä sisältävät poh- jamaalit. Pohjamaaleja on useita eri maalityyppejä useita eri maalausjärjestelmiä varten. Erikseen on mainittu konepajapohjamaalit, jotka eivät yleensä kuulu varsinaisiin

maaliyhdistelmiin, vaan ne on tarkoitettu suojaamaan teräksiä esimerkiksi varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Konepajapohjamaali yleisesti poistetaan ennen varsinaista maaliyhdistelmää, mutta sen täyttyessä tietyt standardin mukaiset vaatimukset ei poistaminen ole välttämätöntä. (17, s. 12.)

Välimaaleja käytetään maaliyhdistelmissä, joissa on vähintään 3 kerrosta. Niiden tehtävänä on usein kasvattaa maalikalvon paksuutta. (17, s. 12.). Välimaalit myös estävät hapen ja veden pääsyä maalikalvon läpi (18). Yleisesti voidaan todeta, että korroosionkestävyys paranee, mitä paksumpi suojamaalikerros on. On kuitenkin muistettava, että liian paksut maalikerrokset voivat heikentää maalikalvon mekaanisia ominaisuuksia sekä lisätä maalikalvon sisäisiä jännityksiä kasvaneiden liuotin määrien takia. Standardeissa suositellaan, että kolminkertaista nimelliskalvonpaksuutta ei saisi ylittää. (17, s. 12.) Välimaalien on oltava aina yhteensopivia muiden maalikerrosten kanssa (19).

Pintamaali muodostaa maaliyhdistelmän viimeisen kerroksen ja kasvattaa maaliyhdistelmän suojausominaisuuksia. Pintamaalilla kappaleelle saadaan myös haluttu ulkonäkö. Lopulliseen ulkonäköön liittyvät olennaisesti kappaleen pinnan väri ja kiilto. Lisäksi pintamaaleihin on usein lisätty aineita, joilla voidaan parantaa sen kiillon ja värin pysyvyyttä. Auringon UV-säteily saattaa esimerkiksi vaurioittaa nopeastikin väärin valitun pintamaalikerroksen ominaisuuksia. Myös kemiallisten räsitusten huomioiminen on tärkeää lopullista pintamaalia valittaessa. (19.)

Maalin levitys

Maalin levitystyö tulisi pyrkiä aina tekemään maalaamossa, jotta maali yhdistelmälle saataisiin paras mahdollinen toimivuus. Aina näin ei pystytä kuitenkaan tekemään, joten joskus saatetaan päätyä maalaamaan maaliyhdistelmästä yksi kerros maalaamossa ja loput rakennuspaikalla. Joskus työ täytyy suorittaa kokonaisuudessaan rakennuspaikalla. (17, s. 13.)

Maalaamossa suoritettujen maalaustyön hyödyt:

- levitys paremmin hallittavissa
- hallittu lämpötila
- vallittu suhteellinen kosteus

- vaurioiden korjaaminen helpompaa
- suurempi tuotanto
- parempi jätteiden ja päästöjen hallinta. (17, s. 13.)

Maalaamossa suoritetun maalaustyön haitat:

- Pintakäsiteltävien tuotteiden koko on rajattu.
- Mahdollisten vaurioiden syntyminen kuljetuksen ja pystytyksen aikana.
- Päälle maalauksen enimmäisaika saattaa ylittyä, jos viimeinen maalikerros maalataan rakennuspaikalla.
- Viimeinen maalikerros voi likaantua. (17, s. 13.)

Märkämaalaus vaihtoehtoja on useita erilaisia. Niitä ovat esimerkiksi korkeapaineruiskutus, ilma-avusteinen korkeapaineruiskutus, sivuilmaruiskutus, tela- ja sivellinmaalaus, upotus- ja valelumaalaus, kuumaruiskutus, 2-komponenttiruiskutus, sähköstaattinen ruiskutus, sekä automaattinen ruiskutus. Maalin levitysmenetelmään vaikuttaa maalattavien kappaleiden muoto, koko ja määrä, käytössä oleva laitteisto, käytettävät maalityypit ja käytettävien värisävyjen määrä. Valitulla levitysmenetelmällä voidaan lisäksi vaikuttaa maalikalvon ominaisuuksiin kuten tiiveyteen, paksuuteen ja pinnan laatuun. Myös työ- ja ympäristöturvallisuus asiat voivat tulla kyseeseen, kun valitaan maalin levitysmenetelmiä. (20, s. 1–2.)

Korkeapaineruiskutus

Korkeapaineruiskutus on käytetyin menetelmä teräksen korroosionestomaalauksessa. Korkeapainemaaluspumpun mäntä- tai kalvopumpun avulla maali saadaan johdettua korkeapaineisena maalausletkuun, josta edelleen maalauspistoolissa kiinni olevaan kovametallista valmistettuun pieniläpimittaiseen suuttimeen. Kun maali kulkeutuu suuttimen läpi, se hajoaa ilmanvastuksen ja syntyvän paine-eron vaikutuksesta sumuksi. Maali kulkeutuu kahden eri suodattimen läpi, ensin runkosuodattimen ja sen jälkeen kahvasuodattimen läpi, ja näin pyritään minimoimaan suuttimelle kulkeutuvat roskat ja maali viuhkasta saadaan tasalaatuinen ja katkeamaton. Maalipumppujen käyttövoima on maalaamo-olosuhteissa usein paineilma ja pumpun painesuhde ilmoittaa, kuinka moninkertaisen paineen mäntäpumppu tuottaa suhteessa pumppua käyttävään ilmapaineeseen.

Esimerkiksi 1:40-suhteella 5 baarin ilmanpaineella saadaan teoriassa 200 baarin maali-paine. Lopulliseen paineeseen vaikuttaa myös maalausletkujen pituus, käytettävä maali sekä maalin lämpötila. Paineilmaa ei siis käytetä maalin hajottamiseen, joten maalattavien kappaleiden sisänurkkiin ja syvennyksiin saadaan parempi peitto ja sitä kautta vaadittu kuivakalvonpaksuus. Korkeapaineruiskutuksen avulla voidaan maalata korkea viskositeettisia maaleja suuriinkin kalvonpaksuuksiin vähemmällä ruiskutuskerroilla. Tuotanto myös nopeutuu, koska korkeapaineruiskutuksessa maalia ei tarvitse verrattain ohentaa kovinkaan paljoa. Mitä vähemmän liuottimia lisätään maaliin, sitä tiiviimpi maalikerros on. Pienemmällä liuotinmäärällä myös kuivuminen nopeutuu. Maalin levittäminen on myös paljon nopeampaa ja tehokkaampaa, kuin esimerkiksi sivuilmaruiskutuksessa. Huonoina puolina korkeapaineruiskutuksessa voidaan pitää joidenkin maalityyppien kohdalla herkkää valumista, sekä verrattain kallista hankintahintaa. Erilaisilla suuttimilla voidaan vaikuttaa maaliviuhkan leveyteen. Maaliviuhkan kulmaa saatetaan joutua vaihtamaan esimerkiksi käytettävän maalityypin tai maalattavan kappaleen takia. Suutinmallitkin eroavat toisistaan. On olemassa nappisuuttimia ja kääntösuuttimia. Nappisuuttimia käytetään yleensä, kun halutaan parempi pinnan laatu. Kääntösuuttimen etuna on esimerkiksi nopea roskienpoisto mahdollisuus sekä helpompi suuttimen vaihtaminen. (20, s. 1–2 ; 21, s. 219–224.)

Sivuilmaruiskutus

Nykyaikainen ruiskutustekniikka on saanut alkunsa sivuilmaruiskutuksesta. Sivuilmaruiskutus, toiselta nimeltään hajotusilmaruiskutus on maalin levitysmenetelmä, jossa maali hajotetaan ilman avulla pieniksi pisaroiksi ja edelleen maalattavalle pinnalle. Sivuilmaruiskutusta kutsutaan myös matalapaineruiskutukseksi, koska käyttöpaine on vain 1–5 baaria. Sivuilmaruiskutus valitaan maalausmenetelmäksi silloin, kun maalauksessa on tärkeintä mahdollisimman hyvä pinnan laatu. Sivuilmaruiskutus sopii myös pohjamaaleille. Sivuilmaruiskutusmenetelmän tärkein osa on suutin. Suuttimen valinta vaikuttaa sekä maalaustulokseen, että työympäristöön. Sivuilmaruiskun suutinyhdistelmään kuuluvat maalisuutin ja ilmasuutin. Suutin valitaan ruiskutettavan maalin määrän ja viskositeetin mukaan. Suuttimia on kahta erilaista mallia, toisessa ilma ja maali sekoittuvat suuttimen sisäpuolella ja toisessa suuttimen ulkopuolella. (20;21, s. 99–101.)

2.4 Laadunvalvonta ja maalaustarkastus

Korroosionestomaalauksessa laadun merkitys on hyvin oleellinen asia. Maalaus on tyy-piltään prosessi, jossa laadun arvioiminen vain lopputarkastuksen perusteella on hanka-laa. Teräsrakenteiden korrosio voi heikentää rakenteiden turvallisuutta, toimivuutta ja ulkonäköä. Huonosti tehty korroosionestomaalaus voi johtaa rakenteiden ennenaikai-seen vaurioitumiseen. On erittäin tärkeää, että työn suorittajat ovat ammattitaitoisia ja työnohjausta sekä valvontaa suoritetaan jokaisessa työvaiheessa. Maalaustyön laadun-valvonnalla pyritään varmistamaan, että maalaus vastaa sopimuksia, ohjeita ja standar-deja. Korroosionestomaalausprosessissa on monia sen onnistumiseen vaikuttavia teki-jöitä. Sen takia prosessin jatkuva valvonta ja tarkastustoiminta on erittäin tärkeää. Mini-mitaso laadunvalvontaan on määritelty standardissa SFS-EN ISO 12944-7. Urakoitsijalla on yleensä myös laadunhallintajärjestelmä, jonka mukaan voidaan toimia. Jos sellaista ei ole, voidaan tapauskohtaisesti tehdä myös urakoitsijan ja tilaajan välinen laadunhal-linta suunnitelma. Maalaustarkastus suoritetaan yleensä urakoitsijan sisäisenä tarkas-tuksena. Tarkastukseen kuuluu korroosionestomaalauksen jokainen työvaihe ja erilaiset laadunvalvontamenetelmät aina tuotteiden esikäsittelystä tuotteen lopputarkastukseen. Maalausurakoitsijalla on oltava riittävä välineistö mittausten ja muiden tarkastusten te-kemiseen. Maalaustarkastajalla tulee olla asianmukaiset tarkastusvälineet ja dokumen-tit. Tarkastusvälineistöön kuuluvat esimerkiksi värikartat, sävymallit, kalvonpaksuus-, lämpö- ja kosteusmittari sekä kamera. Tärkeitä dokumentteja ovat soveltavat standardit, maalien tuoteselosteet, piirustukset ja maalauserittelyt, sekä pöytäkirjat. (15, s. 45–49.;22.)

Olosuhteet

Ympäristöolosuhteiden soveltuvuus korroosionestomaalaukseen on varmistettava aina ennen maalaustyötä ja olosuhteita on valvottava myös maalaustyön aikana. Pinnoittei-den teknisissä tuoteselosteissa on asetettu ympäristöolosuhteille raja-arvot ja vaatimuk-set, ja niitä tulee aina noudattaa. Korroosionestomaalausprosessiin ei saa myöskään vaikuttaa muut tekijät, esimerkiksi hitsaus- tai suihkupuhdistustyöt, ja maalausalue on pidettävä muista työalueista erillään. Standardin ISO 8502-4 mukaan pinnoitteita ei saa levittää pinnoille, jotka ovat alle 3 °C kastepistelämpötilan yläpuolella. Jos olosuhteet heikkenevät työn aikana, on työ keskeytettävä ja olosuhteiden soveltuvuus

maalaukselle on varmistettava uudelleen. Maalausolosuhteet myös dokumentoidaan ja merkitään maaluspöytäkirjaan. (22.)

Terästyön laatu

Teräsrakenteen tulee täyttää maalauksen kannalta oleelliset vaatimukset standardin ISO 12944 osassa 3. mainittujen rakennevaatimusten mukaisesti. Kappaleen luoksepäästävyys täytyy olla esteetön ja terästyön laatuasteen tulee täyttää tilaajan vaatima luokitus. Myös ruostumisaste täytyy tarkastaa, ja se määritetään standardin SFS-ISO 8501-1 mukaisesti. Terästyönlaadun ja teräsrakenteen suunnittelun mahdollisista puutteista tulisi olla merkintä maaluspöytäkirjassa. (15, s. 47.)

Esikäsitely

Ennen pinnan suihkupuhdistusta tulee varmistaa esikäsitelyasteen vaatimukset. Pinnan ruostumisaste määritetään ja varmistetaan, ettei pinnalla ole muita epäpuhtauksia, kuin valssihilsettä tai ruostetta. Puhdistusaineiden ja välineiden on oltava tarkoituksenmukaisia. Ennen suihkupuhdistusta tulisi säännöllisesti tarkastaa, että puhdistusrae ja käytettävä paineilma olisivat puhtaita öljystä, suolasta ja muista epäpuhtauksista. Lisäksi puhalluskammion olosuhteiden tulisi olla suihkupuhdistukseen sopivat. Kappaleen lämpötila ei saa olla liian alhainen suihkupuhdistuksen aikana, ettei mahdollinen kondensatiovesi pilaa suihkupuhdistuksen puhdistustulosta. Esikäsitelytyö on suunniteltava niin, että maalauksen pystyttäisiin maaluspöytäkirjaan tarvittavat tiedot, kuten olosuhteet, käytetty materiaali ja puhdistusaste. (15, s. 47; 23.)

Tarkastus esikäsitelyn jälkeen

Esikäsitelystä kappaleesta tulee tarkastaa pinnankarheus, puhdistusaste ja pölyttömyys. Pintaprofiili, eli pinnankarheus tarkastetaan standardin SFS-EN ISO 8503-2 mukaisella vertailukappaleella. Vertailukappaleen tulisi vastata käytettävää puhdistusraetta (G) tai (S). Puhdistusasteen tulee täyttää tilaajan vaatimukset, ja se voidaan tarkastaa visuaalisesti ja määrittää standardin SFS-EN ISO 8501-1 mukaisesti. Apuna pinnan puhdistusasteen määrittämisessä voidaan käyttää myös standardin mukaisia esimerkkikuvia. Pinnan pölyisyys tarkastetaan teippimenetelmällä, jossa standardin mukainen läpinäkyvä ja itseliimautuva teippi painetaan tarkastettavaan alustaan. Tämän jälkeen

teippi poistetaan ja se liimataan kontrastin antavaa pintaa vasten. Tämän jälkeen voidaan määrittää pinnan pölyisyyden määrä standardin SFS-EN ISO 8502-3 mukaisella vertailutaulukuvastolla. Pinnan rasvaisuutta ja öljyisyyttä voidaan määrittää UV-valolla. Toinen tapa tarkastaa rasvaisuus on kokeilla liidun tarttuvuutta tai veden leviämistä pinnalla. Esikäsitellyn pinnan mahdolliset liukoiset epäpuhtaudet voidaan tarkastaa brestle-menettelmällä standardin SFS-EN ISO 8502-6 mukaisesti, jossa tarkasteltavalta pinnalta liuotetaan epäpuhtauksia liuokseen. Liuosta pystytään analysoimaan esimerkiksi johtokykymittarilla ja näin saadaan pinnan suolapitoisuus selville. Menettelmällä voidaan määrittää muitakin epäpuhtauksia, kuin suoloja. (15, s. 47;23.)

Tarkastus ennen maalausta

Ennen maalausta tulee tarkastaa maalausolosuhteet, sekä käytettävien materiaalien kunto. Maaleista voidaan tarkastaa sen koostumus esimerkiksi pigmenttien suhteen. Jos pigmentit ovat vajonneet maalipurkin pohjalle, voi se kertoa ongelmista. Myös maalin huono sekoittuminen on merkki siitä, että sen ominaisuudet eivät ole välttämättä kohdallaan. Tarvittaessa maaleista voidaan ottaa näytteitä ja ne voidaan lähettää maalintoimittajalle analysoitavaksi. Maalien ja muiden komponenttien voimassaolopäivämääristä tulisi myös varmistua ennen maalauksen aloittamista. Maaleista ja kovetteista dokumentoidaan maalauspöytäkirjaan erätunnukset, värisävyt, kiilto, tuotenimet, ohenteen määrä ja 2k-tuotteiden sekoitussuhde. (15, s. 47; 23.)

Maalauksen jälkeinen tarkastus

Lopullisesta maalipinnasta tarkastetaan ensin mahdolliset maalausvirheet. Maalausvirheitä ovat esimerkiksi valumat, kraateripinta, värisävyvirheet, kuplat tai hajasumutus. Maalaamattomat kohdat tai pintamaalin alta näkyvä pohjamaali ovat myös korjausta vaativia maalausvirheitä. (20.) Pinnan värisävy ja kiillon on oltava tilaajan vaatima. Kiilto-mittarilla voidaan tarvittaessa tarkastaa pinnan kiilto numeraalisena arvona. Lähes kaikissa projekteissa maalatuista tuotteista mitataan kuivakalvonpaksuus (DFT). Kuivakalvonpaksuuden pitäisi vastata tilaajan vaatimaa nimelliskalvonpaksuutta (NDFT). Kuivakalvonmittaustavat voivat vaihdella hieman käytettävistä standardeista riippuen. Tilaajan ja urakoitsijan on oltava yhteisymmärryksessä käytettävästä standardista ja hyväksymiskriteereistä. Joskus kuivakalvonpaksuuksien mittaamisesta voidaan tehdä myös projekti-kohtainen mittaussuunnitelma. Mittausten hyväksymiskriteereistä riippuen alikalvoisiksi

jääneet kohdat täytyy korjata uudelleen ruiskutuksella tai sivellinmaalauksena. Tilaajan pyytäessä voidaan maalattavalle pinnalle tehdä hilaristikko- tai vetokoe. Menetelmillä voidaan arvioida maalikalvon tartuntaa alustaan. Molemmat menetelmät ovat kalvoa rikkovia menetelmiä, joten maalattu pinta täytyy testien jälkeen maalata uudelleen. Toinen vaihtoehto on suorittaa kalvoa rikkovat testausmenetelmät testilevyille. Testilevyt täytyy aina pintakäsittellä samalla tavalla kuin kyseessä oleva oikea tuote. Eristäville maalikalvoille ja upotusrasitukseen joutuville maalikalvoille tehdään yleensä pinnan huokoisuusmittaus, jolla pystytään kartoittamaan pinnoitteessa mahdollisesti olevat reiät. Kuivan maalikalvon päällä vedetään testielektrodia ja maalikalvon heikoista kohdista tapahtuu läpilyönti. Pienijännitteiset laitteet ovat pienemmille kalvonpaksuuksille ja paksuille maalikalvoille on suurempijännitteiset laitteet. (15, s. 48–49; 23.)

3 Pintakäsiteltävät tuotteet

Bronto Skylift Oy:n nostolaiteajoneuvot valmistetaan Suomessa Tampereen ja Porin tehtailla. Nostolaiteajoneuvot koostuvat useista eri komponenteista, aina itse ajoneuvosta, koteloringosta, tukijaloista, erilaisista säiliöistä sekä nostopuomistosta erilaisine osineen. Lisäksi komponentit sisältävät paljon erilaista hydraulikka- ja sähkötekniikkaa. Bronto Skyliftin tuotteita toimitetaan maailmanlaajuisesti useisiin eri maanosiin ja maihin. Eniten laitteita toimitetaan tällä hetkellä Kiinaan ja muihin Itä-Aasian maihin. Tuotteiden pintakäsittelyn kannalta kaksi tärkeintä osa-aluetta ovat ulkonäkö sekä korroosionkestävyys. Asiakkaat kiinnittävät nostolaiteajoneuvojen ulkonäköön nykyään entistä enemmän huomiota. Bronto Skylift Oy valmistaa tuotteita monenlaisilla erilaisilla loppukokoonpanoilla, joten osien ulkonäkövaatimuksia on vaikeaa rajata mihinkään tiettyihin näkyviin jääviin pintoihin. Tämä tarkoittaa siis sitä, että jokaisen yksilöllisen osan on vastattava Bronto Skylift Oy:n pintakäsittelyyn antamia vaatimuksia. Pintakäsiteltävien osien lopullisen maalipinnan tulisi olla kaikilta osin tasalaatuinen, liukas ja helposti puhtaana pidettävä. Lisäksi tuotteet sisältävät paljon kotelarakenteita, joiden pintakäsittelyn ei tarvitse olla ulkonäöltään näkyviin jäävien osien luokkaa. Kotelarakenteiden korroosionkestävyys on silti taattava. (24.)

Korroosionkestävyydeltään tuotteiden pintakäsittely on suunniteltu rasisluokkaan C3 ja kestävyysluokkaan M (kohtalainen). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että osien

pintakäsittelyn on kestävä 7–15 vuotta ennen ensimmäistä suurempaa huoltomaalaus-toimenpidettä. Kestävyyssluokka ei kuitenkaan ole sama asia kuin takuu-aika. (25, s.10.) Loppukäytössä tuotteet joutuvat kuitenkin erilaisiin ilmastollisiin sääolosuhteisiin. Täten joidenkin nostolaitteajoneuvojen pintakäsittelyn rasitusluokkaspesifikaatiota voidaan nostaa erikseen sovittaessa, jos asiakkaalla on tuotteen kestävyys-suhteen erikoisvaatimuksia. Esimerkiksi Englantiin toimitetuissa ajoneuvoissa on havaittu nopeampaa teräksen syöpymistä kuin muilla alueilla. Tämä selittyy osittain meri-ilmaston, säännöllisten sateiden ja kaupunkien erittäin huonon ilmanlaadun kautta. Nostolaitteajoneuvot saattavat joutua loppukäytössä myös erikoisolosuhteisiin, esimerkiksi tulipalon sammutuksen aikana. Tuotteissa käytettävät materiaalit on valittu niin, että ne kestäisivät myös äärimmäisiä olosuhteita. (24.) Tectyl-korroosionestoainetta käytetään prosessissa kotelarakenteiden korroosiosuojauksen viimeistelyssä. Tectyl ei muodosta kovaa kalvoa vaan jättää vahamaisen pinnan. Lämpötilan noustessa Tectylin viskositeetti muuttuu ja se saattaa valua rakenteista alas esimerkiksi maalattujen pintojen päälle. Tectyl voi alkaa valumaan rakenteista jo sääolosuhteiden ollessa erittäin lämpimät. Tectyl saattaa haitata myös Bronto Skylift Oy:n omia asennustöitä. Esimerkiksi edellä mainittujen syiden takia Tectyliä pidetään vain tuotteiden viimeistelyvaiheen kotelosuoja-aineena. Kotelarakenteet tulisi pystyä suojaamaan sinkkipölymaalilla maalausvaiheessa. (26.)

Tukijalat

Tukijalat ovat yksi näkyvimmistä osista nostolaitteajoneuvossa ja ne tukevat koko nostolaiterakennetta nostojen aikana. Yleisesti niitä on 4 kappaletta yhdessä nostolaitteajoneuvossa. Tukijalat työntyvät koteloringon sisälle, kun nostolaitetta ei käytetä. Tukijal-kojen maalipinnan tulee olla täyskiiltävä ja virheetön. (kuva 3.)



Kuva 3. Pintamaalattuja tukijalkoja kuljetinrataan ripustettuna.

Brnton Skylift Oy:n materiaalitoimittajan teräslaadussa on havaittu etenkin tukijalkojen kohdalla varastoinnin aikana muodostunutta syöpymää, joka täytyy ottaa huomioon pintakäsittelyn aikana. Syöpymän ei ole kuitenkaan todettu vaikuttavan esimerkiksi rakenteen lujuusominaisuuksiin, ja täten se on käytännössä ulkonäöllinen ongelma. Kaikki syöpymän aiheuttama pinnan epätasaisuus on kuitenkin poistettava pintakäsittelyprosessin aikana. Tukijalat ovat kotelorakenteisia osia, joiden sisäosiin asennetaan liukulaitmekanismeja sekä hydraulikkasyylintereitä. (kuva 4.)



Kuva 4. Tukijalat käytössä valmiissa nostolaiteajoneuvossa (26).

Kotelorakenteet tulee saada suojattua korroosiolta kokonaisuudessaan. Tukijalkojen sisälle asennetaan myöhemmin liukulaitemekanismeja, joten pintakäsittelyssä täytyy huomioida, ettei tukijalkojen sisäosissa olisi kuitenkaan liikaa pinnoitemateriaaleja. Liian paksut pinnoite kerrokset saattavat vaikeuttaa myöhempiä asennuksia. (26.)

Jalustat

Jalustat ovat nostopuomiston alimpia osia, jotka tukevat nostopuomistoa, sekä takaavat puomiston kääntymisen (kuva 5). Jalustojen valmiin maalipinnan tulee olla kiiltoasteel-taan kiiltävä, 61–80 yksikköä 60°:n kulmassa. Jalustat ovat loppukokoonpanossa korkeammalla kuin esimerkiksi tukijalat. Jalustoja on ajoneuvon mallin mukaan erikokoisia, erimallisia ja ne sisältävät myös pintakäsiteltäviä kotelorakenteita, läpivientejä sekä ko-
neistettuja pintoja. Jalustojen sisäkehälle tehdään paljon erilaisia nostolaitteen tekniikkaan sisältyviä asennuksia. (24.)



Kuva 5. Jalusta pintamaalattuna ja pakattuna.

Jalustoissa pintakäsittelyn suhteen ongelmana ovat olleet jalustojen kotelorakenteet, jotka on hankala saada pinnoitettua kauttaaltaan. Paikat, jotka ovat jääneet pinnoittamatta, ovat vaikeasti luoksepäästäviä ja näköyhteys pintakäsiteltävään pintaan on erittäin huono tai jopa olematon. Pinnoittamattomat kohdat alkavat ilmaston rasituksen takia ruostumaan, ja ruostevesi pääsee valumaan jalustan sisältä muille maalatuille pinnoille. Tämä näkyvä ruostevesi voi pilata nostolaitteen ulkonäön. (24.) Prosessia tulisi kehittää mahdollisuuksien mukaan niin, että mahdollinen ruostuminen pystyttäisiin estämään.

Säiliöt

Erilaisia säiliöitä, jotka kuuluvat nostolaitteen kokoonpanoon, ovat öljysäiliöt, vaahtosäiliöt ja vesisäiliöt (kuva 6). Säiliöt ovat ainepaksuudeltaan ohuempia kuin muut maalattavat tuotteet. (26.)



Kuva 6. Öljysäiliö pohjamaalattuna kuljetinradalla.

Säiliöt hitsataan kasaan erilaisista ohutlevyistä ja niiden hitsattujen levykenttien pintaan muodostuu aaltoilua valmistuksen aikana. Tämä vaikuttaa myös täyskiiltäväksi maalattujen säiliöiden ulkonäköön maalauksen jälkeen, joten säiliöiden pintaan maalataan eräänlainen struktuuripinnoite hieman vähentämään pinnan lopullista kiiltoa ja täten häivyttämään levyrakenteisen pinnan epätasaisuutta. Struktuuri maalataan pintamaalilla varsinaisen pintamaalauksen jälkeen ja työ tehdään sivuilmaruiskulla. Säiliöiden ohutlevyrakenteen takia myös pinnan suihkupuhdistus on hieman kevyempi, kuin muissa maalattavissa tuotteissa. FSP pintakäsittelee säiliöt vain ulkopuolelta.

Kori- ja nivelvarret

Korivarret ja nivelvarret ovat puomistoon kuuluvia osia, jotka kiinnitetään puomistoon eritavoin. Korivarret ovat suhteellisen monimuotoisia ja sisältävät paljon läpivientejä sekä koneistettuja pintoja (kuva 7).



Kuva 7. Korivarsi suihkupuhdistettuna maalausammiossa.

Pintakäsittelyn suhteen korivarret eivät eroa esimerkiksi tukijaloista juurikaan. Koteloraakenteet on suojattava kauttaaltaan korroosiolta, ja ulkopuolen on kaikilta osin vastattava Bronto Skylift Oy:n pintakäsittelyvaatimuksia. Koteloraakenteisten kori- ja nivelvarsien suunnittelussa on huomioitu pintakäsittely. Tuotteisiin on tehty esimerkiksi reikiä koteloraakenteiden pintakäsittelyä varten. Näin on mahdollistettu, että rakenne pystyttäisiin suojaamaan korroosiolta kokonaan.

4 Pintakäsittelyn prosessikuvaus FSP Hämeenlinnassa

Bronto Skylift Oy:n tuotteilla on pintakäsittelyn kannalta erikoisvaatimuksia, joihin voidaan pitää tuotteiden korkeita ulkonäkövaatimuksia, korroosiosuojaominaisuuksia, sekä osien koteloraakenteiden pintakäsittelyä. Näitä erikoisvaatimuksia prosessissa painotetaan eritoten ja samalla myös prosessin vaativiin työvaiheisiin ja aikaisempiin puutteisiin työn laadussa haetaan ratkaisuja. Keskeisiä vaativia työvaiheita ovat tuotteiden puhdistaminen puhallusrakeesta, virheetön hionta- ja kittaus työ sekä pintamaalaustyö. FSP:llä on Hämeenlinnassa manuaalisella kuljetinradalla varustettu pintakäsittelylaitos. Pintakäsittelylaitokseen kuuluu kuljetinradan lisäksi sinkopuhallus, raesuihkupuhdistuskammio, kaksi isoa maalausammiota, iso kammiouuni sekä pienosien maalausrata tunneliuunilla

varustettuna (20). FSP:n tarkoitus on nyt ja tulevaisuudessa kehittää laitosta tehokkaampaan ja nykyaikaisempaan suuntaan.

Tämän raportin prosessikuvauksen lisäksi FSP:n tuotantoon tehdään työohje tuotteiden lopputarkastusta varten. Lopputarkastukseen ei aikaisemmin ole tehty yksityiskohtaista työohjetta. Työohjeella voidaan esimerkiksi varmistaa, että mikään tehtävä tarkastustyövaiheessa ei jää puuttumaan. Kun tarkastus tehdään työohjeen mukaisesti, ei tuotteita toimiteta asiakkaalle puutteellisina, vaan mahdolliset poikkeamat pystytään havaitsemaan ja korjaamaan jo FSP:n tiloissa. Valmiin työohjeen käyttöä ja sen toimivuutta pitää valvoa säännöllisesti. Lisäksi työohje helpottaa FSP:n uusien tarkastajien perehdyttämistä.

4.1 Tuotteiden vastaanottotarkastus ja ripustelu

Pintakäsitteltävät tuotteet on tarkastettava ennen esikäsittelytöiden aloittamista. Tuotteista tulisi tarkastaa terästyön laatu ja mahdolliset ylimääräiset epäpuhtaudet ja poikkeamat. Työntekijöiden pitäisi olla tietoisia terästyön laatuasteista ja Bronto Skyliftin antamista vaatimuksista niihin liittyen. Hitsausaumojen huokoisuus ja hitsausroiskeet ovat olleet yleisimpiä poikkeamia terästyön laadussa. Tarkastus tulisi suorittaa ennen ripustelua, jos se vain on mahdollista. Jotkut tuotteet on helpompi tarkastaa ripustettuina. Jos tuotteissa huomataan ripustelun jälkeen hylkäykseen johtaneita puutteita esimerkiksi terästyön laadussa, joudutaan tuotteet laskemaan uudestaan alas maahan. Tarkastusta on kuitenkin hankala suorittaa lavalla olevalle tuotteelle, koska tuotetta ei pääse näkemään kaikilta osin, esimerkiksi pohjasta. Vastaanottotarkastuksen kehitysideana tulevaisuudessa on työntekijöiden lisäkouluttaminen terästyön laatuun liittyen. Tämä olisi ainakin oleellista työntekijöille, jotka pääsääntöisesti tekevät työn aikana ripustelu- ja esikäsittelytyötä ennen suihkupuuhdistusta.

Ripustelu tulisi suorittaa niin, että kappale olisi turvallista ripustaa ja purkaa. Huomiota tulee kiinnittää ripustuskoukkujen asentoon ja paikkoihin. Jos ripustetaan ketjuilla raskaita taakkoja, taakan painon on jakauduttava ketjuille tasaisesti. Tuotteen pitää olla myös sopivalla käsittely korkeudella, jotta esikäsittely ja maalaustyö voidaan suorittaa ergonomisesti ja laadullisesti niin, että mihinkään ei jäisi esimerkiksi maalaamatonta kohtaa kappaleen korkeuden takia. Pitkät korivarret tulee ripustaa hieman kallelleen, jotta

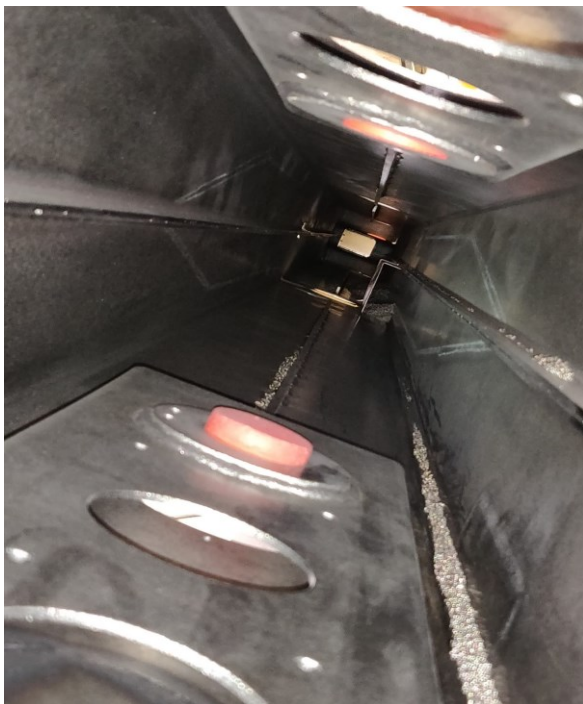
suihkupuhdistusrae valuisi mahdollisimman itsekseen pois tuotteen sisältä. Tämä toteutetaan käyttämällä toisella puolella pidempää ripustuskoukkuja. Koukut on oltava myös samansuuntaisesti ja samalla puolella kappaleita, jotta kappaleen alas laskeminen olisi turvallista ja toteutettavissa yhdellä työntekijällä. Korivarsien ripustelussa on kokeiltu uutena kehitysideana tupla ripustusta, eli kahden korivarren ripustamista päällekkäin. Kokeilun perusteella tuotantoa pystytään nopeuttamaan huomattavasti, sillä korivarret vievät yksin ripusteltuna maalausradassa paljon tilaa. Tuplaripustelu vaatii kuitenkin aina kaksi saman väristä korivartta. Tässä vaiheessa työntekijän tulisi myös varmistaa, että kappaleesta on tehty FSP:n työmääräimet ja asianmukaiset maalauspyötkirjat. FSP:n maalauspyötkirjaan tulee täyttää tässä vaiheessa tuotteen vastaanottamiseen ja esikäsittelyyn valmisteluun liittyvät kohdat.

4.2 Esikäsittely

Tuotteen esikäsittely aloitetaan varmistamalla, että missään kohtaa tuotetta ei olisi vettä tai muuta kosteutta. On tärkeää myös varmistaa, ettei kappaleen pintalämpötila ole liian alhainen. Yleensä kappaleet otetaan jo edellisenä päivänä ulkotiloista sisätiloihin varsin kinkin talviaikana, jottei lämpötilasta tule ongelmaa. Sinko- ja raesuihkupuhdistusta varten kappaleet suojataan DBI-tulpilla, silikonitulpilla ja erilaisilla vahvoilla teipeillä. Puhdistus suoritetaan yleensä nopeasti haihtuvalla yleispuhdistusaineella. Kun tuote on puhdistettu, voidaan koneistetut pinnat suojata tulppia ja teippiä käyttämällä. Jalustojen koneistetut kehät pitäisi lähtökohtaisesti suojata niille kehitetyillä omilla metallista valmistetuilla suojilla, joissa on pulttikiinnitys. Kaikkiin jalustamalleihin ei kuitenkaan ole omaa suojaa käytössä, joten osaa jalustoista joudutaan vieläkin teippaamaan paksulla teipillä. Lähtökohtaisesti Bronto Skyliftin pintakäsiteltävistä tuotteista suojataan kaikki kierrereivät ja koneistetut pinnat, ellei toisin ole sovittu. Kaikkein pienimpiä kierrereikiä ei ole suojattu. Suojaustoimenpiteitä pyritään tekemään tuotannon tehostamisen takia jo ennen ripustelua niin paljon kuin mahdollista.

Suurin osa Bronto Skyliftin tuotteista suihkupuhdistetaan singossa, mutta isommat jalustat eivät mahdu singon etuluukusta läpi, joten ne on puhallettava paineilmasuihkupuhdistuksella suihkupuhdistuskammiossa. Kun tukijalkoja singotaan, on ne saatava etuluukusta pitkittäissuunnassa sisälle. Tämä voidaan varmistaa rautalankakiinnityksellä, jossa tukijalat kiinnitetään toisiinsa kiinni perätysten, ettei ne pääse liikkumaan

poikittaissuunnassa. Tässä vaiheessa työntekijän pitäisi kuitata pöytäkirjaan terästyön laatua, suojausta ja tuotteen puhdistusta koskevat tiedot. Kun tuotteet on sinkopuhallettu, täytyy ne käydä vielä käsin läpi paineilmasuihkupuhdistuksella. Sinkopuhalluksessa rae ei pääse vaikuttamaan kotelorakenteiden pintoihin tarpeeksi. Lisäksi, jos esimerkiksi yksi singon siipipyöristä vikaantuu, voi käsin puhalluksessa paikata huonosti puhaltuneet kohdat. Kotelorakenteet raesuihkupuhdistetaan niin syvälle kuin mahdollista, jotta sisäpuolenkin pinnoitteille saataisiin hyvä tartunta. Kun tuote on suihkupuhdistettu, tulee pinnan profiili ja puhdistusaste aina tarkastaa visuaalisesti sekä tunnustelemalla. Apuna tässä tarkastuksessa käytetään standardinmukaista pinnankarheuskomparaattoria. Lopuksi suihkupuhdistaja puhdistaa paineilmalla koko puhallettavan tuotteen, niin että tuotteeseen jäisi mahdollisimman vähän pölyä ja suihkupuhdistusrakeita. Erityisen tarkkana pitää olla niiden paikkojen kanssa, jotka rakenteensa puolesta keräävät suihkupuhdistusraetta (kuva 8).



Kuva 8. Korivarren sisäosaan kertyy usein puhdistusraetta.

Näitä paikkoja ovat esimerkiksi poterot, jotka suojataan suihkupuhdistusrakeelta ennen esikäsitteilytyötä. Poteroiden DBI-tulpat on poistettava suihkupuhdistuskammiossa, jotta mahdollisesti sinne päässyt jyvä saadaan jäämään suihkupuhdistuskammioon. Ripustusketjut ja koukut on myös puhdistettava paineilmalla, jotta niihin tarttunut puhdistusrae

ja pöly ei myöhemmin varise tuotteiden päälle esimerkiksi maalausvaiheessa. Ripusteluvälineistössä oleva pöly ja roska, voi pilata pintamaalausvaiheessa koko tuotteen maalipinnan. Paineilmapuhdistuksen tehokkuutta on pyritty lisäämään uusilla tehokkaammilla paineilmasuuttimilla sekä pidemmällä suutinvarsilla. Lisäksi on kehitetty niin kutsuttuja mutkasuuttimia, joiden avulla päästään puhdistamaan ahtaitakin poteroita. Kaikki mahdollinen pöly ja muualla rakenteessa oleva puhdistusrae olisi hyvä saada tuotteesta pois puhalluskammion puolella. Näin käyttökelpoinen osa rakeesta menee takaisin suihkupuhdistusjärjestelmän kiertoon ja pöly saadaan järjestelmän kautta pölyastiaan, josta taas eteenpäin jätteidenkäsittelyyn.

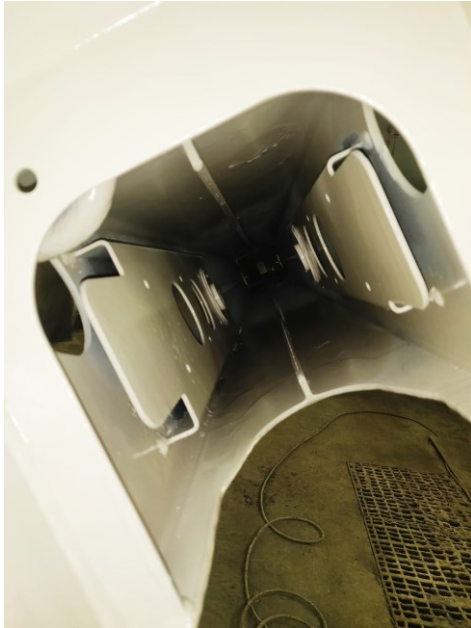
Esikäsittelytyö raesuihkupuhdistuksen jälkeen

Kun pinnankarheus ja puhalluslaatu täyttää vaatimukset, tulisi poistaa puhallussuojat ja niiden väleihin mahdollisesti tarttuneet puhallusrakeet. Suojat laitetaan puhdistuksen jälkeen takaisin paikalleen pintakäsittelyä varten. Lisäksi tietynmallisten jalustojen ja korivarsien kotelorakenteet tulee imuroida, jotta varmistetaan, ettei raetta jää pinnoitteiden alle. Tämä työvaihe suoritetaan puhalluskammion ulkopuolella. Tässä vaiheessa tarkastetaan myös, ettei hitsausaumoissa näy huokoisuutta, reikiä tai vuotoja. Osa terästyönlaadun vioista näkyy vasta suihkupuhdistuksen jälkeen ja jotkut virheet vasta jopa pohjamaalauksen jälkeen. Esimerkiksi korivarsien kotelorakenteiden paineilmapuhdistukseen löydetty uusia ratkaisuja. Pitkät paineilmapistoolit ja niiden vaihtoehtoiset suuttimet on todettu toimiviksi. Lisäksi kaikkien pintakäsiteltävien tuotteiden kotelorakenteiden paineilma puhdistus tulisi suorittaa suihkupuhdistuksen jälkeen, sekä ennen molempia maalauskertoja. Tämä minimoi riskin, ettei pintamaalatun tuotteen maalikalvon alle jää sinne kuulumattomia partikkeleita, kuten roskia, pölyä tai puhallusrakeita.

4.3 Pohjamaalaus, kittaus ja hionta

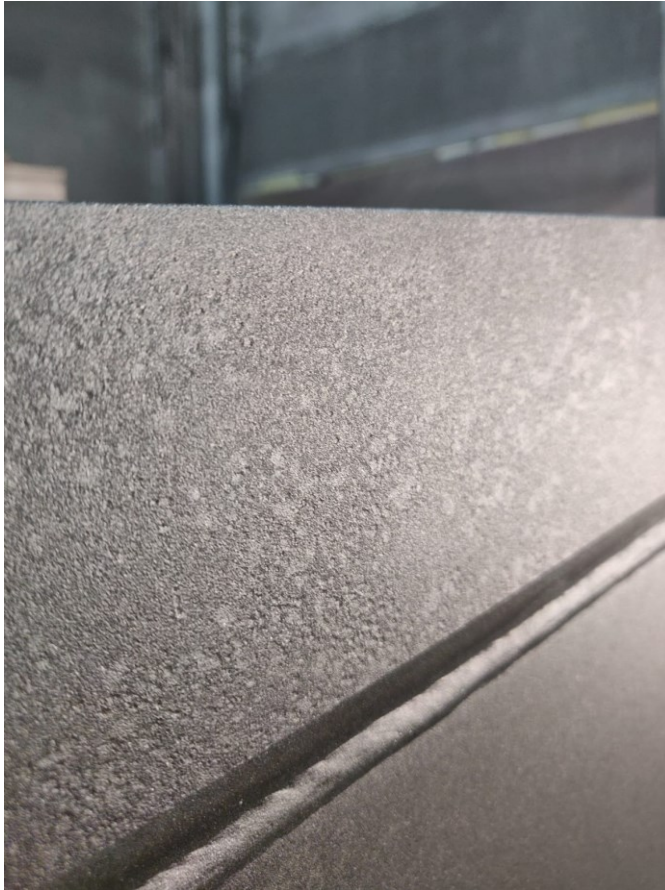
Kun tuotteiden puhtaus ja maalaussuojaus on varmistettu, levitetään tuotteiden sisäosiin ja kotelorakenteisiin yksikomponenttinen sinkkipölymaali Temazinc EE. Sinkkipölymaali levitetään matalapaineruiskulla, jonka päässä on taipuisa letku, jolla päästään hankaliinkin paikkoihin. Apuna työssä on käytettävä taskulamppua tai muuta mahdollista lisävalaistusta. Lisävalaistuksen avulla pääsee parempaan lopputulokseen. Jotta sinkkipölymaali saadaan levitettyä kaikkiin hankalasti luoksepäästäviin paikkoihin, maalaussuojat

tulee poistaa niiltä osin, kun nähdään tarpeelliseksi. Liian paksuja sinkkimaalikerroksia tulisi välttää, koska paksujen kerroksien kuivuminen on hidasta ja maalin kuivakalvon ominaisuudet saattavat heikentyä. Prosessi kuvauksen laatimisen aikana tuotteiden kotelarakenteiden korroosiosuojaus työvaihetta pyrittiin kehittämään enemmän siihen suuntaan, että sinkkipölymaali saataisiin kaikkiin mahdollisiin paikkoihin rakenteen sisäosissa, jotta Tectylöinti jäisi mahdollisimman vähäiseksi tuotteen tarkastustyövaiheessa. Sinkkipölymaalin levitystyöhön on mahdollista tehdä erillinen tuotekohtainen työohje korroosiosuojauksen laadun parantamiseksi ja varmistamiseksi. Tuotteiden kohdat, jotka korkeapaineruiskulla pystyy maalaamaan, tulisi jättää maalaamatta, jotta sinkkimaalin kuivumisesta ei tulisi odotusaikoja tuotantoon. Sinkkipölymaalin levitystä ja sen toteutusta tulisi valvoa säännöllisin väliajoin visuaalisilla tarkastuksilla, sillä kyseessä on tuotteen korroosionkestävyyden kannalta kriittinen työvaihe. Jalustojen poterot ovat erittäin hankalia suojata sinkkipölymaalilla. Poteroiden reiät ovat niin pienet, ettei suojattavaan pintaan ole edes näköyhteyttä. Tähän ongelmaan ei toistaiseksi löydetty uutta ratkaisua. Jalustojen poteroiden täydellinen sinkitys vaatisi rakenteelta pintakäsittelyn kannalta parempaa suunnittelua. Seuraavaksi tuotteet maalataan muilta osin Inerta Primer 5 -epoksipohjamaalia käyttämällä. Pohjamaalin ruiskumaalaus aloitetaan vaikeimmista paikoista (kuva 8). Pohjamaalin vaadittu kuivakalvonpaksuus on 80 µm, mutta yleensä pohjamaalia ruiskutetaan enemmän, jotta teräksessä olevat virheet saataisiin hiontavaiheessa poistettua paremmin. Kun pohjamaalia ruiskutetaan hieman enemmän, ei myöskään kalvonpaksuus putoa alle vaaditun, kun pintoja aletaan pohjamaalauksen jälkeen hiomaan.



Kuva 9. Epoksipohjamaalilla maalataan korivarsien sisäpuolet niin pitkälle, kuin mahdollista. Pienemmät poterot ruiskutettu sinkkipölymaalilla.

Pohjamaalatut tuotteet siirretään kammiouuniin kuivumaan maalauksen jälkeen. Kuivumisaika hieman vaihtelee maalin paksuuden, käytetyn ohentimen ja uunin lämpötilan mukaan. Uunin lämpötila hieman vaihtelee sen käytön mukaisesti, eikä uuni esimerkiksi aina yövuoron aikana ole päällä. Parhaimmillaan kuivumisaika on muutama tunti, ennen kuin tuotteita päästään kittaamaan ja hiomaan. Maalipintaa voi kovettumisreaktion loppupuolella hieman tunnustella, jotta voidaan varmistaa, ettei maalipinta lähde rullautumaan irti hiontavaiheessa. Kittausta ennen maalarin tulisi kuitata pohjamaalausta koskevat tiedot maalauspöytäkirjaan. Näitä tietoja ovat kuivakalvonpaksuuden mittaustulokset sekä käytetyn pohjamaalin tiedot. Tässä vaiheessa myös mitataan pohjamaalin kuivakalvonpaksuus. Kittauksen tarkoitus on täyttää pinnan epätasaisuudet. Epätasaisuuksia on esimerkiksi kolhut, valmistajan teräs stanssaus ja teräksen syöpymät (kuva 10). Suurin osa syöpymisen aiheuttamasta epätasaisuudesta saadaan poistettua hiomalla, mutta joskus näitäkin paikkoja joudutaan kittaamaan. Kaksikomponenttinen kitti on nopeasti kuivuvaa, eikä odotusaikojä kittaamisen ja hionnan välillä pääse syntymään.



Kuva 10. Teräksen varastoinnissa syntynyttä kuoppakorroosiota suihkupuhdistuksen jälkeen.

Kun kittaus on riittävän kuiva, voidaan aloittaa hiontatyö. Hionnassa käytetään yleisesti epäkeskohiomakonetta ja P240-karheuden hiomapaperia, jotta pinta ei naarmuuntuisi liikaa. Jos tuotteissa on paljon syöpymää, voidaan käyttää karheampaakin hiomapaperia, mutta mahdolliset karhean hiomapaperin naarmut hiotaan pois hienommalla hiomapaperilla jälkikäteen. Syöpymä ei ole aina kovin hyvin havaittavissa, joten hiontatyössä voidaan käyttää apuna lisävalaistusta tai vähäisenä kerroksena kontrastin luovaa spraymaalia. Spraymaali täytyy kuitenkin poistaa pinnoilta kokonaan hiontatyön aikana. Hitsaussaumot hiotaan hiontavillalla spraymaalin käytön jälkeen. Kun tuotteen pinta on hiottu tasaiseksi, puhdistetaan se vielä paineilmalla kauttaaltaan. Tukijalkojen ja korivarisien sisältä tulee poistaa mahdolliset teräsrakeet ja muut roskat, jotka saattavat olla kiinni kuivuneessa pohjamaalissa tai sinkkipölymaalissa. Tähän tarkoitukseen löytyy esimerkiksi jatkovarrellinen hiomalossi sekä teräskärkilasta. Tukijalkojen hiontatyön vähentämiseksi on haettu uusia ratkaisuja. Yksi ratkaisu voisi olla esimerkiksi helposti hiottavan välimaalin maalaaminen pohja- ja pintamaalin väliin. Näin epoksipohjamaalin verrattain

työlästä hiontavaiheesta voitaisiin päästä eroon. Lisäksi tuotteiden kittauustyö vähenisi. Kyseinen uudistus prosessissa vaatisi kuitenkin hyväksynnän sekä asiakkaalta, että maalin toimittajalta. Lähtökohtaisesti kolmas maalauskerro kuitenkin toisi prosessiin myös hidastavia elementtejä kuten maalaustyötä ja kuivumisaikoja.

4.4 Pintamaalaus

Pintamaalit hieman vaihtelevat riippuen maalattavista tuotteista. Tukijalat ja säiliöt maalataan täyskiiltäviksi ja jalustat ja korivarret maalataan kiiltävällä pintamaalilla. Tukijalkoihin ja säiliöihin tulee Tikkurilan täyskiiltävä Temadur HS 90 -polyuretaanimaali, joka on kuivakalvon ominaisuuksiltaan jalustoihin ja korivarsiin maalattavaa Teknodur Combi 3430–39 -pintamaalia hieman kiiltävämpi ja liukkaampi. Teknodur Combi 3430–39 on kiiltävä polyuretaanipintamaali. Bronto Skylift Oy:n tuotteiden pintamaalauksessa korostuu pintakäsittelijän ruiskutustekniikka, maalin oikeiden sekoitussuhteiden noudattaminen, maalauslaitteiston kunto, maalien kunto ja toimivuus sekä asianmukaiset olosuhteet. Kun edellä mainittujen asioiden oikea toteutus on varmistettu, saadaan lopputuloksena korroosionkestävä ja ulkonäöltään lähes automaalausta vastaava pinnanlaatu. Pintamaaleilla pyritään saamaan vähintään 40 µm:n kuivakalvonpaksuus pohjamaalin päälle, jotta päästäisiin vaadittuun kuivakalvon kokonaispaksuuteen. Pintamaalaustyö aloitetaan vaikeasti ruiskutettavista paikoista kuten rakenteiden sisäosista sekä muista monimuotoisista paikoista. Sen jälkeen pinnalle levitetään ohut harsokerros ja odotetaan 5–10 minuuttia, jonka jälkeen pinta maalataan vasta kokonaisuudessaan märeksi. Ennen uunikuivausta on kappaletta haihdutettava maalausammion puolella noin 15 minuuttia, koska ilman haihdutusta pintaan saattaa muodostua neulanpääreikiä

maalikalvon pinnan liian nopean kuivumisen johdosta. Ohenne haihtuu siis vielä kuivuneen maalikalvon läpi (kuva 11).



Kuva 11. Neulanpääreikiä maalipinnassa liian nopean kuivumisen johdosta.

Työssä käytettyjen maalien tiedot, sekä maalaustyön ajankohta kirjataan maalauspöytäkirjaan.

4.5 Tarkastus ja pakkaus

Kun pintamaali on kuivunut, tuotteet otetaan pois uunista ja ne siirretään tuotannon purkupisteelle, jossa tuotteelle tehdään lopullinen tarkastus ennen pakkausta. Eräänlainen esitarkastus voidaan tehdä jo uunin sisällä lisävalaistusta käyttämällä. Näin mahdollisten pintakäsittelytyössä syntyneiden virheiden korjaustoimenpiteitä ja logistiikkaa asiakkaan suuntaan voidaan suunnitella etukäteen. Lopullinen tarkastus suoritetaan kuitenkin uunin ulkopuolella, jossa on asianmukainen valaistus ja tarkastusvälineet. Ensin tehdään maalipintojen visuaalinen tarkastus. Tarkastajan tulee huomata tässä vaiheessa kaikki mahdolliset virheet tuotteen ulkopuolen maalipinnassa. Yleisimmät virheet pintakäsittelyprosessissa ovat maalivalumat, maalin alla oleva teräksen syöpymä ja maalipintojen roskaisuus. Virheet merkataan tuotteisiin oranssilla teipillä, jotta korjaustyönvaihe

helpottuu ja nopeutuu. Kuivakalvonpaksuus tulee mitata aina ennen kappaleiden alas laskemista. Kuivakalvonpaksuudet merkitään maalauspöytäkirjaan. Maalausvirheen luonteen perusteella tarkastaja tekee päätöksen, voidaanko tuote korjausmaalata alas laskettuna vai pitääkö tuote jättää radalle roikkumaan esimerkiksi kammiomaalausta varten. Tukijaloista pitää olla pintamaalattuna pystytolpan sisäpuolen alaosa, sekä poikittaisen kotelorakenteen aukon alue ainakin noin 50 cm:n matkalta. Tämän jälkeen tarkastetaan tukijalkojen kotelorakenteen sisusta taskulampulla. Jos jostain paistaa paljasta teräspintaa, tulee näihin paikkoihin ruiskuttaa Tectyl-korroosionestoainetta. Lisäksi Tectyl-korroosionestoainetta lisätään hitsausseamujen epäjatkuvuuskohtiin eli päätkäsaumoihin. Pystytolppiin ruiskutetaan Tectyliä niille pinnoille, joihin sinkkipölymaalilla ei ole päästy. Kotelorakenteen sisäosien maalatun pinnan tulee olla roskaton. Mahdolliset roskat maalipinnalla heikentävät maalikalvon ominaisuuksia sekä voivat hankaloittaa tukijalkojen sisälle tulevien liukumekanismien asentamista. Lisäksi selkeät valumat tukijalan sisäpuolelta aukon läheisyydestä tulisi poistaa. Roskat poistetaan teräslastalla tai hiomallossilla ja päälle maalataan uusi pintamaali telamaalauksena. Kaikki pintakäsittelytyön aikana käytetyt maalaussuojat tulee poistaa tarkastuksen aikana. Koneistetuista pinnoista poistetaan mekaanisesti mahdolliset maaliroskeet ja sen jälkeen ne suojataan suojarahalla, jotteivät koneistetut pinnat ruostuisi kuljetuksen aikana.

Kun tuotteet on laskettu pakkausalustalle, paikkamaalataan niistä ripustuskoukkujen jättämät maalaamattomat kohdat. Kaikkien Bronto Skylift Oy:n tuotteiden tarkastus etenee lähes samalla kaavalla, mutta tietyillä osilla on myös osakohtaisia tarkastustoimenpiteitä. Tuotteen lopullinen pakkaus tehdään maalipintoja varoen. Tukeva kuljetuksen aikainen kiinnitys pakkauslavaan varmistetaan muovipannoilla. Muovipantojen alle laitetaan aina pahvia ja solumuovia. Jos kappaleita on samalla lavalla useampia, niiden väliin on laitettava puutavaraa ja solumuovia, jotta maalipinnat eivät vaurioidu. Opinnäytetyön liitteeksi (liite 1) tehdään tarkastusohjeet Bronto Skylift Oy:n tuotteille. Ohje on tarkoitettu ottaa käyttöön FSP Hämeenlinnan tuotannossa. Kun tarkastaja on pakannut pintakäsittelyvaatimukset täyttävän tuotteen, tulee kyseisen tuotteen maalauspöytäkirja olla täytetty kokonaisuudessaan. Tarkastaja kuittaa tarkastuspöytäkirjan ja toimittaa sen eteenpäin FSP:n työnjohdolle. Pintakäsittelytyön dokumentaation on oltava täsmällistä ja dokumenteista on löydettävä Bronto Skyliftin vaatimusten mukaiset merkinnät. Bronto Skyliftin tuotteille on kaavailtu tulevaisuudessa omaa asiakaskohtaista maalauspöytäkirjamallia. Näin saataisiin dokumentoitua prosessin kannalta tärkeitä työvaiheita ja niiden

työsuorituksia. Lisäksi dokumentaatioissa vaadittavat jäljitettävyyden kannalta tärkeät merkinnät saataisiin selkeämmin esille ja helpommin luettaviksi. Dokumentaation toisena kehitysideana on maalauspöytäkirjojen paperiversioiden vaihtaminen sähköisiksi tabletilla täytettäviksi pöytäkirjoiksi. Tällä muutoksella olisi mahdollista säästää dokumentoinnin skannaamiseen kuluva työaika. Tuotantotiloissa olisi myös vähemmän paperia. Lisäksi dokumenteista tulisi selkeämpiä. Kyseinen muutos ei vaadi suurempia investointeja ja se on suhteellisen helposti toteutettavissa.

5 Tarkastusohje

Lopputarkastusohjeen (liite 1) tekeminen aloitettiin FSP:n Hämeenlinnan prosessikuvausten pohjalta. Tarkoituksena oli luoda työohje tuotteiden lopputarkastusta varten. Työohjeella pyritään tulevaisuudessa helpottaa työskentelyä. Tarkastusohjeen tekemisessä oli tärkeää muistaa, että se tulee käyttöön toimipisteen tuotannossa. Tämä tarkoittaa, että sen pitäisi olla nopeasti luettavissa ja kaiken sen sisältämän tiedon tulisi olla helposti ymmärrettävissä. Tarkastustyöohjeeseen pyrittiin lisäämään kuvia mahdollisimman paljon. Tarkastusohje koostui visuaalisesta maalipinnan tarkastamisesta, kuivakalvonpaksuuden mittaamisesta, korjausmaalaustoimenpiteistä, kotelarakenteen pintakäsittelyn tarkastuksesta, tuotteen pakkaamisesta, sekä maalaustyön dokumentaatioon liittyvästä ohjeistuksesta. Kun tuotteen lopputarkastus tehdään uuden tarkastusohjeen mukaisesti, saadaan varmuus siitä, että tuotteet lähtevät asiakkaalle laadukkaina sekä oikein pakattuna ja täsmällisellä pintakäsittelytyön dokumentaatiolla. Kun tarkastustyössä edetään työvaihe kerrallaan, voidaan varmistaa, ettei inhimillisiä virheitä tapahdu missään vaiheessa tarkastuksen aikana. Laitteiden toimintahäiriöihin tai olosuhteisiin tarkastusohje ei ota kantaa. Mahdolliset puutteet pintakäsittelytyössä pystytään ohjeen avulla tunnistamaan helpommin ja näin ollen korjaustyön aikatauluun ja toimitusaikatauluun asiakkaan suuntaan voidaan reagoida nopeammin. Tarkastustyöohjeella voidaan myös helpottaa uusien tarkastustyöntekijöiden perehdyttämistä FSP:n Hämeenlinnan toimipisteellä. Tarkastusohjeen toimivuudesta saadaan konkreettista tietoavasta myöhemmin, kun se on otettu käyttöön toimipisteellä.

6 Korroosiotestaus

Neutraalin suolasumukokeen tarkoituksena on luoda testattaville pinnoitteille äärimmäiset korroosio-olosuhteet. Näin pinnoitteista voidaan saada esille niiden korroosionsuojauskyvyn heikot kohdat. Testaustuloksia voidaan käyttää apuna oikean maaliyhdistelmän valinnassa, mutta ei täsmällisenä tietona maaliyhdistelmän kestävyuden määrittämisessä. Sopivan maaliyhdistelmän valinta tiettyihin olosuhteisiin tulisi kuitenkin määrittäytyä samankaltaisista pinnoitteista saatuihin kokemuksiin saman tyyppisissä olosuhteissa. Maaliyhdistelmän kestävyys johtuu kuitenkin useista eri tekijöistä, kuten ympäröivistä olosuhteista, rakenteen suunnittelusta, esikäsitteystä sekä pinnoitteen levitysmenetelmistä. Suolasumukokeiden tuloksia ei siis usein voida käyttää vertailevana opastuksena pinnoiteyhdistelmän pitkäaikaiskäyttämisenä, koska luonnollinen säärasitus on erilaista. Keinovanhennustesteillä, kuten neutraalilla suolasumukokeella, voidaan kuitenkin arvioida pinnoitteen tiiveyttä ja märkätarttuvuutta. Näin voidaan arvioida pinnoitteen sopivuutta sen aiotuissa olosuhteissa. Suolasumutesti suoritetaan kammiossa, jossa suolaliuosta sumutetaan kappaleiden päälle tietyssä lämpötilassa. Suolaliuoksen on oltava pH-arvoltaan 6,5–7,2. (27;28.)

6.1 Koemateriaalit ja kappaleet

Opinnäytetyössä haluttiin selvittää kotelorakenteisten teräsrakenteiden suojauksessa käytettävien pinnoitteiden korroosionestokykyä, käytettävyyttä sekä pinnoitteen sopivuutta rasiusluokan C3 vastaaviin olosuhteisiin. Pinnoitteiden korroosionestokykyä valituissa olosuhteissa testattiin suolasumukaapissa NSS-testillä ja testiä varten valmistettiin 18 teräslevyä, joista 6 kappaletta suihkupuhdistettiin puhdistusasteeseen Sa 2 ½ ja 6 kappaletta puhdistusasteeseen Sa 3. Näiden testilevyjen mitat olivat 150 x 75 mm ja levyn paksuus oli 6 mm. Testiin otettiin myös 4 testilevyä, jotka olivat valmiiksi hieman ruostuneita, ruostumisaste oli standardin SFS-EN ISO 8501-1 mukainen luokitus A. Ruostuneille levyille tehtiin esikäsitteilynä vain teräsharjaus puhdistusasteeseen St 3. Lisäksi testiin otettiin vielä 2 levyä, joille ei tehty lainkaan esikäsitteilyä. Näiden kahden levyn ruostumisaste oli B. Kuuden muun levyn mitat olivat 150 x 100 mm ja paksuus oli 3 mm. Näille levyille tehtiin vain Tectyl-pinnoitus. Nämä 6 levyä otettiin testiin mukaan, jotta saataisiin hieman otantaa pinnoitteiden käyttäytymisestä suihkupuhdistamattomalla

alustalla. Pinnoitteella olisi siis hyvä olla kykyä suojata myös heikommin esikäsiteltyä alustaa. Testattavina pinnoitteina oli Tectyl-korroosionsuoja-aine, sekä Tikkurilan Temazinc EE 1K -sinkkipölymaali. Testilevyjen valmistuksessa pyrittiin huomioimaan standardi SFS-EN ISO 12944-6. Testilevyjä ei kuitenkaan valmistettu täysin standardin mukaisesti. Esimerkiksi levyjen viiltäminen suoritettiin puukolla ja katkoteräveitsellä. Viilto oli lisäksi pystysuunnassa, kun uusimman standardin mukaisesti se kuuluu tehdä vaakasuoraan. Sinkkipölymaalilla pinnoitetut levyt maalattiin hajotusilmaruiskulla ja Tectyl levitettiin matalapaineista säiliöruiskua käyttämällä. Sinkkipölymaalin märkäkalvonpaksuutta oli helpompi kontrolloida hajotusilmaruiskun käytön takia. Kuivakalvon paksuus oli lopulta 60–80 µm. Levyt pinnoitettiin kauttaaltaan. Tectyl-pinnoitteen märkäkalvon paksuus vaihteli, koska kyseisellä ruiskulla ruiskuttaessa pinnoitetta ei tullut suutinletkusta kovinkaan tasaisena virtauksena. Märkäkalvokammalla mitattaessa suurimmat kalvot olivat 150 µm. Lähtökohtaisesti tavoiteltiin kuitenkin ohutta 50 µm:n kuivakalvoapaksuutta, jota pinnoitteen toimittaja suosittelee. Tectyl-pinnoite jää myös vahamaisen pehmeäksi eikä se muodosta kovaa kalvoa kuivuttuaan. Täten kuivakalvon paksuuden mittauksia ei toteutettu Tectyl-pinnoitetuille levyille. Tectyl-pinnoite on sävyltään meripihkan värinen ja lähtökohtaisesti voitiin todeta, että levyjen tummemmat kohdat sisälsivät paksumman pinnoite kerroksen kuin vaaleammat kohdat. Täytyy kuitenkin muistaa, että myös todellisen prosessin aikana Tectylin, sekä sinkkipölymaalin kuivakalvonpaksuudet ovat paksumpia, kuin valmistajien suositukset, koska kotelorakenteet ovat osittain niin ahtaita ja hankalia paikkoja ruiskuttaa. Suihkupuhdistettuihin testilevyihin stanssattiin numerot jäljittämistä varten. Standardin mukaisesti levyjä kuuluisi vakioida pinnoituksen jälkeen kaksi viikkoa vakioilmastossa 23 ± 2 °C:n lämpötilassa ja 50 ± 5 %:n suhteellisessa kosteudessa. Testilevyjen vakiointiaikaa kuitenkin kiihdytettiin korkeammassa 45 °C lämpötilassa, jotta testi pystyttiin aloittamaan hieman aikaisemmin. Testilevyjen vakiointiaika oli viikko.

Testin suoritus

Ennen suolasumukokeen käynnistämistä valmistettiin suolasumukammion säiliöön suolaliuosta noin 100 l. Suolaliuoksen pH-arvon täytyi olla 6,5–7,2. Suolaliuoksen pH:ta mitattiin sähköisellä mittarilla, jossa oli sopiva elektrodi mittaamaan heikosti puskuroidun natriumkloridiliuoksen pH:ta ionivaihdetussa vedessä. Liuoksen pH-arvo oli alkuun liian alhainen, joten sitä nostettiin natriumhydroksidiliuoksen avulla. Testin kestoajaksi valittiin

rasitusluokan C3 ja kestävyysluokan M (kohtalainen) mukainen standardissa määritelty kestoaika 240 h. Suolasumukammion säiliöön on lisättävä noin viikon välein liuosta, jotta testin aikana jouduttiin tekemään yksi lisätäyttö. Täytön yhteydessä myös tarkastettiin levyjen sen aikaiset korroosiovaikutukset, jotta testausselosteeeseen pystyttiin arvioimaan paremmin korroosion kehittymistä.

6.2 Koetulokset ja tulosten tarkastelu

Suolasumukokeen tulosten perusteella pyrittiin arvioimaan Tectyl-korroosionestoaineen ja Temazinc EE -sinkkipölymaalin välisiä eroja korroosionkestävyyden kannalta. Lisäksi kokeeseen valmistettiin eri tavoin esikäsiteltyjä testilevyjä. Näin pyrittiin analysoimaan myös esikäsitelyn vaikutusta korroosionestokyvyn kannalta kiihdytetyissä olosuhteissa. Kokeen jälkeen pinnoitteiden välisiä eroja arvioitiin pinnan rakkuloitumisen, ruostumisen, halkeilun ja hilseilyn perusteella standardin ISO-4628 eri osien mukaisesti. Suolasumukoetta varten levyihin tehtiin myös viillot. Viiltojen korroosiota myös tarkasteltiin. Tectyl-korroosionestoaineen korroosionestokykyä arvioitiin lähinnä pelkillä visuaalisilla tarkastuksilla. Lisäksi prosessikuvaukseen hankitun tiedon avulla ja kirjoittajan omien kokemusten perusteella arvioitiin pinnoitteiden käytettävyyttä prosessissa. Testilevyjen masahäviötä ei mitattu.

Rakkuloituminen

Pinnoitteiden rakkuloitumista suolasumukokeen jälkeen arvioitiin arvioimalla levyissä olevien rakkuloiden kokoa ja määrää. Arviointi perustui standardin mukaisiin esimerkkikuviin. Tectyl-pinnoitetuissa testilevyissä, jotka oli suihkupuuhdistettu, rakkuloitumista ei ollut havaittavissa yhtään. Myöskään sinkkipölymaalilla maalatuissa esikäsitelyasteen Sa 3 levyissä ei ollut havaittavissa rakkuloita. Sen sijaan, kahdessa esikäsitelyasteen Sa 2 ½ levyssä rakkuloitumista oli havaittavissa (kuva 12). Kaikissa teräsharjalla esikäsitellyissä levyissä rakkuloitumista oli havaittavissa huomattava määrä. Teräsharjattujen Tectyl-levyjen pinnat olivat lähes kauttaaltaan korroosiotuotteiden peitossa, joten rakkuloitumisen määrää oli hankala arvioida. Lisäksi pinnoitteiden eroavaisuudet saattoivat aiheuttaa sen, ettei vahamaiseen Tectyl-korroosionestoaineeseen muodostunut selkeää rakkuloitumista, vaan korroosio eteni eri tavoin.



Kuva 12. Rakkuloitumista viiltojen ja reunojen lähetyvillä suolasumutestauksessa olleissa sinkkipölymaalilla maalatuissa puhdistusasteen Sa 2 ½ levyissä.

Rakkuloitumisen perusteella pinnoitteita oli siis vaikea keskenään vertailla. Esikäsitteilyn vaikutus rakkuloitumisen määrään oli kuitenkin huomattavissa. Sa 3 -esikäsitellyissä, sinkkipölymaalilla maalatuissa levyissä rakkuloitumista ei ollut, mutta Sa 2 ½ ja St 3 -esikäsitteilyasteiden levyissä rakkuloitumista oli. Suihkupuhdistetuissa Tectyl-pinnoitetuissa levyissä ei kuitenkaan ollut juurikaan korroosiovaikutusta viiltolinjan ulkopuolella. Näiden arvioiden mukaan voidaan ainakin todeta, että rakkuloitumista Tectyl-korroosionestoaine kestäisi suihkupuhdistetulla pinnalla paremmin kuin sinkkipölymaali. Sinkkipölymaalilla maalattuiden levyjen rakkuloituminen oli pääosin kuitenkin reunojen ja viiltoalueen lähetyvillä, joten ainakin levyjen reunoissa on sinkkipölymaalin kuivakalvonpaksuus saattanut jäädä alhaiseksi, ja rakkuloitumista on sen takia muodostunut reuna-alueille. Sinkkipölymaalilla maalatuissa levyissä oli kuitenkin viillon vieressä levyn keskellä selvää rakkuloitumista. Näissä kohdin myös kuivakalvonpaksuus oli 60–80 µm.

Ruostumisaste

Ruostumisasteet määritetään standardissa SFS-EN ISO-4628-3. (taulukko 2.) Levyjen ruostumisastetta arvioitiin standardin mukaisten esimerkkikuvien avulla.

Suihkupuhdistetuissa sinkkipölymaalilla maalatuissa levyissä ruostumista oli vähemmän kuin Tectyl-pinnoitetuissa levyissä. Varsinkin teräsharjauksella esikäsiteltyihin Tectyl-pinnoitettuihin levyihin muodostui huomattavan paljon ruostetta (Ri 5). Kuitenkin esikäsitteilyasteeseen Sa 3 -suihkupuhdistetut Tectyl-pinnoitetut levyt kestivät korroosion vaikutuksia hyvin niiltä osin, kun pinnoite oli ehjä.

Taulukko 2. Ruostumisasteet ja ruostumisalueet Standardin SFS-EN ISO 4628-3 -mukaisesti

Ruostumisaste	Ruostunut alue %
Ri 0	0
Ri 1	0,05
Ri 2	0,5
Ri 3	1
Ri 4	8
Ri 5	40....50

Sinkkipölymaalatuiden levyjen ruostuminen kohdistui lähinnä viillon läheisyyteen, sekä levyjen reunojen läheisyyteen. Sinkin teräkselle antama katodinen suojaus on siis pettänyt pääosin vain viillon ja reunojen läheisyydestä. Teräsharjatuissa levyissä ruostumista oli havaittavissa enemmän kuin suihkupuhdistetuissa levyissä. Taulukossa 3. esitetään suolasumukokeen tuloksia ruostumisen kannalta (taulukko 3). Taulukon ruostumisalueen prosentuaalinen arviointi perustuu visuaaliseen tarkasteluun ja sitä kautta arvioituun alueeseen.

Taulukko 3. Suolasumukokeen tulokset ruostumisasteen suhteen eri levytyypeille.

Pinnoite	Tectyl	Tectyl	Sinkki- pöly- maali	Tectyl	Tectyl	Sinkki- pöly- maali	Sinkki- pöly- maali
Esikäsitteily	ei	St 3	St 3	Sa 2 1/2	Sa 3	Sa 2 1/2	Sa 3
Ruostunut alue	95 %	75 %	25 %	20 %	5 %	5 %	< 5 %
Ruostumis aste	Ri 5	Ri 5	Ri 5	Ri 5	Ri 3	Ri 3	Ri 3

Tectyl-pinnoitetuissa levyissä suuri osa ruosteesta oli raaputettavissa pois levyjen pinnalta, kun taas sinkkipölymaalilla pinnoitetuissa levyissä ruoste oli huomattavasti kovemmin kiinni alustassa. Kun Tectyl-pinnoitetuista levyistä raaputettiin ruoste pois, ei alustassa näkynyt suurempia vaurioita. Voidaan kuitenkin arvioida, että Tectyl-pinnoitetuiden levyjen massahäviö olisi ollut suurempi, jos se olisi mitattu.

7 Yhteenveto

7.1 Prosessikuvaus

Prosessikuvauksessa keskityttiin mainitsemaan ennen kaikkea asioita, joilla on suurin merkitys lopputuotteiden laatuun. Kun työvaiheet tehdään prosessikuvauksen mukaisesti, tulee lopputuotteista laadullisesti vaatimusten mukaisia. Näin myös tuotteiden korjaustyötä voidaan vähentää ja tuotteiden sovitut toimitusajat toteutuvat varmemmin. Keskeisiä asioita prosessikuvauksessa oli esimerkiksi terästyön laadun tarkastaminen. Kun terästyön laatua seurataan tarkemmin, voidaan siitä myös raportoida asiakkaalle ja näin asiakas saa arvokasta tietoa heidän komponenttien valmistajan terästyön laadusta. Terästyön laadun puutteista on tärkeää ilmoittaa Bronto Skylift Oy:lle, koska mahdolliset virheet terästyössä voivat olla vakavia koko tuotteen laadun kannalta, eikä pelkästään pintakäsittelyyn. Jos terästyössä havaitaan isoja virheitä, tulee tuotteet lähettää

korjattaviksi. Terästyön laadun tarkastamisen kehitysajatuksena on kouluttaa henkilöstöä tehtävään aiempaa syvemmin.

Puhallusrakeiden jääminen tuotteiden kotelorakenteisiin ja muille pinnoille on yksi keskeisistä virheistä, mikä pintakäsittelytyössä voi tapahtua. Tuotteiden ripustelun yksityiskohdat sekä puhdistusraetta keräävät poteromaiset rakenteet tulisi tunnistaa, jotta tuotteet saadaan täysin puhtaiksi pintakäsittelyä varten. Prosessikuvauksessa on painotettu paineilmapuhdistuksen tärkeyttä raesuihkupuhdistuksen jälkeen sekä ennen eri maalaustyövaiheita.

Kittaus- ja hiontatöiden puutteellisuus tulee esiin viimekädessä, kun tuote on maalattu kiiltävällä pintamaalilla, ja täten virheet kyseisessä työvaiheessa lisäävät korjaustyön määrää huomattavasti. Kittaus- ja hiontatyön laatu on pystyttävä toteamaan jo ennen pintamaalausta.

Pintamaalaustyövaiheen onnistuminen riippuu monesta eri asiasta. Prosessikuvauksessa mainittujen asioiden varmistaminen ennen maalaustyötä on oleellista laadukkaan lopputuotteen kannalta. Kotelorakenteiden pintakäsittely on niin ikään tärkeää tehdä laadukkaasti jokaisen tuotteen kohdalla. Työn suoritus on erilainen riippuen tuotteesta ja pintakäsiteltävät rakenteet saattavat olla luoksepäästävyden kannalta erittäinkin haastavia. Kun tuotteen luoksepäästävyden kannalta vaativat paikat ovat työntekijöiden tiedossa ja työvälit ovat tarkoituksen mukaiset, saadaan kotelorakenteet suojattua korroosiolta vaatimusten mukaisesti. Edellytyksenä onnistuneeseen korroosionestomaalaukseen on myös tuotteiden oikeanlainen suunnittelu. Prosessikuvauksen mukaisella työn toteutuksella on huomattava merkitys tuotteiden korroosionestomaalauksen onnistumisen kannalta.

Prosessikuvauksessa laadun kannalta kriittisiksi työvaiheiksi tunnistettiin siis puhdistusrakeen poistaminen rakenteista, teräksen pinnan kittaus – ja hiontatyöt, pintamaalaus sekä tuotteen lopputarkastus. Nämä ovat myös yleisimpiä työvaiheita, joissa pintakäsittelytyön virheet ovat kyseisessä prosessissa tapahtuneet. Lisäksi terästyön laadun tarkastaminen on kriittinen työvaihe.

Prosessikuvauksessa esitettiin myös uusia kehitysideoita, kuten terästyön laaduntarkastus-koulutus henkilöstölle, korivarsien tuplaripustelu, paineilmapuhdistus työvaiheen

kehitysideat, tuotteen esitarkastus uunissa sekä pintakäsittelyn dokumentoinnin muokkaaminen sähköiseen muotoon. Lisäksi maalauspöytäkirjaa ollaan muokkaamassa asiakas kohtaiseksi, joten prosessikuvauksesta voisi olla sen laatimisessa hyötyä.

Jo käyttönotetuista uudistuksista korivarsien tuplaripustelulla on ollut positiivista vaikutusta tuotannon tehokkuuteen. Korivarret vievät yksinään ripusteltuna esimerkiksi usean jalustan verran tilaa tuotanto linjasta. Kun korivarsia laitetaan kaksi päällekkäin, ripustelukapasiteetti kasvaa. Näin tilaa saadaan muille tuotteille enemmän esimerkiksi maalausammioon, esikäsittelypisteelle tai uuniin, eikä prosessiin muodostu niin herkästi pulonkaulaa. Esitarkastus uunituksen aikana helpottaa tuotteiden korjaustyöntarpeiden sekä logistiikan suunnittelua. Kun esitarkastus tehdään, syntyy vähemmän tilanteita, joissa maalipinnan kriittisempiä visuaalisia virheitä huomataan vasta silloin, kun kappaleen ennustettu läpimenoaika on jo ylittymässä.

Prosessikuvaus tuo FSP:n ja Bronto Skyliftin välille lisää läpinäkyvyyttä. FSP:n muut toimipaikat saavat myös lisätietoa Hämeenlinnan tuotantoprosessista, sekä maalattavista tuotteista. Tämä voi parhaimmillaan johtaa toimipisteiden välisiin kehitysideoihin tuotantoprosesseissa. Prosessikuvauksen mukaisen työn toteutus uudistuksineen vaatii jatkuvaa valvontaa.

7.2 Tarkastusohje

Tarkastusohjeen lopullisista vaikutuksista tuotantoon saadaan konkreettisia tuloksia vasta myöhemmin, kun se otetaan käyttöön. Tarkastusohjeeseen saatiin sisällytettyä kaikki työvaiheet, jotka tarkastustyö sisältää. Lisäksi pintakäsittelytyön aikaisemmin tehdyistä virheistä saatiin monipuolisesti kuvia tarkastusohjeeseen. Myös muista tarkastus- ja pakkaus työvaiheiden tehtävistä on kuvia työohjeessa. Kuvien avulla on helpompi tunnistaa maalausvirheitä. Tarkastustyöohje voi vähentää työntekijöiden muistikapasiteetin kuormitusta ja myös sitä kautta helpottaa tarkastustyötä.

7.3 Korroosiotestaus

Tectylin vahamaiseen pintaan ruostetta muodostui enemmän ja ruoste oli heikosti kiinni alustassa. Sinkkipölymaalilla maalattuihin levyihin syntyi taas enemmän rakkuloita, joista korroosio eteni. Korroosio oli kuitenkin kauttaaltaan kovaa kiinni alustassa. Sinkkipölymaali muodostaa myös kovettuessaan kovan kalvon, kun taas Tectyl-pinta jää pehmeäksi ja tahmeaksi. Voidaan kuitenkin todeta, että ruostumista tapahtui vähemmän sinkkipölymaalilla maalatuissa levyissä. Esikäsitteilyn vaikutus pinnoitteiden toimintaan todettiin kuitenkin merkittäväksi molempien pinnoitteiden kohdalla. Tectyl-korroosionestoaineen suorituskyky hyvin huolellisesti suihkupuhdistetulla pinnalla oli jopa ennako-odotuksia parempi, mutta suihkupuhdistamattomalla, hyvin vähän ruostuneissa levyissä korroosionestokyky oli heikompi. Lisäksi testi antoi viitteitä siitä, että pienikin määrä alkanutta ruostumista pinnoitteiden alla vaikutti merkittävästi niiden pitkäaikaiskestävyyteen. Etenkin Tectyl-korroosionestoaineen alla ruostuminen alkoi edetä nopeasti koko levyn alueella.

Sinkkipölymaalilla pinnoitetut levyt ruostuivat suolasumutestissä vähemmän, joten lähtökohtaisesti tuotteiden kotelorakenteiden korroosiosuojaus kannattaa tehdä sinkkipölymaalilla. Tuloksia ei voida kuitenkaan pitää täsmällisenä tietona pinnoiteyhdistelmän pitkäaikaiskestävyydestä. Testin perusteella Tectyliä kannattaa pitää jatkossakin vain viimeistelyvaiheen korroosiosuoja-aineena. Testissä ei mitattu massanmuutosta, jota voidaan pitää yhtenä insinööriyön virheenä. Massanmuutoksen mittaamisella olisi saatu lisätietoa korroosion vaikutuksista testilevyihin. Suolasumukokeeseen olisi voinut ottaa mukaan myös vaihtoehtoisia pinnoitteita, kuten esimerkiksi muiden valmistajien sinkkipölymaaleja, tai Mastic-maaleja. Mastic-maaleilla voidaan maalata heikommin esikäsiteltyä alustaa. Tätä ei kuitenkaan tehty insinööriyön aikataulun takia.

Lähteet

- 1 Laitinen, Kai. 2018. Määritelmä-Esikäsittely. 1. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 2 Teräs. Verkkoaineisto. Teräsrakenneyhdistys. <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/teras-materiaalina/terasta-ja-rautaa/>. Luettu 20.3.2021.
- 3 Laitinen, Kai. 2018. Määritelmä-Esikäsittely. 2. Rakenteissa käytettävät metallit. 3. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 4 SFS-EN ISO 12944-2. Maalit ja lakat. 2018. Teräsrakenteiden korroosionesto suojaamaalyhdistelmillä. Osa 2. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 5 Laitinen, Kai. 2018. Määritelmä-Esikäsittely. Korroosio. Maalien suojaustavat. Katodinen suojaus. Luentomonisteet 33–43. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 6 Opintojaksomateriaalit. Korroosionestomaalaus ja kuumaupotus. Maalikemia. Osa 4. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 7 SFS-EN ISO 12944-3. Maalit ja lakat. 2018. Teräsrakenteiden korroosionesto suojaamaalyhdistelmillä. Osa 3. Rakenteen suunnitteluun liittyviä näkökohtia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 8 SFS-EN ISO 8501-3. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. 2008. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 3. Hitsien, leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden esikäsittelyasteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 9 SFS-EN ISO 12944-4. Maalit ja lakat. 2017. Teräsrakenteiden korroosionesto suojaamaalyhdistelmillä. Osa 4. Pintatyypit ja pinnan esikäsittely. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 10 Flink, Raimo (toim.); Killström, Tiina (toim.); Kilpinen, Juha (toim.); Kotilainen, Pekka (toim.); Tuisku, Leena (toim.) Metallipintojen teollinen maalaus. 5. korjattu painos. Tikkurila Oy. Vantaa.
- 11 Numminen, Veikko. SFS-EN 1090-1 ja -2 pintakäsittelyn kannalta ja CE-merkintä. Teräsrakenneyhdistys- Pintakäsittelyjaos. Luettu 3.4.2021.
- 12 Pohjola, Petri. 2019. Raesuihkupuhdistus. Verkkoaineisto. Koulutuskuntayhtymä Tavastia. <<https://www.telogtavastia.fi/raesuihkupuhdistus/>> 4.7.2019. Luettu 3.4.2021.

- 13 Kiminki, Henri. 2015. Suihkupuhdistuksen tehokkuuden parantaminen. Insinööri-työ. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 14 Laitinen, Kai. 2018. Määritelmä. Esikäsittely. Raesuihkupuhdistus. Puhdistusra-keet. Luentomonisteet 132–156. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 15 Teknos Oy. 2013. Korroosionestomaalauksen käsikirja. E-kirja. Teknos.fi.
- 16 Sideaineiden ja maalityyppien kehityksestä. Verkkoaineisto. Tikkurila Oyj. <<https://tikkurila.fi/pro/artikkeli/sideaineiden-ja-maalityyppien-kehityksesta>>. Lu-ettu 2.5.2021.
- 17 SFS-EN ISO 12944-5. Maalit ja lakat. 2019. Teräsrakenteiden korroosionesto suo-jamaaliyhdistelmillä. Osa 5. Suojamaaliyhdistelmät. Helsinki: Suomen Standardi-soimisliitto SFS ry.
- 18 Metallimaalit ja niiden käyttö. Verkkoaineisto. Pintaweb. <<http://pintaweb.net/perusmetallimaalit.pdf>> Luettu 22.4.2012.
- 19 Paint coatings. Verkkoaineisto. <https://www.steelconstruction.info/Paint_coatings#Intermediate_coats>. Luettu 2.4.2021.
- 20 Laitinen, Kai. 2018. Maalin levitys, maalauksen suoritus. Maalin levitysmenetelmät. Luentomonisteet 1–2. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 21 Häkli, Markku. 1990. Ruiskumaalaus. Helsinki: Opetushallitus.
- 22 SFS-EN ISO 12944-7. Maalit ja lakat. 2017. Teräsrakenteiden korroosionesto suo-jamaaliyhdistelmillä. Osa 7. Maalaustyön toteutus ja valvonta. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- 23 Laitinen, Kai. 2018. Laadunvalvonta ja maalaustarkastus. Luentomonisteet. Met-ropolia Ammattikorkeakoulu.
- 24 Lepomäki, Marko. Alihankintaostaja. Salminen, Matti. Laativastaava. Bronto Sky-lift Oy, Pori: Keskustelu 10.3.2021.
- 25 SFS-EN ISO 12944-1. Maalit ja lakat. 2017. Teräsrakenteiden korroosionesto suo-jamaaliyhdistelmillä. Osa 1. Yleistä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 26 Laurila, Ilkka. 2021. Alihankintaostaja, Bronto Skylift Oy, Tampere: Keskustelu 26.3.2021

- 27 SFS-EN ISO12944-6. Maalit ja lakat. 2018. Teräsrakenteiden korroosionesto suo-
jamaaliyhdistelmillä. Osa 6. Laboratoriomenetelmät suorituskyvyn testaamiseksi.
Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 28 SFS-EN ISO 9227. Korroosiokokeet keinotekoisissa kaasuympäristöissä.2017.
Suolasumukokeet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Liite 1. Tarkastustyöohje

Lopputarkastusohjeet Bronto Skylift Oy:n tuotteisiin

Kaikkien osien kohdalla tehdään seuraavat tarkastus- ja pakkaustoimenpiteet.

1. Visuaalinen tarkastus

Tarkastus aloitetaan visuaalisella tarkastuksella kappaleen ulkopuolelta. Visuaalinen tarkastus tehdään aina kappaleen ollessa vielä ripustettuna. Tarkastajan tulee varmistaa, että valaistus on tarkastukseen riittävä. Apuna voi käyttää taskulamppua tai liikutettavaa kohdevalaisinta. Kaikenlaiset maalipinnan virheet tulee tässä vaiheessa paikantaa. Tuotteita tulee käsitellä aina puhtailla hanskoilla. Kaikki maalausvirheet tulee merkitä tuotteisiin teippiä käyttämällä. Mahdollisesta korjaustyöstä on aina ilmoitettava lähettämötyöntekijälle tai työnjohtajalle.

Esimerkkejä mahdollisista maalipinnan virheistä kappaleen ulkopuolella:

Valumat

Valumat ovat yleensä helposti huomattavissa kappaleen pinnalta varsinkin, jos valaistus on riittävä. Valumat ovat tuotteen pystysuorilla pinnoilla. Joskus tuotteissa voi olla myös hieman vaikeammin havaittavissa olevia valumaverhoja. Joskus valumaverho (kuva 13.) voi olla niin pieni, että sen vaikutus tuotteen ulkonäköön voi olla hyvinkin olematon. Näissä tapauksissa asiaa on kysyttävä työnjohdolta tai laatuvaikuttajalta.



Kuva 1. Selkeä valumaverho jalustan kyljessä

Teräspinnan syöpymä

Pintamaalauksen jälkeen tuotteissa ei saa näkyä teräspinnan syöpymää, eli karttakuviomaista epätasaisuutta. Kaikki kohdat, joissa epätasaisuutta näkyy, on korjattava. Yleensä syöpymää on vain tukijaloissa, mutta myös muut tuotteet on

syöpymän osalta tarkastettava. Jos syöpymää on tukijalan vaakaosuuden alapinnassa, ei sitä tarvitse korjata.



Kuva 2. Teräspinnan syöpymää hyvin nähtävillä pohjamaalauksen ja hionnan jälkeen.

Roskat

Roskat ovat yleisesti ottaen tuotteiden päälipinnoilla. Irtonaiset roskat poistetaan paineilmaa käyttämällä. Maalipinnassa kiinniolevat olevat roskat ja niiden aiheuttama karheus tulee poistaa pinnoilta hiomalla. Hionnan jälkeen tuote täytyy aina korjausmaalata. Yksittäiset pienet roskat eivät aina ole syy tuotteen hylkäämiseksi.

Maalaamattomat paikat

Maalaamatta jääneet paikat tarkoittavat kohtia, joissa teräspinta tai pohjamaali näkyy pintamaalauksen jälkeen. Pintamaali voi olla myös ruiskutettu peittävästi, mutta liian ohuelti, jolloin pinta on yleensä karhea. Kaikki maalaamatta tai liian vähällä maalimäärällä maalatut paikat on korjausmaalattava. Usein maalaamatta jääneet kohdat ovat hankalasti ruiskutettavia paikkoja, joiden korjausmaalauksen voidaan tehdä sivellinmaalauksena. Siveltimellä ei voi kuitenkaan korjausmaalata tuotteiden näkyviin jääviä isoja pintoja.

Kuopat ja lommot teräspinnassa

Teräspintaan on saattanut jäädä kittaamattomia kuoppia tai lommoja. Näiden teräspinnan virheiden kokoa ja laatua on

syytä arvioida ennen korjaustoimenpiteitä. Lähtökohtaisesti niitä ei kuitenkaan pinnoilla saisi olla. Korjattavat pinnat on kitattava, hiottava ja korjausmaalattava.

Puhdistusrae

Kaikki puhdistusrae pitää saada tuotteen sisältä pois ennen kuin se pakataan. Puhdistusraetta on yleensä kerääntynyt kappaleen kotelorakenteisiin.



Kuva 3. Puhdistusraetta läpiviennin lähellä tuotteen sisäosassa. Puhdistusrae täytyy saada poistettua tuotteesta.

Kaikki korjausmaalaustyöt näkyviin jäävillä isoilla pinnoilla on suoritettava hajotusilmaruiskulla niin, ettei tuotteisiin jäisi niin sanottuja työsaumoja. Maalatut pinnat rajataan esimerkiksi hitsaussaumoihin tai muihin epäjatkuvuuskohtiin, teippiä ja suojamuovia käyttämällä.



Kuva 4. Tukijalan vaakapalkin yläosassa korjausmaalattavaa. Tuotteen muut maalipinnat suojattu teippimuovilla. Virheellinen maalipinta täytyy korjata aina isommalta alueelta ja se rajataan epäjatkuvuuskohtiin, kuten reunoihin ja hitsausseamoihin.

2. Kuivakalvonpaksuuden mittaaminen

Ennen kuivakalvonpaksuuden mittausta tarkastajan on kalibroitava käytettävä mittari. Kalibrointi suoritetaan vaadittua nimelliskalvonpaksuutta vastaavalle alueelle, eli yleensä

lähelle arvoa 120 μm . Kuivakalvon mittaus tulee myös suorittaa kappaleen ollessa vielä ripustettuna. Tämä nopeuttaa korjaustoimenpiteitä, jos alikalvopaikkoja löytyy. Kuivakalvon vaadittu nimelliskalvonpaksuus on 120 μm , jos työmääräimessä ei toisin ole ilmoitettu. Tämä siis tarkoittaa, että alin sallittu yksittäinen kuivakalvonpaksuus mittaus on 96 μm . Jos tarkastajan tekemissä mittauksissa esiintyy yksittäinen alikalvopaikka, voidaan tehdä uusintamittaus. Uusintamittauksen mittauspaikan on oltava enintään 10 millimetrin etäisyydellä aikaisemmin saadusta alikalvomittauspaikasta. Jos tämäkin mittaustulos alittaa 96 μm , mittaustulos hylätään ja maalikalvo joudutaan korjaamaan kyseiseltä alueelta. Mittaustulosten keskiarvon on oltava yhtä suuri tai suurempi kuin kuivakalvon nimellispaksuus 120 μm . Alla olevasta taulukosta tarkastaja voi arvioida tarvittavien yksittäismittausten määrää. Mittaustulokset on merkittävä maalauspöytäkirjaan.

Taulukko 1 Näytteenottosuunnitelma

Tarkasteltavan alueen pinta-ala tai pituus m^2 tai m	Mittausten vähimmäismäärä	Sallittujen uusintamittausten enimmäismäärä (ks. kohta 6.3)
Enintään 1	5	1
Yli 1-3	10	2
Yli 3-10	15	3
Yli 10-30	20	4
Yli 30-100	30	6
Yli 100 ^a	lisätään 10 jokaista 100 m^2 tai 100 m tai sen osaa kohti	20 % mittausten vähimmäismäärästä

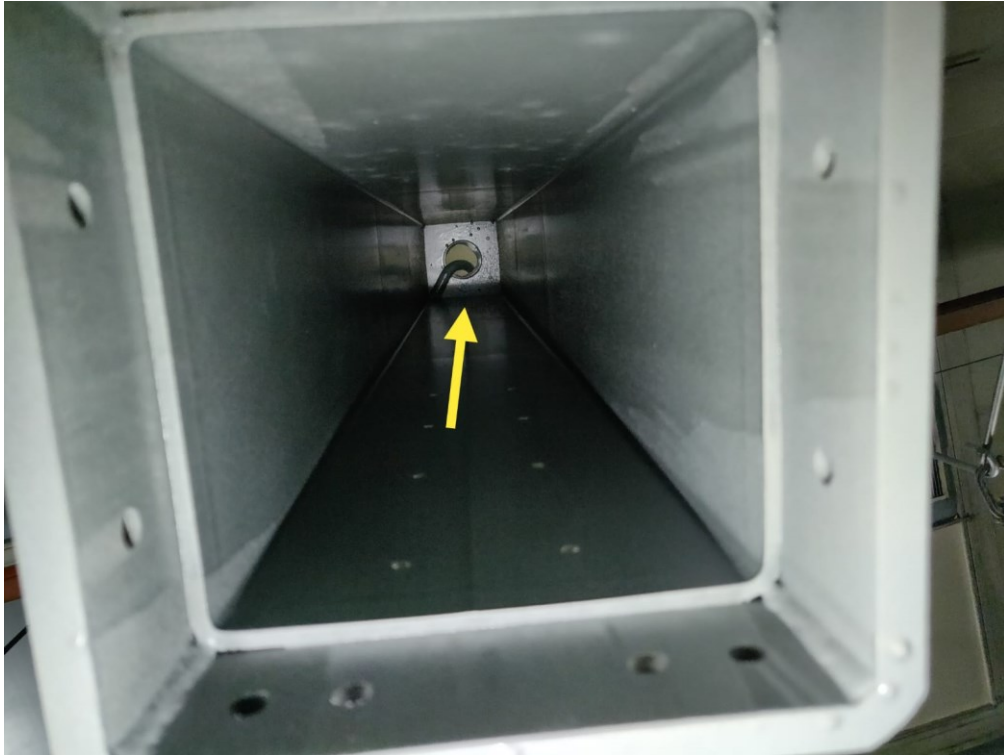
^a Yli 1 000 m^2 :n pinta-alat olisi jaettava pienempiin tarkasteltaviin alueisiin.

3. Tuotteiden kotelorakenteiden pintakäsittelyn tarkastaminen

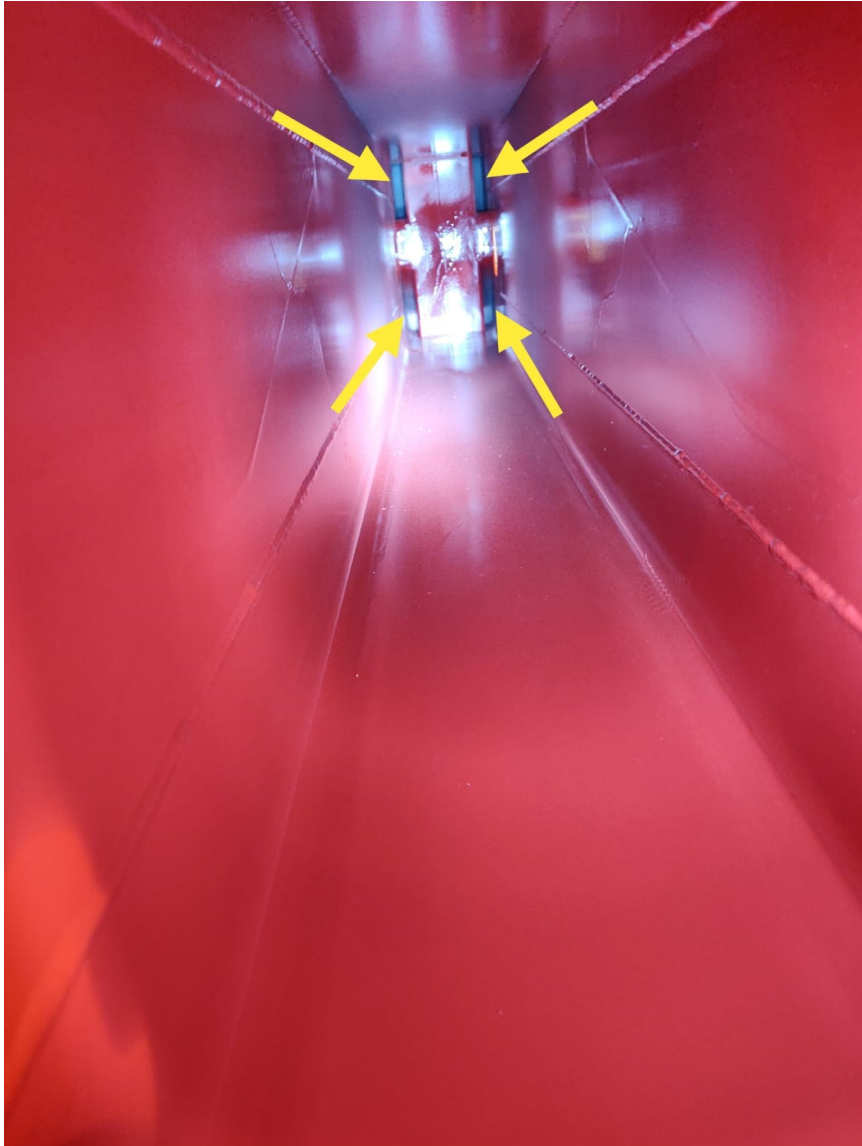
Kaikkien tuotteiden kotelorakenteiden tulee olla pintakäsittely kauttaaltaan. Jos tarkastusvaiheessa huomataan raa-kaa teräspintaa tuotteiden kotelorakenteissa, on paikat pintakäsiteltävä Tectyl-korroosionestoaineella. Jalustojen kohdalla kotelorakenteen pintakäsittelyn tarkastaminen on hankalaa, koska paikkoihin ei ole juurikaan näköyhteyttä. Tukijalkojen, kori- ja nivelvarsien kohdalla kuitenkin tarkastus on taskulampun avulla helposti suoritettavissa. Alapuolella esimerkkejä kotelorakenteiden paikoista, jotka yleensä vaativat Tectyl-korjauksen tekemistä.



Kuva 5. Tectyliä levitetty paljaan teräspinnan päälle nivelvarren pätyyn, sekä kapeisiin välikköihin, joissa on pätkähitsejä.



Kuva 6. Tukijalanpystyputken sisäosan tulee olla maalattu sinkkipölymaalilla. Jos sinkkipölymaalia ei ole joka paikassa, tulee näkyviin teräspintoihin lisätä Tectyliä. Lisäksi alaosasta pitäisi olla pintamaalattuna noin 20 cm ylöspäin.



Kuva 7. Tukijalan vaakaosan sisäosan päädyssä olevat teräspinnat tulee suojata Tectylillä, jos niitä ei ole maalattu sinkkipölymaalilla tai muilla maalikerroksilla.

Kuvissa siis esitetään yleisempiä puutteita kotelorakenteiden pintakäsittelyssä. Muissakin paikoissa voi olla raakaa teräspintaa näkyvillä. Etenkin korivarsien kohdalla tarkastajan on oltava huolellinen, jotta kaikki paikat saadaan korroosiosuojattua. Tectylöinti-vaiheessa kannattaa tuotteesta ottaa

viimeisetkin maalaussuojat ja -tulpat pois. Näin voidaan helpottaa Tectyl-korroosionestoaineen levitystyötä ja mahdolliset käsittelemättömät teräspinnat voidaan paikantaa helpommin. Tectyliä tulisi levittää ohuehko ja tasainen kerros, jos se on vain mahdollista.

Tukijalkojen ja korivarsien sisäosan maalipinnan täytyy olla roskaton. Jos sisäosan tasopinnoilla on roskaa tai puhdistusraetta, tulee ne poistaa teräslastalla työntämällä tai hiomalla. Roskan poiston jälkeen tuotteen voi paikata esimerkiksi telamaalauksella.

4. Tuotteen alas laskeminen

Kun tarkastustyövaiheet 1, 2 ja 3 on suoritettu, voidaan tuote laskea alas, mikäli siihen ei ole tulossa merkittäviä korjausmaalaustoimenpiteitä. Yleensä pienet korjausmaalaukset voidaan suorittaa tuotteen ollessa kuormalavalla. Tuotteet pitää laskea kuljetinradalta alas noudattaen erityistä varovaisuutta, etteivät maalatut pinnat vaurioituisi. Tuotteen ja lavan/häkin väliin on aina laitettava solumuovia ja pahvia, etteivät maalipinnat vaurioidu. Kun tuotteet on laskettu alas, on varmistettava, ettei niihin jää kiinni FSP:n maalaussuojia. Koneistetuilta pinnoilta tulee poistaa mahdolliset maaliroskeet

varovasti katkoteräveitsellä. Lisäksi koneistettuihin pintoihin levitetään suojavahaa, etteivät ne pääse ruostumaan kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Lopuksi tuotteesta paikkaamallaan ripustuskoukkujen jättämät maalaamattomat kohdat ja tuotteet kiinnitetään pakkausaluksiin muovisella pakkausvanteella. Pakkausvanteen ja osan väliin on aina laitettava pahvia ja solumuovia. Tuotteiden tulee olla kiinni alustassaan tukevasti.

5. Dokumentaatio

Tarkastajan vastuulla on täyttää maalauspöytäkirja loppuun, sekä tarkastaa sen aiemmat merkinnät. Jos pöytäkirjassa on puutteita, tulee se palauttaa sen työvaiheen tekijälle, jolta merkinnät ovat jääneet tekemättä. Lisäksi tarkastajan vastuulla on tarkastaa pöytäkirjasta, että tuote on jäljitettävissä. Tuotteesta pitää olla maalauspöytäkirjassa stanssattu piirustusnumero ja stanssattu osanumero. Nivelvarsien ja korivarsien kohdalla on merkittävä myös stanssattu järjestysnumero. Pöytäkirjaa ei hyväksytä ilman edellä mainittuja numeroita. Täytetty maalauspöytäkirja toimitetaan työnjohdolle.



Kuva 8. Tukijalkojen oikeaoppinen pakkaus. Tukijalkojen välissä puutavaraa ja solumuovia, etteivät osat hankaisi toisiaan kuljetuksen aikana.



Kuva 9. Oikein pakattuja tukijalkoja tukijalkahäkin päällä. Tässäkin tapauksessa tulee tukijalkojen välissä olla puutavaraa.