

Aapo Koskela

## SUORAKARKAISTUJEN KELOJEN MAALIMERKKAUKSEN KEHITTÄMINEN

# SUORAKARKAISTUJEN KELOJEN MAALIMERKKAUKSEN KEHITTÄMINEN

Aapo Koskela  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## ALKULAUSE

Opinnäytetyö on tehty Ruukki Metals Oy:n toimeksiannosta syksyn 2012 ja kevään 2013 aikana. Työn valvojana toimi lehtori Matti Broström Oulun seudun ammattikorkeakoulun Raahen kampukselta. Ohjaajina toimivat tuotantopäällikkö Harri Kaisto sekä alueen mekaanisen kunnossapidon työnjohtaja Toni Valtanen.

Oulussa 5.3.2013

Aapo Koskela

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, metalli- ja tuotantotekniikka

---

Tekijä: Aapo Koskela

Opinnäytetyön nimi: Suorakarkaistujen kelojen maalimerkkauksen kehittäminen

Työn ohjaajat: Harri Kaisto, Toni Valtanen, Matti Broström

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: kevät 2013

Sivumäärä: 36 + 0 liitettä

---

Opinnäytetyö tehtiin Ruukki Metals Oy:n Raahen tehtaassa kuumanauhavalssaamolle. Valssaamalla valmistettavien suorakarkaistujen kelojen maalimerkkauksissa on havaittu laatupoikkeamia aika-ajoin. Ruukki Metalsin strategiana on lisätä tulevaisuudessa karkaistujen erikoisterästen määrää, ja katsottiin tarpeelliseksi puuttua ongelmaan. Työn tavoite oli selvittää, mistä ajoittaiset laatupoikkeamat maalimerkkauksessa aiheutuvat, ja tutkia mahdollisia ratkaisuja ongelmaan.

Työssä tutkittiin, mitkä seikat johtavat maalin valumiseen. Tutkimuksissa käytettiin apuna lämpökameraa ja oltiin yhteydessä maalimerkkaukseen toimittajaan Tebulo Engineering B.V.:hen. Maalin valumisen suorakarkaistuilla keloilla todettiin johtuvan kelojen laajasta lämpötilaskaalasta, maaliruiskusuuttimien säätöjen vaihteluista ja kylmille pinnoille soveltumattomasta maalista.

Dokumentoiduista testeistä ja maalitoimittajilta saatiin tietoa, miten välttyttäisiin maalin valumiselta. Paineensäätötestillä todettiin olevan mahdollista säätää maalin määrää maalin menopainetta säätämällä. Suuttimien virtausta säätämällä saatiin haettua optimisäädöt, joilla saadaan tyydyttävä merkkaustulos ilman laitteistomuutoksia. Maalitoimittajilla ei ollut tarjolla maalia, joka olisi soveltunut paremmin käyttökohteeseen. Laitteistomuutoksilla voitaisiin päästä kiitettävään merkkaustulokseen kaikilla keloilla. Tutkimuksilla rajattiin todennäköisimmäksi ratkaisuksi maaliruiskusuuttimien aukioajan muuttaminen ohjelmallisesti kelojen lämpötilan mukaan.

Työn perusteella pystyttiin määrittelemään optimisäädöt maaliruiskusuuttimille ja niistä myös annettiin kunnossapidolle mallivedokset. Jatkokehityskohteeksi kunnossapidolle jäi päättää maaliruiskusuuttimien ohjauksen modernisoinnista yhteistyössä Tebulo Engineering B.V.:n kanssa.

---

Asiasanat: kela, maalimerkkaus, suorakarkaisu

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

---

Author: Aapo Koskela

Title of thesis: Development of Paint Marking on Quenched Coils

Supervisors: Harri Kaisto, Toni Valtanen, Matti Broström

Term and year of completion: spring 2013

Number of pages: 36

---

This Bachelor's thesis was commissioned by hot strip mill unit of Ruukki Metals Oy. There has been some deviations in quality on the paint marking of quenched coils. Ruukki Metals has a strategy to increase specialty steels, which include quenched coils, so it was seen necessary to address this problem. The goal was to find out what causes these occasional deviations in quality on the paint marking of quenched coils and explore potential solutions to the problem.

The thesis researches what causes the paint runoff. A heat camera was used and the supplier of the paint marking machine, Tebulo Engineering B.V., was also contacted. It was found out that the paint runoff on quenched coils had been caused by the broad spectrum of temperature of coils, variations on paint nozzle adjustments and that the paint in use is not applicable to cold surfaces.

Documented tests and industrial paint suppliers gave us information on how to avoid the runoff. By pressure adjustment tests, it was concluded that it is possible to adjust the amount of paint by adjusting the ingoing paint pressure. By adjusting the flow of the paint nozzles, it is possible to get satisfactory results without equipment changes. With equipment changes it would be possible to attain commendable paint marking results on all coils. Paint suppliers could not offer a better suitable paint option. With research it was concluded that the most likely option is to adjust the time that the paint nozzles are open. These changes would be done according to coil temperature.

On the basis of the work done in this thesis, it was possible to define the optimum adjustments for the paint nozzles, for which a model was given to the maintenance team. A further development option is that the maintenance team has to decide whether or not it wants to modernize the control of the paint nozzles in cooperation with Tebulo Engineering B.V.

---

Keywords: coil, paint marking, quenching

# Sisällys

1 JOHDANTO	7
1.1 Rautaruukki Oyj	7
1.2 Ruukki Metals Oy	7
1.3 Kuumanauhavalssaamo	8
1.4 Kelakuljetin	8
1.5 Suorakarkaistu kela	9
2 MÄÄRITELMÄ	10
3 MAALIMERKKAUSKONE	11
3.1 Merkkaustapahtuma	11
3.1.1 Kelahalkaisijan mittaus	11
3.1.2 Muotovirheen mittaus	11
3.1.3 Päätymerkkaus	12
3.1.4 Kehämerkkaus	12
3.2 Maalimerkkaus kone	12
3.3 Maalimerkkaus koneen robotti	14
3.3 Merkkaus pää	15
3.4 Maaliruiskukyksikkö	16
3.4.1 Maaliruiskusuuttimien säätö	17
3.4.2 Suuttimien sähköinen ohjaus	17
3.5 7x5 pistematriisifontti	18
4 MAALIN VALUMISEN AIHEUTTAJA	19
4.1 Kelojen lämpötilat	19
4.2 Maalin määrä ja lämpötila	22
5 RATKAISUVAIHTOEHTOJA	23
5.1 Maalin vaihto	23
5.2 Maalin vaihto kylmien kelojen ajaksi	23
5.3 Maalin määrän säätö pienemmäksi	24
5.4 Maalin määrän säätö merkattavien vaihtuessa	27
5.4.1 Painetta muuttamalla	27
5.4.2 Ruiskutusaikaa muuttamalla	28
5.5 Maalimerkkaus koneen uusiminen	30

5.5.1 IMS CMR2000 (Industrial Machinery and Systems)	30
5.5.2 Green Project TEMA Multi	31
5.5.3 Numtec Dot Paint Marking Machine	32
6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	34
7 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Ruukki Metals Oy:n Raahen tehtaan kuumanauhavalssaamolle. Työn tavoitteena on selvittää, minkälaisin muutoksien voitaisiin välttyä Tebulo Engineering B.V.:n toimittaman maalimerkkauskonteen merkkauksen suorakarkaistujen kelojen merkkauksen laatuvarmuuksilta.

## 1.1 Rautaruukki Oyj

Rautaruukki toimittaa asiakkailleen energiatehokkaita teräsratkaisuja, ja niistä voidaan tehdä paremmin rakennettuja ympäristöjä asumiseen, työhön ja liikkumiseen. Yhtiöllä on toimintaa noin 30 maassa ja henkilöstöä noin 11 800. Liikevaihto vuonna 2011 oli 2,8 miljardia euroa. Osake on noteerattu NASDAQ OMX Helsingissä. Yhtiö käyttää markkinointinimeä Ruukki. (Rautaruukki Oyj 2013.)

Rautaruukki Oyj yhtiöitettiin vuonna 2011. Uudet tytäryhtiöt jaettiin liiketoiminta-alueittain. Ruukki Construction on keskittynyt rakentamiseen, Engineering konepajaliiketoimintaan sekä Metals terästen valmistamiseen. (Rautaruukki Oyj 2013.)

Ruukki ja CapManin hallinnoimat rahastot sopivat lokakuussa 2012 yhdistävänsä Komasin ja Ruukki Engineering -divisionan yksiköitä uudeksi Fortaco-nimiseksi yhtiöksi. Yritysjärjestely toteutui vuoden 2012 lopulla. Uuden yhtiön muodostaminen tarkoittaa, että Ruukin strateginen suunta on aiempaa keskittyneempi. (Rautaruukki Oyj 2013.)

## 1.2 Ruukki Metals Oy

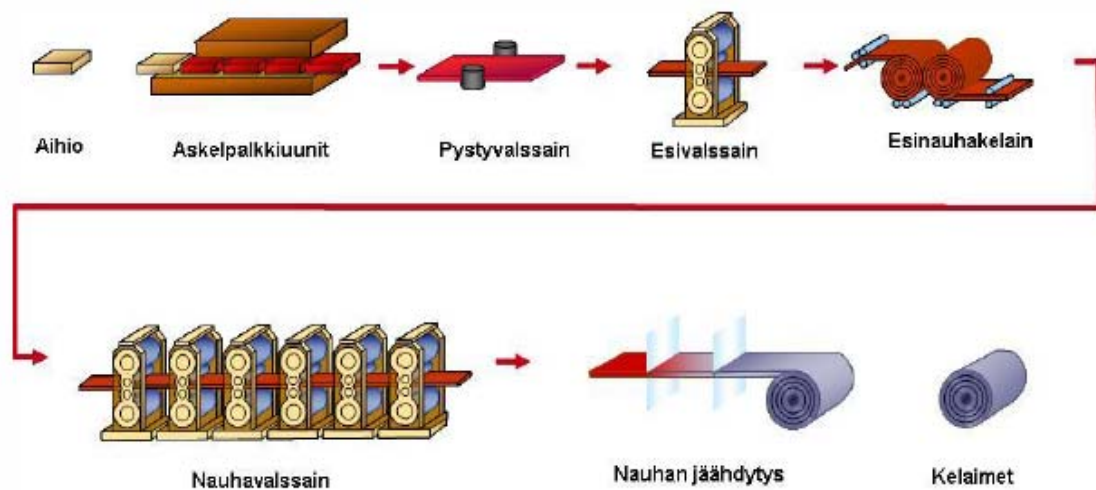
Ruukki Metalsin vastuulla ovat Ruukin terästuotteet sekä niihin liittyvät esikäsitteily-, logistiikka- ja varastointipalvelut. Teräслиiketoiminnan painopisteet ovat erikoisterästuotteisiin perustuvan liiketoiminnan kehittäminen, kustannustehokkuus sekä markkina-aseman vahvistaminen Pohjoismaissa ja Baltiassa. Yhtiön strategiana on nostaa erikoisterästen osuus Metalsin liiketoiminnasta 60 %:iin. Vuonna 2011 vastaava osuus oli 31 %. (Rautaruukki Oyj 2013.)



Terästuotteita ovat kuuma- ja kylmävalssatut terästuotteet, metalli- ja maalipinnoitetut teräkset sekä putket, palkit ja profiilit. Erikoisterästuotteita ovat erikoislujat rakenneteräkset, kulutusta kestävät ja erikoispinnoitetut teräkset sekä suojausteräkset. (Rautaruukki Oyj 2013.)

### 1.3 Kuumanauhavalssaamo

Sulatolta toimitettavat aihiot kuumennetaan ensin askelpalkkiuunissa. Askelpalkkiuuneja on kaksi, ja molemmat ovat tuotantokapasiteetiltaan 300 t/h. Uunista lastataan punaehkuinen aihio tuotantolinjalle. Pystyvalssaimella tehdään esinauhan sekä lopputuotteen oikea leveys. Esivalssaimella aihio valssataan esinauhaksi pääsääntöisesti seitsemällä pistolla, mutta joissain tapauksissa myös viidellä. Suurin osa esinauhoista kelataan coilboxiin eli esinauhakelaimen esinauhan lämpötilan vakioimisen takia. Coilbox myös mahdollistaa nykyisen jopa 30 tonnin kelakoon. Nauhavalssain koostuu kuudesta valssituolista, joissa esinauhasta valssataan halutun paksuinen teräsnauha. Ennen kelausta nauha jäähdytetään hallitusti jäähdytysvyöhykkeellä. Kuvio 1 havainnollistaa prosessin kulkua yksinkertaistettuna kaaviona. (Kuumanauhavalssaamon esittely. 2007.)



KUVIO 1. Kuumanauhavalssaamon tuotanto (Kuumanauhavalssaamon esittely. 2007)

### 1.4 Kelakuljetin

Kelaimelta kelat siirtyvät kelakuljettimelle, jonka varrella on kaksi kehäsitomakoneita sekä silmäsitomakone, joilla varmistetaan kelojen pysyminen muodossaan kuljetuksen aikana. Silmäsitomakoneen jälkeen kelat menevät maalimerkkaukseen, missä jokaisen kelan pätyyn ja kylkeen merkataan kelanumero sekä varastopaikka. Tästä kelat siirtyvät varastoon joko nosturilla tai trukilla.

## 1.5 Suorakarkaistu kela

Ruukki Metals Oy tekee lisääntyvässä määrin suorakarkaistuja keloja, jotka karkaistaan jäähdytysvyöhykkeellä jäähdyttämällä teräs nopeasti alle 100 °C. Karkaisun seurauksena nämä kelat ovat kovassa jännityksessä, koska karkaistu teräs pyrkii oikeenemaan. Tämän takia suorakarkaistut kelat sidotaan yhteensä kahdeksalla teräsvanteella, jolloin varmistetaan tuotteen turvallinen kuljetus asiakkaalle. Asiakas on useimmiten kuumanauhavalssaamon LKT-jaos, missä ne jatkojalostetaan asiakkaalle. Suorakarkaistuihin keloihin maalataan VARO-teksti (kuvio 2) negaationa, jotta teräsvanteita aukaiseva henkilö osaa käsitellä keloja äärimmäistä varovaisuutta noudattaen.



*KUVIO 2. Suorakarkaistujen VARO-teksti*

## 2 MÄÄRITELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutustua Ruukki Metals Oy:n kuumanauhavalssaamon maalimerkkaukseen, jonka on toimittanut Tebulo Engineering B.V., ja pyrkiä löytämään ratkaisu suorakarkaistujen kelojen merkkaukseen liittyvään ongelmaan. Ongelma suorakarkaistujen kelojen maalimerkkauksessa on merkkauksen laatuvariaatio, joka johtuu maalin valumisesta ja aiheuttaa epäselvät kelanumerot. Laatuvariaation esiintyminen on ajoittaista, ja ongelman harvinaisuuden takia tietojen kerääminen ongelmaan johtavista syistä on aikaa vievä prosessi. Maalin valumiseen johtavia syitä tutkittiin puolen vuoden ajan, jotta saatiin tuloksia kesä- ja talviaikaan.

Valssaamalla katsottiin ajankohtaiseksi puuttua tähän ongelmaan, koska Ruukki Metals Oy:n strategian ydin on erikoisterästen osuuden nosto 60 %:iin, ja tämä tarkoittaa suorakarkaistujen kelojen määrän kasvua lähitulevaisuudessa. Tulevaisuudessa tullaan vesilaitoksen tehoa nostamaan, jotta veden lämpötilan nousu ei olisi enää rajoittava tekijä suorakarkaistujen kelojen tuotantomäärälle. Tämän ansiosta on visioitu voitavan kelata karkenemattomiakin teräslaatuja kylmänä. Tällöin voitaisiin jopa puolet kaikista keloista kelata sellaisella lämpötila-alueella, jolla on havaittu merkkauksen kanssa ajoittaisia ongelmia. (Rautaruukki Oyj. 2013.)

### 3 MAALIMERKKAUSKONE

Automatisoitu kelojen maalimerkkaus on laajalti käytössä terästehtaissa ympäri maailman, ja eri valmistajien ratkaisut ovat hyvin paljon yhteneviä keskenään. Ruukki Metals Oy:llä on käytössä Tebulo Engineering B.V.:n vuonna 2000 toimittama maalimerkkaus kone. Maalimerkkaus kone on kuusi-akselinen, ja kykenee seuraamaan kelojen kaarevia pintoja, säilyttäen merkkauspään ja kelan välin vakiona. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)

#### 3.1 Merkkaustapahtuma

Merkkaustapahtuma koostuu useasta toimenpiteestä. Tapahtuma alkaa aina merkkaus koneen kotiasemasta ja lähettää jatkuvasti I/O-signaalia "Robotti kotona". Tässä asemassa merkkaus kone on suojattu kuljettimella olevien kelojen lämpösäteilyltä. Ulkopuolisen käynnistyssignaalin vastaanotettuaan, merkkaus kone nolaa "Robotti kotona" -signaalin ja merkkaustapahtuma käynnistyy. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)

##### 3.1.1 Kelahalkaisijan mittaus

Robotti kääntyy kotiasemasta kelan suuntaan. Robotti siirtää mittauselimen kelan keskilinjan yläpuolella olevaan asemaan ja laskeutuu. Kun mittaelin koskee kelaan, elin painuu merkkauspäähän siihen saakka, että merkkauspään sisällä mikrokytkin toimii. Toinen mittaus tehdään toisessa kohdassa kelan kehällä, jotta kelan halkaisija saadaan laskettua tarkasti. Kun kela ei ole tai jos kela on liian pieni, merkkaus kone palaa kotiasemaan ja lähettää virheilmoituksen "Kela ei ole paikoillaan". Kun kelan halkaisija on mitattu, robotti aloittaa päädyn mittausjakson. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)

##### 3.1.2 Muotovirheen mittaus

Robotti siirtää mittauspään kelan päätyyn. Kun mittaelin koskee kelaan, elin painuu merkkauspäähän ja kytkee mikrokytkimen. Robotti ottaa vielä kaksi mittaa päädynmerkkaus kohdan ylä- ja alareunasta. Jos kolmen mitatun pisteen välillä on epätasaisuutta >50 mm, merkkaus kone palaa kotiasemaan ja lähettää virheilmoituksen "Teleskooppimaisuutta havaittu". Kun kela ei ole asemassa tai jos kela on liian pieni, merkkaus kone palaa kotiasemaan ja lähettää virheilmoituksen "Kela ei ole paikoillaan". Kun kelan oikea pääty on mitattu, robotti asettaa ruiskusuuttimensa oikeaan asemaan ja on valmis aloittamaan päädyn merkkauskon. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)

### 3.1.3 Päätymerkkaus

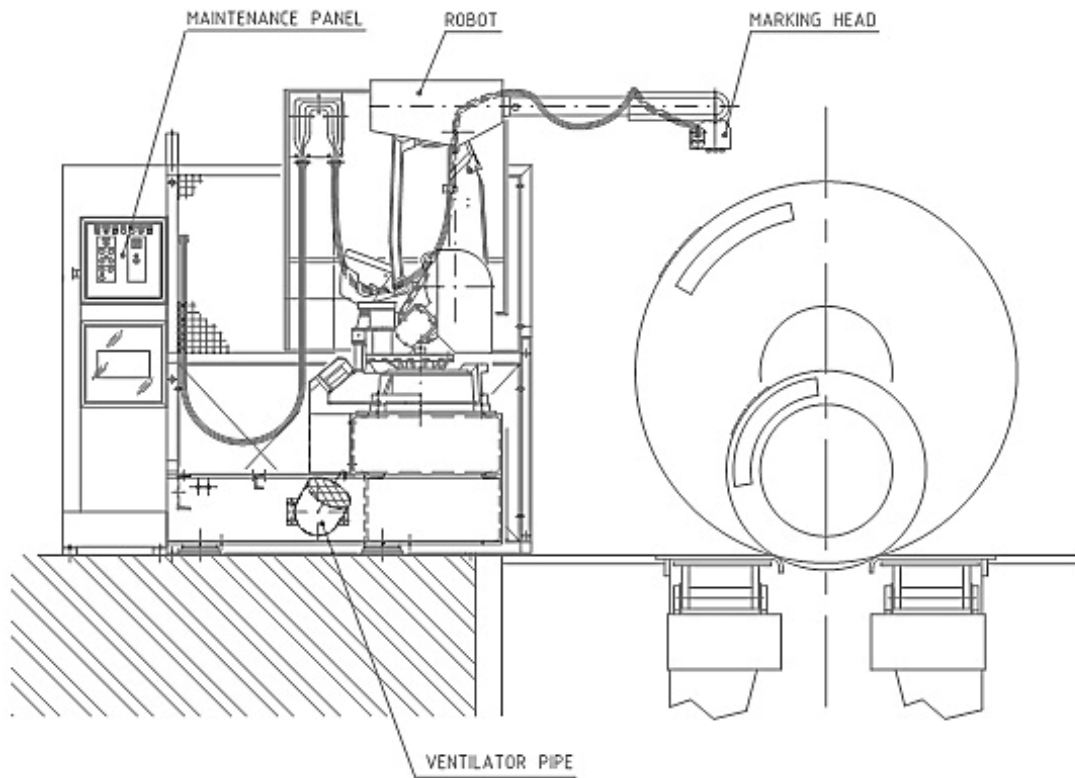
Robotti kääntää ruiskusuuttimet kelan päätypintaa kohti, liikkuu merkkauksen alkukohtaan ja aloittaa merkkauksen. Kun merkkaukone on merkannut, se vetää merkkauuspään takaisin ja siirtyy kehämerkkauksen alkukohtaan. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)

### 3.1.4 Kehämerkkkaus

Jos läpimitta on mitattu oikein, robotti kääntää suuttimellisen merkkauuspään kelaan kohti. Se siirtyy merkkauksen alkuun ja aloittaa merkkaamisen. Saatuaan ensimmäisen rivin valmiiksi, se merkitsee seuraavat kolme riviä. Lopetettuaan merkkauksen merkkaukone palaa kotiasemaan ja lähettää "Robotti kotiasemassa" -signaalin automaatiojärjestelmälle. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)

## 3.2 Maalimerkkaukone

Maalimerkkaukoneen ja kelakuljettimen väliin on asennettu säteily suoja, jonka tarkoitus on estää lämpösäteilyn vaikutukset maalimerkkaukoneeseen. Maalimerkkaukone siirtyy aina merkkauksen jälkeen kotiasemaan säteily suojan taakse odottamaan seuraavaa merkkausta. Kuviossa 3 on maalimerkkaukoneen yleiskuva ja siitä saa kuvan koneen koosta suhteessa merkattaviin keloihin. Taulukossa 1 on maalimerkkaukoneen teknisiä tietoja.



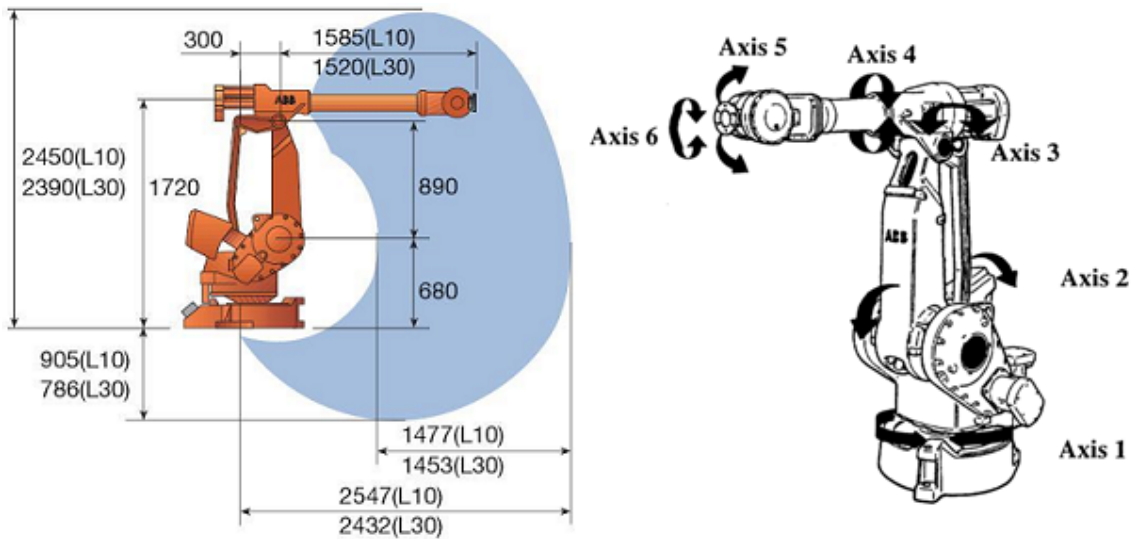
KUVIO 3. Maalimerkkaus koneen yleiskuva (Tebulo Engineering B.V. 2000)

TAULUKKO 1. Maalimerkkaus koneen teknisiä tietoja (Tebulo Engineering B.V. 2000)

Mitat L x W x H	3500 x 2700 x 2600 mm
Vaara-alue etupuolella	3500 x 1800 mm
Yhteismassa	3800 kg
Ympäristön lämpötila:	
Käytön aikana	+5°C - +50°C
Kuljetuksen aikana	-25°C - +55°C
Teholiitäntä	400 V AC ± 10 % 3 ph. - 50 Hz ± 1 %
Tehon kulutus	7,5 kW
Ilmaliitäntä	3/4"
Ilman syöttöpaine	4 - 7 bar
Ilman kulutus	20 m <sup>3</sup> /hr

### 3.3 Maalimerkkaus koneen robotti

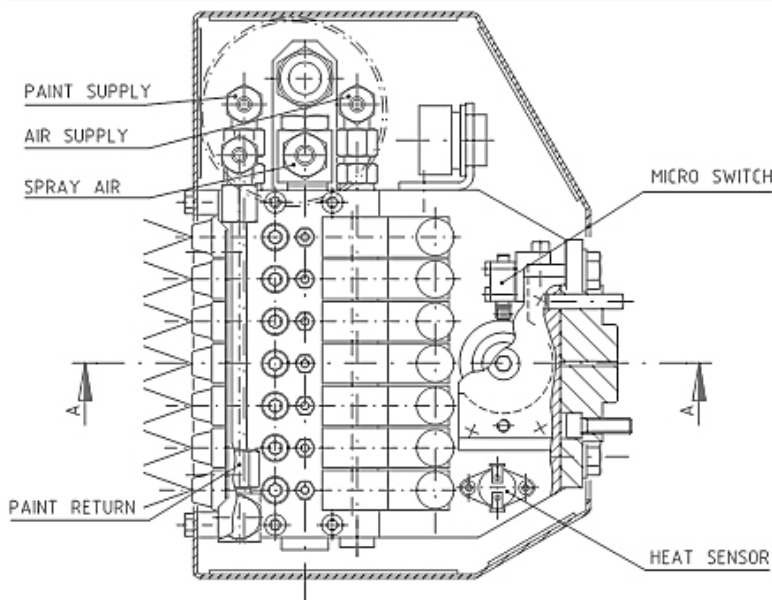
Maalimerkkaus koneessa oleva robotti pystyy seuraamaan tarkasti kelojen kaarevia pintoja, koska se on kuusi akselinen. Robotti on tyypiltään ABB IRB 4400/L10 (kuvio 4). Robotti kykenee kannattelemaan kuudennella akselillaan kymmenen kilogramman massan. Robotti on valittu maalimerkkaus koneeseen sen pitkän horisontaalisen ylettyvyyden ja riittävän massan kannattelukyvyyn ansiosta. Robotti on myös nopea, joka on ensiarvoisen tärkeä ominaisuus, koska sen ansiosta on voitu kutistaa kelojen merkkaus aika 40 sekuntiin. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)



KUVIO 4. Maalimerkkaus koneen robotti akseliseen (Tebulo Engineering B.V. 2000)

### 3.3 Merkkauispää

Merkkauispää (kuvio 5) on asennettu robotin kuudenteen akseliin. Merkkauispää merkkää merkit kelaan maaliruiskukyksiköillä, joita käytetään magneettiventtiileillä. Ruiskutusilma ja maaliruiskukyksikön maali syötetään runkolohkon kautta. Maali virtaa yhtäjaksoisesti, jotta maali ei pääsisi jähmettymään putkistoihin. Mittaelin, joka on asennettu merkkauispään sisään, määrittelee kelan läpimitan. Mittaelin voi liukua merkkauispään ja se kytkee mikrokytkimen liikkeillään. Merkkauispään on asennettu lämpöanturi, jolla estetään merkkauispään ylikuumentuminen. Kun lämpöanturi rekisteröi liian korkean lämpötilan, maalimerkkauuskoneen toiminta pysähtyy ja merkkauispää palaa kotiasemaan. Merkkauispää pysyy kotiasemassa siihen asti, että se on jäähtynyt riittävästi. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)

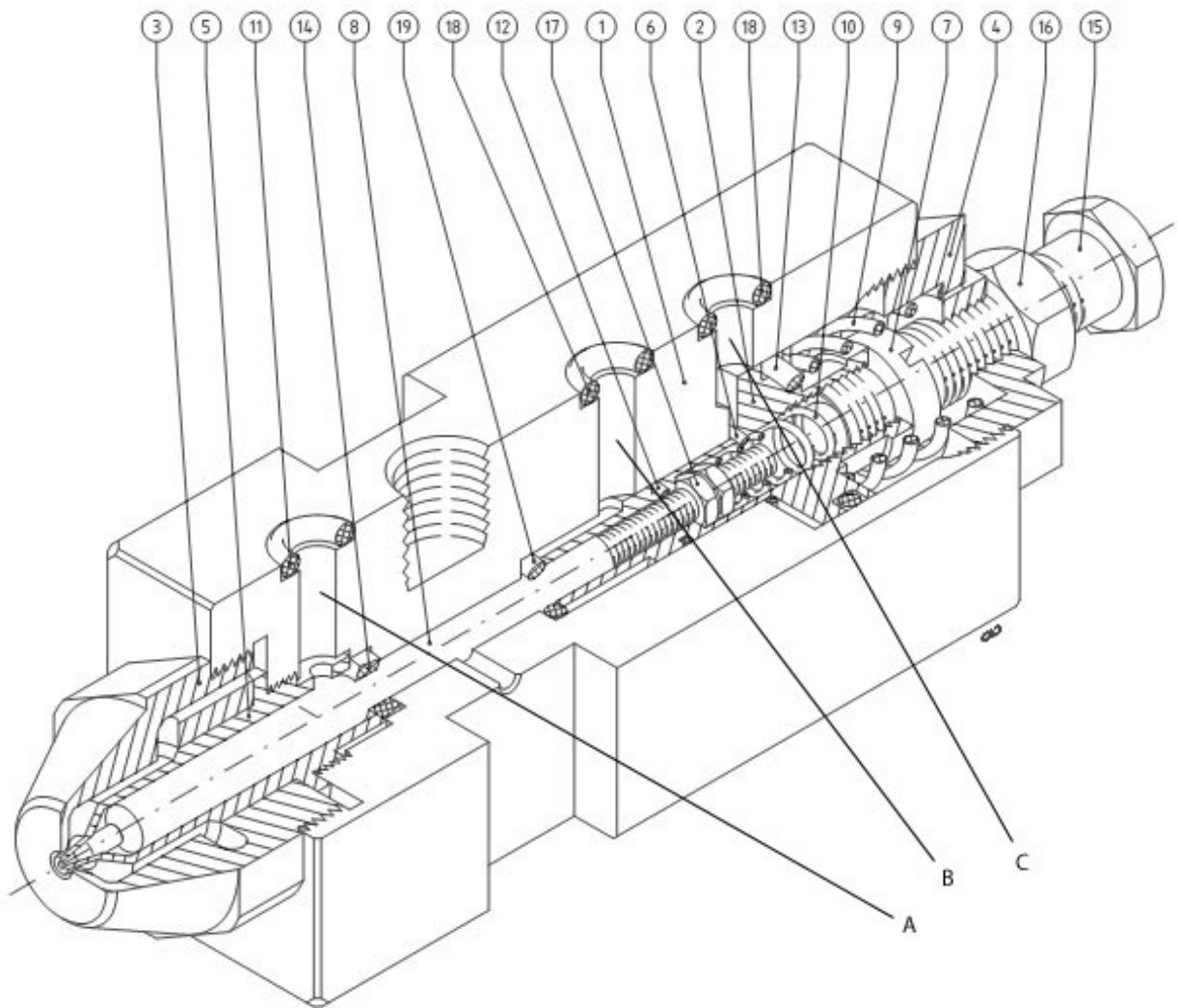


KUVIO 5. Merkkauispää yksityiskohtaisesti (Tebulo Engineering B.V. 2000)



### 3.4 Maaliruiskuyksikkö

Merkkauspäässä on seitsemän kappaletta maaliruiskuyksiköitä, joista jokainen piirtää maksimissaan viisi maalipistettä yhtä merkkiä kohden, ja näin muodostaa halutun merkin. Kuvio 6 havainnollistaa maaliruiskuyksikön rakennetta. Maaliruiskuyksikön kanavaan A johdetaan maali, kanavaan B ruiskutusilma ja kanavaan C ohjausilma. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)



KUVIO 6. Maaliruiskuyksikön kokoonpano (Tebulo Engineering B.V. 2000)

### 3.4.1 Maaliruiskusuuttimien säätö

Maaliruiskusuuttimia käytetään paineilmalla ja maalin määrää sekä pistekokoa voidaan muuttaa mekaanikkojen toimesta neljää eri parametria muuttamalla. Seuraavassa on lueteltu neljä tapaa, joilla maalaustulokseen voidaan vaikuttaa:

1. Neulan piirtoa voidaan säätää kääntämällä kuusiopulttia sisään tai ulos, (kohdat 16 ja 17 kuviossa 6.) Säätämällä neulan piirtoa voidaan ruiskuttaa maalia enemmän tai vähemmän solenoidin avaamisen aikana. Tämä on tehokkaampaa kuin vastapaineen säätö. Tätä ruuvia kannattaa kokeilla ennen muiden vaihtoehtojen kokeilemistä.
2. Ruiskutusyksikön ruiskutusilman ohjaus tapahtuu virtausta säätävän kuusiokolokantaruuvien avulla. Ruiskutusilman virtauksen tulee olla sama kaikilla ruiskutusyksiköillä.
3. Säätämällä paineenalenninta ruiskutusilman syöttölinjassa pystytään asettamaan ruiskutusilman asetukset. Korkean paineen seurauksena on suuri pistekoko, matalan paineen seurauksena on pieni pistekoko.
4. Kun säädetään vastapaineen säädintä maalin paluulinjassa, pystytään säätämään ruiskutettavan maalin määrää solenoidin avaamisen aikana.

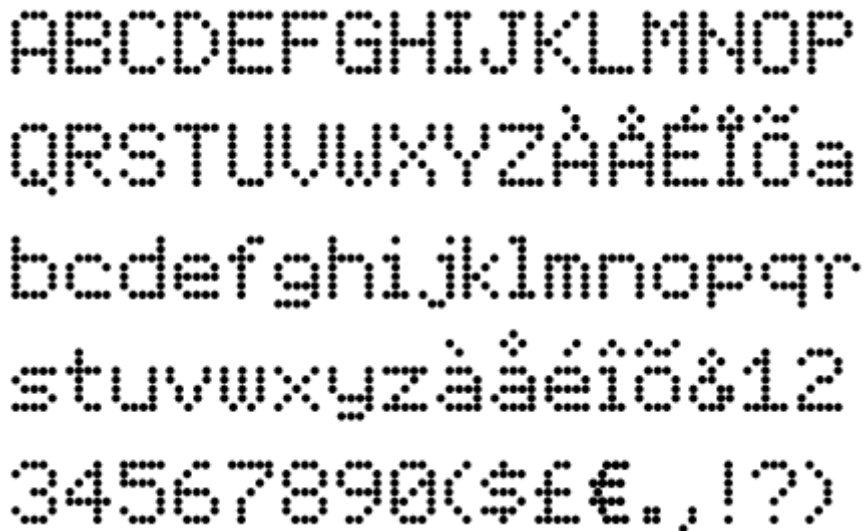
(Tebulo Engineering B.V. 2000.)

### 3.4.2 Suuttimien sähköinen ohjaus

Suuttimien ohjauksesta huolehtii Z-World-matriisikontrolleri, joka saa automaatiolta tiedon mitä kirjoitetaan ja mihin aikaan. Näiden tietojen perusteella kontrolleri ohjaa merkkaukseen magneettiventtiilejä, jotka päästävät ohjausilman maaliruiskutusyksiköihin, ja avaa suuttimia muodostaen pisteet. (Tebulo Engineering B.V. 2000.)

### 3.5 7x5 pistematriisifontti

Kuvion 7 esittämä 7x5 pistematriisifontti on ollut käytössä 1970-luvun alun pistematriisitulostimista lähtien tulostuskäytössä, ja on pienin määrä pisteitä, jolla saadaan tulostettua selvästi luettavia isoja aakkosia ja numeroita. Tästä syystä se on myös käytössä Ruukki Metals Oy:n maalimerkkaukskoneessa. (Graham Huskinson 2010, hakupäivä 23.1.2013.)



ABCDEFGHIJKLMN OP  
QRSTUVWXYZ ÅÄÊÏÖä  
bcdefghijklmnopqr  
stuvwxyz åäêïöä 12  
34567890€\$%&.,!?)

KUVIO 7. 7x5 pistematriisifontti (Müller 1993; Windlin 1993, hakupäivä 23.1.2013)

## 4 MAALIN VALUMISEN AIHEUTTAJA

Tutkimuksia aloitettaessa oli oletettava, että ongelma johtuu merkittävien kelojen lämpötilasta. Se pääteltiin yksinkertaisesti kokemusperustaisesta tiedosta, jonka mukaan maali kuivuu sitä nopeampaa, mitä lämpimämpi maalattava kohde on. Alun perin ongelma havaittiin laatukierrosta tehtäessä keväällä 2012, jolloin valssaamon kelavarastossa olevat kelat on tehty pakkaskelien vallitessa.

### 4.1 Kelojen lämpötilat

Kelojen lämpötiloja alettiin tutkia Flir E50 -lämpökameraa apuna käyttäen. Ensimmäinen kelojen lämpötilojen mittailu ajoittui kesäajalle 26.7. ja 14.8., jolloin kelojen lämpötilat maalimerkkauksineen kohdalla asettuivat 35 °C – 45 °C välille. Lämpötiloja mitailtaessa oli havaittavissa lämpötilan vaikutus maalin kuivumiseen selvästi jo näinkin pienellä vaihteluvälillä.

Kuviossa 8 olevan kela 56010-051 on valssattu vahvuuteen 3,97 mm ja sen lämpötila on 36,6 °C. Numeroissa on havaittavissa selvät valumat, joskin hyvin pienet, jotka eivät tee tekstistä epäselvää.



KUVIO 8. Suorakarkaistu kela ja sen lämpötila

Kela 56206-021 on valssattu vahvuuteen 1,99 mm ja kelan lämpötila on 42,7 °C. Kela on valssattu saman yö-vuoron aikana kuin kela 56010-051, joten olosuhteet ja maaliruiskusuuttimien säädöt ovat identtiset näillä keloilla. Kuvioista 9 voidaan havaita 42,7 °C lämpöisen kelan maalimerkkauksen olevan parempi kuin aikaisemmassa kuviossa 8 olleen 36,6 °C lämpöisen kelan. Kelojen lämpötiloja mitattiin kahtena eri päivänä useammista eri keloista havainnoiden samalla maalimerkkauksen onnistumista. tutkimuksissa tultiin siihen tulokseen, että alle 40 °C lämpötiloissa maalin valumista oli havaittavissa suuremmalla todennäköisyydellä.



*KUVIO 9. Suorakarkaistu kela ja sen lämpötila*

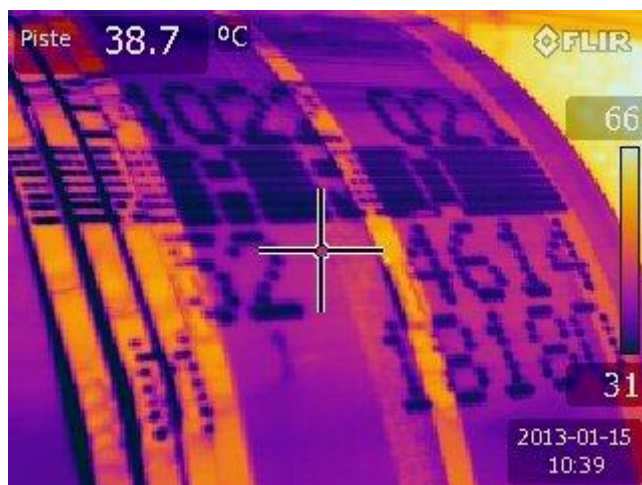
Tutkimusten aloitusvaiheessa kierreltiin katselemassa kelavarastoa läpi etsien karkaistuja keloja, joissa olisi maali valunut tekstin luettavuutta merkittävästi heikentäen. Koska sellaista kela ei löytynyt, jossa valumista olisi tapahtunut ongelmaksi asti, päätettiin kokeilla jäähdyttää kelan pintaa palopostia apuna käyttäen. Tämä testi toteutettiin, koska oletettiin kelojen olevan talvisaikaan joitain asteita kylmempiä, ja tämän takia maali valuisi herkemmin.

Testattavien kelojen jäähdyttäminen palopostilla suoritettiin heti kelahissin jälkeen kelakuljettimella. Kelojen jäähdyttäminen ei kuitenkaan onnistunut palopostin avulla siinä määrin, että kelan pintalämpötilaa oltaisi saatu alennettua merkittävästi. Pintalämpötila ei laskenut merkittävästi, koska palopostista ruiskutettu vesi oli seisonut linjassa pitkään ja oli lämmintä. Kelan lämpökapasiteetti on myös erittäin suuri ja kelassa sisemmiltä kierroksilta ehti johtua lämpöä takaisin uloimmalle kierrokselle. Turvallisuussyistä kelojen pintaa ei pystytty

jäähdyttämään enää lähempänä maalimerkkauskonetta, jolloin pinta ei mahdollisesti olisi ehtinyt lämmitä takaisin.

Testin aikana havaittiin kelan pinnalle ruiskutetun veden haihtuvan kohtuullisen rivakasti, ja tällä tiedolla pystyttiin kumoamaan ainakin kesäajalta sitä olettaa, jonka mukaan voisi olla mahdollista suorakarkaistujen kelojen päästä kosteina maalimerkkaus koneelle. Nämä tiedot aiheesta kerättynä päädyttiin keskittymään tutkimaan ratkaisua ongelmaan ja todentamaan ongelmaan johtavia syitä talven tullen, jolloin olosuhteet ovat kuumanauhavalssaamon hallissa huomattavasti viileämmät ja kuumanauhan karkaisussa käytettävän veden ollessa viileämpää kuin kesällä. Talvella myös olosuhteet ovat yhtenevät keväällä havaitun laatupoikkeamalla varustetun kelan valssaushetken kanssa.

Talven ja pakkasten saavuttua mitattiin kelojen lämpötiloja uudestaan, ja vaikkei ulkolämpötila ollut ensimmäisenä mittaus päivänä miinus kuutta astetta kylmempi, niin silti oli havaittavissa kelojen keskimääräisen lämpötilan pudonneen useammalla asteella. Yli 39 °C lämpötiloja ei havaittu kuuden eri kelan lämpötiloja mitattaessa. Mitatuista keloista kuvion 10 kela 64022-021 on valssattu paksuuteen 5,49 mm ja sen lämpötilan on 38,7 °C.



KUVIO 10. Lämpökamerakuva suorakarkaistusta kelasta

Kuvion 11 kela 64060-031 on valssattu paksuuteen 2,99 mm, ja sen lämpötila on 34,4 °C.





KUVIO 11. Lämpökamerakuva suorakarkaistusta kelasta

Kuvista voidaan todeta kumpienkin erivahvuisien kelojen lämpötilan pysyvän alle 40 °C:ssa. Kuvattujen kelojen lisäksi päivän aikana mitatuissa keloissa oli lämpötilat samalla vaihteluvälillä ja täten saatiin varmuus aikaisempaan arvioon ongelman suuremmasta esiintymistiheydestä talvisaikaan. Kesällä oli havaittu maalin valuvan alle 40 °C lämpötiloissa herkemmin ja talvisaikaan kelojen ollessa kylmempiä voitiin todeta tämä myös käytännössä, koska lähes jokaisessa kelassa oli havaittavissa pientä valumaa.

#### 4.2 Maalin määrä ja lämpötila

Tutkimuksia tehtäessä selvisi maalin määrän vaihtelevan, koska joka torstaina huollon yhteydessä maaliruiskukyksiköitä saatetaan tarpeen vaatiessa vaihtaa ja samalla ne säädetään. Maalin määrän vaihtelu johtuu maaliruiskukyksiköiden erittäin herkstä säädettävyydestä ja myös säätäjakohtaisesta näkemyksestä, mikä on sopiva maalin määrä. Maalin määrää säädettyä säätötyötä tekevä kunnossapitomie teksee testimaalauksen maalimerkkaus koneella manuaalijolla sitä varten tehdyille testialustalle.

Käytössä oleva maali sijaitsee maalikaapissa maalimerkkaus koneen välittömässä yhteydessä ja on alttiina hallissa vallitsevalle lämpötilalle. Maalisäilytyksessä ei ole lämmitystä, toisin kuin samassa hallissa sijaitsevalla levyvalssaamon maalimerkkaus koneella. Maali pääsee jäähtymään talvisin selvästi kylmemmäksi kuin kesäisin, hallin lämpötilan ollessa pahimmillaan lähes 0 °C. Maalin lämpötilan aleneminen hidastaa osaltaan maalin kuivumista ja tämän ansiosta nostaa talvisin mahdollisuutta maalin valumiselle.

## 5 RATKAISUVAIHTOEHTOJA

Tutkimukset aloitettiin tutkimalla useita eri ideoita, joilla ongelma voitaisiin ratkaista. Vaihtoehdot analysoitiin lopuksi ja valittiin järkevin vaihtoehto sekä tutkittiin sen toteutuskelpoisuutta.

### 5.1 Maalin vaihto

Tutkimukset aloitettiin selvittämällä nykyiseen maaliin liittyviä asioita haastattelemalla maalimerkkaus koneen kunnossapitoa. Tutkimuksissa selvisi maalimerkkaus koneessa olleiden alku aikoina eri maali käytössä, ja tämä oli tukkinut maalilinjoja sekä suuttimia. Nykyisin käytössä oleva Marking Ink TBL-P125-HCM on havaittu olevan erittäin hyvä maali. (Valtanen 25.10.2012, keskustelu.)

Maalin hyväksi ominaisuuksiksi voidaan laskea sen hyvä kiinnittyminen merkattavien kelojen pintaan ja se ettei maali tuki putkistoa/suuttimia. Maalin heikkous on herkkä valuminen kylmillä keloilla. Maalin huonot ominaisuudet johtunevat osittain siitä, että se on tarkoitettu lämpötila-alueelle 350 °C – 750 °C. (Valtanen 25.10.2012, keskustelu.)

Maalivaihtoehtoja tiedusteltaessa oltiin yhteydessä teollisuusmaaleja toimittavan Oy Hempel AB:n kanssa. Yrityksellä ei ollut tuotevalikoimassa maalia, joka olisi voinut soveltua kohteeseen. (Oy Hempel AB 20.1.2013, puhelinkeskustelu.)

### 5.2 Maalin vaihto kylmien kelojen ajaksi

Maalimerkkaus koneessa käytössä oleva maali on 350 °C – 750 °C lämpötila-alueelle tarkoitettu MARKING\_INK\_TBL-P125-HCM. Maalin valmistajalla on valikoimassa myös maali MARKING\_INK\_TBL-P525-CCM, joka on tarkoitettu 20 °C – 350 °C lämpötila-alueelle. Aloitettiin selvittää olisiko mahdollista vaihtaa maalia aina suorakarkaistujen kelojen tullessa valssaukseen. Ideana oli vetää toiset maalilinjat maalimerkkaus koneen robotin käsivartta myöden maalimerkkausyksiköiden maalirunkolinjaan. Suorakarkaistujen tullessa merkkausvuoroon tapahtuisi maalin vaihto ja suuttimeen jäävän maalin poispuhallus. Maalin poispuhalluksen pituus tulisi määrittää sopivan mittaiseksi, jotta kuumille keloille tarkoitettu maali saataisiin poistettua ja päästäisiin merkkamaan suorakarkaistuja keloja niiden lämpötilalle sopivaksi kehitetyllä maalilla.



Maalin vaihtoa tutkittaessa tuli kuitenkin seinä vastaan melko nopeasti tutkimusten alkuvaiheessa. Maalien valmistajalta saatiin sellaista tietoa, että maali linjat tulee huuhdella täysin toisesta maalista ennen kuin toinen voidaan ottaa käyttöön. Maalien valmistajalta tiedusteltiin tarkennusta asiaan ja saatiin vastaukseksi vain, ettei niitä saa sekoittaa. Valmistaja ei eritellyt, aiheutuisiko ongelmaksi suuttimien tukkeutuminen vai onko suositus vain sekoittuneen maalin huonojen ominaisuuksien takia. Tutkimuksien aikana perehdyttiin myös maalien ominaisuuksiin ja saatiin selvitettyä niiden olevan tiheydeltään (taulukko 2) toisistaan merkittävästi poikkeavat. Näin ollen samojen suutin asetusten läpi mentäessä olisi merkkaustulos tuskin hyvää. (Kooij 26.10.2012, 27.12.2012, sähköpostiviesti.)

*TAULUKKO 2. Maalien tiheys*

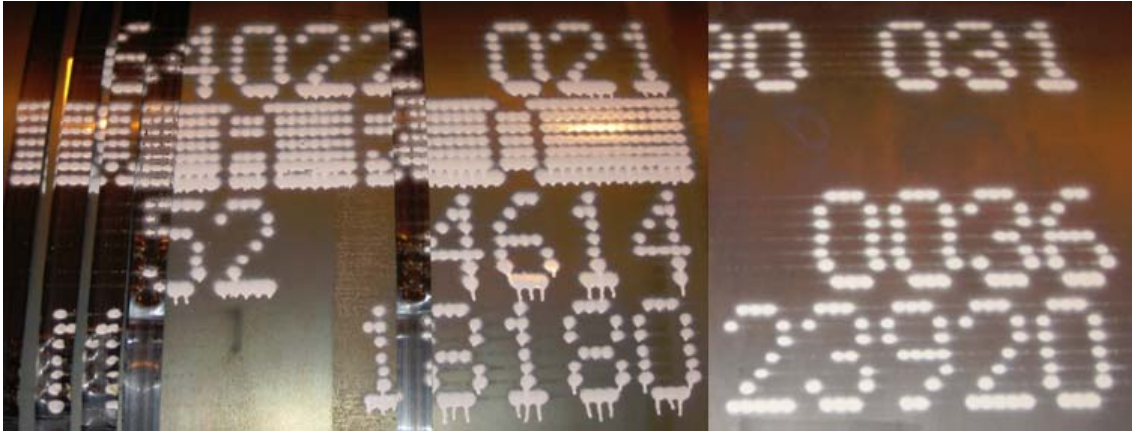
Maalityyppi	Tiheys 20°C	
MARKING_INK_TBL-P125-HCM	1.3 g/cm <sup>3</sup>	(nykyinen)
MARKING_INK_TBL-P525-CCM	0.9 g/cm <sup>3</sup>	(20°C – 350°C)

Maalin vaihtaminen olisi toki mahdollista, jos maalimerkkaukoneeseen asennettaisiin toisten maalilinjojen lisäksi myös toiset maaliruiskukyksiköt, mutta tämä tuskin on kannattavaa. Tätä vaihtoehtoa ei tutkittu tämän pidemmälle.

### 5.3 Maalin määrän säätö pienemmäksi

Yhteistyössä maalimerkkaukoneen huollosta ja säädöstä vastaavan kunnossapitomiehen kanssa alettiin testaamaan sopivaa suuttimien säätöä haluttaessa valumaton merkkaustulos kelan kylkeen. Testit aloitettiin hänen viikkoa aikaisemmin säätämällä arvoilla, jotka olivat hänen kokemuksensa perusteella sopivat. Näistä säädöistä otettiin testilätkälle vertailumerkki ja sen lisäksi myös kuvattiin näillä säädöillä merkattuja keloja.

Kuviosta 12 voidaan havaita maalin määrän olevan liian suuri suorakarkaistuille keloille. Kuumilla keloilla merkkaustulos on erittäin hyvä.



*KUVIO 12. Alkuperäiset säädöt ennen testejä*

Seuraavaksi kelakuljettimen käyttöhenkilöt järjestivät aikaa säättää suuttimia pienemmälle. Suuttimet pienemmälle säädettynä pystyttiin testaamaan tulossa oleviin suorakarkaistuihin keloihin, oliko säädetty asetus sopiva.

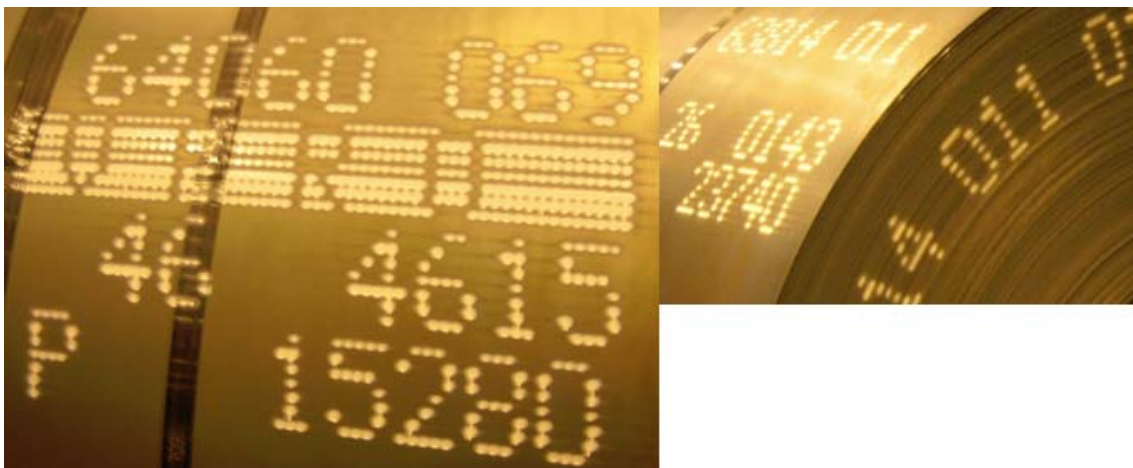
Maaliruiskusuuttimien erittäin pienen säätöalueen takia niitä on hankala saada kaikkia tismalleen samaan asetukseen. Maaliruiskusuuttimia ei alettu liiaksi hienosäätämään kaikkia samaan arvoon keskenään, koska testit tehtiin tuotannon lomassa ja tästä olisi voinut aiheutua häiriötä kuumanauhavalssaamon tuotantoon.

Kuviossa 13 ylhäältä laskien toinen, viides ja seitsemäs piste on asetettu sopivalle säädölle. Maali ei näissä pisteissä yritä valua ja, jos kaikki pisteet olisivat yhtä voimakkaita, tulisi tekstistä suorakarkaistuissa keloissa vielä tätäkin selkolukuisempaa. Kuviossa 13 oikealla puolella on kuumaan kelaan merkattu teksti ja se näkyy, mutta ei ole hyväksyttävää tasoa. Tästä seikasta käytiin keskustelua tuotannon edustajan kanssa ja hänen mielestään tämä maalin määrä ei ole hyväksyttävissä, koska joskus joudutaan varastoimaan suhteellisen suuriakin määriä keloja pitkään pihalla. Näillä keloilla tulee riski, että kelanumeron näkyvyys heikkenee vielä entisestään, kelan pintaan muodostuvan ruosteen seurauksena. Kuviossa 13 on myös kuva kelan kyljestä, joka näkyi nosturiin luvattoman huonosti, ja nosturin operaattori joutui varmistamaan "4101" tekstin kelan kehällä olevasta merkinnästä kameran välityksellä.



*KUVIO 13. Suorakarkaistuille keloille sopiva suuttimien säätöarvo*

Seuraavaksi säädettiin suuttimia isommalle ja pyrittiin säätämään ne ns. kompromissiarvoon, jolla teksti näkyisi sekä kuumilla että kylmillä keloilla hyvin, mutta ei myöskään päästäisi maalia valumaan liiaksi. Kuvio 14 esittää tilannetta, mihin säädöt jätettiin. Kuvista nähdään, että säädössä onnistuttiin kohtuullisen hyvin. Suorakarkaistuilla keloilla oli havaittavissa maalipisaran alku, joka saattaa lähteä valumaan. Valumista ei kuitenkaan havaittu niillä kolmella suorakarkaistulla kelalla, joita tämän säädön jälkeen seurattiin.



*KUVIO 14. Testien jälkeen säädetty kompromissi*

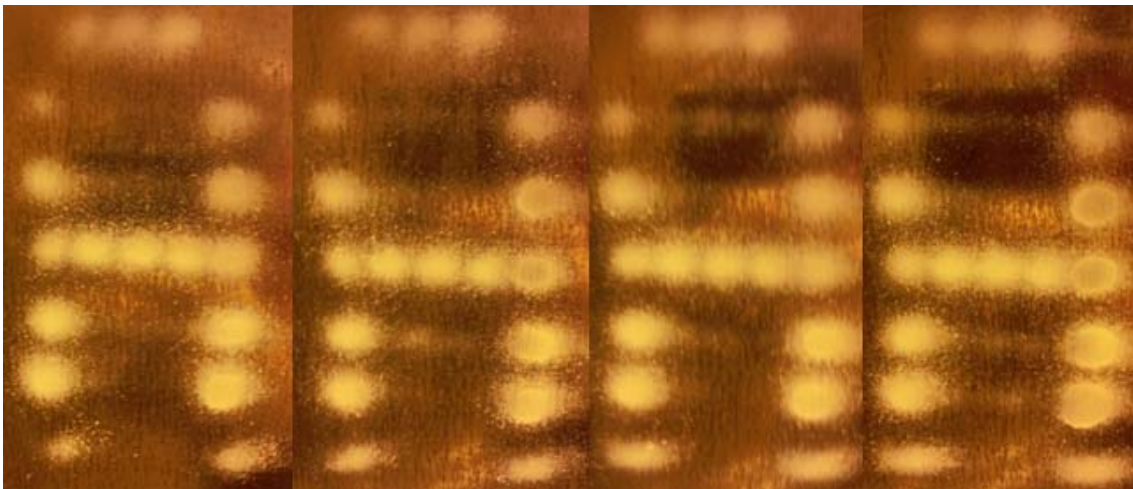
Suuttimien säätötestiä tehtäessä käytiin myös keskustelua trukin kuljettajien, kanssa ja he ovat havainneet ajoittain hiukan turhan haaleasti merkattuja keloja. Tämä havainto osaltaan edesauttaa tarvetta saada maalimerkkaukseen kelakohtainen maalinmäärän säätö.

## 5.4 Maalin määrän säätö merkattavien vaihtuessa

Kohdan 5.3 testit osoittivat sen, että maalimerkkaukseen maaliruiskusuuttimia säätämällä voitaisiin päästä tyydyttävään tulokseen. Jotta maalimerkkauksesta saataisiin kiitettävä, tulisi maalin määrän säätöä kelakohtaisesti. Seuraavaksi alettiin tutkia keinoja, miten tämä olisi mahdollista toteuttaa.

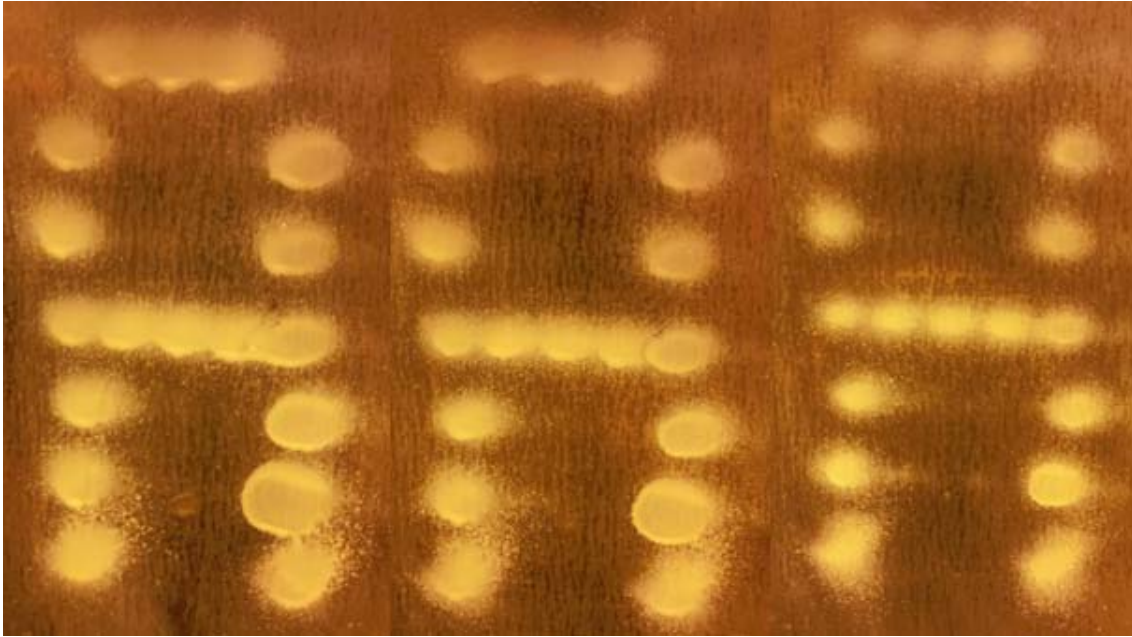
### 5.4.1 Painetta muuttamalla

Kohdassa 3.4.1 esiteltiin eri keinoja maalin määrän muuttamiseen. Siellä tapa neljä on maalin vastapainetta säätämällä. Vastapaineen säätöä testattaessa kävi hyvin nopeasti selväksi, ettei vastapainetta säätämällä saataisi aikaiseksi haluttua lopputulosta. Kuvion 15 voidaan havaita muutoksen maalin määrässä olevan hyvin pieni. Kuvion 15 0,14 bar ja 1,38 bar testimerkkauksissa oikeanpuoleiset pisteet ovat hiukan vääristyneet, koska maalimerkkauspää tulee testimerkkauksissa takaisin sen pystyriivin kohdalle ja maalimerkkuupäästä jatkuvasti puhaltava ruiskutusilma pääsi maalia hiukan levittämään. Kaksi muuta merkkausta onnistui paremmin, koska maalimerkkauspää ehdittiin paremmin palauttaa kotiasemaan.



*KUVIO 15. Vastapaineen säätö 0,42 bar, 0,14 bar, 0,69 bar ja 1,38 bar*

Seuraavaksi päätettiin kokeilla säätää maalin menolinjan painetta, koska sillä arveltiin olevan suurempi vaikutus ruiskutettavan maalinmäärään suuttimen aukiolon aikana. Kuviossa 16 on maalattu vasemmalla 3,2 bar:n paineella, keskellä 2,2 bar:n paineella ja oikealla 1,2 bar:n paineella. Tämä maalin paineen pudotus 3,2 bar:sta 1,2 bar:iin olisi riittävä varmistamaan valumaton merkkaustulos myös suorakarkaistuilla keloilla, samaan aikaan heikentämättä merkkaustulosta kuumilla keloilla.



*KUVIO 16. Maalin määrän pienentäminen paineen avulla 3,2 bar, 2,2 bar, 1,2 bar*

Paineensäätötestien valmistuttua alettiin keskustella maalimerkkaukseen sähköpuolen asiantuntijan kanssa tavasta, miten paineen muutos olisi mahdollista automatisoida. Ehdotus oli, että maalikaappiin asennettaisiin toinen paineen säädin ja järjestelmä vaihtaisi venttiilillä maalin reittiä kelakohtaisesti. Paineen muutos voisi onnistua, jos maalikaappiin saataisiin tieto, jonka mukaan venttiili vaihtaisi maalin kulkureittiä, mutta tätä tietoa ei saisi helposti maalikaappiin tuotua. Paineen muutoksen automatisoinnin tutkiminen jätettiin tälle mallille ja jatkettiin kartoittamalla muita vaihtoehtoja. (Aherto 24.1.2013, keskustelu.)

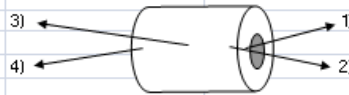
#### **5.4.2 Ruiskutusaikaa muuttamalla**

Maalin määrän vähentämistä pohdittiin sähköpuolen asiantuntijan kanssa ja mietittiin olisiko mahdollista muuttaa suuttimien ohjausta sellaiseksi, että suuttimien aukioloaikaa lyhennettäisiin suorakarkaistujen kohdalla. Dokumentteja tutkiessa hän muisti mahdollisesti olemassa olevan nykyiselläänkin vastaavanlainen ominaisuus kuumimpia keloja merkattaessa. Asiasta keskusteltaessa maalimerkkaukseen hankinnan projektipäällikön kanssa saatiin häneltä varmistusta asiaan dokumentaation kera. Taulukosta 3 käy ilmi, että kelauslämpötilan ollessa ~700 °C maalaustulos oli jäänyt matakseksi. Näiden kelojen kohdalla ongelmasta oltiin päästy eroon nostamalla maalin määrää. (Aherto 25.10.2012, keskustelu; Putaansuu 1.11.2012, keskustelu.)

*TAULUKKO 3. Lämpötilojen vaikutus merkkaukseen (Putaansuu 2000)*



Coil number	Coiling temperature °C	Location of measurement °C ( in front of markig machine )				Marking 3)	Marking 1)
		Temperature 1)	Temperature 2)	Temperature 3)	Temperature 4)		
37300081	600	501	370	403	320	OK	OK
37589011	600	509	350	428	340	OK	OK
36010051	680	621	358	588	510	Matt	Matt
37721041	640	544	440	500	400	OK	OK
37091011	650	565	460	475	420	OK	Matt
37091021	650	562	430	463	400	OK	OK
37381031	720	616	530	570	510	Matt	Matt
37617041	670	580	430	505	430	OK	Matt
37617051	670	582	460	480	400	OK	OK
37617061	670	593	460	485	430	OK	OK
37694091	635	574	416	430	425	OK	OK
37531061	620	517	410	460	390	OK	OK
37696091	635	565	420	431	400	OK	Matt
37698021	635	567	406	422	410	OK	OK
37633071	690	544	430	485	411	Matt	Matt
37698011	635	660	420	441	405	OK	OK
37696071	635	554	380	415	390	OK	OK
37724061	720	620	540	584	495	Matt	Matt
37696021	635	571	450	450	433	OK	OK
37696011	635	675	460	450	426	OK	OK
37098011	640	550	433	502	450	OK	OK
37694051	630	571	480	470	420	No marking	No marking
37227041	640	583	501	553	489	OK	OK
37229051	640	583	511	533	472	OK	OK



Byrometrin emissio 0.85

Projektipäälliköltä saaduissa dokumenteissa oli myös maaliruiskusuuttimien ohjaimen päivityksen dokumentti, josta selvisi ohjainlaitteen saavan tieto, milloin ohjelma lisää maaliruiskusuuttimien aukioloaika. Tämä aukiolon muutos tapahtuu pulssin poikkeama kertoimen avulla. (Tebulo Engineerin B.V. 2000.)

Tutkittaessa maalimerkkaukseen ohjelmaa löydettiin kohta, jossa kuumen kelan raja-arvo oli määritelty arvoon 550 °C. Maalimerkkaukseen valmistajaan otettiin tässä vaiheessa yhteyttä ja heiltä kysyttiin, olisiko mahdollista käyttää vastaavaa pulssin poikkeama arvoa maaliruiskusuuttimien aukioloajan pienentämiseksi. Valmistajalta ei saatu tyhjentävää vastausta kysymykseen, mutta yrityksellä on nykyisin tarjolla maalimerkkaukseen varustettuna kyseisellä ominaisuudella. Yrityksestä lupauduttiin tutkia mahdollisuutta lisätä kyseinen ominaisuus Ruukki Metals Oy:n maalimerkkaukseen. (Beentjes 29.11.2012 ja 10.1.2013, sähköpostiviesti.)

Kuumanauhavalssaamon sähkökunnossapidon kanssa tehdyissä tutkimuksissa tultiin siihen lopputulokseen, että kyseessä olisi todennäköisesti ohjelmallisesti lisättävissä oleva ominaisuus, mikäli nykyistä maaliruiskusuuttimien aukioloaika pystytään pienentämään. Maalimerkkaukseen menee valmiiksi tieto karkaistuista keloista kelauslämpötilan perusteella ja se käyttää tätä tietoa perusteena VARO-tekstin maalaamiseen. Muutosmahdollisuudelle ei kuitenkaan saatu varmuutta tämän opinnäytetyön teon aikana, ja tutkimuksien tilaus valmistajalta jäi kuumanauhavalssaamon kunnossapidon harkintaan.

## 5.5 Maalimerkkauskoneen uusiminen

Mikäli osoittautuu mahdottomaksi lisätä maalimerkkauskoneeseen kohdan 5.4.2 ominaisuutta, joka uskotaan olevan todennäköisin ratkaisu ongelmaan, on aina mahdollista tilata uusi maalimerkkauskone. Eri yrityksiä tarjoamia maalimerkkauskoneita tutkittiin internetistä ja listattiin vaihtoehtoja, mikäli on tarpeen uusia maalimerkkauskone.

### 5.5.1 IMS CMR2000 (Industrial Machinery and Systems)

IMS (Industrial Machinery and Systems) tarjoaa Ruukki Metals Oy:llä käytössä olevan Tebulo Engineering B.V.:n maalimerkkauskoneen kanssa hyvin samankaltaista ratkaisua. IMS:n CMR2000 maalimerkkauskoneeseen (kuvio 17) voidaan valita joko 7x5 tai 9x7 pistematriisifonttia maalaava merkkaukspää. 9x7 pistematriisilla voidaan merkata myös pieniä aakkosia, mutta koska Ruukki Metals ei tällaista ominaisuutta tarvitse, se ei luo lisäarvoa tuotteelle.



*KUVIO 17. CMR2000*

Esitemateriaalissa kerrottiin koneen sykliajan olevan 20 - 60s ja esitteen kuvissa olevissa esimerkkitapauksissa oli todella vähän tekstiä verrattuna Ruukki Metals Oy:n kuumanauhavalssaamalla tehtäviin merkkauksiin. Tästä voidaan olettaa merkkauksajan olevan Ruukki Metals Oy:n tapauksessa lähellä maksimiaikaa, ja se olisi merkittävästi pidempi kuin nykyinen 40 sekuntia. Materiaaleissa ei kerrota sanallakaan maalin määrän säädöstä ja siitä miten se on toteutettu. Tarjouksia pyydetessä tulisi varmistaa, onko kone tarpeeksi nopea ja miten maalin määrää säädetään laajan lämpötilaskaalan kohteessa. (IMS 2013)

### 5.5.2 Green Project TEMA Multi

Green Projectin TEMA Multi (kuvio 18) on ratkaisultaan hyvin samanlainen Ruukki Metals Oy:n maalimerkkaus koneen kanssa. TEMA Multi eroaa Tebulo engineering B.V:n maalimerkkaus koneesta maalimerkkaus pisteiden paremmalla säädettävyydellä.



*KUVIO 18. Green Project TEMA Multi*

Tema Multin esitteessä kerrotaan, että ohjausyksiköllä voidaan säätää monia parametreja:

- pisteen halkaisija 4–12 mm, joka säätyy automaattisesti kelan lämpötilan mukaan
- tekstin kokoa

TEMA Multin merkkauspähän voidaan tilata 7–12 maaliruiskuyksikköä, mutta tällä ominaisuudella ei ole Ruukki Metals Oy:lle käyttöä. Merkkauksen kehutaan olevan nopeaa, mutta esimerkkiaikoja ei tarjota. TEMA Multi osaa itse automaattisesti puhdistaa itseään, mitä Tebulo Engineering B.V.:n maalimerkkaus kone ei kykene tekemään. Automaattinen puhdistus ei sinällään tuo lisäarvoa tuotteeseen, koska maaliruiskuyksiköt pysyvät puhtaina riittävän hyvin. TEMA Multin ruiskutusmäärien monipuolinen säädettävyys ja koneen nopeus voisivat puoltaa koneen hyvyttä. Ominaisuudet kaipaavat kylläkin täsmennystä, koska ne on ilmoitettu esitteessä suurpiirteisesti. (Green Project 2013.)



### 5.5.3 Numtec Dot Paint Marking Machine

Numtec Dot Paint Marking Machine on ratkaisultaan hyvin samanlainen Ruukki Metals Oy:n maalimerkkauskoneen kanssa. Numtecin Maalimerkkauskone (kuvio 19) eroaa Tebulo engineering B.V.:n maalimerkkauskoneesta maalimerkkauspisteiden paremmalla säädettävyydellä.



*KUVIO 19. Numtec Dot Paint Marking Machine*

Numtec on Alpine Metal Technin alaisuudessa toimiva yritys, kuten on myös Magnemag ja Makra. Näiden tietojen perusteella voidaan päätellä Numtecin maalimerkkuukoneella olevan sukulaisuutta levyvalssaamon maalimerkkuukoneelle, jonka toimittaja on MNI (Magnemag Numtec International).

Numtecin sivuilta saatavasta esitteestä käy ilmi maaliruiskuyksiköiden ruiskuttaman maalin määrän ja pistekoon olevan helposti säädettävissä maaliruiskuyksiköstä. Tästä voidaan päätellä säädön olevan yhtenevä Tebulo Engineering B.V.:n maalimerkkauskoneen kanssa. (Numtec 2013.)

Levyvalssaamon maalimerkkauskoneesta yksityiskohtia kyseltäessä levyvalssaamon kunnossapitomieheltä kertoi hän, että levyvalssaamon maalimerkkauskoneessa maalin määrä säädetään maalimerkkaussyksikön suuttimen aukioloaikaa säätämällä ohjauspaneelista. Häneltä

tiedusteltiin myös kokemuspohjaista tietoa levyvalssaamon maalimerkkaukseen luotettavuudesta. Hänen arvionsa mukaan kuumanauhavalssaamon maalimerkkaukseen on luotettavampi ja yksinkertaisempi.

## 6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Työn pohjalta jäi kuumanauhavalssaamon kunnossapidon harkintaan, aletaanko maalimerkkauskonetta modernisoida. Tebulo Engineering B.V:ltä saatujen tietojen perusteella voitaneen todeta jatkokehitysmahdollisuuksien olevan hyvät, mikäli uusimpien maalimerkkaus koneiden ominaisuuksia voidaan implementoida Ruukki Metals Oy:n vanhaan maalimerkkaus koneeseen.

Uusimmassa Tebulo Engineering B.V.:n maalimerkkaus koneessa on mahdollista toteuttaa maalin määrän säätö jokaiselle kelalle erikseen lämpötilan mukaan. Lämpötila saadaan merkkaus päässä sijaitsevan lämpötila-anturin kautta ja maalin määrää muutetaan lämpötilakohtaisesti sopivaksi taulukkoarvojen mukaan. (Tebulo Engineering B.V., 29.11.2012, sähköpostiviesti.)

## 7 YHTEENVETO

Ruukki Metals Oy:n kuumanauhavalssaamon suorakarkaistujen kelojen maalimerkintöjen laatuvaihtelujen aiheuttajat saatiin työn edetessä selvitettyä erittäin tarkasti. Mittausten perusteella saatiin määriteltyä lämpötila-alue, jolla maalin valumista esiintyy todennäköisimmin. Työn väljän aikataulun ansiosta pystyttiin laajentamaan tutkimuksia sekä kesä- että talviajalle ja saatiin varmuus maalin valumisen suuremmalle esiintymistiheydelle talvisaikaan.

Testien kautta saatiin poissuljettua useita mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja. Testien kautta saatiin myös dokumentoitua tietoa, jota maalimerkkaus koneen kunnossapito voi hyödyntää toiminnassaan. Testien perusteella pystyttiin määrittelemään optimisäädöt maalimerkkaus suuttimille ja suuttimien säädöstä tullaan tekemää työohje kunnossapidolle. Maalimerkkaus suuttimien säädöllä päästään tyydyttävään lopputulokseen, mutta haluttaessa päästä kiitettävälle tasolle merkkaustuloksessa tulee maalimerkkaus koneeseen tilata modernisointi koneen valmistajalta Tebulo Engineerin B.V.:ltä.

## LÄHTEET

Aherto, K., sähkökunnossapito, työnjohtaja, Ruukki Metals Oy, Kuumanauhavalssaamo. Keskustelu 25.10.2012 ja 28.11.2012.

Beentjes, R., Tebulo Engineering B.V. 98-11262 Coil Marker. Sähköpostiviestit [aapo.koskela@gmail.com](mailto:aapo.koskela@gmail.com) 29.11.2012, 10.1.2013.

Green Project, Robot TEMA Multi. Hakupäivä 25.1.2013 [http://www.greenproject.it/coil\\_robot.aspx](http://www.greenproject.it/coil_robot.aspx)

Huskinson, G. 2010. Dot Matrix Printers. Hakupäivä 23.1.2013 [http://mindmachine.co.uk/book/print\\_06\\_dotmatrix.html](http://mindmachine.co.uk/book/print_06_dotmatrix.html).

IMS, CMR2000 Coil marking robot. Hakupäivä 25.1.2013 <http://www.ims-srl.com/DataSheets/CMR2000%20ENG%20REV07.pdf>.

Kaisto, H., tuotantopäällikkö, Ruukki Metals Oy, Kuumanauhavalssaamo. Keskustelu 16.1.2013.

Kooij, A., Tebulo Engineering B.V. 7 x 5 dot matrix coil marker. Sähköpostiviestit [aapo.koskela@gmail.com](mailto:aapo.koskela@gmail.com) 26.10.2012, 27.12.2012.

Kuumanauhavalssaamon esittely. 2007. Ruukki Metals Oy. Word-esitys. Vaatii käyttäjätunnuksen ja salasanan. Saatavissa: I:\team\vatstolesitteet\nauhan esittelymateriaali\vesite.doc. Hakupäivä 14.1.2013.

Müller, S. & Windlin, C. FF Dot Matrix Two. Hakupäivä 23.1.2013 <http://www.identifont.com/similar?1SS>.

Numtec, Dot Paint Marking Machine. Hakupäivä 25.1.2013 <http://tinyurl.com/c2uwldp>.

Putansuu, E., vanhempi kehitysinsinööri, Ruukki Metals Oy, Kuumanauhavalssaamo. Keskustelu 1.11.2012.

Rautaruukki Oyj. 2013. Hakupäivä 20.1.2013 <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta>.

Tebulo Engineering B.V. 2000. Automaattinen maalimerkkaukone Tebulo käyttö- ja kunnossapito-ohjeet. Sisäinen lähde.

Teollisuusmaalimyynä. Oy Hempel AB. Puhelinkeskustelu 20.1.2013.

Valtanen, T., mekaaninen kunnossapito työnjohtaja, Ruukki Metals Oy, Kuuma-nauhavalssaamo. Keskustelu 25.10.2012.