

Opinnäytetyö (AMK)

Prosessi- ja materiaalitekniikka

2021

Petra-Johanna Valtonen

# PAKOPUTKIEN HITSAUSLAADUN VARMISTUS JA PARANTAMINEN

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Prosessi- ja materiaalteknikka

2021 | 14 sivua

Petra-Johanna Valtonen

# PAKOPUTKIEN HITSAUSLAADUN VARMISTUS JA PARANTAMINEN

Opinnäytetyön tilaajana toimi Stera Technologies Oy:n Turun toimipiste. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda testaussuunnitelma pakoputkien hitsauslaadun parantamiseksi ja samalla tutustua tuotteen prosessikontrollien analysointiin.

Työssä käytettiin teoriapohjaa suunnitelman tekemiseen ja arvioitiin eri arvojen säätämisen merkitystä tuotteen laadulle prosessissa. Lähtötilatutkimuksessa selvitettiin prosessin tila, jonka pohjalta yhdessä teorian kanssa suunnitelmaa voitiin tarkentaa. Tarkennusten tuloksena oli suunnitelma jota voidaan hyödyntää hitsauslaadun kehittämiseen. Suunnitelma koostui useasta eri vaiheesta usean eri säädettävän arvon vuoksi.

ASIASANAT:

hitsaus, laadunvarmistus, pakoputki

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Chemical and materials engineering

2021 | 14 pages

Petra-Johanna Valtonen

# QUALITY ASSURANCE AND IMPROVEMENT OF WELDING QUALITY IN EXHAUST PIPES

This work was ordered by the Turku branch of Stera Technologies Oy. The goal of this thesis was to create a testing plan for improving weld quality in exhaust pipes while getting to know the analysis of process control results. The theory base was used to create the test plan and to evaluate the effect of each tested value in the process.

In the baseline study the state of the current process was reviewed, which in tandem with the theory base helped to narrow down the possible issues in the current process. The result of these conclusions was a plan that can be used to develop the quality of the welding. The plan consisted of several steps due to the number of values that needed to be tested.

## KEYWORDS:

quality assurance, welding, exhaust pipe

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT TERMIT</b>	<b>5</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TEORIAA HITSAUKSESTA</b>	<b>2</b>
2.1 Materiaalit	2
2.2 Kappaleiden yhteensopivuus	2
2.3 Sähkövirta	2
2.4 Valokaari	3
2.4.1 Lyhytkaari	3
2.4.2 Kuumakaari	3
2.4.3 Sekakaari	4
2.5 Kuljetusnopeus	4
2.6 Langan syöttönopeus	5
2.7 Hitsaustekniikka	6
2.8 Kappaleiden puhtaus	6
2.9 Kappaleiden lämpötila	6
<b>3 TUOTTEEN VALMISTAMINEN</b>	<b>7</b>
<b>4 LAADUNVALVONTA</b>	<b>8</b>
4.1 3D-mittaus	8
4.2 Hie-koe	8
<b>5 LÄHTÖTILANTEEN KARTOITUS</b>	<b>10</b>
<b>6 TEORIAPOHJAINEN TESTAUSSUUNNITELMA</b>	<b>11</b>
<b>7 POHDINTA</b>	<b>13</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>14</b>

# KÄYTETYT TERMIT

Termi	Termin selite
Hie	Hiomalla mikroskooppitutkimusta varten tuotettu metallinäyte (Kotimaisten kielten keskus, 2021)
Hitsausjigi	Hitsauksessa käytetty tukirakenne, joka pitää hitsattavat kappaleet paikallaan kappaleisiin kohdistuvista voimista ja lämpötiloista riippumatta.

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda teoriapohjainen testaussuunnitelma pakoputkien hitsauslaadun parantamiseksi prosessin lähtötilannekartoituksesta saatujen laadunvarmistustulosten perusteella. Tuotannollisista syistä varsinaista testausta ei kuitenkaan pystytty suorittamaan työlle varatun ajan puitteissa.

Työn tilaajana toimi Stera Technologies Oy:n Turun toimipiste jossa valmistetaan sopimusvalmistuksena mm. Valmet Automotivelle komponentteja joihin työssä käsitellyt pakoputket kuuluvat.

”Stera Technologies Oy yrityksenä perustettiin vuonna 2007, kun Levyosa Oy, Elektromet Yhtiöt Oy, Hihra Oy, Auemec Systems Oy ja Beertekno Oy yhdistyivät. Tehtaat sijaitsevat Turussa, Kaarinassa, Paimiossa, Tammelassa, Kaavilla ja Viron Sauessa.” (Sellami, 2018.) Yrityksen eri toimipisteissä oli 433 työntekijää liikevaihdon ollessa 82 420 000€ vuonna 2020 (Kauppalehti, 2021). Yrityksen erityisosaamisalana ovat metallituotteet sekä elektroniikka (Stera Technologies Oy, 2021).

## 2 TEORIAA HITSAUKSESTA

Hitsaus perustuu kahden metallin yhteensulattamiseen virran avulla. Käytetty sähkövirta järjestää atomit metallikappaleissa uuteen järjestykseen niin, että ne muodostavat yhteisen kiderakenteen pitäen kappaleet yhdessä. (Grönlund E., 1990.)

Tärkeimmät hitsaukseen vaikuttavat tekijät ovat käytetty materiaali, kappaleiden yhteensopivuus, sähkövirta, kaarijännite, hitsausnopeus, hitsauslangan syöttönopeus, hitsausmekaniikka, kappaleiden puhtaus sekä kappaleiden lämpötila hitsattaessa. (Grönlund E., 1990, Lukkari J., 1997, Lepola P., Ylikangas R., 2016.)

Tässä työssä käsiteltiin MIG/MAG eli Metal Inert Gas/Metal Active gas -hitsausmekaniikkaa. MIG ja MAG eroavat toisistaan hitsaukseen käytetyn suojakaasun sisällöllä. MIG-hitsaukseen käytetään inerttejä kaasuja kuten argonia tai heliumia kun taas puolestaan MAG-hitsaukseen käytetään aktiivikaasua kuten asetyleeniä. (Grönlund E., 1990.)

### 2.1 Materiaalit

Käytettyjen materiaalien materiaalitiedot ovat tärkeitä oikeanlaisen täyteaineen valinnassa. Täyteaine jonka kemiallinen koostumus ei vastaa perusaineen koostumusta aiheuttaa murtumariskin liitoskohdassa erilaisten vetolujuus- ja korrosionkestävyysominaisuuksien vuoksi. (Lepola P., Ylikangas R., 2016.)

### 2.2 Kappaleiden yhteensopivuus

Kappaleiden yhteensopivuudella on merkitystä ylimääräisten rakojen muodostuksen takia. Ylimääräiset raot sauman vastapuolella heikentävät sauman pitokykyä rasitustilanteissa. (Lukkari J., 1997.)

### 2.3 Sähkövirta

Sähkövirran (myöh. virta) määrä vaikuttaa saumaan merkittävästi. Liian suuri virta aiheuttaa sauman läpipalamista, jossa saumapalko tunkeutuu hitsattavasta pinnasta läpi toiselle puolelle. Liian vähäinen sähkövirta puolestaan ei sulata hitsattavia materiaaleja

tarpeeksi, jolloin sauman tunkeuma jää liian pieneksi aiheuttaen sauman mahdollisen irtoamisen rasituksessa. (Miller Welds, 2020.)

## 2.4 Valokaari

MIG/MAG-hitsaukseen käytetään pääasiallisesti kolmea eri kaarityyppiä käyttökohteesta riippuen. Nämä kolme ovat: Lyhytkaarihitsaus, sekakaarihitsaus sekä kuumakaarihitsaus. Kullakin kaarityypillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. (Grönlund E., 1990.)

### 2.4.1 Lyhytkaari

Lyhytkaarihitsauksessa lisäaineen irtoamiseen liittyviä oikosulkuja tapahtuu useammin, jolloin materiaalin siirtyminen on nopeampaa ja tasaisempaa. Nopeatahtinen sykli kuitenkin vaatii virran kuristamista induktanssin avulla suurempien roiskeiden välttämiseksi.

Lyhytkaaren etu on matalien virtojen ja kaarijännitteen mahdollisuus. Yleisesti ottaen jännite pysyy alle 20 voltin (V) sekä virta alle 200 amperin (A). Lyhytkaareissa lisäainepisarat ovat suurempia ja niitä irtoaa harvemmin, jolloin tunkeuma jää helposti pienemmäksi kuin kuumakaarihitsauksessa. (Grönlund E., 1990, Lukkari J., 1997.)

### 2.4.2 Kuumakaari

Toisin kuin lyhytkaarihitsauksessa kuumakaarihitsauksessa tärkeimpänä ovat vähäiset oikosulut. Tämä kuitenkin tarkoittaa huomattavasti korkeampia hitsausjännitteitä sekä -virta-arvoja virran ollessa yli 200 A sekä jännitteen ollessa pääasiallisesti yli 25 V.

Suuremman energiankäytön seurauksena kuumakaaren lisäainesiirtymä on tasaisempaa ja kuumempaa, joka mahdollistaa syvemmän tunkeuman. Kuitenkin ohuita materiaaleja hitsatessa se aiheuttaa myös läpipalamisen vaaran. (Grönlund E., 1990, Lukkari J., 1997.)



### 2.4.3 Sekakaari

Nimensä mukaisesti sekakaarihitsaus on yhdistelmä kahta eri kaarityyppiä, lyhyt- ja kuumakaarihitsausta. Sekakaaren ongelmana on suuri roiskemäärä, joka johtuu lisääainesiirtymän suurista pisaroista joita muodostuu nopeaan tahtiin sekä hidastahtisista oikosuluista, jotka yhdessä kaaressa vaikuttavien voimien kanssa sinkoavat ainetta kaaren ulkopuolelle. Tämän takia sekakaarta käytetään vain tietyissä sovelluksissa kuten ylhäältä alaspäin suuntaava pystyhitsaus.

Sekakaaren jännite liikkuu arviolta 21 ja 28 V:n välillä virran liikkuesssa noin 90 ja 260 A:n välillä. (Grönlund E., 1990, Lukkari J., 1997, Lepola P., Ylikangas R., 2016.)

### 2.5 Kuljetusnopeus

Kuljetusnopeuden vaikutus saumaan näkyy riittävänä materiaalin tunkeumana. Vaikuttavia tekijöitä ovat materiaalin paksuus, virran määrä sekä hitsaustekniikka. Mitä paksumpi materiaali tai matalampi virta sitä hitaampi kuljetusnopeuden tulee olla hyvän tunkeuman takaamiseksi. Myös vetävä hitsaustekniikka vaatii hitaamman kuljetusnopeuden kuin pystysuora tai työntävä tekniikka.

Liian nopea kuljetusnopeus (Kuva 1.) yhdistettynä liian vähäiseen virran määrään näkyy saumassa liian matalana tunkeumana, kun taas puolestaan liian hidas hitsausnopeus yhdistettynä liian suureen virran määrään aiheuttaa sauman läpipalamista sekä kappaleen käpristymistä lämmön takia (Kuva 2.). (Lukkari J., 1997, Miller Welds, 2020.)



Kuva 1. Liian nopea kuljetusnopeus. (Miller Welds, 2020)



Kuva 2. Liian hidas kuljetusnopeus. (Miller Welds, 2020)

## 2.6 Langan syöttönopeus

Langan syöttönopeus vaikuttaa saumapalon muotoon. Liian vähäinen syöttönopeus näkyy saumassa sauman koveruutena, jolloin hitsausrailo ei ole täyttynyt tarpeeksi. Liian suuri syöttönopeus aiheuttaa räiskeitä saumaan ja sitä ympäröiville alueille sekä ilman ajautumista saumaan jolloin poikkileikkauksessa on useammin havaittavissa ilmakuplia. Visuaalisesti sauma on epätasainen ja siihen koostuu muodottomia kasaumia.

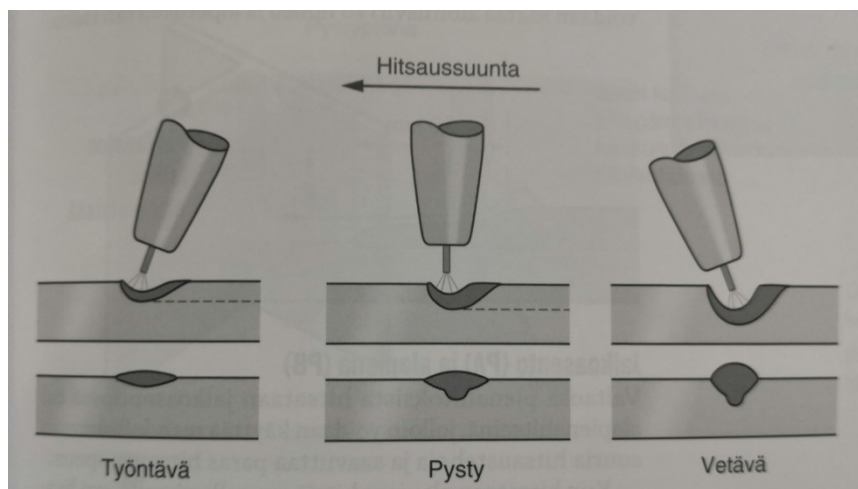
Langan syöttönopeuden optimointi tehdään yleensä ensin laskemalla ja hienosäädetään kun prosessia ajetaan ylös (Taulukko 1.). Jokaista 0,025 mm materiaalipaksuutta kohden tarvitaan yksi amperi virtaa, esim. 3 mm:n teräs vaatii 120 A virtaa. (Miller Welds, 2020) Langan syöttö ilmaistaan yksikkönä m/min.

Taulukko 1. Langansyötön nopeuden laskeminen langan paksuuden avulla. (Käännetty SI-yksiköiksi Miller Weldsin taulukosta. Miller Welds, 2021.)

Langan halkaisija (m)	Kerroin m/A	Langansyöttö m/min esim. 1,5mm teräs 60A
0,0006	0,09	$0,09 \times 60 = 5,4$
0,0008	0,05	$0,05 \times 60 = 3$
0,0009	0,04	$0,04 \times 60 = 2,4$
0,001	0,03	$0,03 \times 60 = 1,8$

## 2.7 Hitsaustekniikka

Myös erilaiset työskentelytavat hitsauksessa vaikuttavat hitsauksen laatuun. Hitsaustekniikalla on väliä, sillä tavoitteena on, että palko pysyisi tasalaatuisena läpi sauman. Hitsaussuuttimen tulisi pysyä koko sauman läpi samassa asennossa, joko työntäen, pystyssä tai vetäen (Kuva 3). Mikäli tekniikkaa joudutaan vaihtamaan kesken sauman, on riskinä, että keskelle saumaa jää ohuempi tai reilusti paksumpi kohta. (ESAB North America, 2021)



Kuva 3. Suuttimen suuntaus. (Lepola P., Ylikangas R., 2016)

## 2.8 Kappaleiden puhtaus

Monesti hitsattavien kappaleiden pinnassa on edelleen työstö-öljyä aiempien työvaiheiden jäljiltä. Tämä vaikeuttaa virran syöttymistä hitsauslangan ja kappaleen välillä aiheuttaen mahdollisesti muutoksia sauman kiderakenteessa.

## 2.9 Kappaleiden lämpötila

Kappaleiden lämpötilalla on merkitystä epätasaisen mikrorakenteen muodostumisessa sekä kondenssiveden aiheuttamissa hitsausvirheissä. Jos materiaalissa olevat erilaiset kiderakenteet ovat tarpeeksi erilaisia toisiinsa nähden, muodostuu mahdollisuus sauman pettämiselle, kun kappaleeseen kohdistuu tarpeeksi räsytystä. (Grönlund E., 1990.) Kondenssivesi puolestaan aiheuttaa huokosia hitsaussaumaan. (Lukkari J., 1997.)

### 3 TUOTTEEN VALMISTAMINEN

Tuote valmistetaan hitsausrobotin avulla useasta kappaleesta. Kappaleet ladotaan piirustuksissa määrättyllä tavalla hitsausjigiin, joka pitää kappaleet paikallaan hitsauksen ajan. Hitsausmetodina käytetään MIG/MAG hitsaustekniikoita sillä ne soveltuvat hyvin ohuiden ruostumattomien teräskappaleiden hitsaukseen.

Valmiin pakoputken koon takia tuotannossa käytössä on kaksi robottia, toinen hitsaa putken etupäätä ja toinen putken takapäätä autoon verrattavan suunnan mukaan. Kappaleiden muotojen takia tuotteeseen muodostuu sekä suoria saumoja että ns. pyörösaumoja putken ympäri. Tuotteesta riippuen pyörösaumoja voi olla yhdestä ylöspäin. Suorat saumat ova pääasiallisesti kannakkeiden saumoja. Valmiit tuotteet testataan paineistamalla saumojen tiiviyn varmistamiseksi.

## 4 LAADUNVALVONTA

Laadunvalvonta perustuu usean eri standardin alaiseen toimintaan. Kattona toimii ISO 9001:2015, jota täydentävät IATF 16949:2016 sekä Daimlerin oma standardi Mercedes-Benz tuotannon laadunvarmistukseen. Pääasiallisia testausmetodeja pakoputkille on kaksi, 3D-mittaus lasermittalaitteella sekä hie-kokeet, joilla varmistetaan saumojen standardienmukaisuus mittaamalla.

### 4.1 3D-mittaus

Kappaleen 3D-mittaus perustuu kappaleen geometrian tarkkailuun. Kappale on sidottu piirrustuksissa auton 3D-geometriaan koordinaattipisteillä, jotka on referoitu mittaohjelmassa 3D-malliin, johon todellista kappaletta verrataan. Mittalaitteella mitataan laserin avulla todellisen kappaleen mittapisteet ja mittaohjelma näyttää tulokset verrattuna 3D-kappaleeseen, jonka pohjalta tarvittaessa säädetään, että kappaleen muoto pysyy oikeana piirrustuksissa annettujen referenssien sisällä. Väärän muotoiset kappaleet ovat turvallisuusriski, sillä ne kuluttavat kannakkeita eri tavalla kuin on suunniteltu tai vaikuttaa auton korin vahvuuteen aiheuttaen merkittävän turvallisuusriskin kolaritilanteessa.

### 4.2 Hie-koe

Hie-koe suoritetaan ottamalla näyte hitsausaumasta makroetsausmenetelmällä. Pakoputkeen tässä hitsausvaiheessa tehdyt saumat merkitään kuten testausohje määrittää numerosta 1 eteenpäin niin pitkälle kuin saumoja tutkittavassa pakoputkimallissa riittää.

Merkitsemisen jälkeen putkelle suoritetaan karkealeikkaus tutkittavien saumojen erottamiseksi kokonaisesta pakoputkesta kulmahiomakoneella tai plasmaleikkurilla. Plasmaleikkurin kanssa leikatessa on erityisen tärkeää varmistaa, ettei leikkuri sulata tutkittavaa saumaa, sillä se vaikuttaa tutkimustulokseen.

Karkealeikkauksen jälkeen leikataan saumat vannesahalla puoliksi niin, että saumasta saadaan poikkileikkaus. Suorat yksittäiset saumat leikataan niin, että saadaan yksi mittattava leikkauspinta saumasta ja pyörösaumat leikataan niin, että saumasta otetaan näyte aloitus- ja keskikohdista. Tämän jälkeen poikkileikatut saumat hiotaan niin että

etsausjäljessä näkyy sauma mahdollisimman hyvin. Hiomakarkeudet ovat 400, 600, 800 ja 2000.

Kiillotuksen jälkeen leikkauspinnat upotetaan viideksi minuutiksi rauta (III) kloridiin, joka syövyttää hitsausjäljen esille. Metodi perustuu hapettumis-pelkistymisreaktioon, joka aiheuttaa hitsauspalon värjäytymisen hieman eri väriseksi kuin hitsatut komponentit.

Tähän perustuen palon poikkileikkaus voidaan mitata referenssimittan avulla mittaohjelmalla. Referenssimitta on lasinen mitta-asteikko, johon ohjelman mittaus kalibroidaan joka mitatun poikkileikkauksen yhteydessä (johtuen eri tarkennusetaisyyksistä ja valoasetuksista eri kappaleiden välillä). Tämän jälkeen poikkileikkaus voidaan mitata ja mittoja voidaan verrata standardissa asiakkaan standardissa esitettyihin vaatimuksiin.

Hyväksytyn palon vaatimuksiin kuuluu mm. mittojen hyväksyttävyys (palon korkeus ja pituus, tunkeuma, hitsatun materiaalin paksuus, pyörösaumoissa putken ja vaimentimien välinen työntymä ja a-mitta) sekä sauman huokoisuusaste (kappaleessa ei saa olla huokoisuutta). Osa mitoista varmistuslasketaan käsin (mm. a-mitta) hyväksyntää varten.

## 5 LÄHTÖTILANTEEN KARTOITUS

Esitestauksen aikana tulokset olivat suurimmaksi osaksi standardin täyttäviä, mutta pieniä ongelmia silti esiintyi. Yleisimpiä esimerkkejä näistä ongelmista olivat liian suuret raot, pyörösaumojen tunkeumat sekä kannakkeiden saumojen läpipalaminen. Kappaleiden yhteensopivuus oli myös haasteellinen tekijä aiheuttaen edellä mainittuja rakoja sekä muutamassa kappaleessa vajaata työntymää putken ja vaimentimien välillä.

### Käytetyt tuotantoparametrit

Tutkimuksen aikaan prosessissa käytetyt arvot olivat Taulukon 2 ja 3 mukaiset.

Taulukko 2. Etuvaimennin/katalysaattori

nopeus mm/s	8,5
sauman leveys, mm	6
langansyöttö m/s	5,1

Taulukko 3. Takapään vaimennin

nopeus mm/s	8
sauman leveys, mm	6
langansyöttö m/s	5,6

Taulukossa esitetyt arvot eivät ole optimaalisia prosessin laadun kannalta, jonka takia niitä on useasti säädetty saamatta juurikaan parempia tuloksia prosessikontrolleissa. Suunnitelman tarkoituksena oli luoda systemaattinen tapa arvojen testaukselle.

## 6 TEORIAPOHJAINEN TESTAUSSUUNNITELMA

Työtä varten tutkitun teorian pohjalta saumojen laadun vaihteluun liittyy useita tekijöitä, joista työn laadun vuoksi materiaalien muuttaminen on rajattu pois, sillä asiakas määrittää työhön käytetyt materiaalit.

Tutkimushetkellä saatujen tulosten vertailun avulla todennäköisimmät tekijät ovat kuitenkin langan syöttönopeus, kuljetusnopeus sekä suuttimen asento.

Kuljetusnopeutta hidastamalla mahdollistettaisiin suurempi tunkeuma saumassa hitsauksen ehtiessä lämmittämään kappaleita tarpeeksi.

Liian suuri langansyötön nopeus puolestaan aiheuttaa saumojen läpipalamista, sauman ylimääristä leveyttä sekä roiskeita sauman ympärillä. Liian matala langan syöttönopeus puolestaan näkyy saumassa sauman kapeutena sekä sauman reunojen irtoamisena materiaalista.

Hitsaussuuttimen asennon vaihtuminen aiheuttaa epätasaista hitsaantumista, sillä työntävä hitsaustekniikka lämmittää saumaa kauemmin kuin vetävä tekniikka. Lisäksi jatkuvassa saumassa kääntö näyttäytyy leveämpänä saumakohtana kääntökohdassa kuljetusnopeuden hidastuessa aavistuksen käännessä.

### Suunnitelma

Paras tapa lähteä testaamaan näin monen muuttujan vaikutusta on testaamalla yksi vaikuttava tekijä kerrallaan.

Langansyöttönopeutta voidaan verrata langan valmistajan antamiin taulukoihin, jotka ovat hyvä pohja hitsausarvojen asetukselle. Mikäli arvot eivät ole suositellussa haarukassa, voidaan aloittaa tutkimus valitsemalla haarukasta tutkittavia nopeuspisteitä ja vertailemalla niillä valmistettuja kappaleita keskenään.

Kuljetusnopeutta voidaan tutkia valitsemalla useampi nopeus, joilla halutaan hitsiä tutkia, ja valmistamalla valituilla lukemilla testikappaleet, joita verrataan toisiinsa.



Suuttimen asento nykyisessä prosessissa on haasteellisempi toteuttaa ahtaan hitsaus-tilan vuoksi. Robotti on käytännössä ääriasennossa jigiin nähden eikä jigiä voida muuttaa ilman valtavaa uudelleensuunnittelua. Aseman uudelleenjärjestely on vaihtoehtona haasteellinen hitsattavan kappaleen kokonaispituuden takia.

Mikäli yksittäisen arvon säätämällä ei voida päätellä arvon muutoksen vaikuttavuutta laadun parantamiseen, olisi seuraava askel lähteä systemaattisesti testaamaan arvojen muutosten yhteisvaikutusta varmistaen testiarvojen ja tulosten huolellinen dokumentointi.

## 7 POHDINTA

Työn puitteissa oli alun perin tarkoitus myös suorittaa varsinainen testaus, jota ei tuotannon asettamien aikarajoitusten puitteissa kuitenkaan ehditty suorittamaan. Jotta vältetään ylimääräiseltä arvojen säädöltä sekä testiarvojen vahingossa tuotantoarvoiksi päätymiseltä olisi hyvä varata testaukselle kokonaan oma aikansa. Tällöin testikappaleet tehdään kerralla huolellisesti merkittyinä ja dokumentoituina odottamaan laadunvalvonnan analyysijä, jotta tuotanto voi jatkua normaalisti. Kun tuloksista voidaan päätellä sopivat arvot prosessin parantamiseen, tulisi ne siirtää tuotanto-ohjelmaan hallitusti ja systemaattisesti. Normaalit prosessikontrollinäytteet varmistavat säädön jälkeen, että arvot pysyvät hyvinä.

Laatua parantaessa ei kuitenkaan tule unohtaa työturvallisuutta. Materiaalien ollessa ruostumatonta terästä päästömittauksille olisi hyvä suorittaa tarkastus ja tehdä tarvittavat korjaukset, mikäli korjattavaa ilmenee. (Lepola P., Ylikangas R., 2016)

Aiheena hitsaus oli myös itselle vieras, sillä metallit eivät ole olleet materiaalina koskaan sellainen, mihin olisi tullut tutustuttua tarkemmin. Tämä aiheutti omat haasteensa tiedonhaun sekä suunnittelun suhteen. Pidin kuitenkin mahdollisuudesta oppia uutta sekä päästä näkemään laatulaboratorion arkea kädestä pitäen.

Opinnäytetyön teon aikana osoittautui suurimmaksi haasteeksi SI-järjestelmän mukaisen teoreettisten laskukaavojen löytäminen, jonka johdosta varsinaisia laskuja ei testisuunnitelmassa esitetty. Alalla kuitenkin useaa lähdettä lukien on tapana lähteä vain testaamaan, miltä erilaiset arvot näyttävät valmiissa saumassa. Tämä on haasteellista kun hitsattavia komponentteja on vain rajallinen määrä ja normaali tuotanto täytyy kuitenkin saada pyörimään samalla.

## LÄHTEET

Kotimaisten kielten keskus ja Kielikone Oy 2020, Kileitoimiston sanakirja. [Online] Saatavilla osoitteesta: <https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/#/hie> [haettu 25.5.2021]

ESAB North America 2021, All state welding handbook. [Online] Saatavilla osoitteesta: [https://www.esabna.com/euweb/mig\\_handbook/592mig7\\_4.htm](https://www.esabna.com/euweb/mig_handbook/592mig7_4.htm) [Haettu 5.6.2021]

Miller Welds 2020, MIG welding: setting the correct parameters. [Online] Saatavilla osoitteesta: <https://www.millerwelds.com/resources/article-library/miggmaw-101-setting-the-correct-parameters> [Haettu 13.6.2021]

Jacob Mills 2019, Types of MIG welding techniques: Overview & Tips. [Online] Saatavilla osoitteesta: <https://medium.com/@3sketchjacob/types-of-mig-welding-techniques-overview-tips-39b4319afae6> [haettu 11.6.2021]

Gharbi Sellami 2018, Hitsauksen laadun parantaminen. [Online] Saatavilla osoitteesta: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/158917/Oppari.pdf?sequence=1> [haettu 14.6.2021]

Kauppalehti 2021, Yrityshaku Stera Technologies Oy. [Online] Saatavilla osoitteesta: <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/stera+technologies+oy/0799824-8> [haettu 14.6.2021]

Stera Technologies Oy 2021, Yritysesittely. [Online] Saatavilla osoitteesta: <https://www.stera.com/yritys/yritysesittely/> [haettu 14.6.2021]

Grönlund E. 1990, Hitsaustekniikka. 8. painos. s. 61-71.

Lukkari J. 1997, Hitsaustekniikka. Perusteet ja kaarihitsaus. 4. painos. s. 35-36, 159-174.

Lepola P., Ylikangas R. 2016, Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. 1. painos. s. (50) 81-83, 89-90