



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Malinen

Jauhemaalaamon tehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö

Syksy 2023

Insinööri (AMK), Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Joni Malinen

Työn nimi: Jauhemaalaaamon tehokkuuden parantaminen

Ohjaaja: Samuel Suvanto

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 31

Liitteiden lukumäärä:

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, kuinka Mäkelä Alu Oy:n vaakamaalaamon tehokkuutta voitaisiin parantaa uuden uunin hankinnalla. Jauhemaalauslaitteisto on määrä uusia kyseiseen maalaamoon, ja yrityksen tavoitteisiin kuuluu hiilineutraalius vuoteen 2025 mennessä. Tavoitteen myötä uuni on korvattava nestekaasulla lämpenevän uunin sijasta sähköllä lämpenevällä.

Opinnäytetyössä käytiin läpi yleisesti jauhemaalaukseen liittyviä asioita, kuten erilaisia maalityyppejä, maalin toimintaa ja nykyistä yrityksen laitteistoa. Tutkimuksessa testattiin maalin käyttäytymistä eri polttoajoilla. Testikappaleille tehtiin Mäkelä Alu Oy:n maalaamoissa käytettävät laatukokeet. Tutkimuksessa saatiin selville nykyisen uunin tehokkuus, ja vastaako se tehoiltaan tulevan maalauslaitteiston vaatimuksia.

Tutkimustuloksia voidaan käyttää uuninvalmistajien apuna mitoitettaessa uuden uunin tehoa ja kokoa. Opinnäytetyöstä tullaan saamaan myös apua uusien uunien valintaan pystymaalaimoihin.

¹ Asiasanat: jauhemaalaus, laatukokeet, hiilineutraalius

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Joni Malinen

Title of thesis: Improve effectiveness of powder coating plant

Supervisor(s):

Year: 2023

Number of pages: 31

Number of appendices:

The purpose of the thesis was to study how the efficiency of Mäkelä Alu's horizontal powder coating plant could be improved with a new curing oven. Powder coating equipment would be upgraded to a modern one. Also, the company's goal was to be carbon neutral by the end of 2025. Due to carbon neutrality goal, the liquid gas burning curing oven would be replaced by an electric curing oven.

In the thesis common aspects of the powder coating were studied, such as different powder coats, curing of the paint and current equipment of the plant. In the research part curing of the paint was tested with different curing times. Mäkelä Alu powder coating plant's quality tests were applied to test pieces. In the research the efficiency of the current oven was noted and if it was efficient enough to be used with the new upcoming coating equipment.

The results of the thesis can be used as a guideline to assess the power output and size of the new curing oven. The results might also help to determine Mäkelä Alu's other coating plant ovens.

¹ Keywords: powder coating, quality tests, carbon neutrality

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Yritysesittely	9
1.2 Työn kuvaus	10
1.3 Työn tavoite	10
2 JAUHEMAALAUUS	12
2.1 Termoplastiset jauhemaalit	12
2.1.1 PVC jauhemaali	12
2.1.2 Polyamidimaali	13
2.1.3 Polyeteenimaali	13
2.2 Lämmössä kovettuvat maalit	13
2.2.1 Epoksimaali	14
2.2.2 Epoksi-polyesterimaali	15
2.3 Jauhemaalausprosessi	16
2.3.1 Esikäsittely	16
2.3.2 Maalaus	16
2.3.3 Uunitus	18
3 KOHTEEN LAITTEET	21
3.1 Kuljetinrata ja orret	21
3.2 Maalauslaitteisto	22
3.3 Uuni	24
4 LAADUNVALVONTA	26

4.1 Rasterikoe	26
4.2 Kalvonpaksuus	27
4.3 Kiiltoastemittaus	28
5 TULOKSET	31
6 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	35

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Mäkelä Alun logo.	10
Kuva 2. Verkkoaita.....	13
Kuva 3. Iskunvaimennin.....	14
Kuva 4. Ilmastointilaite.	15
Kuva 5. Automaattijauhepistoolin suutin.	17
Kuva 6. Faradayn häkki-ilmiö.....	18
Kuva 7. Teknoksen maalilaatikko.	19
Kuva 8. Uunin suu.....	20
Kuva 9. Ripustettuja profileja	22
Kuva 10. Maalauksessa oleva orsi.	23
Kuva 11. Jauhemaalauslaitteisto.	24
Kuva 12. Uunin lämpökäyrät.....	25
Kuva 13. Rasterikoe.....	27
Kuva 14. QNix kalvonpaksuusmittari.	28
Kuva 15. Kiiltoastemittari.	29
Kuva 16. Keittokoekattila.	30
Kuva 17. Testikappaleet.	31

Taulukko 1. Uunin lämpökäyrät 15 sekunnin välein	32
--	----

Käytetyt termit ja lyhenteet

Verkottuminen	Jauhemaali ei varsinaisesti kuivu, vaan se verkottuu lämmön vaikutuksesta.
Rasteri	Maalin tarttuvuuskoe, jossa maalipintaan viilletään tietyn ruutumäärän mukainen ristikko, ja tutkitaan ristikosta irtoavien ruutujen lukumäärää.
VOC	Volatile Organic Compound, eli haituvat orgaaniset yhdisteet.
GSP	Gytezeich für die Stuckbeschichtung von Bauteilen, eli saksalainen alumiiniprofiilien pintakäsittelyn laatua valvova laatujärjestelmä.
Termoplastinen	Lämpömuovautuva, jolla viitataan materiaaliominaisuuteen, jossa materiaali muuttuu muovattavaan muotoon korotetussa lämpötilassa.
PCV	Polyvinyylikloridi on termoplastinen polymeeri eli kestopuovi, jota käytetään jauhemaaleissa.

1 JOHDANTO

1.1 Yritysesittely

Mäkelä Alu Oy on yli 85-vuotias perheyritys (Mäkelä Alu, i.a.-a). Nykyisin yritys toimii jo kolmannessa sukupolvessa Petri Mäkelän toimiessa hallituksen puheenjohtajana. Kansainvälisyys sekä yhteistyö kuuluvat olennaisena osana yrityksen toimintaperiaatteisiin. Lähes 40 % tuotteista menee vientiin ulkomaille. Vientimaina tärkeimmät ovat Pohjoismaat, Baltian maat ja Saksa. Asiakkaiden kuunteleminen ja aktiivinen kehittäminen on kestävien yhteistyösuhteiden takana. Mäkelä Alu Oy tarjoaa asiakkaalle kokonaisvaltaisesti kannattavimman tavan toimia aina tuotteen suunnittelusta varastointipalveluihin (Mäkelä Alu, i.a.-c). Mäkelä Alu sijaitsee Alajärven Luoma-ahon kylällä Etelä-Pohjanmaalla, missä myös toimii suuri määrä alihankkijoita (Mäkelä Alu, i.a.-b). Työstöt, hitsaukset ja erilaiset muut toimenpiteet saadaan tehtyä samalla kylällä, jolloin ei synny ylimääräisiä rahtikuluja (Mäkelä Alu, i.a.-d).



Kuva 1. Mäkelä Alun logo.

1.2 Työn kuvaus

Mäkelä Alu valmistaa alumiiniprofiileja pursotusmenetelmällä (Mäkelä Alu, 2022). Mäkelä Alun tavoittelessa hiilineutraaliutta vuoden 2025 loppuun mennessä kuuluu tavoitteeseen isona osana nestekaasun käytön vähentäminen. Nestekaasun korvaajaksi on suunnitteilla muun muassa sähköllä lämpeneviä maalaussuuneja. Tämä avaa mahdollisuuden parempaan hyötysuhteeseen ja ehkäpä jopa nopeampaan tuotteiden läpimenoaikaan. Tämä opinnäytetyö tehdään Mäkelä Alun vaakamaalaamoon, joka on pulverimaalaamo. Olennaisena osana maalausprosessia toimii uuni, jossa maali poltetaan kappaleen pintaan.

1.3 Työn tavoite

Yrityksen tavoitteena on uunien energiatehokkuuden lisäämisen ohessa nopeuttaa jauhemaalausprosessia. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan lisää tietoa jauhemaalien

käyttäytymisestä uunivaiheen aikana. Käytännön tavoitteena oli siis suorittaa testit yhdelle jauhemaalille vaihdellen jauhemaalauksradan ja uunin parametreja. Tuloksia voidaan myös hyödyntää myöhemmin, kun uunia lähdetään päivittämään.

2 JAUHEMAALAUS

Jauhemaalausprosessi on 100-prosenttisesti liuotinvapaa maalausprosessi, jossa maali maalataan kappaleen pintaan jauhemuodossa (Valmistajat.fi, i.a.) Maalatun kappaleen pintaan maalattu jauhe sulatetaan kappaleen pintaan uunissa, jossa sitä paistetaan riittävä aika. Sulatuksen aikana maali verkottuu ja muodostaa kappaleeseen kestävä pinnan. Maalauksessa ei vapaudu VOC-päästöjä. Jauhemaalausta käytetään yleisesti teollisuudessa (Utech, 2002, s.2). Esimerkiksi autoteollisuudessa, jossa komponentit altistuvat kuumuudelle, kosteudelle tai suolalle, maalataan jauhemaaleilla sen hyvän korroosiosuojan vuoksi. Usein myös kodinkoneet jauhemaalataan, kuten esimerkiksi mikrot, pesukoneet ja jääkaapit. Jauhemaalaus on märkemaalaukseen verrattuna edullisempaa. Jauhemaalia voidaan kierrättää, joten hukkaa ei tule niin paljoa. Pintavikoja syntyy myös vähemmän, koska maalipintaan ei niin herkästi tule esimerkiksi roskia tai valumia (Utech, 2002, s.4).

2.1 Termoplastiset jauhemaalit

Jauhemaalit voidaan jakaa kahteen luokkaan: termoplastiset, eli lämmössä muovautuvat, ja lämmössä kovettuvat maalit (Utech, 2002, s. 14-15). Termoplastiset maalit eivät ole kovin yleisesti käytettyjä maaleja, vaikka niillekin löytyy käyttökohteita, joihin muut maalityypit eivät sovellu.

2.1.1 PVC jauhemaali

Polyvinyylikloridista valmistettu maali kestää hyvin taivutusta sekä erilaisia sääolosuhteita (Pecoat Thermoplastic, i.a.). Maali levitetään leijukerros kastoprosessin avulla, mikä tekee siitä melko hankalan maalin maalata. Maali asettuu konvektiouunissa, muodostaen pehmeän ja suojaavan kerroksen. Tämä maali poikkeaa tavallisista jauhemaaleista siinä, että upotusprosessissa vapautuu haitallisia kaasuja. Tätä maalia käytetään esimerkiksi verkkoaidoissa ja erilaisissa verkkokoreissa, koska niissä maalattua lankaa taivutetaan paljon (Utech, 2002, s. 16). Kuvassa 2 on esitetty PVC-jauhemaalilla maalattu verkkoaita.



Kuva 2. Verkkoaita (PublicDomainPictures, 2012).

2.1.2 Polyamidimaali

Polyamidimaali tunnetaan myös nailonina. Maali on erittäin kovaa ja se kestää erittäin hyvin iskuja sekä hiovaa kulutusta (Utech, 2002, s. 16). Pinnalle tyypillistä on myös matala kitkakerroin. Polyamidimaali kestää hyvin myös kemikaaleja. Kyseinen maali on hyvä valinta käytettäväksi liukuvissa osissa kuten venttiileissä, hammaspyörissä ja kemikaalisäiliöissä.

2.1.3 Polyeteenimaali

Polyeteeni oli ensimmäisiä termoplastisia maaleja (Utech, 2022, s. 16). Maali kestää hyvin iskuja, kemikaaleja ja on hyvin sähköä eristävää. Polyeteenimaaliin ei myöskään herkästi tartu lika, vaan maalattu pinta on helposti puhdistettavissa.

2.2 Lämmössä kovettuvat maalit

Lämmössä kovettuvissa maaleissa sideaine ja kovete reagoivat keskenään vasta sulaessaan (Utech, 2022, s. 16–17). Jäähdyessään ne kovettuvat muodostaen kovan ja melko hyvin rasitusta kestävä pinnan. Seuraavissa luvuissa esitellyt maalit ovat teollisuudessa yleisimmin käytettyjä maaleja.

2.2.1 Epoksimaali

Utech (2022, s. 19–22) kertoo, että epoksimaali on sekä edullista että hyvin kestävää maalia. Epoksimaalia käytetään usein kovan kulutuksen kohteeksi altistuvissa osissa, kuten auton jousissa voimatyökaluissa sekä leluissa. Utech kirjoittaa, että joitakin epoksimaaleja voidaan verkottaa jopa 121 asteessa 20–30 minuutissa. Haittana näissä maaleissa on keltastuminen ultraviolettisäteilylle altistuessaan. Kuvassa 3 on esitetty iskunvaimennin.



Kuva 3. Iskunvaimennin (Vale:Photography, 2020).

2.2.2 Epoksi-polyesterimaali

Epoksi-polyesterimaali ei vastaa kestävyydeltään epoksimaalia, mutta on kuitenkin useimmissa tapauksissa tarpeeksi kestävää (Utech, 2002, s. 22–23). Toisin kuin epoksimaali, tämä ei liituunnu tai kellastu ultraviolettisäteilyssä. Hyviä käyttökohteita ovatkin ilmastointikoneet, alumiiniprofiilit ja auton vanteet. Kuvassa 4 on esitetty ilmastointilaite.



Kuva 4. Ilmastointilaite (Wounds_and_Cracks, 2022).

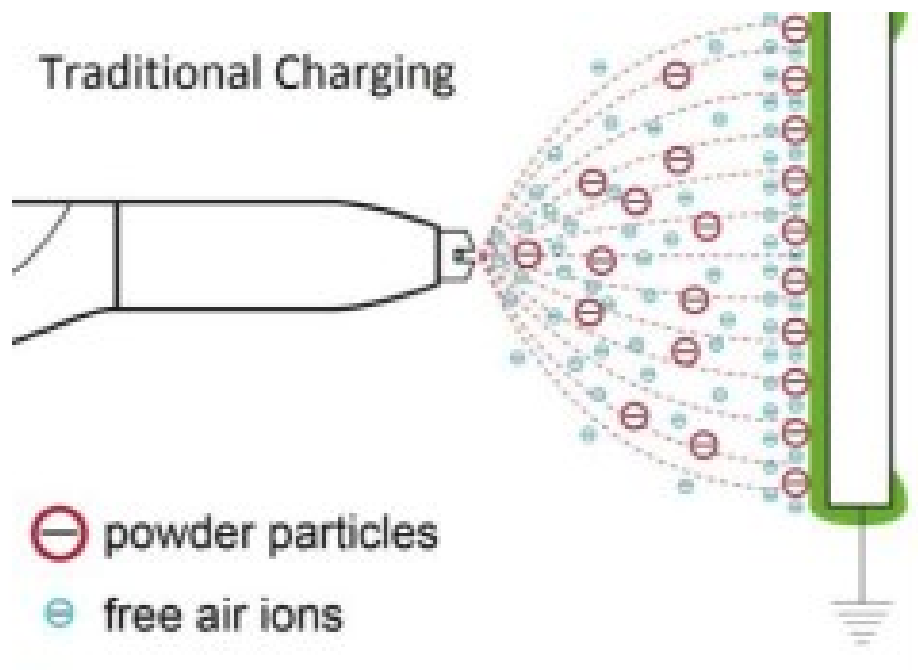
2.3 Jauhemaalausprosessi

2.3.1 Esikäsittely

Oikeastaan kaikki maalattavat pinnat tarvitsevat jonkinlaista esikäsittelyä riippumatta siitä onko maali jauhemaalia vai märkämäalia (Utech 2002, s. 59). Maalattavan pinnan tulee aina olla puhdas ja rasvaton. Mainittakoon, että liuotinmaalit ovat anteeksiantavaisempia kuin jauhemaalit. Jotkin maalattavat materiaalit vaativat hapettuneen kerroksen poistamista materiaalin pinnalta ennen maalausta. Esimerkiksi alumiini on tällainen materiaali. Happokylvyllä tämä voidaan helposti suorittaa (Mäkelä Alu, sisäinen tietolähde, 2005). Happokylvyn jälkeen hapot huuhdellaan huolellisesti pinnalta pois ja alumiini voidaan upottaa sinkki-fosfaattikylvpyyn, joka antaa erinomaisen tartuntapinnan jauhemaalaukselle.

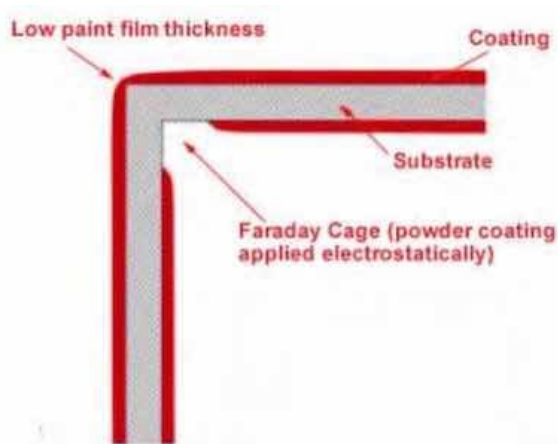
2.3.2 Maalaus

Jauhemaalain kulkiessa jauhesuuttimesta, se varautuu positiivisesti (Utech 2002, s. 33–34). Kappaleet ovat maadoitettuna ja yhteydessä maalikeskukseen. Näin varautunut hiukkanen hakeutuu maadoitetun kappaleen pintaan. Varaus tapahtuu korkeajännitteen avulla, jonka suuruus on tavallisesti 30–100 kilovoltia. Kun varattu hiukkanen on kosketuksissa maalattavan kappaleen pinnan kanssa, pysyy varaus vielä useita tunteja materiaalien välillä. Näin pulveri pysyy kappaleen pinnalla, vaikka siihen kohdistuisi kovaakin ilman virtausta. Ku-
vassa 5 varatut maalihiukkaset ja ionit hakeutuvat maadoitettuun kappaleeseen.



Kuva 5. Automaattijauhepistoolin suutin (Gema, i.a).

Haittapuolena sähköisessä partikkelien ohjaamisessa on esimerkiksi Faradayn Häkki-efekti (Utech 2002, s. 38). Siinä esimerkiksi U-profiilin sisäpinnalle on vaikea saada maalia. Ainoastaan ilman virtauksella maalia voidaan saada sisälle, mutta silti suurin osa pyrkii jäämään ulkopinnoille, etenkin suuaukon ympäristöön, jolloin siinä saattaa olla maalia paksumikin. Sisäkulmatkin saattavat jäädä herkästi niin sanotusti kuiviksi. Kuvassa 6 Faradayn häkki-ilmiö vaikuttaa maalattavan kappaleen nurkassa.



Kuva 6. Faradayn häkki-ilmiö (Levin-Smith, 2022).

2.3.3 Uunitus

Maalin valmistajat ilmoittavat polttoajan (eli missä ajassa maali verkottuu) etiketissä, joka usein löytyy jauhemaalien pakkauslaatikon kyljestä (Mäkelä Alu, sisäinen tietolähde, 2008). Kuvassa 7 on esitetty Teknoksen pakkauslaatikko. Verkottumiseen vaikuttaa moni eri asia, joista selkeimmät ovat aika ja lämpötila (Tomburn, i.a.). Maalauksen suunnittelussa on otettava huomioon maalattavan kappaleen massa ja geometria. Uunin teho on myös oleellinen osa yhtälöä (Mäkelä Alu Oy, sisäinen tietolähde, 2001). Oikein raskas kappale saattaa jäädä viileäksi, jolloin maali ei tartu hyvin pintaan. Visuaalisessa tarkastuksessa tällainen kappale saattaa näyttää onnistuneelta, mutta ajan saatossa maali voi irrota pinnasta. Opinnäytetyön kappaleessa 4 *Laadunvalvonta* esitelty rasterikoe ja/tai keittokoe kertovat nopeasti, mikäli kappaleen maalaus on epäonnistunut.



Kuva 7. Teknoksen maalilaatikko.

Jauhe sulaa korkeassa lämpötilassa jähmeäksi nesteeksi, joka kovettuu ja kuivuu jäähtyessään (Tomburn, i.a.). Termoplastiset maalit voidaan sulattaa uudestaan nestemuotoon, mutta lämmössä kovettuvat maalit eivät sula uudestaan. Kuvassa 8 on esitetty Mäkelä Alun nykyinen maalausuni.



Kuva 8. Uunin suu.

3 KOHTEEN LAITTEET

Mäkelä Alu Oy:n tuotteina ovat pääasiassa alumiiniprofiilit, joita valmistetaan asiakkaan mittojen ja vaatimusten perusteella. Alumiiniprofiili katkotaan asiakkaan määrittämien mittojen mukaisesti, jolloin asiakkaalle lähetettävän tuotteen pituus voi vaihdella. Usein profiilien muodot poikkeavat toisistaan suuresti, jolloin se on otettava huomioon ripustusta suunniteltaessa. Suurin osa alumiiniprofiileista pintakäsitellään maalaamalla ne yhdessä yrityksen kolmesta jauhemaalauuslinjastosta. Tässä opinnäytetyössä keskitytään niin sanottuun vaakamaalaamoon, jossa maalataan esimerkiksi profiilit, joissa ei saa olla ripustusreikää profiilin päässä. Luvuissa 3.1, 3.2 ja 3.3 esitellään oleelliset laitteistot kyseisestä vaakamaalaamosta.

3.1 Kuljetinrata ja orret

Esikäsitellyt profiilit ripustetaan orsiin erilaisten jigien avulla. Maadoituksen aikaansaamiseksi jigit on valmistettu teräksestä. Profiilit ripustetaan vaakatasoon, siitä nimi vaakamaalaamokin tulee. Kuvassa 9 on Mäkelä Alun vaakamaalaamon pakkauspää.



Kuva 9. Ripustettuja profiileja (Mäkelä Alu, 2023a).

Orret kulkevat rataa pitkin. Ennen maalikaappia on ripustuspiste, missä orret tilataan ohjainlaitteen avulla lähetettäväksi maalauslinjastolle. Maalatut profiilit jatkavat matkaansa uuniin heti pulverimaalauksen jälkeen. Uunin jälkeen profiilit saapuvat pakkauspisteeseen, missä maalatut profiilit irrotetaan orresta jigit mukaan lukien. Tyhjä orsi palaa tilattaessa takaisin ripustuspaikalle. Radan saa myös toimimaan automaattisesti, jolloin ei orsia tarvitse erikseen tilata maalattavaksi, uunitettavaksi tai uudelleen ripustettavaksi.

3.2 Maalauslaitteisto

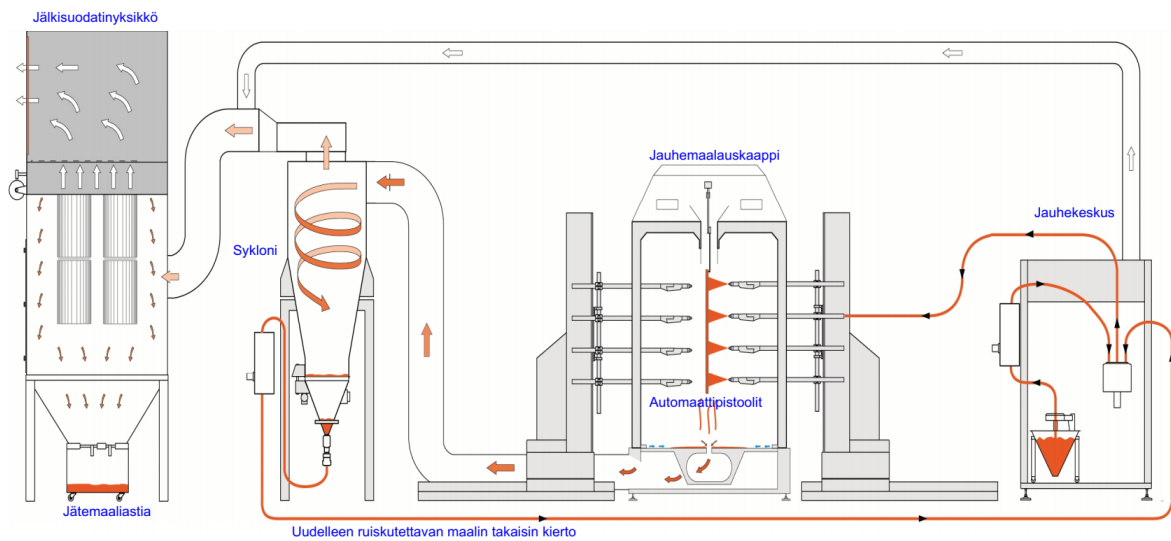
Maalauslaitteena toimii Geman maalauskaappi. Vaikka kaappi on jo vanha, ajaa se silti asiansa vielä hyvin. Geman maalauskaappi ei vain ole niin nopea ja maalia säästävä kuin

modernit maalauskaapit. Maalauskaappi on tarkoitettu uusien vaakamaalaamiseen. Kuvassa 10 on juuri maalattavana oleva erä.



Kuva 10. Maalauksessa oleva orsi (Mäkelä Alu, 2023b).

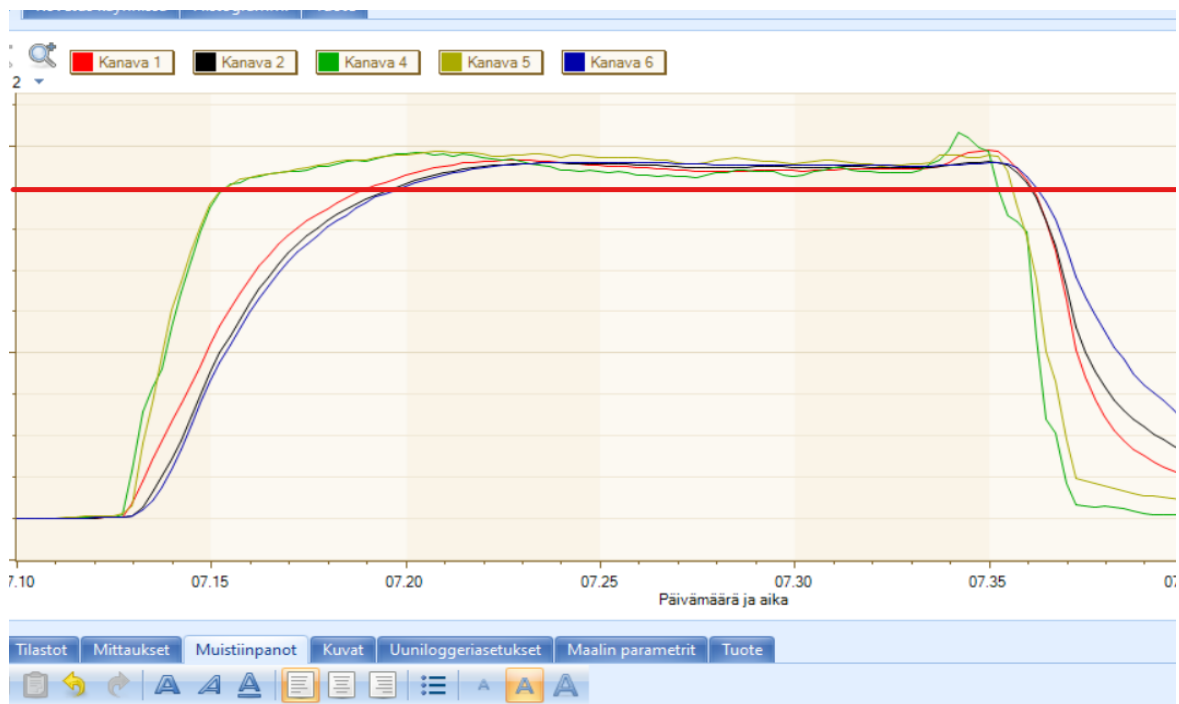
Nykyinen ja tuleva laitteisto ovat toimintaperiaatteiltaan vastaavat. Laitteisto käsittää jauhekeskuksen, maalauskaapin automaattipistooleineen sekä syklonin ja suodatinyksikön. Ohiruiskutettu maali kulkeutuu sykloniin, josta maali päättyy joko takaisin kiertoon tai jätemaaliksi, riippuen partikkelikoosta. Kuvassa 11 on esitetty edellä mainitut komponentit.



Kuva 11. Jauhemaalauslaitteisto (Gema, i.a).

3.3 Uuni

Maalin sulattajana toimii nestekaasulla lämpenevä, 50 metriä pitkä uuni. Uuniin tuo lämpöä kaksi 200 kW poltinta. Polttimet ovat säädettäviä eikä niitä käytetä täydellä teholla. Uuni on layoutin vuoksi näin pitkä. Uunin molemmissa päissä on puhaltimet, jotka luovat ilmaverhon. Ilmaverhojen avulla lämpö pysyy paremmin uunin sisällä. Muutoin uunin rakenne on yksinkertainen. Eristyksenä toimii tavallinen pelti-villa-pelti-elementti. Kuvassa 12 esitetystä lämpökäyrästä nähdään, kuinka koko 50 metriä ei ole 200 asteen lämpötilassa. Lämpökäyrät on mitattu testiajosta, jossa ratanopeus on ollut 2 metriä minuutissa. 25 minuutin kohdalla ilman lämpötila on jo laskenut 20 asteeseen. Kanavat neljä ja viisi ovat ilman lämpötiloja. Kanavat yksi, kaksi ja kuusi ovat profiilin lämpötiloja.



/200c
n/180c

Kuva 12. Uunin lämpökäyrät.

4 LAADUNVALVONTA

4.1 Rasterikoe

Rasterikokeella nähdään, onko maali tarttunut pintaan hyvin. Tämä rikkoo maalipinnan, sillä koe suoritetaan viiltämällä pintaan viisi viiltoa ja toiset viisi lisää kohtisuoraan edellisiin nähden. Viiltojen päälle asetetaan teippi, ja se revitään sitten pois, kuten kuvassa 13 on esitetty. Jos teippiin ei jää maalinpaloja, on maali hyvin kiinni alumiiniprofiilissa. (Reliant, 2016.) Tämä testimenetelmä on standardin SFS EN ISO 2409:2020 mukainen.



Kuva 13. Rasterikoe.

4.2 Kalvonpaksuus

Kalvonpaksuusmittarilla mitataan kalvonpaksuus vahingoittamatta maalipintaa (Reliant, 2016). Maalin täytyy olla verkottunut, jotta se voidaan mitata. Laite ilmaisee kalvon paksuuden mikrometreinä. Kalvon paksuus mitataan viidestä eri kohdasta sekä eri pinnoilta ja

lasketaan mittausten keskiarvo. Kuvassa 14 on Mäkelä Alulla käytössä oleva kalvonpaksuusmittari.



Kuva 14. QNix kalvonpaksuusmittari.

4.3 Kiiltoastemittaus

Kiiltoastemittaus suoritetaan siihen suunnitellulla laitteella. Testi on hyvin yksinkertainen: tasaiselle pinnalle laitetaan mittari ja painetaan nappia (Mäkelä Alu, sisäinen tietolähde, 2001). Mittari ilmoittaa lukeman kiiltoyksikökkönä: GU (ML-shop, i.a.). Pulverimaalien

tapauksessa mittarin ilmoittamaa yksikköä käytetään ja verrataan jauhemaalivalmistajan ilmoittamaan kiiltoyksikköön (Mäkelä Alu, sisäinen tietolähde, 2001). Tavallisessa kiiltävässä maalissa kiilto on 71–85 kiiltoyksikköä. Kuvassa 15 mitataan kiiltoa maalatun kappaleen pinnalla



Kuva 15. Kiiltoastemittari.

Keittokokeella tarkistetaan esikäsittelyn onnistuminen (Helbig & Lang, i.a.). Testissä näytekappaleet keitetään mineraalittomassa vedessä. Kokeen jälkeen näytekappaleet

jäähdytetään huoneenlämpötilaan ja suoritetaan rasterikoe. Mikäli maali ei irtoa eikä maali-pinnassa näy kuplia, on maalin esikäsitteily ja maalin verkottuminen onnistunut. Kuvassa 16 on keittokattila, joka on Mäkelä Alun laboratoriossa.



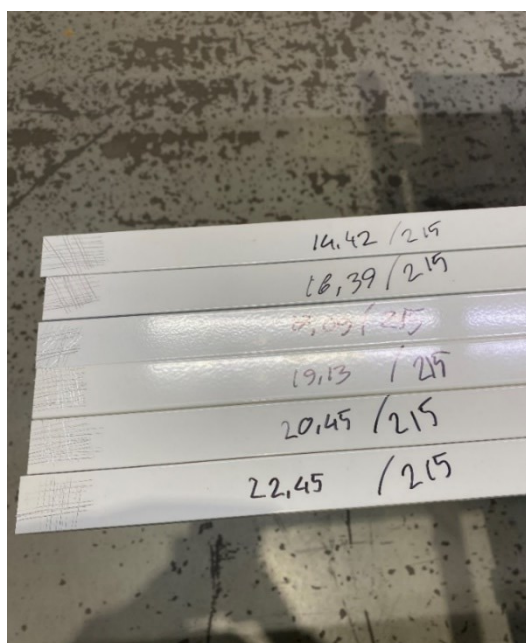
Kuva 16. Keittokoekattila.

5 TULOKSET

Tässä luvussa kerrotaan tuloksista, joita maalaustestistä saatiin. Tarkoituksena oli uunittaa maalattuja profiileja niin suurella ratanopeudella, että testikappaleet eivät olisi läpäisseet laatukokeita.

Kokeiltiin ajaa maalattua profiilia eri nopeuksilla uunin läpi. Myös lämpötiloja muutettiin tutkimusta tehtäessä. Tutkimuksessa olleen uunin pituus on 50 metriä. Muuttujina olivat uunitusaika sekä lämpötila. Mittareina toimivat maalaamossa tehtävät laadunvarmistusmenetelmät kuten rasterikoe, maalipinnan paksuus, keittokoe ja kiiltoastemittaus. GSP standardi vaatii tekemään nämä testit ja arkistamaan tulokset. Tarkastaja tarkastaa nämä tarkastuskäynneillään. Testiprofiilina toimi yhden millimetrin seinämällä oleva avoin profiili. Samat testit eivät välttämättä toimi neljän millimetrin seinämällä olevaan alumiiniprofiiliin. Verrattava alkuperäinen nopeus oli 2 metriä minuutissa eli 25 minuuttia uunissa.

Yllättävästi radan nopeus tuli aiemmin vastaan kuin laatupoikkeamat maalatuissa profiileissa. Radan maksiminopeus oli 3.5 metriä minuutissa. Profiilin uunitusaika oli tällöin 14 minuuttia ja 45 sekuntia. Uusi moderni maalauslaitteisto lupaa maalausnopeudeksi 3 metriä minuutissa. 3 metriä minuutissa nopeudella kappale on kulkenut uunin läpi 16



Kuva 17. Testikappaleet.

minuutissa ja 39 sekunnissa. Kuvassa on aika/polttimen lämpötila. Polttimen lämmön ollessa 215 astetta uunin ilman lämpötila on noin 200 astetta.

Käytettävien maalien verkottumisaika 200 asteessa on 7–12 minuuttia. Suurimmankin kappaleen täytyisi lämmitä vähintään 9 minuutissa ja 39 sekunnissa ja pahimmillaan 4 minuutissa ja 39 sekunnissa, jos halutaan varmistua maalin kunnollisesta verkottumisesta. Taulukossa 1 esitettyjen lämpökäyrien mukaan tavallinen raskas profiili lämpenee noin kahdeksassa minuutissa. Taulukossa kellonajat on esitetty vasemmanpuoleisimmassa sarakkeessa. Mittauksia on tallennettu 15 sekunnin väliajoin. Vasemmanpuoleinen valkoisella pohjalla esitetty sarake kuvaa kappaleen lämpötilaa uunin yläosassa ja oikeanpuoleinen sarake kappaleen lämpötilaa uunin alaosassa.

Taulukko1. Uunin lämpökäyrät 15 sekunnin välein.

23.8.2023 7:44	24,6		22,8
23.8.2023 7:44	27,4		23,8
23.8.2023 7:45	31,3		25,4
23.8.2023 7:45	36,3		28,2
23.8.2023 7:45	41,2		31,2
23.8.2023 7:45	45,3		34,6
23.8.2023 7:46	49,4		38,1
23.8.2023 7:46	52,7		41,7
23.8.2023 7:46	55,2		45,2
23.8.2023 7:46	57,5		49,1
23.8.2023 7:47	61,7		54,8
23.8.2023 7:47	66,0		61,8
23.8.2023 7:47	71,7		67,9
23.8.2023 7:47	77,4		75,1
23.8.2023 7:48	82,6		81,6
23.8.2023 7:48	86,6		89,0
23.8.2023 7:48	90,2		98,4
23.8.2023 7:48	94,9		106,5
23.8.2023 7:49	103,3		113,7
23.8.2023 7:49	116,5		121,5
23.8.2023 7:49	132,4		130,6
23.8.2023 7:49	146,7		139,3
23.8.2023 7:50	162,7		148,4
23.8.2023 7:50	178,1		157,7
23.8.2023 7:50	188,2		165,7
23.8.2023 7:50	196,0		172,4
23.8.2023 7:51	201,8		178,0
23.8.2023 7:51	205,6		182,9
23.8.2023 7:51	208,6		187,3
23.8.2023 7:51	210,9		191,5
23.8.2023 7:52	212,8		195,3
23.8.2023 7:52	214,1		199,5

Raskaalla profiililla jää esimerkiksi 12 minuutin uunitusaika 200 asteessa vajaaksi reilu kolme minuuttia. Jos halutaan pahimman tilanteen mukaan maalata 3 metriä minuutissa, joudutaan vähintään lisäämään esimerkiksi infrapunataulu esilämmittämään maalattavia kappaleita. Myös uusia profiilimuotoja tulee lisää koko ajan, joten uuden uunin mitoituksessa tulee sekin ottaa huomioon.

6 YHTEENVETO

Tutkimusta oli mielenkiintoista tehdä ja tavoitteeseen päästiin. Tiedetään mitä uudelta uunilta vaaditaan, joten uunin valmistajan kanssa voidaan kartoittaa vaakamaalaamoon sopiva uuni. Työn rajauksen vuoksi opinnäytetyötä varten tarkasteltiin vain uunin ja maalin suhdetta toisiinsa. Tämän työn ulkopuolella on vielä paljon pohdittavaa muun muassa profiilien pakkauksen suhteen, jos esimerkiksi päätetään ajaa tuotantoa täydellä nopeudella, eli kolme metriä minuutissa kahden metrin sijaan. Kuinka pakkaajat ehtivät mukaan? Kuinka heidän työtään voitaisiin helpottaa?

Henkilökohtaisesti oli mielenkiintoista tehdä työ toimipisteeseen, jossa olen työskennellyt suurimman osan ajasta ollessani Mäkelä Alulla töissä. Näitä asioita on tullut pohdittua siinä ohimennen, mutta ei ole ollut ajankohtaista tutkia näitä asioita. Esimerkiksi maalausta en ole itse ikinä tehnyt, vaan ainoastaan alumiiniprofiilien esikäsittelyä. Opinnäytetyön myötä pääsin perehtymään vähän siihenkin työhön.

Maalien valmistajiin oltiin myös yhteydessä. Reseptiikasta ja maalin käyttäytymisestä ei tietoa ollut saatavilla, koska tiedot ovat yrityssalaisuuksia. Laatuun liittyvissä asioissa saatiin tietoa ja myös erilaisista maaleista keskusteltiin.

LÄHTEET

- Gema. (i.a.-2). *Automaattijauhepistoolin suutin* [valokuva]
https://www.gemapowdercoating.com/fileadmin/documents/Data_Sheets/English/Super_Corona-DS-en-B.pdf?hash=1588155104
- Gema. (i.a.-b). *Jauhemaalauslaitteisto* [valokuva].
<https://www.gemapowdercoating.com/en/products/automatic-booth-systems/powder-recovery-systems>
- Helbig & Lang. (i.a.). *Boil Test*. <https://www.helbig-lang.de/en/quality-environment/quality-assurance/boil-test>
- Levin-Smith, F. (13.09.2022). *Faradayn häkki-ilmiö* [valokuva].
<https://finishingandcoating.com/index.php/powder-coat/1280-powder-coating-application-issues-problems-and-fixes?highlight=WyJmYXJhZGF5I0=>
- ML-shop. (i.a.). *Tuotteet*. <https://www.mittalaitteita.fi/kiiltomittarit>
- Mäkelä Alu. (07.10.2022). *Käynnistimme yli 10 miljoonan kehitysohjelman kohti hiilineutraaliutta*. <https://makelaalu.fi/uutiset/kaynnistimme-yli-10-miljoonan-kehitysohjelman-kohti-hiilineutraaliutta/>
- Mäkelä Alu. (i.a.-a). *Dynaaminen yli 85-vuotias perheyryitys*.
<https://makelaalu.fi/yritys/tarina/>
- Mäkelä Alu. (i.a.-b). *Yritys*. <https://makelaalu.fi/yritys/>
- Mäkelä Alu. (i.a.-c) *Suunnittelu*. <https://makelaalu.fi/alumiiniprofiilit/suunnittelu/>
- Mäkelä Alu. (i.a.-d). *Jatkojalostus*. <https://makelaalu.fi/jatkojalostus/>
- Mäkelä Alu. 2023a. *Ripustettuja profiileja* [valokuva].
- Mäkelä Alu. 2023b. *Maalauksessa oleva orsi* [valokuva].
- Pecoat Thermoplastic. (i.a.). *Thermoplastic PVC Powder Coating*.
<https://www.thermoplasticcoating.com/fluid-bed-hot-dipping-powder/pvc-powder-coating/>

- PublicDomainPictures. (27.12.2012). *Aita* [valokuva]. Pixabay.
<https://pixabay.com/fi/photos/ketjun-aita-auringonlasku-lanka-72864/> CCO-Content.
- Reliant. (16.11.2016). *An introduction To Powder Coating Quality Control Testing*.
<https://reliantfinishingsystems.com/an-introduction-to-powder-coating-quality-control-testing/>
- Tomburn. (i.a.). *What temperature is needed for powder coating?*.
<https://www.tomburn.com/case-study/5d0ca99c0d134/What-temperature-is-needed-for-powder-coating>
- Utech, B. (2002). *A Guide to High-performance powder coating*. Society of Manufacturing Engin.
- Vale_Photography. (17.05.2020). *Iskunvaimennin* [valokuva]. Pixabay.
<https://pixabay.com/fi/photos/jousitus-polkupy%C3%B6r%C3%A4-maastopy%C3%B6r%C3%A4-5178792/> CCO-Content.
- Valmistajat.fi. (i.a.). *Jauhemaalaus*.
<https://valmistajat.fi/menetelmat/pintakasittely/jauhemaalaus>
- Wounds_and_Cracks. (20.12.2022) *Ilmastointilaite* [valokuva]. Pixabay.
<https://pixabay.com/fi/photos/tuuletin-ilmastointi-j%C3%A4hdytys-7662133/> CCO-Content.