

Martti Mäkitalo

Jauhemaalauslinjan laadun varmistus

Opinnäytetyö

Syksy 2012

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto:

Tekijä: Martti Mäkitalo

Työn nimi: Jauhemaalauslinjan laadunvarmistus

Ohjaaja: Jorma Mettälä

Vuosi: 2012 Sivumäärä: 58 Liitteiden lukumäärä: 2

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lapualla toimivalle Mever Oy:lle. Opinnäytetyön aiheena oli yhtiön pintakäsittelylinjalla todetut ongelmat ja löytäminen ratkaisun ongelmien poistamiseksi. Opinnäytetyössä käsitellään myös pintakäsittelyssä käytettäviä standardeja.

Kirjallisuustutkimuksen avulla selvitettiin ensin metallikappaleiden pintakäsittelyn vaiheet ja pintakäsittelyn kustannuksien muodostumisen periaatteet. Kirjallisuustutkimuksen seuraavassa vaiheessa tutkittiin metallikappaleiden pintakäsittelyä koskevia standardeja ja sitä miten standardeja käyttäen voidaan seurata ja todeta pintakäsittelyn laatua. Seuraavassa vaiheessa tutkittiin pintakäsittelyssä ilmenneitä ongelmia.

Varsinainen työ aloitettiin tutustumalla laitteiston toimintaan ja yleiskuntoon. Sen jälkeen käytiin läpi laitteiston toiminta vaihe vaiheelta dokumentoiden laitteiston toiminnasta löydetyt ongelmat. Ongelmakohtat korjattiin saman tien ja työn varsinainen tavoite, pintakäsittelylaitteiston maalausjälki, saatiin paremmaksi. Työn tuloksena löydettiin selkeitä toimenpidetarpeita, joiden suorittamisen jälkeen saavutettiin parempi lopputulos. Lisäksi laadittiin selkeä järjestelmä, jolla voidaan todeta numeerisesti saavutetut tulokset ja joita voidaan verrata asetettuihin tavoitteisiin.

Avainsanat: pinnoitus, jauhemaali, kitkavastus, rautafosfointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Technology

Specialisation: Machine Automation

Author: Martti Mäkitalo

Title of thesis: The quality assurance of coating line

Supervisor: Jorma Mettälä

Year: 2012 Number of pages:58 Number of appendices:2

This thesis was made for Mever Oy, which operates in Lapua. The purpose of this thesis was to solve the noted problems that appear on coating line. Also the standards, which are used in coating, were dealt with, too.

The theory part was started by studying literature on the phases of coating and their cost formation principles. Next, information on the standards, connected to the coating of metal pieces, was searched to find out how the standards can be utilized when observing the quality of coating. Last, literature was studied to find information on the problems of coating.

The practical work was started by getting acquainted with the condition and the function of coating equipment. After that the function of the equipment was gone through step by step, noting the found problems. The problems were fixed right away and the quality of coating line improved, which was the main goal of this thesis. The result of this work was that needs for measures were found and after taking them, better results were reached. In addition, a system for noting the reached results numerically was prepared so that the results can be compared with the set aims.

Keywords: coating, powder paint, friction resistor, iron phosphating

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1. JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite ja toteutustapa	9
1.3 Työn rakenne	9
2. JÄRJESTELMÄN KUVAUS.....	10
3. PINTAKÄSITTELYN TEORIAA	13
3.1 Pintakäsittely	13
3.2 Esikäsittely	16
3.3 Maalaus	20
3.3.1 Jauhemaalau.....	21
3.3.2 Jauhemaalit	22
3.3.3 Jauhemaalauslaitteet	23
3.3.4 Jauhemaalauskaapit ja talteenottolaitteet	25
3.3.5 Käytännön maalaustyö	27
4. TOIMENPITEET	33
4.1 Pesu- ja fosfointi.....	33
4.2 Huuhtelu ja kuivaus.....	36
4.3 Maalaus	38
4.4 Lämpöuuni	43
4.5 Laadun tarkastus.....	45
5. TULOKSET JA YHTEENVETO	51
LÄHTEET	58
LIITTEET	59

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Mever Oy:n tuotteita.....	9
Kuva 2. Mever Oy:n rautafosfatointi- ja jauhemaalaukslinjan ohjausyksikkö	33
Kuva 3. Jättesankokaulus Mever Oy:n jauhemaalaukskaapissa.....	38
Kuva 4. Mever Oy:n jauhemaalaukskaapin ohjausyksikkö.....	39
Kuva 5. Mever Oy:n käyttämän jauhemaalauksjärjestelmän yleiskuva.....	41
Kuva 6. Mever Oy:n lämpöuunin ohjausyksikkö.....	43
Kuva 7. Lämpöuunin lämpökäyrä.....	44
Kuva 8. Mever Oy:n käyttämä kalvonpaksuusmittari.....	47
Kuva 9. Hilaristikkokokeeseen tarvittavat laitteet.....	49
Taulukko 1. Yleisimpien jauhemaalityyppien ominaisuuksien vertailu.....	23
Taulukko 2. Eri varausmenetelmien ominaisuuksien vertailu.....	24
Taulukko 3. Eri maalilaatujen polttolämpötila ja polttoaikojen vertailu.....	30
Taulukko 4. Kuivakalvonpaksuuden määrittäminen.....	46
Taulukko 5. Maalipinnan luokittelu.....	48
Taulukko 6. Astiankuivaushyllyjen maalauspinnan paksuus.....	52
Taulukko 7. Lankakorien maalauspinnan paksuus.....	53
Taulukko 8. Jättesankokaulusten maalauspinnan paksuus.....	54
Taulukko 9. Jättesankokaulusten hilaristikkokoe.....	56

Käytetyt termit ja lyhenteet

pH	Aineen happamuus ilmoitetaan tavallisesti pH-asteikolla. Happamuus kuvaa positiivisten vetyionien (H^+ eli protonien) aktiivisuutta liuoksessa. Puhtaan veden pH 25 °C: eessa on noin 7, joka on määritelty neutraaliksi. Kun pH on pienempi kuin 7, aine on hapan ja kun se on suurempi, on aine emäksinen.
Rautafosfointi	Rautafosfointia käytetään sisäkäyttöön tulevien terästuotteiden esikäsitteilyä. Rautafosfointikylpy sisältää rasvaa poistavia tensidejä eli pinta-aktiivisia aineita ja se muodostaa teräksen pintaan ohuen korroosiota hidastavan ja maalin tartuntaa parantavan rautafosfaattikerroksen.
Jauhemaali	Jauhemaali on sideaineesta, kovetteesta, pigmenteistä, täyteaineista ja lisäaineista koostuva tasalaatuiseksi jauhettu maaliaine. Sideaine ja kovete reagoivat keskenään, kun jauhemaalaa kuumennetaan uunissa. jauhemaalaja on useita eri tyyppisiä.
Jauhepistooli	Jauhepistooli on maalijauheen levitykseen maalattavan kappaleen pinnalle käytettävä laite.
Venturi	Venturi-putkea hyödynnetään maalijauheen levityksessä kappaleen pinnalle. Venturi-ilmiössä virtaavan fluidin eli väliaineen nopeus suurenee ja paine pienenee, kun se kulkee kavennetun putken läpi

Kalvon paksuus	Kalvon mitattavissa oleva vahvuus. Kalvo on ohut ainekerros, joka voi muodostua nesteestä tai kiinteästä aineesta toisen aineen pinnalle. Kalvo suojaa ainetta ja se kantaa kuormaa vain tangentiaalisessa suunnassa,
Pinnoite	Pinnoite on aineen, esineen, osan tai materiaalin päälle laitettava aine tai aineseos, jonka tehtävänä on suojata, vahvistaa tai koristaa.

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Lapualla, Härsilän teollisuusalueella, Tuomaantie 19 toimivassa Mever Oy:ssä suoritettiin alkukesästä 2010 sukupolvenvaihdos. Mever Oy on kodin jätteenkäsittely-, kuivaus- ja säilytysjärjestelmiä sekä alihankintaa suorittava yritys. Asiakaslähtöinen ja yhteistyöhakuinen tuotesuunnittelu on yrityksen avainosaamista. Teräslanka-, metalli- ja muovituotteiden valmistuksesta yrityksellä on pitkäaikainen kokemus, josta yhtiön asiakkaat hyötyvät. Yhtiöllä on yhdeksän työntekijää ja liikevaihto vuonna 2011 oli 915.000,00 €. (Seppälä 2010.)

Yhtiön terästuotteet pinnoitetaan vuonna 2003 hankituilla Sasmetor Oy:n toimittamalla rautafosfatoi- ja Nordson Finland Oy:n toimittamalla jauhemaalauksjärjestelmällä. Mever Oy on luonut yhteistyökontaktit usean maalaukslinjan alihankintaa tarvitsevan yrityksen kanssa. Yhtiön laskelmien mukaan maalaukslinjan alihankinnoilla on liikevaihtoa nostettavissa 15 - 25 % nykyisestä.

Koemaalausten jälkeen keväällä 2010 todettiin, ettei maalaukslinjan jälki täytä tiilajien laatuvaatimuksia eikä alan standardeja. Ongelmat ilmenivät tuotteiden ruostumisena, maalipinnan epätasaisuutena ja maalipinnan lohkeiluna. Ongelmia havaittiin lähes kaikilla pintakäsittelyn osa-alueilla: pesussa, maalauksessa, lämpöuunin käytössä ja laadun tarkastuksessa.

1.2 Työn tavoite ja toteutustapa

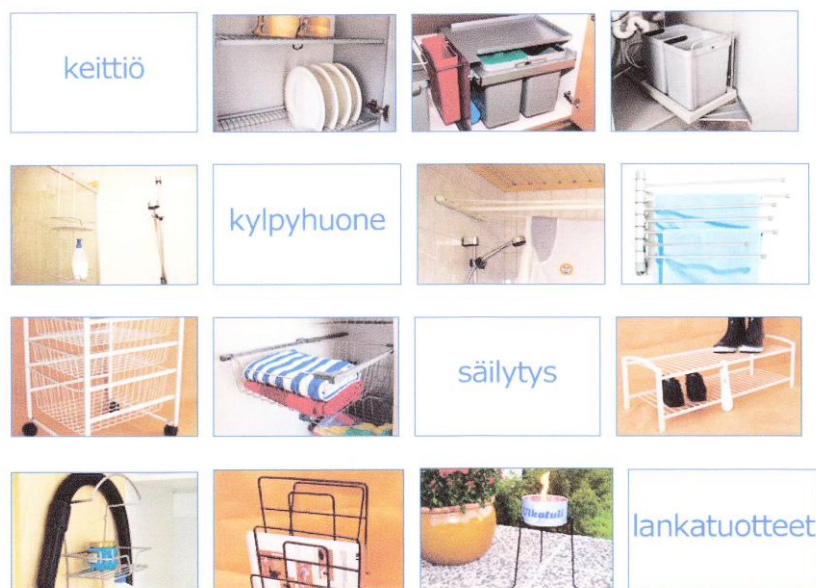
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää Mever Oy:n käytössä olevan pintakäsittelylaitteiston ongelmakohdat ja niihin käytäntöön soveltuva ratkaisu. Työssä käytiin läpi laitteiston eri vaiheet todentaen sen toiminnot. Työ aloitetaan tutustumalla laitteiston toimintaan ja yleiskuntoon. Sen jälkeen käydään läpi laitteiston toiminta vaihe vaiheelta dokumentoiden laitteiston toiminnasta löydettyt ongelmat.

Ongelmakohdat korjataan saman tien ja työn varsinainen tavoite, pintakäsittelylaitteiston maalausjälki parani askel askeleelta.

1.3 Työn rakenne

Toisessa luvussa kuvataan käytettävä maalauslaitteisto ja sen toiminta.

Kolmannessa luvussa käsitellään pintakäsittelyn teoriaa, neljännessä luvussa kuvataan ja selostetaan tehdyt toimenpiteet ja viimeisessä eli viidennessä luvussa käsitellään saadut tulokset ja tehdään yhteenveto niistä.



KUVA 1. Mever Oy tuotteita

2. JÄRJESTELMÄN KUVAUS

Mever Oy:n rautafosfatoi- ja maalauslinjalla on mahdollista pinta-käsitellä maksimissaan leveydeltään 500 mm, korkeudeltaan 1200 mm ja pituudeltaan 1500 mm pitkiä kappaleita.

Rautafosfatoi- ja maalauslinjan osia ovat

- ripustusrata
- pesutunneli
- kuivausuuni
- maalaustunneli
- lämmitysuuni.

Ripustinrata on ns. single-kuljetinjärjestelmä, joka on 570 ripustinkoukkuja sisältävä yksiratainen, 85 metriä pitkä, ns. suljetulla kuljetinkierrolla toteutettu ripustuskuljetin. Laite kuljettaa maalattavat kappaleet koko maalausprosessin läpi. Kappaleet ripustetaan suoraan ketjussa oleviin ripustusreikiin tai kuljettimen alapuolelle sijoitettuihin apuripustimiin. Radan kuljetusnopeutta voidaan säätää alueella 0,2 – 2,4 metriä / minuutti. Maalattavien kappaleiden ripustus ja purkaus tapahtuu manuaalisesti. Maalaustuloksen teknisen onnistumisen kannalta tärkeää on ripustuskoukkujen puhtaus maadoituksen varmistamiseksi. Lisäksi ripustusvaiheessa on kiinnitettävä erityistä huomiota kappaleiden oikeaan ripustuskaltevuuteen pesulinjassa nesteseikaantumisen välttämiseksi. Kappaleet täytyy panostaa kuljettimeen siten, että kulkusuunnassa takapää on noin 10 cm alempana kuin etupää. Taloudellisesti maalaustuloksen onnistuminen riippuu teknisen onnistumisen lisäksi ripustustiheydestä ja maalausnopeudesta. (Rautafosfatoiinlinjan käyttöohjekirja 2008.)

Ripustuksen jälkeen kappaleet siirtyvät pesu- ja esikäsitelyosastoon, jossa on kolme erillistä rasvan ja muun lian poistoon tarkoitettua pesu- ja huuhteluallasta. Aluksi kappaleet menevät 1-vaiheiseen pesukammioon, jossa pintakäsiteltäviin kappaleisiin suihkutetaan rautafosfointiainetta. Pesuliuksen lämpötila on noin 55 - 60 astetta. Kammiossa on kahdeksan haarainen pesuputkisto, joissa jokai-

sessä putkessa on 12 suutinta. Ruiskutusta säädellään painesäätimillä ja paine pidetään 0,2 baarissa. Pesuliuos sekoitetaan 3000 litran altaaseen. Pesuliuoksen koostumus pidetään tasaisena koko pesuprosessin aikana. Tämän jälkeen pesutunnelissa seuraa kylmävesihuuhtelut. Huuhtelualtaita on 2 kpl ja ne ovat tilavuudeltaan 1200 ja 900 litraa. Ensimmäinen huuhteluputkisto on nelihaarainen, ja jokaisessa putkessa 14 suutinta. Jälkimmäinen huuhteluputkisto on kolmihaarainen, ja jokaisessa putkessa 14 suutinta. Huuhtelun painetta säädetään painesäätimillä, kummallakin putkistolla on oma säätimensä. Viimeisen huuhteluvaiheen jälkeen kappale hienohuuhdellaan. Pesulinjan mitoitusnopeus on 1m / minuutti. Pesulinjan lämmitys tapahtuu vedellä, kattilaveden ja pesuveden välissä on teholtaan 140 kW:n lämmönvaihdin. Pesuosastolla on automaattinen vedentäyttö ns. vastavirtaperiaatteella. Huuhtelussa käytetään puhdasta vesijohtovettä. Pesulinjan vesitäyttö tapahtuu linjan takapäältä alkaen altaasta 3 altaaseen 2. (Rautafosfointilinjan käyttöohjekirja 2008.)

Pesun ja huuhtelun jälkeen maalattavat kappaleet siirtyvät ns. pisarapuhallusvyöhykkeen läpi vedenkuivausuuniin. Uunissa kappaleet kuivataan sähkötoimisilla ilmapuhaltimilla, kuivauslämpötila on 120 - 150 astetta. Käsittelyn jälkeen kappaleen pintaan jää ohut fosfointipinnoite korroosiosuojaksi ja maalauksen tartuntapohjaksi. (Rautafosfointilinjan käyttöohjekirja 2008.)

Järjestelmään kuuluu 2 kpl jauhemaalaukskaappia, jotka on varustettu Nordson Tribomatic-jauhemaalauksjärjestelmään kuuluvilla ilma/jauhediffuusoreilla ja 8 suuttimen ruiskusuuttimilla. Kummassakin kaapissa on mahdollisuus käyttää neljää maalin ruiskutusyksikköä ja kaapin sisusta on ei-magneettista ruostumatonta terästä. Toinen kaappi on varattu valkoisen maalin käyttöön ja toisessa kaapissa on värin vaihtamisen mahdollistavat liitännät. Kaapeissa ylihuiskutettava maali kierrätetään maalauksprosessiin uudelleen. Tribomatic-jauhemaalauksjärjestelmä käyttää kitkaa varatakseen jauhemaalain sähköisesti. Jauhemaalilihiukkaset varautuvat kun, ne pakotetaan varausputken läpi paineilman avulla. Jauhemaalain ja ilman sekoitus pumpataan diffuuseriin säiliöstä jauhepumpun avulla. Hajotusilma hajottaa jauhevirtauksen, jolla saadaan aikaan tehokas varautuminen varausputkessa. Jauheen ja ilman sekoitus johdetaan varausputkeen, jossa se menee erikoiskäsittelyjen

putkien läpi. Hiukkasten osuessa putken seinämiin ne varautuvat positiivisesti luovuttaen elektroneja putkeen ja aiheuttavat siten varausputken negatiivisen varautumisen. Negatiivinen varaus johdetaan maadoitusjohtimella ohjausyksikön varausmittariin ja edelleen maadoituspisteeseen. Ohjausyksikön vahvistin vahvistaa varausputkessa muodostuvan varauksen ja johtaa sen varausmittariin ennen maadoitusta. Varausmittari näyttää kuinka hyvin jauhemaalili on varautunut mennessään varausputken läpi. Mittarin näyttämä vaihtelee käytetystä jauhemaalityypistä ja virtausnopeudesta riippuen. Mitä suurempi nopeus jauhemaalilla on, sitä enemmän se varautuu. (Tribomatic–jauhemaalajärjestelmän käyttäjäkortti 1994.)

Jauheen levityksen jälkeen kappaleet menevät lämmitysuuniin, jossa jauhe lämmitetään kappaleeseen kiinni, maalit sulavat korotetussa lämpötilassa ja verkkoutuvat muodostaen lopullisen maalikalvon. Käytettävä lämmitysaika ja -teho riippuu käytetystä maalityypistä ja kappaleen koosta. Uunin lämpötila on säädettävissä ja lämmitysaikaa säädetään säätämällä kuljettimen nopeutta. Kun maalattava materiaali tulee lämmitysuunista, annetaan sen jäähtyä kunnes kappaleita voidaan käsitellä manuaalisesti. Kappaleiden laatu tarkastetaan ja tuotteet pakataan suunnitellulla tavalla. Laatutarkastuksen läpäisemättömät kappaleet laitetaan joko hylkyyn romumetallin keräykseen tai maalataan uudelleen. (Rautafosfointilinjan käyttöohjekirja 2008.)

3. PINTAKÄSITTELYN TEORIAA

3.1 Pintakäsittely

Oikein valituilla pinnoitteilla ja niiden valmistusta silmälläpitäen suunnitelluilla tuotteilla voidaan kohtuullisilla kustannuksilla huomattavasti parantaa tuotteen käyttöarvoa ja kestoikää. Hyvään lopputulokseen pääsemiseksi on tunnettava, mitä ominaisuuksia tuotteelta käytössä vaaditaan ja millä pintakäsittelyllä ne voidaan saavuttaa. Edelleen on tiedettävä mitä vaatimuksia pinnoitteen valmistus asettaa tuotteen rakenteelle ja muotoilulle. Metallien pinnoitukseen liittyy paljon suoritusteknisiä kysymyksiä, jotka edellyttävät että tunnetaan pinnoitettava metalli, sen erityisominaisuudet, valmistustekninen tila ja ko. metallista tehty rakenne. Itse pinnoitteista on tunnettava niillä halutut ja saavutettavat ominaisuudet ja niiden valmistukseen liittyvät erityisehdot. Metallia voidaan pinnoittaa toisella metallilla, epämetallisilla oksideilla ja orgaanisilla aineilla, kuten maalit ja muovit. Näiden omat ominaisuudet on jossain määrin tunnettava, jotta saataisiin aikaan käyttäjän kannalta tarkoituksenmukainen pinnoite. (Tunturi & Tunturi 1999,7.)

Pintakäsittelyllä on merkitystä sen teknisten tavoitteiden lisäksi myös taloudellisessa mielessä. Pinnoitteilla voidaan toisaalta säästää materiaaleja käyttämällä vain ohuita pinnoitekerroksia ja halvempia perusmateriaaleja, toisaalta saada kuitenkin riittävä ja teknisesti saavilla oleva suojaus taloudellisesti kannattavin menetelmin. Oikein suoritettu ja tarkoituksenmukainen pinnoitus on yritysten laatujärjestelmien tavoite ja asiakkaan etu kilpailukyvyyn saavuttamiseksi. (Tunturi & Tunturi 1999,7.)

Metalleja pinnoitetaan sen vuoksi, että perusmetallille saataisiin uusia ominaisuuksia. Pinnoitteiden avulla voidaan parantaa perusmetallin ulkonäköä, lisätä sen käyttöikää, säästää perusmetallia, keventää rakennetta tai saavuttaa sellaisia tek-

nisiä ominaisuuksia, joita ei nimenomaan muutoin voisi aikaansaada (esim. reaktiopinnoitteet). Pinnoittamisen syyt voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- perusmateriaalin korroosionesto eli suojaaminen ympäristön syövyttäviltä vaikutuksilta
- tuotteen ulkonäön säilyttäminen (värisävy, kiilto, himmeys, varoitusvärit tms.)
- tiettyjen fysikaalisten erityisominaisuuksien aikaansaaminen kuten
 - o pintakovuuden lisääminen (kromaus, nitraus)
 - o kulutuksen ja repeilyn kesto (voiteluominaisuudet)
 - o juotosominaisuuksien parantaminen (tinaus)
 - o pintakerroksen sähkön- ja lämmönjohtavuuden parantaminen
 - o tartuntakerroksen aikaansaaminen (fosfatointi)
 - o materiaalien tekeminen tiettyyn prosessiin tai käsittelyyn sopivaksi tai hygieniseksi (elintarviketeollisuus)
 - o korjaus- huolto- ja kunnossapitokysymysten takia
 - o taloudellisuuden takia (hintaa, saatavuus)
 - o tilapäissuojan aikaansaamiseksi
 - o erikoistekniikan tarpeet, kuten elektroniikan piiritekniikka.

(Tunturi & Tunturi 1999,8.)

Esikäsittely ennen pinnoitusta voi olla kemiallinen tai mekaaninen. Kemiallisia esikäsittelyitä ovat rasvanpoisto, peittäminen ja kiillotus (kylvyssä). Mekaanisia menetelmiä ovat suihkupuhdistus, hionta, rummutus ja harjaus. Mahdollisuudet suorittaa tehokas esikäsittely vaihtelevat suuresti kappaleen geometrisen muodon, pinnan laadun, materiaalin ja toleranssivaatimusten mukaisesti. Kun kysymyksessä ovat ”määrät” esikäsittelymenetelmät, esimerkiksi rasvanpoisto, peittäminen, sähkökemiallinen kiillotus, ovat vaatimukset kappaleen muotoilulle yhteiset sekä esikäsittelyssä että itse metallipinnoituksessa. Rakenteen muodon täytyy olla sellainen, että saadaan syntymään tehokas kosketus pinnoituskylpyyn ja huuhtelukylpyyn sekä kylpytahteet poistuvat tehokkaasti kaikilta pinnoilta. (Tunturi & Tunturi 1999,18.)

Kun kysymyksessä ovat mekaaniset esikäsittelymenetelmät, etenkin hionta ja kiillotus, on usein välttämätöntä sovittaa rakenne esikäsittelyyn sopivaksi (geometrisen muoto, yhteen liittäminen, materiaalinvalinta). Myös esikäsittelymenetelmän valinta voi, kuten materiaalinvalinta, vaikuttaa jatkotoimenpiteisiin valmistuksessa ja pintakäsittelyssä. Teräviä nurkkia tai ahtaita kulmia on vältettävä ja täysin tasaiset pinnat korvattava, jos mahdollista lievästi profiloituilla pinnoilla. On pyrittävä välttämään ulkonevia pultteja, muttereita ja laippoja, joissa on pieniä uurteita. (Tunturi & Tunturi 1999,18.)

Pinnoitteen hinta on tärkeä, muttei ratkaisevin tekijä valittaessa pinnoitusjärjestelmää. On otettava huomioon ainakin seuraavat seikat kuten ympäristö, jossa tuotetta aiotaan käyttää, käytön asettamat vaatimukset, pinnoitettavan kappaleen muoto, pinnoitettavan kappaleen perusaine, tarvittavat esi- ja jälkikäsittelyt sekä missä pinnoitus suoritetaan. Pintakäsittelyn oleelliset kustannukset koostuvat henkilökustannuksista, materiaalikustannuksista, laite- ja tilakustannuksista, käyttökustannuksista, sisäisten ja ulkoisten ympäristötekijöiden aiheuttamista kustannuksista sekä muista valmistuskustannuksista kuten pakkaus-, varastointi ja kuljetuskustannuksista. (Tunturi & Tunturi 1999,24.)

Henkilökustannukset muodostuvat välittömistä ja välillisistä palkkakustannuksista. Välilliset eli henkilösivukulut ovat yleensä n. 60 % ja yleiskustannukset voivat olla 100 - 200% välittömistä palkkakustannuksista. Materiaalikustannukset jaotellaan pinnoitemateriaalien kulutukseen, pinnoitemateriaalien häviöihin, lisäaineisiin ja erikoiskemikaaleihin, apu- ja tarveaineisiin, ripustuslaitteisiin ja materiaaleista johdettuun sivukustannuksiin. (Tunturi & Tunturi 1999,24.)

Laite- ja tilakustannukset muodostuvat välillisesti olemassa olevien peruslaitteiden ja rakennusten poistoista ja korkokuluista sekä huoltokustannuksista. Käyttökustannuksiin lasketaan laitteiden sähkönkulutus sekä tilojen ja kylpyjen lämmitys. (Tunturi & Tunturi 1999,24.)

3.2 Esikäsitteily

Esikäsitteilyllä pintakäsittelyssä tarkoitetaan yleensä pinnan puhdistamista mekaanisesti tai kemiallisesti. Pintakäsittelyn edellytyksenä on riittävän puhdas pinta ja pinnoitteelle sopiva profiili. Puhdistusmenetelmän valintaan vaikuttavat monet tekijät kuten pintakäsittelymenetelmä, kappaleen koko ja muoto sekä kappaleen käyttöolosuhteet. Esikäsitteilymenetelmän valinnassa huomioidaan myös pinnan tarkoituksenmukainen puhdistustaso, sillä pinnan esikäsitteilyn puhdistusaste on usein verrannollinen kustannuksiin. Pinnan puhtautta testattaessa määritellään vaadittava puhtaustaso, mikä riippuu pinnan jatkokäsittelystä. Epäsuorana testinä voidaan käyttää maalin tai metallisen pinnoitteen kiinnipysyvyydestejä: mikäli pinnoite on irti, niin syy on useimmiten riittämättömässä esikäsitteilyssä. Nopeasti käytännössä tehtäviä testejä ovat pinnan pyyhkiminen valkoisella kankaalla, josta pinnan puhtauden taso voidaan visuaalisesti arvioida. Toinen yleinen tapa testata on huuhdella tai sumuttaa pinta vedellä: jos vesi helmeilee pinnalla, niin siinä on rasvaa jäljellä. Lisäksi on useita erilaisia mittausmenetelmiä joita voidaan käyttää.

(Tunturi & Tunturi 1999,32.)

Mekaanisten esikäsitteilymenetelmien tarkoituksena on ruosteen ja muiden kiinteiden kerrostumien poisto ja pinnan profiilin optimointi. Ennen mekaanista esikäsitteilyä on pinnalta poistettava öljy, rasva ja lika. Joskus voi olla tarpeen poistaa ennen pesua paksut ruostekerrokset ja valssihilse, sillä nämä epäpuhtaudet voivat muutoin mekaanisessa puhdistuksessa tarttua ja levitä metallin pintaan tai liata suihkupuhdistusmateriaalin. Liukoiset suolat voidaan poistaa mekaanista esikäsitteilyä ennen ja/tai sen jälkeen tai vesiliukoiset suolat voidaan poistaa yhdistämällä veden käyttö mekaaniseen puhdistukseen. Mekaaniset esikäsitteilymenetelmät jaotellaan puhdistukseen käsityökaluilla ja koneella sekä suihkupuhdistukseen.

(Tunturi & Tunturi 1999,32.)

Metallipinnan kemiallisen esikäsitteilymenetelmän valintaan vaikuttavat useat tekijät, jotka ovat pinnalta poistettavien epäpuhtauksien laatu ja määrä, pohjamateriaali ja käsiteltävän kappaleen muoto, koko ja määrä, esikäsitteilyä seuraava pinta-

käsittelyprosessi, puhdistuksessa käytettävä vesi, jäteveden käsittely ja ympäristö- ja turvallisuusvaatimukset. (Tunturi & Tunturi 1999,35.)

Vaihtoehtoisia menetelmiä ovat vesipohjainen rasvanpoisto, liuotin- ja emulsiopuhdistus, happopeittaus, fosfointi ja kromatointi, Vesi- ja liuotinpohjaisia menetelmiä vertailtaessa on syytä ottaa huomioon, että vesipohjaiset menetelmät ovat liuotinpohjaisia menetelmiä vähemmän ongelmallisia työ- ja ympäristöturvallisuuden suhteen. Ne ovat helpommin muunneltavia tiettyyn käyttötarkoitukseen sekä käytettävissä oleva laitetekniikka on monipuolisempaa. Toisaalta vesipohjaisten menetelmien suorittaminen on vaativampaa ja tarkempaa, menetelmien vaatimat laitteet aiheuttavat kustannuksia ja tilantarvetta. Lisäksi huuhteluvedet ja käytetyt puhdistuskylvyt vaativat käsittelyä. Puhdistuksen jälkeen kappaleet on kuivatava, ja erityisesti monimutkaisien muotoisten kappaleiden tai rakenteiden voi vaikeasti käsitellä vesipohjaisilla menetelmillä.

Epäpuhtauksien poistoon vaikuttaa aina neljä tekijää: lämpötila, aika, mekaaninen tehostus ja pesuainekemia. Nämä tekijät vaikuttavat toisiinsa, sillä esimerkiksi kiinteän eläinrasvan poisto vesipohjaisella pesuaineella ei onnistu liian kylmässä liuoksessa, vaan lämpötilan tulee olla rasvan sulamislämpötilan vaiheilla tai sitä suurempi. Liuottimella sen sijaan rasvanpoisto onnistuu alhaisemmassakin lämpötilassa erilaisen vaikutusmekanismin takia, mutta suolojen poisto ei ole niin tehokasta kuin vesipesulla. Mekaaninen vaikutus kuten harjaus, suihkutuspaineella tai ultraäänen käyttö tehostaa pesuainekemiaa ja lyhentää tarvittavaa pesuaikaa. (Tunturi & Tunturi 1999,36.)

Fosfointi on metallipinnan kemiallinen käsittely, jossa metallipinnan reagoi kylpyliuoksen kanssa muodostuu ohut, hienokiteinen metallifosfaattipinnoite. Fosfaattipinnoitteita on useita eri tyyppisiä, joiden välillä suoritetaan valinta lähinnä käyttöolosuhteiden perusteella. Pinnoitteen koostumukseen ja laatuun vaikuttavat esimerkiksi kylpytyyppi ja tekotapa. Yleisimmin käytettävät fosfaatit ovat sinkki-, rauta- ja mangaanifosfaatit sekä niiden seokset. Fosfointiliuokset ovat sinkki- ja mangaanifosfaattien vesiliuoksia, jotka sisältävät usein myös muita aineita kuten kiihdyttäjiä. Kun metallipinta joutuu kosketuksiin fosfointiliuoksen kanssa, niin

metallia alkaa vedynkehityksen myötä liueta. Tällöin liuoksen happamuus vähenee pinnan läheisyydessä, jolloin liuoksessa olevat fosfaatit alkavat saostua. Kun rautaa fosfatoidaan, niin pinnoitteeseen saostuu mukaan myös pohjamateriaalista liuennutta rautaa. (Tunturi & Tunturi 1999,98.)

Fosfointipinnoitteet toimivat maalausalustana ja maalin tartuntapohjana sekä korroosiosuojana, öljyjen, ruosteenestoaineiden ja vahojen alustana, rautametallien kitkan vähentämiseksi toisiinsa hankaavissa pinnoissa sekä apuna teräksen mekaanisessa työstöissä. (Tunturi & Tunturi 1999,98.)

Fosfointipinnoitteiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat pinnan ominaispinta-alan ja huokoisuuden kasvattaminen, pinnan sähköisen vastuksen kasvattaminen, maalin ja reaktiivisen pohjamateriaalin reaktion estäminen. Lisäksi pinnoite saattaa pinnan olosuhteet happamaksi, millä vältetään maalin saippuoitumista. (Tunturi & Tunturi 1999,98.)

Fosfointi voidaan tehdä upottamalla tai ruiskuttamalla. Myös muita menetelmiä, kuten sivelymenetelmää, voidaan käyttää. Fosfointi voidaan tehdä upotusmenetelmällä erä kerrallaan tai jatkuvatoimisella linjalla, riippuen tuotannon laadusta ja volyymistä. Ruiskutusta käytetään usein suurten sarjojen pinnoituksessa jatkuvatoimisella linjalla upotuksen sijasta, jolloin kylpyliuosta voidaan käyttää eri vyöhykkeissä vastavirtaan ja sitä voidaan myös kierrättää. Ruiskutuksen käyttö vaatii osien muotoilulta sitä, että ruisku tavoittaa kaikki pinnat. Lisäksi haluttu lopputulos ohjaa menetelmän valintaa, sillä suuri pinta-alamassa on käytännöllisesti katsoen mahdollista saavuttaa vain upottamalla. (Tunturi & Tunturi 1999,98-100.)

Fosfointin ja siihen liittyvän maalauksen ominaisuuksien tutkimiseen on käytävissä useita standardeja:

-SFS 3707

Metallien pinnoitteet. Kiihdytetyt korroosiokokeet. Suolasumukokeet

-SFS-EN ISO 2409

Maalit ja lakat. Hilaristikkokoe

-SFS-EN ISO 3892

Metallisten materiaalien reaktiopinnoitteet. Pinnoitteen pinta-alamassan määrittäminen.

Punnitusmenetelmät

-SFS-EN ISO 6270

Maalit ja lakat. Kosteuden kestävyysmäärittäminen (jatkuva kondensoituminen)

-SFS-ISO 6988 EN ISO 6988

Metalliset ja muut epäorgaaniset pinnoitteet. Rikkidioksidikoe kosteuden tiivistyessä

-ISO 9717

Phosphate conversion coatings for metals – Method of specifying requirements

(Tunturi & Tunturi 1999,102.)

Pinnoitteen laadun varmistamiseksi pinnoitteita testataan säännöllisesti. Pinnoitteen tulee olla tasaisen värinen ja pinnan kauttaaltaan peittynyt. Kidekoon tulee olla niin pientä, että sitä ei voi paljaalla silmällä erottaa. Huuhteluvesistä ei saa jäädä kuivumisjälkiä. Yksi tärkeimmistä fosfointipinnoitteen laatuun vaikuttavista tekijöistä on pinta-alamassa, joka on mitta pinnoitekerroksen paksuudelle. Vaadittava pinta-alamassa määräytyy tuotteen käyttötarkoituksen mukaan. Kun maalauksen esikäsittelyä käytetään rautafosfointia, on luku noin 0,5 – 1 g/m².

Fosfaattikerroksen eräs tärkeä ominaisuus on sen tiiveys. Fosfointu pinta sellaisenaan ei ole riittävä korroosiorasituksessa, minkä vuoksi korroosiotestejä tulee suorittaa lopullisille suojauksille eli fosfoidulle ja maalatulle tai öljytylle pinnalle. Kosteuden kestävyttä voidaan testata olosuhdetestaustaapissa. Fosfointin merkitys maalin tartuntaan on huomattava. Testattaessa maalin tartuntaa testataan samalla fosfointia. (Tunturi & Tunturi 1999,102-103.)

Pinnan pitää olla puhdas ennen fosfointia. Lika, ruoste, rasvat, öljyt, sormenjäljet ja muut sellaiset on poistettava ennen pinnoitusta. Maalattaville osille tehdään ohut ja lyhyen käsittelyajan vaativa pinnoite, kun taas voitelu- tai korroosioestoaineen alustana käytetty pinnoite on paksumpi ja vaatii pidemmän käsittelyajan.

Fosfointin käsittelyvaiheet ovat normaalisti puhdistus, huuhtelu, oksidin poisto, toinen huuhtelu, itse fosfointi, kolmas huuhtelu, passivointi ja kuivaus. Kuivaus-

uunissa tai ilmassa. Kuivaus yleensä alle 200 °C lämpötiloissa. (Tunturi & Tunturi 1999,101.)

Rautafosfointia käytetään paljon sen helpon ylläpidon ja taloudellisuuden vuoksi. Rautafosfointinissa muodostuu ohut, pinta-alamassaltaan noin 0,3 – 1 g/m² paksuinen kerros. Rautafosfointi antaa erinomaisen maalausalustan ja hyvän korrosiosuojan ja sillä pinnoitetaan tuotteita, joita käytetään kuivissa sisätiloissa kuten metallikalusteet ja jääkaapit.

Rautafosfointipinnoite muodostuu siten että käsiteltävältä pinnalta liukenee ensin rautaa, jonka jälkeen liuoksen pH:n noustua saostuu rautafosfaattia. Kylpyliuokset eivät yleensä sisällä rautaa, vaan sitä tulee pohjamateriaalista. Kylpyliuokset ovat tavallisesti heikosti happamia, vapaata fosforihappoa ja alkalifosfaatteja sisältäviä liuoksia, minkä takia ne puhdistavat pintaa myös hyvin. Puhdistusominaisuuksia tehostetaan joskus lisäämällä liuoksiin tensidejä. Tavallisesti rautafosfaattikerrokset ovat harmaasävyisiä. Kylpyyn saostuvaa lietettä pinnoituksen aikana ei muodostu. Rautafosfointi voidaan suorittaa kolmi- tai viisivaiheisena prosessina. Kolmivaiheisena prosessi voidaan tehdä, kun pinnoitettavat osat ovat vain lievästi öljyisiä tai rasvaisia. Tällöin erillistä rasvanpoistokylpyä ei tarvita, vaan voidaan käyttää joko useita peräkkäisiä rautafosfointikylpyjä tai tehostaa pesua ruiskutuksella. Viisivaiheisessa prosessissa on erillinen rasvanpoisto ja mahdollisesti myös ionivaihdetulla vedellä huuhtelu. (Tunturi & Tunturi 1999,100-103.)

3.3 Maalaus

Seuraavaksi käsitellään jauhemaalauksen teoriaa.

3.3.1 Jauhemaalauus

Jauhemaalauksessa maali on levitysvaiheessa jauhon muodossa. Jauhe varataan ruiskutuksessa sähköisesti, jolloin se pyrkii siirtymään kohti maadoitettua pintaa. Kun maadoitettuna pintana on maalattava kappale, tarttuu jauhe siihen. Kun jauhetta lämmitetään uunissa, se sulaa ensin märäksi maaliksi. Sulavaiheessa käynnistyy jauhemaalain verkkoutuminen ja maali tarttuu kappaleen pintaan. Jäähdytyksen jälkeen maalikalvo kovettuu lopullisesti ja kappale voidaan ottaa heti käyttöön. Ruiskutettaessa jauhemaalaa pyritään maalattavan kappaleen ympärille saamaan jauhepilvi, josta jauhe siirtyy kappaleen pintaan sähkövarauksen ansiosta.

Jauhemaalauksella on lukuisia etuja verrattuna muihin maalaustapoihin, mutta on siinä myös huonoja ominaisuuksiakin. Jauhemaalausta käytetään erityisesti kappaletavarojen maalausmenetelmänä. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,120.)

Jauhemaalauksen etuja verrattuna muihin maalaustapoihin:

- ohiruiskutettu jauhe voidaan ottaa talteen ja käyttää uudelleen, jolloin maalikustannukset pienenevät selvästi, koska maalihukka jää hyvin pieneksi
- jauhemaalali on edullista
- yksinkertaiset muodot on erittäin helppo maalata jauheella tasalaatuisiksi ja maalauksen automatisointi helppoa
- monimuotoisten kappaleiden sarjatuotanto taloudellista automatisoida
- jauhemaalaleilla, erityisesti epoksijauheella, kemikaalien ja liuottimien kestävyys hyvä
- valmis jauhemaalattu pinta kestää muita maalaustapoja paremmin mekaanista rasitusta
- jauhemaalali saadaan levittymään ja tarttumaan pintoihin, joihin muita maalaustapoja ei voida käyttää, jauhe tunkeutuu hyvin hankalasti maalattaviin reuna-alueisiin ja peittää niissä hyvin
- jauhemaalain voi jättää laitteiston sisään, kun maalaustyö lopetetaan, ja se voidaan ottaa seuraavana päivänä heti käyttöön

- jauhemaalauslaitteet ovat varmatoimisia ja niiden huoltokustannukset ovat alhaiset
- jauhemaalaus on työturvallisuuden kannalta turvallisin maalaustapa koska liuotinainehaittoja ei ole, palovaara pienempi
- jauhemaalaus on ympäristöystävällisempi kuin muut maalaustavat, koska liuotinpäästöjä ei synny

(Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,120 - 122.)

Jauhemaalauksen huonoja ominaisuuksia verrattuna muihin maalaustapoihin:

- jauhemaaleja ei voi ostaa pienissä erissä, pienin kauppakoko 20 kg
- jauhemaalain värienvaihto vie aikaa
- jauhemaalauksella ei saavuteta aina yhtä hyvää korroosionestotulosta kuin monikerroksisilla muilla maalaustavoilla
- jauhemaalauksessa tarvitaan erillinen uuni, jonka lämpötila on pystyttävä nostamaan noin 200 °C:een.
- jauhemaalauslaitteiston energiankulutus on suuri
- jauhemaalaus muita maalaustapoja hitaampi
- jauhemaalauksella vaikea saada aivan tasaisia ja kiiltäviä maalipintoja
- korjausmaalaukset jauheella vaikeaa

(Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,122.)

2.3.2 Jauhemaalit

Jauhemaalit koostuu sideaineesta, kovetteesta, pigmenteistä, täyteaineista ja lisäaineista, jotka on jauhettu tasalaatuisiksi jauheeksi. Jauheen keskimääräinen partikkelikoko on tavallisesti 40-50 µm. Sideaine ja kovete reagoivat keskenään vasta, kun jauhemaalit kuumennetaan uunissa. jauhemaalain pigmentteinä käytetään osittain samoja pigmenttejä kuin märkemaaleissa. Jauhemaaleissa ei voida käyttää lämpöä kestävämpiä pigmenttejä, koska nämä turmeltuisivat uunissa olon aikana. Täyteaineina käytetään yleensä kalsiumkarbonaattia ja raskassälpää. Lisäaineilla pyritään parantamaan mm. maalin korroosionestokykyä, tasoittuvuutta,

kulutuksenkestävyyttä ja ruiskutettavuutta. Lisäaineiden määrä jauhemaaleissa on yleensä alle 5 %. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,123.)

TAULUKKO 1. Yleisimpien jauhemaalityyppien ominaisuuksien tarkastelu

Maalilaatu	Kemikalien kestävyys	Mekaaninen rasitus	UV-säteilyn kestävyys	Sopii molemmille varauksille
Epoksi	+	+	-	+
Epoksi- polyesteri	+	+	+	(-)
Polyesteri	-	-	+	(-)

2.3.3 Jauhemaalauslaitteet

Jauhemaalauksessa tarvittava laitteisto on monimutkaisempi kuin märkämaalauslaitteisto. Yksinkertaisinkin jauhemaalauslaitteisto sisältää seuraavat osakokonaisuudet: jauheen ruiskutuslaite, jauhepistooli, jauhemaalauskaappi, vaunut tai kuljetin ja uuni. Jos ohiruiskutettu jauhe otetaan talteen, tarvitaan vielä jauheen talteenotto-laite ja jauheen seulontalaite. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001.)

Jauheen ruiskutuslaite koostuu jauhesäiliöstä ja jauhepumpusta. Jauhesäiliön pohja on kaksiosainen. Päällimmäisenä on ilmaa läpäisevä levy, jonka alapuolelle johdetaan paineilmaa. Paineilma kulkee huokoisen levyn läpi ja saa jauheen leijumaan jauheastiassa. Levyn alle johdettavaa ilmaa kutsutaan leijutusilmaksi. leijuva jauhe saadaan nousemaan imuputkea ylöspäin ja edelleen jauheletkua pitkin ruiskuun. Leijutusilman määrä säädetään sellaiseksi, että jauhe leijuu tasaisesti säiliössä ja nousee hyvin imuputkea pitkin ylöspäin. Tarpeettoman suuri leijutusilman määrä aiheuttaa jauheen epätasaista tuloa ruiskutuspistoolista ja jauheen kulkeutumista pois säiliöstä huohotusputken kautta. Lisäksi jauheastian alla käytetään tärypöytää, joka estää jauheen holvaantumista jauheastiassa. Menetelmän etuna on nopeampi väri vaihto, koska jauhesäiliöitä ei tarvitse puhdistaa. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 125 - 126.)

Jauhemaalauksessa jauheen syöttö tapahtuu jauhepumpun avulla. Säiliössä leijuva jauhe imetään alipaineen avulla jauheletkuun, jota pitkin se menee jauhemaaluspistooliin. Jauhemaaluspumpulta letkuun tulevan jauheen määrää säädetään muuttamalla kuljetusilman määrää. Kun kuljetusilman määrä kasvaa, kasvaa samalla jauheen määrä. Haluttaessa säätää jauheen määrää pienemmälle vähentämättä kuljetusilman määrää syötetään jauhepumpuun täydennysilmaa. Mitä enemmän täydennysilmaa syötetään, sitä pienemmäksi jauheen määrä saadaan, mutta pistooliin tuleva kokonaisilmamäärä ei vähene. Kuljetusilman ja täydennysilman määrien säädöt ovat jauhemaalauksen ohjausyksikössä. Kitkavaraukseen perustuvissa laitteissa täydennysilma sekoitetaan vasta ruiskutuspistoolissa. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,126 - 128.)

Jauhemaaluspistoolin tehtävänä on muodostaa tasalaatuinen jauhepilvi, jotta maalausjäljestä saadaan tasainen, sekä varata jauhe, niin että se saadaan tarttumaan maalattavaan pintaan. Jauheen varausmenetelminä käytetään sähköstaattista varausta (korona) tai kitkavarausta (tribo). (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,126 - 128.)

TAULUKKO 2. Eri varausmenetelmien ominaisuuksien vertailu

Ominaisuus	Sähköstaattinen varaus	Kitkavaraus
Monipuoliset säätömahdollisuudet	+	-
Sopii kaikille jauhetypeille	+	-
Kapasiteetti	-	+
Tuotteen / värin vaihto	+	-
Terävien reunojen peitto	+	-
Sisäkulmien peitto	-	+
Uudelleen maalaus	-	+
Ohiruiskutus	-	+
Automaattimaalaus	-	+

Sähköstaattisessa varauksessa pistoolissa on erilliset elektrodit, jotka muodostavat sähkökentän elektrodien eteen. Sähkökenttä saa aikaan ilmaan vapaita elektroneja, jotka varaavat sähkökentän läpi menevät jauhehiukkaset. Jauhe varautuu tällöin pistoolin ulkopuolella. Jauhe varataan yleensä miinusmerkkiseksi. Menetelmässä tarvitaan erillinen jännitelähde, jolla jauhe varataan jännitteeseen 30 - 115 kV. Jännitettä voidaan säätää jauhemaalauslaitteen ohjausyksiköstä. Sähköstaattisessa varauksessa jauhemaalali ruiskutetaan yhdestä suuttimesta. Tyypillisiä sähköstaattisella pistoolilla maalattavia kappaleita ovat suuret tasopinnat, ovet, maatalouskoneet ja raskaat teräspuutet. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,126.)

Kitkavarauuspistoolilla jauhe saadaan varattua kuljettamalla jauhetta läpi putken, jonka seiniin hankautuessaan jauhe varautuu. Varautuminen perustuu jauheen ja putken muovilaatujen väliseen elektronegatiivisuuseroon. Jauheen varaukseen ei tarvita erillistä jännitelähdettä. Jauhe varautuu kitkavarauksmenetelmässä plusmerkkiseksi. Jauheen varautumisastetta voidaan mitata. Kitkavarauksessa pistoolin ja maalattavan kappaleen välille ei muodostu sähkökenttää. Jauhemaalali ruiskutetaan automaattilaitteita käytettäessä useasta suunnattavasta suuttimesta. Myös käsimaalauspistooleissa voi olla useita suuttimia. Kitkavarauksmenetelmällä tyypillisesti maalattavia tuotteita ovat kotelarakenteet, putki- ja lankatuotteet, pientuotteet, autoteollisuuden käyttämät varusteet ja käsityökalut.

Kitkavarauksessa käytetään yleensä rinnan useita suuttimia, jotka voidaan suunnata eri asentoihin. Suuttimien lisäys ei kuitenkaan lisää kapasiteettia, jota voidaan lisätä vain lisäämällä pistoolien lukumäärää. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,128.)

2.3.4 Jauhemaalaukskaapit ja talteenottolaitteet

Jauhemaalaukskaapin tehtävänä on imeä ylimääräinen kappaleista ohilentävä jauhe niin, ettei se leviä työtilaan. Kaapin imutehon on oltava riittävä, mutta ei niin suuri että se haittaisi jauhemaalaukskaapin imemällä mukanaan jauhepilven, joka on maalattavan kappaleen ympärillä. Sopiva ilmannoisuus jauhemaalaukskaapin vapaisissa aukoissa on noin 0,5 m/s. Jauhemaalaukskaapista imettävä ilma voidaan

ainakin toistaiseksi palauttaa työtilaan jauheen erotuksen ja suodatuksen jälkeen. Koska palautettava ilma voi sisältää terveydelle vaarallisia pienhiukkasia, tulevaisuudessa ei ilman palauttamista työtilaan välttämättä sallita. Jauhe erotetaan ilmasta aina ennen niitä suodattimia, joiden kautta ilma palautetaan työtilaan. Jauheen erotus voidaan järjestää joko suodattimien tai syklonin avulla.

Suodattimilla tai syklonilla erotettu jauhe voidaan ottaa talteen ja käyttää uudelleen maalaukseen. Talteen saatu jauhe seulotaan ennen palautusta jauhesäiliöön. Talteen otettua jauhetta ei voida käyttää yksinään, vaan siihen on sekoitettava uutta jauhetta vähintään 50 %, jotta jauhemaalauslaitteet toimisivat moitteettomasti. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 130 - 133.)

Jauhemaali saadaan hyvin tarkoin talteen suodattamalla, sillä suodattimen erotusteho on 99,9 %. Suodattimien tukkeutuminen estetään jaksoittain toimivalla puhdistuksella, jossa suodattimien sisäpuolille johdetaan hetkeksi paineilmaa, joka poistaa jauhetta suodattimen ulkopinnalta. Jaksoittaisen toiminnan aikaväliä ja kestoa voidaan säätää. Kiinteillä suodattimilla varustettua jauhemaalauskaappia käytetään yleensä käsimaalauskaappina, kun käytössä on vain yksi värisävy ja jauhe kierrätetään. Kaappia voidaan käyttää myös monovärikäytössä, kun jauhetta ei kierrätetä. Värinvaihto on hyvin työläs toimenpide, joten yleensä sitä ei suoriteta. Jos värejä kuitenkin vaihdetaan, on jokaiselle värisävyille oltava omat suodattimensa. Ennen kuin ilma palautetaan työtilaan, suodatetaan se vielä uudelleen toisilla varmuussuodattimilla. Varmuussuodattimien tehtävänä on estää pienimpien jauhehiukkasten pääsy työtilaan sekä jauheen kulkeutuminen työtilaan panosuodattimien rikkoutumisen tai muun vuodon vuoksi. Suodattimet voidaan nopeasti irrottaa, jolloin vain kaappi pitää puhdistaa jauheesta. Kun kaapissa käytetään useita värisävyjä ja jauhetta kierrätetään, on eri värisävyille oltava omat suodatinmoduulit. Kaapin seinä- ja kattorakenteet voivat olla valmistettuja polypropeenista tai PVC:stä, joista jauhe irtoaa helpommin kuin teräksestä. Kaapin lattiana käytetään ruostumatonta terästä. Erotusmenetelmä sopii hyvin suuriin ratamaalauksiin käsi- ja automaattimaalaukseen. Koska suodatinkaappien rakenne on avoin, ei niissä tarvita räjähdysuojaluukkuja. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 131 - 133.)

Syklonin kyky erottaa jauhetta on vain noin 90 % eli selvästi heikompi kuin suodatuksen. Syklonierotus ei kerää hienointa jauhetta, jolloin talteen otettu jauhe sopii paremmin kierrätykseen kuin suodatin talteenotolla saatu, koska hienolla jauhepölyllä on heikot leijutusominaisuudet. Jotta syklonin läpi menevä ilma voidaan palauttaa työtilaan, on se suodatettava kaksinkertaisella suodatuksella ennen palautusta.

Sykloni ja jälkisuodatin on edullinen jauheenerotusmenetelmä yksivärikäytössä, kun jauhe kierrätetään, ja monivärikäytössä, kun jauhetta ei kierrätetä. Värinvaihto on erotustavassa hyvin työlästä.

Talteen otettu jauhe voidaan seuloa myös yksinkertaisella laitteella, joka sisältää seulan ja tärylaitteen. Laitetta voidaan käyttää pienimuotoisessa jauheen seulonassa. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 132 - 133.)

2.3.5 Käytännön maalaustyö

Jauhemaalattavat kappaleet esikäsitellään yleensä fosfatoimalla tai suihkupuhtistamalla. Muitakin sopivia esikäsitelymenetelmiä voidaan käyttää, ja lisäksi kappaleet voidaan kastomaalata ennen jauhemaalausta. Esikäsitellyt ja kastomaalaukset vaativat erikseen omat kuivauksensa ja haihdutuksensa, jolloin kuljettimen pituus voi olla varsin pitkä. Kun jauhemaalauslinjaan kuuluu myös kappaleiden esikäsitely, on kappaleiden ripustus ensimmäinen työvaihe ennen esikäsitelyä. Ripustus on tehtävä niin, että nesteet pääsevät valumaan kappaleesta pois ja että se saadaan kunnolla kuivattua ennen jauhemaalausta. Ripustimet ja ripustuskohdat on valittava niin, että kappaleet eivät pääse putoamaan kuljettimelta pesusuihkujen tai ilmakeivauksen vuoksi. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 134.)

Jauhemaalattavia kappaleita ripustettaessa on huolehdittava, että maalattavalla kappaleella on sähköinen yhteys kuljettimen runkoon ja että se on näin ollen maadoitettu. Ripustuskoukkujen kosketuspintojen on oltava puhtaita maalista, jotta maadoitus toimii. Samoin kuljettimen koukun, johon ripustuskoukku kiinnitetään, on oltava puhdas maalista. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 134 - 135.)

Maadoitusvastuksen kappaleesta kuljettimen runkoon tulee olla alle 1 Mohm. Jos kosketuspintaa ei ole, havaitaan se maalauksessa kipinöintinä ja rätisevänä äänenä. Lisäksi maadoituksen puute haittaa maalausta niin että maali ei tartu kunnolla kappaleen kaikkiin kohtiin. Usein syytä vajaan tai puutteelliseen maalaukseen etsitään maalauslaitteista vaikka syynä on puutteellinen maadoitus.

Yleensä koukkuja ei tarvitse puhdistaa jokaisen maalauskerran jälkeen, vaan niitä voidaan käyttää muutamia kertoja ennen kuin sähköinen kontakti menetetään. Raskaille kappaleille kannattaa käyttää ripustimia, joiden ripustuspaikat ovat teräviä, jolloin terävään pintaan keräytyvä maali rikkoutuu kappaleen painosta ja maadoituspinta säilyy. Jos kappaleiden ripustuspaikat ovat esimerkiksi pienissä koloissa tai kierteissä, joihin maali ei kunnolla tunkeudu, on ripustimen käyttöikä selvästi pidempi. Jos samoja ripustimia käytetään toistuvasti, voidaan maali poistaa pinnoilta mekaanisesti tai sopivalla maalinpoistoaineella. Myös pyrolyysiunia voidaan käyttää, mutta uunin lämpökäsittely pehmentää koukun materiaalin muuttaman käyttökerran jälkeen liian pehmeäksi. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 135.)

Jauhemaalattava kappale on pyrittävä ripustamaan niin, että sen pinnoille ei kerääny maalausyhteydessä liikaa jauhetta, vaan ylimääräinen jauhe valuu pois. Samoin on pyrittävä ripustamaan kappale niin, että se on mahdollisimman helppo maalata. Mitään yleistä sääntöä ripustusasennoille ei ole olemassa, vaan sopiva ripustustapa selviää aina kokeilemalla kappalekohtaisesti. Yleensä kokeiluun kannattaa käyttää aikaa, varsinkin jos tuleva maalattava sarja on suuri. Ripustimia voidaan ostaa valmiina, mutta niitä joudutaan myös valmistamaan paljon itse. Ripustin jättää yleensä aina kappaleeseen pienen jäljen, joten ripustuskohtaksi on syytä valita aina mahdollisimman näkymätön kohta. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 135.)

Peltiripustinta käytetään pelleille ja putkille, joiden halkaisija on suuri ja joissa ei ole sopivaa ripustusreikää. Peltiripustin lukitsee tuotteen jättäen pienen ripustusjäljen. Peltiripustimia on myynnissä valmiina. Taivuttamalla vakiokoukku sopivalla säteellä voidaan putken tai aukon sisään tehdä tiukasti puristuva putkiripustin. Kun

ripustinkoukun yläpää on taitettu niin, että se kiristyy paikalleen, eivät kappaleet pääse kääntymään. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 135.)

Ripustimien suunnittelu ja kokeilu ovat etenkin automaattimaalauksessa suuritöisiä tehtäviä käyttäjälle ratamaalausta aloitettaessa. Ripustimien laadun merkitys automaattimaalauksessa on suurempi kuin käsin maalauksessa ja ripustimet joudutaan usein valmistamaan kutakin kappaletyyppiä varten itse. Ripustuksessa on huomioitava useita tekijöitä. Jatkuva ”matto” radalla on helpoin ja yksinkertaisin tapa saada aikaan kannattava maalaustulos. Pistoolit voi käynnistää ja pysäyttää käsin ilman automatiikkaa, kun radalla ei ole aukkoja, joissa tapahtuisi turhaa ja haittaavaa ohiruiskutusta. Samoin taloudellisempi lopputulos saadaan kun rata on täynnä tuotteita pienellä ratanopeudella kuin vajaa täytöllä ja suurella ratanopeudella. Mikäli kappaleiden ripustus vaatii erilliset orret, aiheuttaa orsien väliin jäävä aukko ohiruiskutusta, jota voidaan välttää pysäyttämällä ruiskutus kohdassa, jossa ei ole kappaleita, automaattinen pysäytys voi perustua esimerkiksi optisiin antureihin. Jos tuotteet vaativat erittäin korkealaatuista ja tasapaksua maalikalvoa, niin radalla on oltava tyhjä ripustin ensimmäisen ja viimeisen kappaleen jälkeen, tyhjä ripustin kerää ilmasta jauhetta itseensä, niin ettei sitä keräänny liikaa ensimmäiseen tai viimeiseen kappaleeseen. Maalattavissa kappaleissa saattaa olla kohtia, joita ei maalata, kuten kierteitä, reikiä ja maadoituspintoja. Kohdat suojataan ennen käsittelyä. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 135 -136.)

Jokaisella kappaleelle on aina selvitettävä kokeilemalla paras maalaustapa.

Yleisenä sääntönä voidaan kuitenkin pitää, että ensin maalataan vaikeat pinnat kuten sisäkulmat, kolot ja sisäosat ja viimeksi suuret pinnat ja ulkopinnat. Erityisesti monimuotoisilla kappaleilla esiintyy helposti Faraday-häkki-ilmiötä sähköstaattisessa ruiskutuksessa. Faraday-häkki-ilmiö estää maalia tarttumasta pieneen osaan kappaleesta, jolloin kappaletta joudutaan maalaamaan niin kauan, että muihin kohtiin kappaletta tulee maalia liikaa. Faraday-häkki-ilmiötä voi välttää muuttamalla maalauskulmaa tai muuttamalla jännitteen säätöä. On huomattava, että maalauskulma, jolla ilmiö vältetään, voi olla hyvinkin erikoinen, joten ongelmatapauksissa kannattaa uhrata aikaa kokeiluihin. Tilanne voi olla jopa sellainen, että

jokin kohta kappaleesta saadaan maalattua vasta, kun kappale käännetään toisinpäin, niin että maalattava pinta on kappaleen takapuolella. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,136.)

Jauhemaalattut kappaleet siirretään uuniin vaunujen, käsikäyttöisen kiskokuljettimen tai ratakuljettimen avulla. Vaunuja käytetään yleensä, kun maalattavaa pinta-alaa ei ole paljon ja käytössä on panosuuni. Käsikäyttöisen kiskokuljettimen avulla voidaan maalata ja uunitaa myös suuria kappaleita. Ratakuljetinta käytetään yleensä, kun maalattavaa pinta-alaa ja kappaleita on paljon. Uunina käytetään tällöin yleensä tunneliuunia. Jauhemaalauksuunin tehtävänä on saada aikaan kappaleen pintaan niin korkea lämpötila että jauhe sulaa pinnassa nopeasti ja tämän jälkeen kovettuu. Korkean lämpötilan aikaansaaminen vaatii uunilta suurta lämmitystehoa. Uunin lämpötila ei saa laskea käytön aikana. Koska jauhemaalattu kappale vaatii omasta muodostaan ja aineen paksuudesta riippuvan uunitusajan tietyssä lämpötilassa, voidaan jauhemaalauslinjan kuljettimen käyttönopeutta lisätä ainoastaan pidentämällä uunia. Esimerkiksi jos kuljetinta on ajettava eteenpäin nopeudella 1,0 m/min ja jauhemaalattava kappale vaatii 20 minuutin uunituksen, on uunin oltava 20 metriä pitkä. Uunituksessa on oleellista, että uunitusaika on aina riittävä. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,136 - 138.)

Jauhemaalattun kappaleen uunitusaika määräytyy maalin laadusta ja maalattun kappaleen materiaalipaksuudesta.

TAULUKKO 3. Eri maalilaatujen polttolämpötila ja polttoaika vertailu

Maalilaatu	Polttolämpötila (c°)	Polttoaika (min)
Epoksi	180	10
	200	5
Epoksi- polyesteri	180	15
	200	10
Polyesteri	200	18
	210	15

Taulukon arvot ovat suuntaa antavia. Eri valmistajien polttoajoissa on eroja, vaikka maalityyppi olisikin sama. Uunittaessa jauhemaalasta on aina muistettava, että jauhemaalivalmistajien ilmoittamat polttoajat tietyssä lämpötilassa tarkoittavat aikaa, jossa kappaleen lämpötila on sama kuin polttolämpötila. Uunien lämpötilanäyttöjen ilmaiset lämpötilat ovat aina korkeampia kuin kappaleen todellinen lämpötila. Tämän vuoksi käytännön uunitusaika on aina pidempi kuin maalivalmistajan ilmoittama polttoaika. Liian lyhyt uunitusaika johtaa alipolttoon, joka on paljon suurempi virhe kuin hieman liian pitkä uunitusaika. Alipoltettu jauhemaalaukset joudutaan poistamaan pinnasta. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,137.)

Eri jauhelaaduille on tyypillistä eripituiset uunitusajat. Uunitusaikaan vaikuttaa ratkaisevasti uunin lämpötila. Jokaisella jauhelaadulla on oma minimilämpötilansa, jossa se vielä muodostaa kelvollisen maalikalvon. Yleensä polttolämpötila kuitenkin säädetään niin korkeaksi, että kuljetinta voidaan ajaa eteenpäin riittävän nopeasti, jolloin saavutetaan lyhyemmät läpimenoajat jauhemaalauksella. Jos maali laatuun käytetään epoksijauhetta, ei uunitusaika saa ylittyä, koska tällöin maalauksen värisävy kellastuu. Kellastuminen on jonkin verran vähäisempää epoksi – polyesterijauheella ja vähäisintä polyesterijauheella. Jauhemaalien valmistajat ilmoittavat polttoajat eri lämpötiloissa. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,137.)

Maalattavan kappaleen materiaalipaksuus vaikuttaa merkittävästi polttoaikaan. Mitä paksumpi materiaali, sitä hitaammin se lämpiää uunissa ja näin polttoaika pitenee. Vastaavasti paksut kappaleet ovat hitaasti jäähtyviä, joten niitä ei voida poistaa kuljettimelta nopeasti. Maalattavan kappaleen lämpiämisaikalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu ennen kuin kappale lämpiää uunin sisäilman lämpötilaan. Lämpiämisaikan päälle on lisättävä jauheen polttoaika, jolloin saadaan kokonaisaika jonka kappaleen on oltava uunissa. Yksiselitteisiä ohjeita uunitusajoille eri materiaalinpaksuuksille ei voida antaa. Materiaalin paksuuden lisäksi uunitusaikaa voivat huomattavasti pidentää se että kiertoilma ei pääse suoraan kosketukseen massiivisen pinnan kanssa, jolloin lämpö ei siirry kunnolla tai kappaleen massiivinen pinta on uunin alaosassa, joka voi olla uunin kylmin osa. Uunin tasaisen ja riittävän lämpötilan lisäksi maalaustuloksen kannalta on oleellista, että uunin al-

kuosassa kappaleen lämpötilan nousu on riittävän nopeaa. Jos jauhemaalattu kappale lämpiää liian hitaasti, maalin tasoittuminen jää puutteelliseksi ja maalipinnasta tulee appelsiinikuorimainen. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,137.)

Maalattujen kappaleiden on jäädyttävä ennen niiden poistamista kuljettimelta. Jäähdytysaika riippuu maalatun kappaleen massiivisuudesta. Ohut levytuote jäähtyy riittävästi noin 5 minuutissa, 5 mm paksun teräsmateriaalin jäähtyminen kestää noin 15 minuuttia. Uunin jälkeisen alueen, jossa kappaleet saavat jäähtyä kuljettimella, olisi hyvä olla noin puolet uunin pituudesta. Kuumaa kappaletta ei saa nostaa alas kuljettimelta, koska maalipinta on tällöin vielä pehmeä. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,138.)

Jauhemaalatuista kappaleista tarkistetaan tilaajan vaatimat ominaisuudet silmämääräisesti tai mittaamalla. Silmämääräisesti tarkistettavia ominaisuuksia ovat maalikalvon peittävyys joka paikassa, pinnan tasaisuus, pinnan kiilto, värivirheet ja pinnan roskattomuus. Yleisimmin maalikalvosta mitataan kalvonpaksuutta ja tartuntaa. Yksinkertainen ja yleensä riittävä tapa tarkistaa maalin tartunta on lyödä jäähtynyttä kappaletta esimerkiksi pyöreäreunaisella, ohuella ripustuskoukulla. Jos maalin tartunta on hyvä, ei maalattuun pintaan jää lyönnistä jälkeä. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,138.)

Jauhemaalattut kappaleet voidaan pakata niin, että maalattut pinnat koskettavat toisiaan. Kappaleet on kuitenkin pakattava niin tiiviisti, että ne eivät hankaa toisiaan kuljetuksien aikana. Koska jauhemaalipinta on kova ja liukas, niin kappaleet liikkuvat helposti toistensa lomitse kuljetuksien aikana, jos kappaleita ei kiinnitetä kunnolla. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001,138.)

4. TOIMENPITEET

4.1 Pesu- ja fosfatointi



KUVA 2. Mever Oy:n rautafosfatointi- ja jauhemaalaukselinjan ohjausyksikkö

Työn aluksi haluttiin selvittää, ovatko maalauslinjan perusasiat sellaisessa kunnossa että maalaustulos ylipäättään on mahdollista saada haluttavalle tasolle. Maalauslinjan yleiskunto tarkastettiin ja todettiin se hyväksi. Tarkastuksessa havaittiin, että linja kokonaisuudessaan oli erittäin likainen ja tällä saattaisi olla merkitystä maalaustuloksen laatuun. Aikaisemmin oli ollut käsitys, että linjalla käytettävän veden laatu olisi niin huono että se vaikuttaisi linjalla suoritettavan metallituotteiden pesun ja fosfatoinnin laatuun. Veden laadusta oli SeiLab Oy:ltä saatu lau-

sunto, jonka mukaan veden laatu ei ole paras mahdollinen, mutta käytännössä riittävä kunnollisen pesu-, fosfointi- ja maalaustuloksen saavuttamiseksi. Veden laadun parantaminen on käänteisosmoosilaitteella helppoa. Käänteisosmoosilla saadaan vedestä poistettua epäpuhtaudet veden paineen avulla. Suolaliuoksesta vesi saadaan virtaamaan puoliläpäisevän kalvon läpi paineen avulla. Paineen on oltava paljon suurempi kuin luonnolliseen suuntaan kulkevan osmoosin paine. Organisisissa kalvoissa on vesimolekyylin kokoisia reikiä, joista vesi prässätään läpi. Näin saadaan vettä josta on ainakin 95 % suoloista poistettu. Laitteen hankkimiseksi oli ELY-keskukselta saatu päätös investointituen myöntämiseksi. Laitteen hinta oli 80.000,00 €. Investointia pidettiin kalliina ja päätettiin tutkia muut mahdollisuudet ennen sen tekemistä. (Seppälä 2010.)

Pesutunneli päätettiin puhdistaa kunnolla tunnelin valmistajan ohjeiden mukaan. Tunnelin pesu pitäisi suorittaa kahdesti vuodessa riittävän huolellisesti, jotta lika ja rasva saataisiin maalattavien tuotteiden pinnalta mahdollisimman hyvin pois. Fosfointilaitteisiin kerääntyy ajan mittaan kattilakiveä, sakkaa ja rasvaa. Nämä liat tukkivat vähitellen suuttimet, putket, pumput ja muut laitteet heikentäen pesutulosta. Puhdistamisessa käytettiin Decorral 35 - 42 nestemäistä puhdistusainetta. Ainetta käytetään vähintään 2 %:n liuoksena. Ensin pestävät vaiheet tyhjennettiin ja pohjalta lapioitiin irtoava sakka pois. Tämän jälkeen lisättiin vettä altaaseen niin paljon, että kehien pumpun imuaukko ja lämmönvaihtimet peittyivät. Lämmitys kytkettiin päälle ja pesurista irrotettiin kehien viimeiset suuttimet. Kun lämpö oli 40 °C astetta, lisättiin puhdistusaine kiertoan. Kylpyä kierrätettiin 6 tuntia ja todettiin linjan olevan puhdas. Tämän jälkeen irrotettiin kaikki suuttimet ja annettiin linjan vielä pyöriä 2 tuntia niin että putkista saatiin kaikki lika ulos. Tämän jälkeen lisättiin irrallisen painepesuriin samaa puhdistusainetta ja puhdistettiin tunnelin paikat, joita koneen oma pesuprosessi ei pysty puhdistamaan. Painepesuripesu kesti 2 tuntia. Painepesuripesu tunnelissa suoritettiin tavalliseen sadeasuun, suojalaseihin ja kumikintaisiin suojautuneena. Ennen suuttimien irrottamista ne kuvattiin, jotta ne saatiin suunnattua pesun jälkeen oikein uudelleen. Suuttimet olivat hyväkuntoisia eikä niitä tarvinnut uusia. Kun kaikki puhdistustoimenpiteet oli suoritettu, pumpattiin pesuvesi varastointialtaaseen odottamaan jäteveden käsittelyä ja päästämistä

viemäriverkkoon. Linja huuhdeltiin kunnolla puhtaalla vedellä 2 tunnin ajan ja suuttimet asennettiin takaisin paikoilleen.

Pesuainetta lisäämään oli hankittu Knight up 1100 L/B-merkkinen automaattinen pesuaineen annostelija. Annostelijan todettiin toimivan siten että se automaattisesti koko ajan lisää pesuainetta kylpyveteen. Näin ollen kylpyveden laatu ei välttämättä ole optimaalinen hyvän kylpytuloksen aikaansaamiseksi. Todettiin laitteiston lisäävän turhaan pesuaineen kulutusta eikä se pidä pesuveden pH-tasoa oikeana. Koska siitä ei saada riittävää hyötyä kunnollisen pesutuloksen aikaansaamiseksi, päätettiin pesuaineen syöttölaite ottaa pois käytöstä. Parempi annostelija mittaisi esimerkiksi kylvyn pH:ta ja lisäisi pesuainetta oikean pH-tason saavuttamiseksi. Todettiin että tarpeellinen päivittäinen pesuveden seuranta oli ollut viikoittaista osin jopa kuukausittaista. Esimerkiksi automaattisen pesuaineen annostelijan takia pesuveden kemikaalipitoisuutta ei oltu seurattu riittävän usein. (Pöntinen 2010.)

Pesuaineena käytettiin Fosfamix Combi pesevää rautafosfatointiaainetta. Aine soveltuu teräsmetalleille ennen maalausta tehtävään rautafosfatointiin ja rasvapoistopesuihin pesulinjoille ja kammiopesukoneisiin. Aine soveltuu myös alumiinin sekä sinkittyjen ja maalattujen kappaleiden rasvanpoistopesuihin. Aine on opaalinen, kellertävä, veteen liukeneva neste. Aine sisältää eri tensidejä, butyylidiglykolia ja fosforihappoa. Aineen käyttöannostus on 1 – 5 %, käsittelyaika 1 – 3 minuuttia / käsittelyvaihe. Käyttölämpötila on 40 - 70 °C, käyttöliuoksen pH on n. 5,4 – 6,2 tiivisteen pH:n ollessa 4,5 ja tiivisteen ominaispainon 1150 g/l. (Fosfamix Combi tuotetiedote 2006.)

Tehtiin uusi kylpy ja suoritettiin pesuaineen annostus käsin sekä suoritettiin pesuaineen titraus. Titraus on menetelmä jossa todetaan pesuveden pesuainepitoisuus. Aluksi päästettiin 3000 l:n puhdas pesuvesisäiliö täyteen puhdasta vettä. Koska pesuaineen tavoitepitoisuus on 2,5 %:ia lisättiin käsin pesuainetta 75 litraa ja suoritettiin titraus. Pesuvedestä otettiin 10 ml:n näyte. Näytteeseen tiputettiin 4 tippaa fenolftaleiiniä. Näyte titrataan 5 ml:n 0,1 n natriumhydroksidiliuoksella (0,1 n NaOH), liuosta lisättiin näytteeseen kunnes väri muuttui vaaleanpunaiseksi. Näy-

tettä ravistettiin koko titrauksen ajan. Kulunut NaOH-määrä kerrottiin pesuaineen titrauskertoimella joka oli 0,77. Saatu tulos kertoi pesuveden pesuainepitoisuuden painoprosentteina. Tulokseksi saatiin 2,54 %, joka hyväksyttiin. (Pöntinen 2010.)

Pesuveden lämpötilaa ohjataan linjan ohjauskeskuksesta ja keskuksen mittari ilmoittaa lämpötilan. Pesuveden lämpötilan pitää olla sopiva. Liian matala lämpötila ei poista rasvoja riittävän tehokkaasti tai kylpy saattaa vaahdota ja liian korkea lämpötila kuivattaa kappaleet ennen huuhtelua, pintaan saattaa jäädä tensi-disuoloja tai pinta voi passivoitua. Pesuveden lämpötila tarkastettiin erillisellä mittarilla ja todettiin lämpötilaeron olevan noin 1 °C aste. Lämpötilanäytön todettiin olevan riittävän tarkka. Pesuveden lämpötila säädettiin ohjauskeskuksesta + 55 °C:seen.

Pesutunnelissa pesuveden kappaleisiin suihkuttaa pvc-muovista valmistettu kahdeksankehäinen pesuputkisto. V-suihkusuuttimia kehää kohti on 16. Suuttimet on valmistettu polypropyleenimuovista kestävämmän kemikaali- ja lämmönrasituksia. Useita erikokoisia ja erimuotoisia kappaleita koeajettiin useita kertoja eri ratanopeuksilla pesutunnelin läpi ja todettiin että kappaleet ovat kauttaaltaan pesuveden kastelemia ja näin ollen pesutuloksen ja fosfointikerroksen pitäisi olla hyväksyttävä. Pesusuuttimien toiminnan ja suuntauksen voitiin näin ollen todeta olevan riittävä.

Pesusuuttimien suuntausta ei muutettu.

4.2 Huuhtelu ja kuivaus

Pesun jälkeisestä huuhtelusta tarkastettiin huuhteluveden lämpötila, sen puhtaus, happamuus ja vaihtuvuus. Käsiteltävien kappaleiden passivoituminen voi johtua kaikista näistä tekijöistä. Suoraan hanasta tulevan huuhteluveden todettiin olevan sopivan lämpöistä. Tosin se prosessin aikana lämpiää, mutta ei liaksi. Huuhteluvesien lämpötilaksi mitattiin kolme eri kertaa 25 °C astetta. Huuhteluve-

den puhtaus todettiin silmämääräisesti. Kolmen pesupäivän jälkeen huuhteluvesi oli läpinäkyvän kirkasta huuhtelualtaissa. Pesu- ja fosfointiainetta voi kulkeutua huuhtelualtasiin joko väärin suunnattujen suuttimien tai väärin ripustettujen kappaleiden takia. Kappaleet täytyy panostaa kuljettimeen siten että kulkusuunnassa takaosa on noin 10 cm alempana kuin etuosa nesteseokaantumisten välttämiseksi. Pesulinjasta kappaleet siirtyvät ns. pisarapuhallusvyöhykkeen läpi vedenkuivausuuniin. Vedenkuivausuuni on ns. kiertoilmauuni, jossa lämpötilan kohottaminen tapahtuu sähkötoimisella lämmitys-/kiertoilmayksiköillä. Kuivausuunin lämpötila oli kolmella eri kerralla mitattuna 135 °C astetta. Samaa näyttivät sekä uunin oma mittari että sekä tarkastukseen käytetty erillinen lämpötilamittari.

4.3 Maalaus



KUVA 3. Jätessankokaulus Mever Oy:n maalauskaapissa

Varsinaista maalausta aloitettaessa on kokeiluilla suuri merkitys. Maalattavat kappaleet ovat usein hyvin erimuotoisia ja -kokoisia ja kaikki kappaleet vaativat omat

asetuksensa maalauskaapin eri toiminnoissa. Mever Oy:n tuotannossa suuret samantyyppiset maaluserät koskevat lankakoreja, astiankuivaushyllyjä, jätēsankovaunuja ja jätēsankokauluksia. Lisäksi maalataan paljon pieniä osia Mever Oy:n omiin tuotteisiin ja alihankintaan. Käsiteltävän kappaleen maksimitat ovat leveys 500 mm, korkeus 1200 mm ja pituus 1500 mm. Pienimmät maalattavat osat ovat 1 mm paksuisesta teräslevystä tehtyjä 50 mm korkeita ja 100 mm pitkiä Nexus-kiinnikkeitä. Kaikkien kooltaan ja muodoiltaan erilaisten kappaleiden säädöt voidaan löytää oikeiksi vain kokeilemalla.



KUVA 4. Mever Oy:n jauhemaalaukskaapin ohjausyksikkö

Maalauslaitteen käynnistyksen jälkeen säädettiin jokaisen pistoolin pumpun paine n. 1,5 baariin ja hajotusilma n. 3 baariin, traverssilaitteen iskun pituus maalattavalle kappaleelle sopivaksi ja aloitettiin koemaalata kappaleita. Ilmanpaineita ja pistoolien asentoa säätämällä saavutettiin haluttu lopputulos. Kun jauhepumpun ilmanpainetta lisättiin, niin pistoolin ruiskuttama jauhemaalin määrä lisääntyi, paineen pudotus pienensi ruiskutettavan jauheen määrää. Diffuuserin ilmanpaineen pitää olla vähintään 1 baari suurempi kuin jauhepumpun ilmansäätimen, jotta saavutetaan hyvä käyttötulos (Tribomatic – jauhemaalausjärjestelmän käyttäjäkortti 1994).

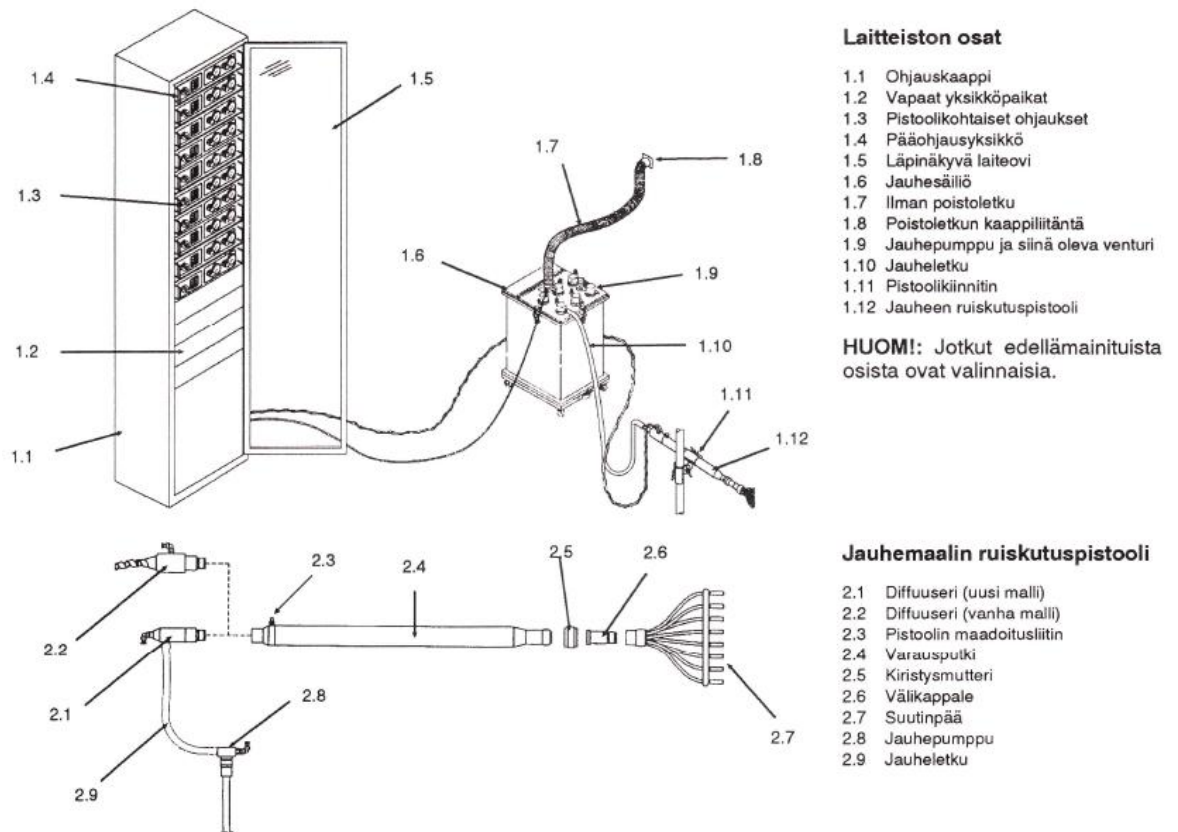
Kun maalataan, jauhemaalain määrä pidetään mahdollisimman alhaisena huomioiden riittävä varautuminen. Jauhemaalain määrä 50 - 80 g/minuutti on tyypillinen. Kun on tarvetta kasvattaa jauhemaalain paksuutta, se tehdään hitaasti. Maalauskaapin ilman nopeus on pidettävä mahdollisimman alhaisena. Paras työkappaleen ripustustapa ja -tiheys saatiin vain kokeilemalla. Maaluspistoolin etäisyys maalattavasta kappaleesta oli tyypillisesti 200 - 250 mm. Vaikeasti käsiksi päästäviä alueita maalattaessa pistooli siirrettiin mahdollisimman lähelle kappaletta. (Tribomatic – jauhemaalausjärjestelmän käyttäjäkortti 1994.)

Jos olisi ollut tarpeellista, maalaus olisi voitu jakaa yksittäisiin maalausvaiheisiin. Sisäpuoli ja vaikeasti maalattavat alueet olisi voitu maalata ensin ja sitten ulkopuoli ja avoimet alueet. Tähän ei kuitenkaan tarvinnut mennä vaan kaikki tuotteet voitiin maalata yhdellä kertaa. Liian korkea diffuuserin ilmanpaine saattaa pyyhkiä lähellä olevista osista jauhemaalain pois.

Ruiskutuksen suuntaamiseen voidaan käyttää erillisiä lisäsuuttimia erimuotoisten kappaleiden mukaan. Suutintyypit ovat neulasuutin syviin kappaleisiin, 8-reikäinen suutin tasaisiin pintoihin ja pyöreä yleiskäyttöön. Ruiskutuspää suunnattiin kohtaamaan ja seuraamaan kappaleen kulkusuuntaa. (Tribomatic – jauhemaalausjärjestelmän käyttäjäkortti 1994.)

Maalauksen kustannustehokkuutta ajateltaessa yksi tärkeimmistä asioista on ohiruiskutuksen minimoiminen. Ohiruiskutuksen vähentämiseksi kappaleiden välimatka pidettiin mahdollisimman pienenä. Suutinpäiden asentoa ja ilmanpaineita säättämällä ohiruiskutusta voitiin pitää mahdollisimman pienenä. Jauhepumpun ilmanpaineen pitäminen mahdollisimman pienenä ja työskenteleminen mahdollisimman paljon diffuuserin ilmanpaineen avulla pienensi myös ohiruiskutusta.

Laitteiston pitäminen hyvässä kunnossa ja puhdistaminen edesauttavat hyvään maalaustulokseen pääsemistä (Tribomatic – jauhemaalauksjärjestelmän käyttäjäkortti 1994).



KUVA 5. Mever Oy:n käyttämän jauhemaalauksjärjestelmän yleiskuva (Tribomatic – jauhemaalauksjärjestelmän käyttäjäkortti 1994.)

Jos maalauspistoolista tulee epätasainen jauhesuihku, jauheen säiliö saattaa olla liian vajavainen, ruiskutettava jauhe saattaa olla pelkästään kierrätettyä jauhetta, ilmanpaineet saattaa olla väärin säädetty, jauhepumpu saattaa olla tukossa tai

venturi on kulunut. Jos jauhe ei ruiskutu tasaisesti jokaisesta suuttimen sormesta, voi suutinpää olla osittain tukkeutunut. Koemaalauksen yhteydessä kerran todettiin jauheen sisältävän liikaa kierrätettyä materiaalia. (Tribomatic – jauhemaalauksjärjestelmän käyttäjäkortti 1994.)

Maadoituksen johto tarkastettiin aina koemaalauksiin ryhdyttäessä. Varausten ollessa alhainen tai nolla on syytä tarkastaa maadoituksen johto ja liitin. Jauhemaalauksen soveltuvuus käytettävälle jauhemaalauksjärjestelmälle on selvitettävä ennen maalauksen aloittamista.

Jos maali ei tunkeudu kohteeseen saattaa kyseessä olla väärät suuttimet tai ruiskutus päät. Myös liian etäälle kappaleesta asennettu pistooli voi aiheuttaa ongelman. (Tribomatic – jauhemaalauksjärjestelmän käyttäjäkortti 1994.)

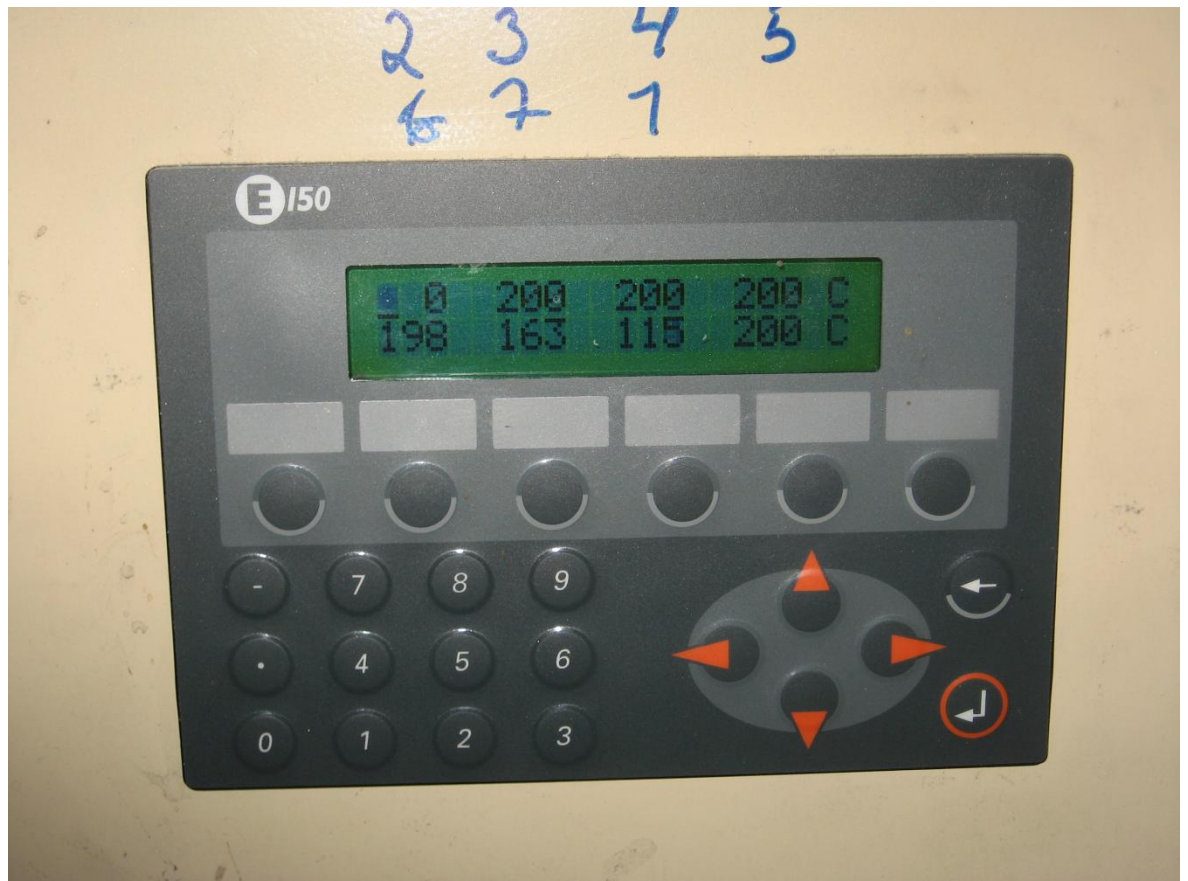
Mikäli liian suuri jauhepaksuus yksinkertaisissa avoimissa alueissa (esimerkiksi sivuissa ja kulmissa) saattaa johtua liian suuresta jauheen ruiskutusmäärästä, jolloin jauhepumpun painetta on syytä pienentää. Maaluspistoolien määrä tai asetukset voivat olla virheelliset. Maalaus voidaan jakaa vaiheisiin, pistoolien määrää ja asetuksia muuttaa tai kuljetinnopeutta säätää. (Tribomatic – jauhemaalauksjärjestelmän käyttäjäkortti 1994.)

Jos maalauksjauhe ei leijutu, saattaa säiliössä olla liian paljon kierrätettyä jauhetta. Tällöin on lisättävä ruiskutuksen hyötysuhdetta ja uutta jauhetta säiliöön. Myös paineilmassa oleva öljy tai kosteus voivat aiheuttaa tämänlaatuisen ongelman, samoin liian alhainen leijutus paine. (Tribomatic – jauhemaalauksjärjestelmän käyttäjäkortti 1994.)

Jauhemaalauksen onnistumiseksi on maalattavien kappaleiden maadoituksen oltava hyvässä kunnossa. Maadoituksen onnistumiseksi kappaleiden ripustinkoukujen kunto ja ominaisuudet ovat tärkeitä. Suoritettaessa koemaalauksia huomattiin maadoituksessa ongelmia, maalijauhe ei levinnyt tasaisesti kappaleeseen ja erityisesti terävät kulmat jäivät ilman riittävää maalipintaa. Mever Oy:ssä käytettiin

pitkään samoja koukkuja polttamalla niistä nestekaasusuuttimella vanha maali pois. Tarkastuksessa todettiin kuitenkin, että jo toisella käyttökerralla koukkujen maadoitusominaisuudet heikkenivät. Samoin havaittiin että poltosta koukkuihin jää likaa ja tuhkaa, jotka likasivat maalattavia kappaleita ja maalipinnan alle jäi näin ollen epäpuhtauksia heikentäen maalauksen lopputulosta. Samalla kellottamalla havaittiin koukkujen poltto taloudellisesti kannattamattomaksi. Koukkujen osto alihankkijaltakin todettiin edullisemmaksi kuin koukkujen poltto.

4.4 Lämpöuuni

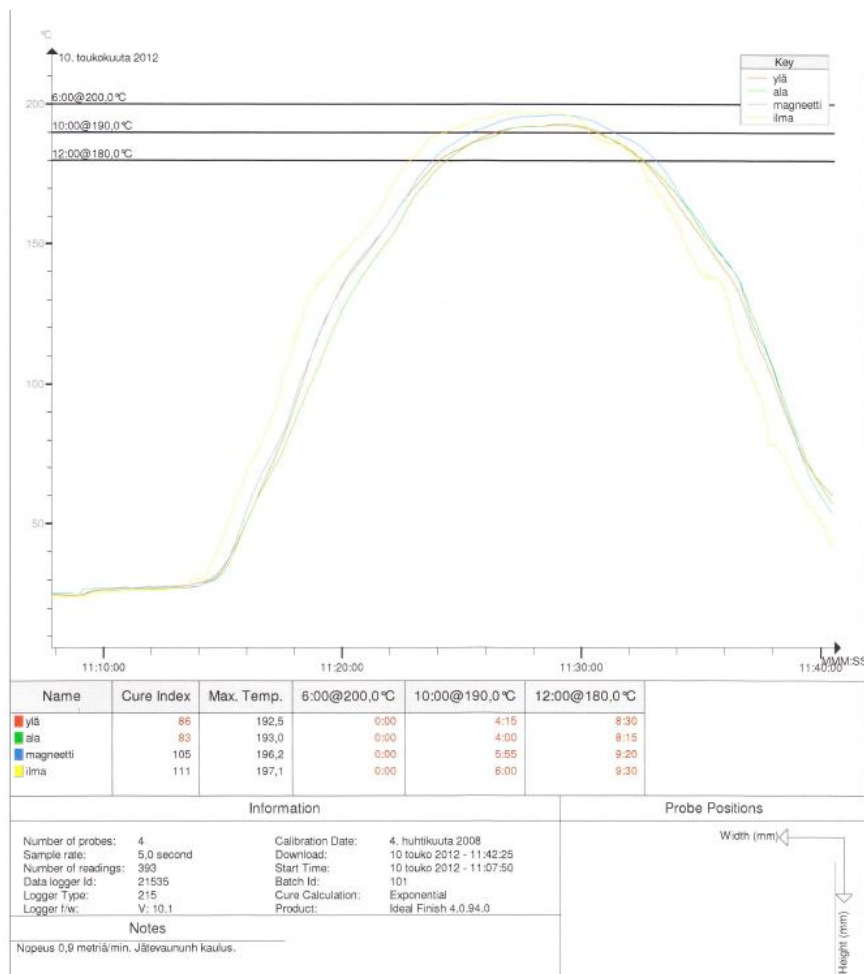


KUVA 6. Mever Oy:n lämpöuunin ohjausyksikkö

Kun esikäsittelyn ja maalauksen ongelmat oli selvitetty, tutkittiin vielä lämpöuunin ominaisuudet. Ripustinradalle laitettiin normaali maalaus-kappale ja siihen kiinnitet-

tiin lämpötila-anturit mittaamaan uunissa kappaleen lämpötilassa tapahtuvat muutokset. Uunin lämpötila säädettiin ohjaustaulusta ohjearvoon 180 °C–astetta.

Kun uuni oli saavuttanut ohjearvot radalla, ajettiin kappale 1m/minuutti nopeudella uunin läpi. Tuloksesta saatiin tuloste, josta selvisi että uuni ei todellisuudessa saavuta sille asetettua lämpötilaa, ja että kappale lämpiää uunissa liian hitaasti ja jäähtyy liian pitkään. Lämpöuunin lämpötila on todellisuudessa n. 10 °C – astetta ohjaustaulun näyttämää alempi. Lämpöuunia tutkittaessa havaittiin, että uunin alku- ja loppupäässä olevien tuulikaappien / ilmaverhojen jakoseinät on joskus irrotettu. Jakoseinät kiinnitettiin takaisin paikoilleen ja ohjauslämpötilaa nostettiin 10 °C–astetta ja tehtiin koe uudelleen.



KUVA 7. Lämpöuunin lämpökäyrä

Korjausten jälkeen saatiin hyväksyttävä tulos.

4.5 Laadun tarkastus

Todettiin että tähänastinen silmämääräinen laaduntarkastus ripustinrataa purettaessa ei ole ollut riittävä, koska reklamaatioita maalipinnan vähäisyyden, maalipinnan helpon irtoamisen ja tuotteiden nopean ruostumisen takia oli tullut liian paljon ja osa alihankinta maalausta tilanneista yrityksistä oli siirtynyt muiden maalaamojen asiakkaiksi. Asiakkaiden kanssa pohdittiin tilannetta ja asiakkailta tuli palaute että maalausjälki pitäisi saada testattua riittävän laadukkaaksi ennen tavaroiden toimitusta. Koko toimitusketjulle todettiin kaikkein kalleimmiksi sellaiset reklamaatiot, joissa epäkurantti tuote on jo päässyt käyttökohteeseensa asti. Mever Oy tutki alihankintatuotteittensa alan maalausstandardeja ja totesi niiden olevan niin laajat, että on mahdoton noudattaa niitä kaikkia. Yhdessä asiakkaitten kanssa pohdittiin tilannetta ja tultiin siihen tulokseen että Mever Oy alkaa suorittaa maalipinnan paksuuden mittauksia päivittäin standardin SFS-EN ISO 2808 ”Maalit ja lakat, kalvonpaksuuden määrittäminen” mukaan ja säännöllisin väliajoin maalipinnan tarttuvuutta standardin SFS-EN ISO 2409 ”Maalit ja lakat, hilaristikkokoe” mukaan sekä dokumentoi ja seuraa tuloksia.

Maalipinnan kalvonpaksuuden määrittämistä ohjaava standardi esittää useita tapoja kalvonpaksuuden määrittämiseen. Standardissa on neljä pääkohtaa 1) märkäkalvonpaksuuden määrittäminen 2) kuivakalvonpaksuuden määrittäminen 3) kovettamattomien jauhekerrosten paksuuden määrittäminen ja 4) kalvonpaksuuden mittaaminen karhealla pinnalla. Käyttöön valittiin kuivakalvonpaksuuden määrittäminen. (SFS-EN ISO 2808 2007.)

TAULUKKO 4. Kuivakalvonpaksuuden määrittäminen
SFS-EN ISO 2808 2007.)

Taulukko A.2 Kuivakalvonpaksuuden määrittäminen

Perisate	Menetelmä	Alusta ^a	Sovellusalue ^b			Standardi ^c	Tarkkuus ^d
Mekaaninen (5.2)	4A Paksuusero (mikrometri/ mittakello) (5.2.4)	X	nd/d ^e	c	l	ASTM D 1005 DIN 50933	Mekaaninen: alempi raja 5 µm Elektroninen: alempi raja 3 µm
	4B Syvyysmittaus (mikrometri/mittakello) (5.2.5)	X	d	c	l		Mekaaninen: alempi raja 3 µm Elektroninen: alempi raja 2 µm
	4C Pintaprofiilin pyyhkäisymittaus (5.2.6)	X	d	nc	l	ISO 4518	Alempi raja 2 µm
Gravimetrinen (5.3)	5 Massaeron perusteella (5.3.4)	X	d	c	l/p/f		Ei tietoa saatavilla
Optinen (5.4)	6A Poikkileikkaus (5.4.4)	X	d	c	l	ISO 1463	Systemaattinen virhe ±2 µm Toistettavuus ±5 %
	6B Kiilaura (5.4.5)	X	d	c	l/p/f	DIN 50986	Ylempi raja 2 µm Toistettavuus ±10 %
Magneettinen (5.5)	7A Magneettiin perustuva irtivetomittari (5.5.5)	Fe	nd	c	l/p/f	ISO 2178	Systemaattinen virhe ±5 µm Toistettavuus ±6 %
	7B Magneettivuomittari (5.5.6)	Fe	nd	c	l/p/f		Systemaattinen virhe ±3 µm Toistettavuus ±5 %
	7C Magneetti-induktiomittari (5.5.7)	Fe	nd	c	l/p/f	ISO 2178	Systemaattinen virhe ±2 µm Toistettavuus ±3 %
	7D Pyörrevirtamittari (5.5.8)	NFe	nd	c	l/p/f	ISO 2360	Systemaattinen virhe ±2 µm Toistettavuus ±3 %
Radiologinen (5.6)	8 Beta-partikkelien takaisinsironta (5.6.4)	X	nd	nc	l/p	ISO 3543	Systemaattinen virhe ±2 % tai ±0.5 µm sen mukaan, kumpi on korkeampi
Fototerminen (5.7)	9 Lämpöominaisuudet (5.7.4)	X	nd	nc	l/p	EN 15042-2	Ei tietoa saatavilla
Akustinen (5.8)	10 Ultraääneen perustuva paksuusmitta (5.8.4)	X	nd	c	l/p/l		Systemaattinen virhe ±2 µm Toistettavuus ±5 %

^a X/Fe/NFe = mikä tahansa/ferromagneettinen metalli/ei-ferromagneettinen metalli

^b d = ainetta rikkova
nd = ainetta rikkomaton
c = koskettava
nc = koskettamaton
l/p/f = soveltuu laboratorio- / tuotantoon / kenttätyöhön

^c Edustavat kansainväliset tai kansalliset standardit, joissa menetelmät kuvaillaan.

^d Näiden menetelmien tarkkuustiedot ovat laitevalmistajan ilmoittamia ja voidaan todentaa jäljitettävillä kalibrointinormaleilla. Estetyt luvut perustuvat laitevalmistajien ja käyttäjien ilmoittamiin empirisiin arvoihin. Vaihtelu on mahdollista.

^e Riippuu menetelmästä.



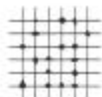
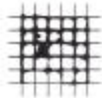


KUVA 8. Mever Oy:n käyttämä kalvonpaksuusmittari

Taulukon 4 tavoista valittiin käytettäväksi pyörrevirtamittari. Mittariksi hankittiin Qnix 4500 3/3mm ja mittauksia alettiin suorittaa jokaisesta maalauserästä vähintään kolmesta kappaleesta. Mittaus suoritettiin siten että ensin mittari kalibroidaan mittarin mukana tulleilla päällystämättömillä teräs- tai alumiinilevyillä. Kun mittari on kalibroitu, asetettiin mittari mitattavaan kohtaan kohtisuoraan kappaletta ja kirjattiin saatu tulos. Dokumentointi suoritettiin liitteenä olevalla kaavakkeella (LIITE 1). Tietyn ajanjakson tulokset on taulukoitu ja analysoitu myöhemmin tässä opinäytetyössä.

Maalipinnan tarttuvuutta arvioimaan ohjaava standardi esittää koemenetelmän irtoamiskestävyyden arvioimiseen, kun pinnoitteeseen viilletään alustaan saakka tunkeutuva suorakulmainen ristikko. Tällä kokemusperäisellä menetelmällä arvioi-

tava ominaisuus riippuu mm. pinnoitteen tartunnasta joko lähinnä olevaan kalvoon tai alustaan. Menetelmän ei kuitenkaan katsota olevan tartunnan määrittymen-
telmä vaan sitä varten on olemassa oma menetelmänsä joka on esitetty standar-
dissa ISO 4624.

TAULUKKO 5. Maalipinnan luokittelu
(SFS-EN ISO 2409 2007.)

Luokitus	Kuvaus	Ulkonäkö leikkausalueella, josta hilseilyä on tapahtunut (Esimerkki kuudelle rinnakkaisleikkaukselle)
0	Leikkausurien reunat ovat täysin sileät, yksikään ristikon ruuduista ei ole irronnut	—
1	Pientä hilseilyä urien leikkauspisteissä. Leikkausristikon alueesta korkeintaan 5 % on vaurioitunut	
2	Pinnoite on hilseillyt urien reunoilta tai urien leikkauspisteissä. Leikkausristikon alueesta on vaurioitunut enemmän kuin 5 % mutta ei enempää kuin 15 %	
3	Pinnoite on hilseillyt urien reunoilta osittain tai kokonaan suurina kaistaleina tai on hilseillyt osittain tai kokonaan ruutujen eri osista. Leikkausristikon alueesta on vaurioitunut enemmän kuin 15 % mutta ei enempää kuin 35 %	
4	Pinnoite on hilseillyt urien reunoilta osittain tai kokonaan suurina kaistaleina tai joitain ruutuja on irronnut osittain tai kokonaan. Leikkausristikon alueesta on vaurioitunut enemmän kuin 35 % mutta ei enempää kuin 65 %	
5	Mikä tahansa hilseily, jota ei voida luokitella edes luokitteluasteen 4 mukaisesti	—

Testin tekemiseen tarvittavat laitteet hankittiin.



KUVA 9. Hilaristikkokokeeseen tarvittavat laitteet

Kokeet suoritettiin tehtaassa vallitsevissa olosuhteissa, lämpötila oli n. 25 °C ja suhteellinen kosteus n. 65 %. Koelevyt oli vakioitu samoissa olosuhteissa vähintään 16 h ennen koetta. Leikkausurien etäisyys teräsalustalla 60 µm:iin asti oli 1 mm. Testi tehtiin vähintään kolmesta eri kohdasta koelevyä. Tuloksissa erot eivät olleet yhtä luokitteluastetta suurempia, joten enempää testejä ei tarvinnut tehdä.

Koelevy asetettiin tukevalle, tasaiselle pinnalle, jotta estetään levyn muodonmuutos kokeen aikana. Terän leikkaussärmät tarkistettiin. Leikkuria pidettiin terä koh-tisuorassa koelevyn pintaa vastaan ja leikkuria painettiin tasaisesti ja puista ohjainta käyttäen leikattiin kolme uraryhmää pinnoitteeseen tasaisella leikkausnopeudella. Kaikki leikkausurat ulottuivat alustamateriaaliin saakka. Toimenpide toistettiin tekemällä sama määrä leikkauksia ristiin alkuperäisten kanssa 90-asteen kulmassa siten, että muodostuu ristikkokuvio. Levyä harjattiin kevyesti pehmeällä harjalla useita kertoja eteen- ja taaksepäin ristikkokuvion kummankin lävistäjän suuntai-

sesti. Sen jälkeen asetettiin n. 75 mm pitkä teippi kaikkiin ristikoihin siten että teipin keskusta on ristikon päällä samansuuntaisesti jommankumman urasarjan kanssa, ja painettiin sormella teippi paikoilleen ristikon päälle ja vähintään 20 mm yli ristikkoalueen. Teippi hangattiin voimakkaasti levyyn kiinni. Odotettiin viisi minuuttia ja teippi poistettiin vetämällä se tasaisesti 0,5 - 1.0 sekunnissa ja kulmassa joka oli mahdollisimman lähellä 60 astetta. Saadut tulokset kirjattiin ylös ja dokumentoitiin sitä varten tehdyllä kaavakkeella. (LIITE 2). Tietyn ajanjakson tulokset on taulukoitu ja analysoitu myöhemmin tässä opinnäytetyössä.

5. TULOKSET JA YHTEENVETO

Kaikki tutkimuksen aikana tehdyt toimenpiteet tähtäsivät yhteen ainoaan lopputulokseen, maalipinnan laatuun ja sen pysyvyyteen maalatussa kappaleessa. Tutkimuksessa havaitut suurimmat puutteet olivat pesulinjan epäpuhtaudet, maalauksen maalimäärän annostelu ja kappaleiden maadoitus, lämpöuunin tekniset vaja-
vaisuudet ja laaduntarkastuksen silmämääräisyys.

Tilastoista otettiin tarkasteltavaksi ajanjaksolta 01.07.2010 – 31.12.2010 kolme erityyppistä maalattua tuotetta. Tarkasteltaviksi valittiin kappalemäärältään suurin tuote astiankuivaushyllyt, haasteellinen maalaustuote lankakorit ja kasvava tuoteryhmä jätesankokaulukset. Astiankuivaushyllyjen ja lankakorien maalausta hankaloihtaa kahden eri komponentin, laatta- ja lankateräksen käyttö. Kumpikin teräksen muoto pitäisi maalata ominaisuuksiensa mukaan parhaiten sopivilla maalauslinjan asetuksilla ja tuotetta kokonaisuutena maalattaessa pitää etsiä kokonaisuutta ajatellen parhaat säädöt. Mitatut tulokset taulukoitiin eri tuotteista. Tulokset esitetään taulukoissa 6 - 8.

TAULUKKO 6. Astiankuivaushyllyjen maalauspinnan paksuus

MAALAUSTULOSTEN KOONTI						
AJANJAKSO:						01.07.2010 - 31.12.2010
TUOTE:						ASTIANKUIVAUSHYLLYT
PINNOITTEEN PAKSUUS TAVOITE:						90µm
MAALATTUJEN KAPPALEIDEN MÄÄRÄ:						18785 KPL
TESTATTUJEN KAPPALEIDEN MÄÄRÄ:						319 KPL
TESTATTUJEN KAPPALEIDEN OSUUS:						1,70 %
VIIKKO	TESTATUT NÄYTEET		MAALAUSPINNAN PAKSUUS			
	YHTEENSÄ		>-80µm	80-100µm	100-<µm	
26	15					15
27	15			5		10
28						
29						
30						
31						
32	15			4		11
33	15		9	6		
34	17		6	11		
35	15			11		4
36	16			14		2
37	17		2	14		1
38	15			15		
39	15			15		
40	17		2	15		
41	15		1	14		
42	20		2	17		1
43	15			15		
44	15			15		
45	12		1	10		1
46	10			10		
47	15			15		
48	15		1	13		1
49	15			15		
50	15			15		
51						
52						
	319		24	249	46	319
TULOKSET:		TAVOITTEEN MUKAINEN KERROS				78,06 %
		TAVOITETTA PAKSUMPI KERROS				14,42 %
		TAVOITETTA OHUEMPI KERROS				7,52 %

TAULUKKO 7. Lankakorien maalauspinnan paksuus

MAAALAUSTULOSTEN KOONTI					
AJANJAKSO:					01.07.2010 - 31.12.2010
TUOTE:					LANKAKORIT
PINNOITTEEN PAKSUUS TAVOITE:					90µm
MAALATTUJEN KAPPALEIDEN MÄÄRÄ:					5112 KPL
TESTATTUJEN KAPPALEIDEN MÄÄRÄ:					100 KPL
TESTATTUJEN KAPPALEIDEN OSUUS:					2,00 %
VIIKKO	TESTATUT NÄYTEET		MAALAUSPINNAN PAKSUUS		
	YHTEENSÄ		>-80µm	80-100µm	100-<µm
26	5				5
27	5			1	4
28					
29					
30					
31					
32	5			3	2
33	5		3	2	
34	5		2	3	
35	5			5	
36	5		1	4	
37	5			5	
38	5			5	
39					
40	5			5	
41	5			5	
42	5			5	
43	5			5	
44	5			5	
45	5			5	
46	5		1	3	1
47	5			4	1
48	5			5	
49	5			5	
50	5			5	
51					
52					
	100		7	80	13
					100
	TULOKSET:	TAVOITTEEN MUKAINEN KERROS			80,00 %
		TAVOITETTA PAKSUMPI KERROS			13,00 %
		TAVOITETTA OHUEMPI KERROS			7,00 %

TAULUKKO 8. Jätessankokaulusten maalauspinnan paksuus

MAAALAUSTULOSTEN KOONTI						
AJANJAKSO:						01.07.2010 - 31.12.2010
TUOTE:						JÄTESANKOKAULUKSET
PINNOITTEEN PAKSUUS TAVOITE:						140µm
MAALATTUJEN KAPPALEIDEN MÄÄRÄ:						2549 KPL
TESTATTUJEN KAPPALEIDEN MÄÄRÄ:						52 KPL
TESTATTUJEN KAPPALEIDEN OSUUS:						2,00 %
VIIKKO	TESTATUT NÄYTEET			MAALAUSPINNAN PAKSUUS		
	YHTEENSÄ			>-130µm	130-150µm	150-< µm
26		3				3
27		3				3
28						
29						
30						
31						
32		2			1	1
33		3		2	1	
34		2			2	
35		3		1	2	
36		2			2	
37		3			2	1
38		2			2	
39						
40		3		1	2	
41		2			2	
42		3		1	2	
43		3			3	
44		3			3	
45		3			3	
46		3			3	
47		2			2	
48		2			2	
49		2			2	
50		3			3	
51						
52						
		52		5	39	8
						52
	TULOKSET:	TAVOITTEEN MUKAINEN KERROS			75,00 %	
		TAVOITETTA PAKSUMPI KERROS			15,38 %	
		TAVOITETTA OHUEMPI KERROS			9,62 %	

Astiankuivaushyllyjen tuloksissa tavoitteen mukainen kerros tai paksumpi oli 92,48 % tuloksista ja 7,52 % tuloksista oli ohuempi kerros kuin tavoiteltu. Lankakoreissa tavoitteen mukainen tai paksumpi kerros oli 93 % tuloksista ja 7 % tuloksista kerros jäi ohuemmaksi kuin tavoiteltu. Jätesankokaulusten tuloksissa tavoitteen mukainen kerros tai paksumpi oli 90,38 % tuloksista ja 9,62 % kerros jäi tavoitetta ohuemmaksi. Tulosten perusteella liian ohuen maalikerrosten saaneet tuotteet tarkastettiin silmämääräisesti tarkemmin eikä voitu havaita sellaisia visuaalisia puutteita maalipinnassa, että tuotteet olisi pitänyt hylätä.

Hilaristikkokoe suoritettiin riittävän maalipinta-alan omaaville tuotteille. Tarkasteltavaksi otettiin jätesankokaulukset.

TAULUKKO 9. Jätesankokaulusten hilaristikkokoe

HILARISTIKKOKOKEIDEN TULOSTEN KOONTI:											
AJANJAKSO:					01.07.2010 - 31.12.2010						
TUOTE:					JÄTESANKOKAULUKSET						
LUOKITUS TAVOITE:					0						
MAALATTUJEN KAPPALEIDEN MÄÄRÄ:					2549 KPL						
TESTATTUJEN KAPPALEIDEN MÄÄRÄ:					28 KPL						
TESTATTUJEN KAPPALEIDEN OSUUS:					1,10 %						
VIIKKO	TESTATUT NÄYTEET				LUOKAT						
	YHTEENSÄ				0	1	2	3	4	5	6
26	2					2					
27	2				1	1					
28											
29											
30											
31											
32	2					2					
33	2					2					
34	2					2					
35	1					1					
36	1					1					
37	1					1					
38	2					2					
39											
40	1					1					
41	1					1					
42	1					1					
43	1					1					
44	1					1					
45	2					2					
46	2					2					
47	1					1					
48	1					1					
49	1					1					
50	1					1					
51											
52											
	28				25	3	0	0	0	0	28
TULOKSET:					TAVOITTEEN MUKAINEN LUOKITUS						
					100 %						

Tavoitteen mukainen luokitus saavutettiin 100 %:sesti.

Kaikki mitatut tulokset ovat olleet hyväksyttäviä ja täyttäneet yhtiön ja asiakkaiden laatuvaatimukset.

Tehdyt toimenpiteet ovat myös kasvattaneet maalauslinjan kapasiteettiä ja tuottoa linjalta voidaan hakea myös tätä kautta.

Maalauslinjan käyttökustannukset lisääntyivät osittain tehtyjen toimenpiteiden jälkeen lämpöuunin tehoa nostettaessa ja pesukylpyjen vaihdon lisääntyessä. Kokonaiskustannukset kuitenkin vähenivät linjan käyttöhäiriöiden ja maalimenekin vähentyessä ja lämpöuunin tehokkuuden kasvaessa kun ilmaverhojen ohjauseinät kiinnitettiin.

Mever Oy:n maalauslinjalla ilmenneet ongelmat saatiin selvitettyä ja maalausjälki asiakkaita tyydyttäväksi. Jo joksikin aikaa menetettyjä töitä voitiin tarjota uudelleen kun voitiin luottaa tulevaan maalausjälkeen.

LÄHTEET

- Fosfamix Combi pesevä rautafosfatointiaine tuotetiedote.2006.Turku: Farnos Oy
- Jokinen, I., Kuusela A., & Nikkari, T. 2001. Metallituotteiden maalaus. Jyväskylä: Gummerus Oy.
- Pöntinen, M. 2010. Maalauslinjan hoitaja. Mever Oy. Haastattelu. 15.5.2010. Lapua.
- Rautafosfatointilinjan käyttöohjekirja. 2008. Heinola: Sasmator Oy
- Seppälä, H. 2010. Markkinointijohtaja. Mever Oy. Haastattelu. 16.5.2010. Lapua.
- SFS-EN ISO 2409. 2007.Maalit ja lakat. Hilaristikkokoe. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- SFS-EN ISO 2808. 2007.Maalit ja lakat. Kalvonpaksuuden määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- Tribomatic – jauhemaalauksjärjestelmän käyttäjäkortti. 1994. Helsinki: Nordson Finland Oy.
- Tunturi, P. & Tunturi, P. (toim.) 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET ry. .

LIITTEET

LIITE 1: Testausseoste kalvonpaksuuden määrittäminen

LIITE 2: Testausseoste hilaristikkokoe

