



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Pistehitsaus prosessin automatisointi

Ilkka Puska

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantotekniikka

PUSKA, ILKKA:  
Pistehitsaus prosessin automatisointi

Opinnäytetyö 28 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli uudistaa ja automatisoida vanha pistehitsaus prosessi. Työ tehtiin Purkupörssi Oy:lle Kurikkaan. Entinen työprosessi perustui vanhaan, säädöiltään ja käytettävyydeltään hankalaan pistehitsauslaitteeseen. Vanha prosessi oli ollut toiminnassa jo ainakin 20 vuotta. Työn tavoitteina oli parantaa laatua, lyhentää läpimenoaikaa ja parantaa työergonomiaa.

Työssä mietittiin prosessia myös hieman yleisen työn sujuvuuden kannalta. Haettiin myös muita läpimenoaikaan vaikuttavia asioita. Uusi menetelmä toteutettiin erästä toista työtä varten hankittua pistehitsausyksikköä hyväksi käyttäen. Projektille ei määritelty erillistä budjettia, mutta siinä pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon yrityksen omia resursseja ja materiaaleja.

Uusi työtapa saatiin tuotantoon ja se pääsi tavoitteisiinsa. Läpimenoaika lyheni huomattavasti ja laatu parani. Aiemmin puuduttava työvaihe tapahtui nyt helpommin työntekijän näkökulmasta. Hitsin sivuittaisliike jäi hieman hankalaksi. Tulevaisuudessa hitsin sivuittaisliike toteutettaneen erilailla, todennäköisesti servomoottoria käyttäen.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Production Engineering

PUSKA, ILKKA:  
Automating a Spot Welding Process

Bachelor's thesis 28 pages, appendices 0 pages  
April 2018

---

The purpose of this thesis was to renew and automate an old spot welding process. This thesis was made for Purkupörssi Oy in Kurikka. The old process was based on old, difficult to adjust and use spot welding machine. The old process had been in use for at least 20 years. The goal was to improve quality, shorten production time and improve working ergonomics.

In the thesis, the process was also examined from the perspective of how smooth the overall workflow was, so other things which affected the lead times were also considered. The new process was carried out by utilizing a welding unit which was acquired for another project. The project did not have a specified budget, but the company wished that its own resources and materials would be used as much as possible.

The new work method was imported to production and it reached the goals set for it. Production time was significantly reduced and the quality was improved. A previously strenuous work phase is now easier from a worker's point of view. Lateral movement of the welder in the new process is still somewhat uncomfortable. In the future the lateral movement of the weld will be different, and servo motors will be used most likely.

---

Key words: spot welding, production time, process

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Purkupörssi Oy .....	7
2.1	Kuvaus .....	7
2.2	Historia.....	7
2.3	Yrityksen toiminta .....	7
3	Pistehitsaaminen .....	9
3.1	Pistehitsauksen teoria.....	9
3.2	Pistehitsauskoneet .....	9
3.3	Pistehitsauksen parametrit .....	12
3.4	Muita pistehitsauksessa huomioitavia asioita .....	14
4	Vanha menetelmä .....	16
4.1	Valmistelut.....	16
4.2	Työ kierto.....	16
4.3	Haitat ja hyödyt.....	16
5	Menetelmän kehittäminen .....	18
5.1	Työn aloittaminen .....	18
5.2	Uuden pistehitsin ohjaaminen.....	19
5.3	Hitsin ensitestaaminen .....	23
5.4	Hitsausarvojen asettaminen .....	23
5.5	Automatisointi .....	24
	Pohdinta .....	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET .....	29

**ERITYISSANASTO**

Automatisointi	Tehdä jokin tehtävä automaattiseksi ja korvata ihmistyötä
Jigi	Tuotantoa helpottava apuväline esim. hitsausta avustava kiinnitin
Läpimenoaika	Aika, jonka kuluessa kappaleesta tulee valmis
Parametri	Matemaattinen arvo tai kaava, jonka arvoja muuttamalla saadaan aikaan erilaisia versioita

## 1 JOHDANTO

Työn aiheena oli pistehitsaus prosessin automatisointi. Työssä hitsattiin 0,6mm pelti 4mm lankaan. Hitsaaminen tapahtuu pistehitsaamalla. Vanha menetelmä oli hankala erityisesti laadun osalta. Nimenomaan tasaisen laadun saavuttaminen oli hankalaa nykyisellä menetelmällä. Myös tuotantoajan mahdollinen lyhentyminen on positiivista, koska yrityksellä on rajattu määrä työntekijöitä. Työ on lähtökohtaisesti toistuvaa ja näin ollen puuduttavaa.

Opinnäytetyötä varten ei ollut erillistä budjettia, mutta tarkoitus oli käyttää mahdollisimman paljon yrityksen jo olemassa olevia resursseja. Yritykseen oli esim. ostettu jo toista projektia varten pistehitsi yksikkö, jota tultiin käyttämään tässä työssä.

Työ tehtiin Purkupörssi Oy:n tiloissa Kurikassa. Työ pyrittiin saamaan valmiiksi vuoden 2017 aikana. Uuden työtavan etuja ovat laadun parantuminen, nopeampi tuotantoaika ja työn helpottuminen. Työ on miellyttävämpää tehdä kuin ennen. Hitsin käyttö kahdessa eri sovelluksessa parantaa koneen käyttötehokkuutta.

## **2 Purkupörssi Oy**

### **2.1 Kuvaus**

Purkupörssi Oy on Kurikassa Etelä-Pohjanmaalla sijaitseva konepaja/purkamo. Yrityksen päätoimiala on maatalouskoneiden varaosien myyminen, valmistaminen ja maahan tuonti. Purkupörssi on erikoistunut leikkuupuimureiden varaosiin, mutta viime vuosina mukaan on tullut myös paalainten varaosat. Leikkuupuimureihin löytyy osia merkistä ja mallista riippumatta, mutta paalaimissa on keskitytty vain Claas-merkkisten paalainten osiin. Yritys myy yli 95 % tuotteistaan itse. Yritys työllistää talvella 4 henkilöä ja kesällä on yksi tai kaksi henkilöä kiire apulaisina.

### **2.2 Historia**

Yritys on perustettu vuonna 1988 purkamoksi. Aluksi purettiin traktoreita ja jonkin verran puimureita, mutta vuosien saatossa traktorien purkutoiminta jäi ja puimureiden purkutoiminta tuli pääasialliseksi elinkeinoksi. Uusien osien valmistus ja myynti tuli mukaan myöhemmin. Nykypäivänä 75 % liikevaihdosta on uuden osan myyntiä ja loppu tulee käytettyjen osien myynnistä. Uuden osan myynnistä omaa tuotantoa on n. puolet.

### **2.3 Yrityksen toiminta**

Yritys myy lähes kaikki tuotteensa itse ja työ erittäin sesonki luontoista. Tästä johtuen vuosi on jaettu kahteen eri osaan: myyntiaikaan ja tuotantoaikaan. Myyntiaikana ei valmisteta enää osia vaan kaikki resurssit on ohjattu myyntiin. Myyntiaikana tapahtuu myös koneiden purkaminen ja niistä saatujen osien hyllyttäminen. Myyntiaika sijoittuu vuodesta riippuen aina puintien mukaan. Sen kesto saattaa vaihdella 1-4kk välillä. Lähes koko vuoden liikevaihto syntyy tänä aikana

Tuotanto on ajoitettu talvelle jolloin myynti on olematon. Yritys valmistaa monipuolisesti erilaisia osia kuten silppurin roottoreita, elevaattori koteloita, paalaimen rullia (Kuva 1) ja seuloja (Kuva 2) joista kerron lisää myöhemmin. Tässä oli vain pinta raapaisu tuotan-

nosta, yhteensä valmistettavia tuotteita on yli 800, näistä kuitenkin vain osa on tuotannossa vuosittain. Joitain vähemmän meneviä tuotteita valmistetaan varastoon vain silloin tällöin.



KUVA 1. Paalaimen rulla (Kuva: Ilkka Puska 2017)



KUVA 2. Puimurin säätöseula (Kuva: Ilkka Puska 2017)



### **3 Pistehitsaaminen**

#### **3.1 Pistehitsauksen teoria**

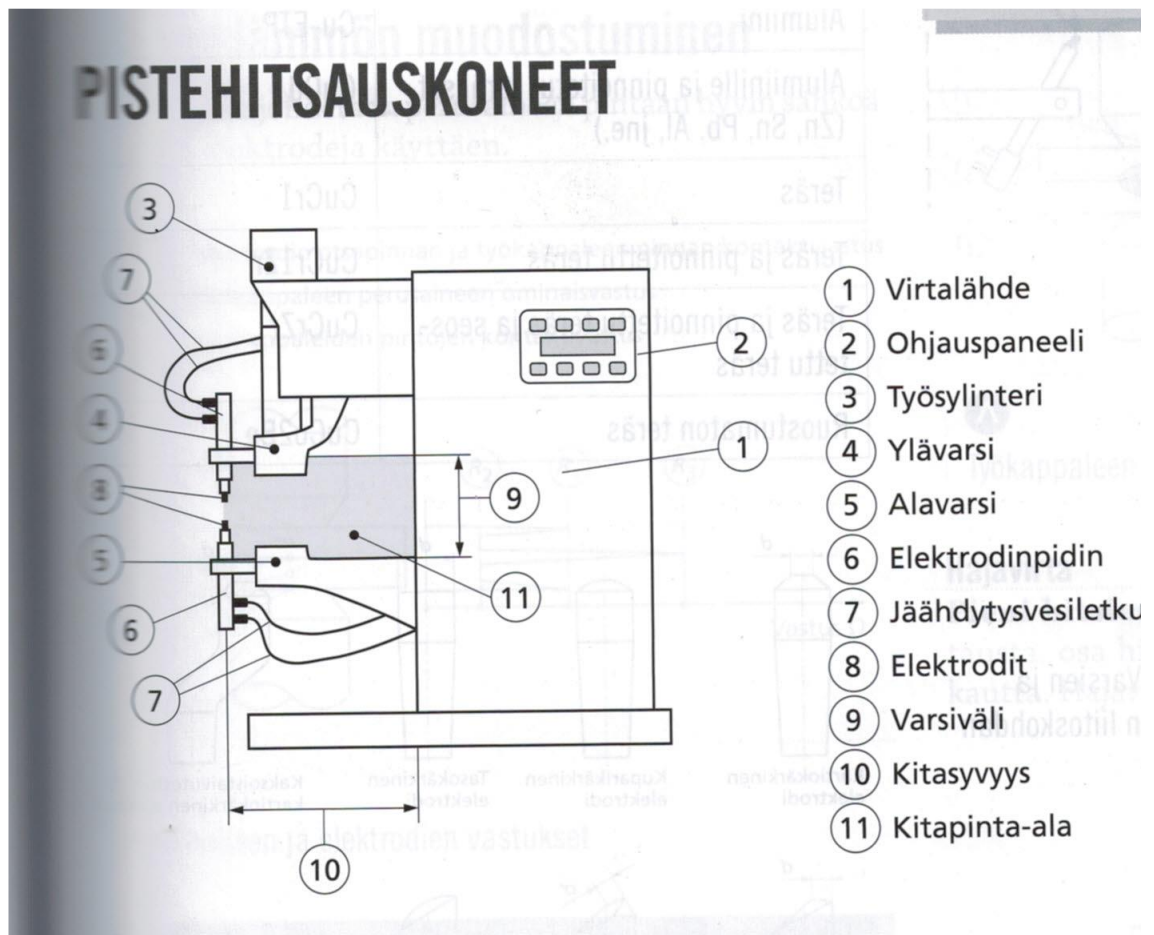
Pistehitsaaminen on eräs vastushitsauksen muoto. Tällä menetelmällä liitetään yleensä kaksi tai useampi levy toisiinsa. Pistehitsaamisessa lämmönlähteenä on energia, joka syntyy kun sähkövirta kulkee hitsauskohdan läpi. Hitsattava energia syntyy sähköllä. Pelkkä energia ei riitä hitsin syntymiseen, vaan tarvitaan myös voimaa, joka yhteen puristaa hitsattavat kappaleet toisiinsa. Muita mahdollisia vastushitsauksen muotoja on muun muassa: käsnähitsaus, kiekkohitsaus, tyssähitsaus tai leimuhitsaus. (Grönlund 1978, 111–112)

Pistehitsauksen energia tuotetaan sähköllä. Muuntajan avulla ensiövirta muutetaan pienjännitteeksi. Virranvoimakkuus on suuri, mutta jännite on pieni. Jännitteen koko on vain muutamia voltteja, mutta virranvoimakkuus on yleensä 10–100 kA. (Grönlund 1978, 112–113)

#### **3.2 Pistehitsauskoneet**

Pistehitsauskoneita on kahta erityyppistä, muuntaja- tai invertterirakenteista. Muuntajarakenteinen pistehitsi ottaa virran verkosta eikä muuta sen taajuutta eli se antaa vaihtovirtaa. Invertteri pistehitsi taas antaa tasavirtaa. Invertteri koneissa hitsausvirta voi olla hieman alhaisempi kuin muuntaja koneissa. (Lepola, Ylikangas 2016, 181) Puristava voima voidaan saada aikaan useammalla tyylillä. Vanhanaikaisissa koneissa puristava voima saadaan aikaan lihasvoimalla, kuten jalkapolkimella tai käsin puristamalla. Yleisin puristava voiman lähde on paineilma. Jo 1 mm paksuissa levyissä olisi suotavaa käyttää paineilmaa, muuten ei saada riittävän kovaa painetta levyjen pintoihin. Jotta pistehitsin kärjet eivät sula, on yleensä käytössä nestejäähdytys joka kiertää sekä ylä- että alaelektrodissa. (Grönlund 1978, 116)

Pistehitsauskoneiden pääkomponentit ovat kuvattu kuvassa 3.



KUVA 3. Pistehitsauskoneen pääkomponentit (Lepola, Ylikangas 2016, 181)

Yleisesti konepajoilla käytössä olevat pistehitsauskoneet ovat vakiokoneita, joilla tehdään monia eri töitä. Jos samanlaisia osia tehdään paljon, on käytössä myös yksilöllisesti suunniteltuja koneita. Näissä koneissa saattaa olla esim. useampi hitsauspää, jolloin tuote saadaan nopeammin hitsattua.

Pistehitsaus kone tyyppejä on useita erilaisia. Yleisin pistehitsaus kone on jalustamallin kone (kuva 4). Tämä kone tyyppi on melko rajoittunut kappaleen muodon ja koon suhteen. Yleensä hitsin varsien syvyyttä voi muuttaa ja kitasyvyyttä säätää muuttamalla ylä- ja alavarsien mitta. Varsia voi myös asettaa eri kulmiin, jos hitsauspistettä ei voi muuten saavuttaa. (Lepola, Ylikangas 2016, 181–182)



KUVA 4. Jalustamallin pistehitsauskone (Kuva: Ilkka Puska 2017)

Kuvassa 5 on pihtipistehitsauskone. Tätä laitetta on mahdollista liikuttaa kappaleen ympärillä. Usein varret ovat mahdollista vaihtaa työn mukaan. Pihti mallisilla koneilla on mahdollista hitsata esim. auton korin osia. Pulttien hitsaamiseen on kehitetty omia laitteitansa.



KUVA 5. Pihtipistehitsauskone (Kuva: Ilkka Puska 2017)

Erikoisempia pistehitsauslaitteita ovat mm. kaksoispistehitsauskoneet. Tällaisen yksikön etuja on koko, kahden pisteen hitsaaminen kerralla ja yksiköiden helppo lisääminen järjestelmään. Yksikön yksi etu on myös, ettei se vaadi alapuolella olevan kuparin olevan

yhteydessä itse hitsauslaitteeseen. Kun normaalissa pistehitsauslaitteessa virta kiertää yläkärjestä hitsattavan materiaalin läpi alakärkeen, on se kaksoispistehitsauslaitteessa toteutettu niin, että virta kiertää toisesta kärjestä toiseen. Tämän takia tällaisessa laitteessa on aina

### 3.3 Pistehitsauksen parametrit

Pistehitsauksen laatuun vaikuttaa monet eri tekijät. Näistä tärkeimmät ovat hitsausvirta, virta-aika, puristusvoima ja – aika sekä elektrodien kärkien mitat, mutta näiden lisäksi on paljon erilaisia asioita joita pitää ottaa huomioon. (Lepola, Ylikangas 2016, 185)

Hitsausvirta riippuu hitsattavan materiaalin ominaisuuksista (resistiivisyys ja lämmönjohtavuus) ja paksuudesta. Mitä pienempi lämmön johtavuus ja suurempi resistiivisyys sitä pienemmällä virralla voidaan hitsata. (Lepola, Ylikangas 2016, 185) Jos hitsattavien materiaalien paksuus on eri, määräytyy hitsausvirta ohuemman levyn mukaan (Grönlund, 1978, 114).

Puristusvoima riippuu virran tavoin ominaisuuksista ja paksuudesta. Kun hitsatessa käytetään oikeaa puristusvoimaa, tapahtuu sulaminen työkappaleiden välisillä rajapinnoilla, eikä sulamista tapahdu levyn ja elektrodin välissä. Hitsausvirran katkaisun jälkeisellä puristuksella varmistetaan että hitsi saa jähmettyä rauhassa. (Lepola, Ylikangas 2016, 185)

Kaikilla hitsauslaitteilla ei ole mahdollista säätää aikoja erikseen. Esipuristusajalla tarkoitetaan aikaa, aika ennen kuin hitsi syöttää virtaa läpi. Jos tämä ei ole riittävän pitkä, saattaa elektrodit vioittua. Liian pitkä aika taas vaikuttaa negatiivisesti läpimeno aikaan. Hitsausvirta-aika riippuu hitsattavasta materiaalista ja sen ominaisuuksista. Hitsaaminen lyhyellä ajalla ja isolla virralla on yleisesti paras tyyli, koska tällöin syntyy mahdollisimman vähän hitsauslämpöä. Hitsausvirran nousuaika tulee kysymykseen kun hitsataan pinnoitettuja levyjä kuten sinkkilevyä. Riittävällä nousuajalla saadaan aikaan sinkkilevyissä se, että levyn pinnassa oleva sinkki sulaa sivuun ennen täyden hitsausvirran kytkemistä. Hitsausvirran laskuaikaa tarvitaan kun hitsataan karkenevia perusaineita. Tämä estää karkenemisen, koska hitsi jäähtyy hitaasti. Viimeisenä aikana on jälkipuristusaika, jolla määritetään kuinka kauan elektrodit ovat kiinni hitsauksen jälkeen. Ajan tulisi olla riittävä, että hitsi kerkeää jähmettymään ennen elektrodien nousua. Liian pitkä aika taas haittaa läpimeno aikaa. (Lepola, Ylikangas 2016, 185)

Elektrodien materiaalilla ja koolla on vaikutusta hitsaukseen. Elektrodien perusmateriaali on kupari, johon on yleensä lisätty kromia ja zirkoniumia. Taulukossa 1 on kerrottu mitä materiaalia elektrodien pitää olla kullekin materiaalille.

	sinkki	nikkeli	messinki	kupari	duralumiini	alumiini	ruostumaton teräs	seostamaton teräs
<b>seostamaton teräs</b>	0	2b	4bd	0	0	0	4a	5
<b>ruostumaton teräs</b>	0	2	3d	0	0	0	5a	
<b>alumiini</b>	2a	1b	1a	0	4ad	4a		
<b>duralumiini</b>	2a	1b	1a	0	4ad			
<b>kupari</b>	0	1c	2c	3d				
<b>messinki</b>	2a	2c	4					
<b>nikkeli</b>	0	4						
<b>sinkki</b>	2c							
<p>Taulukon lukuohje:</p> <p>Numerot ilmaisevat vastushitsattavuuden: 5=erittäin hyvä, 4=hyvä, 3=tydyttävä, 2=huono, 1=ei suositeltava, 0=ei mahdollista</p> <p>Kirjaimet ilmaisevat huomioitavia erityisseikkoja: a=lyhyt tarkasti määritetty hitsausaika, b=hitsin lujuus huono, c=aiheuttaa elektrodien vioittumista, d=vaatii tasavirran</p>								

TAULUKKO 1. Aineiden hitsattavuus (Lepola, Ylikangas 2016, 185)

Elektrodien kärjen koko  $d$  riippuu hitsattavan levyn paksuudesta  $t$  seuraavan kaavan mukaan. (Lepola, Ylikangas 2016, 182)

$$d = 5 * t$$

### 3.4 Muita pistehitsauksessa huomioitavia asioita

Hitsatessa syntyy aina lämpöä. Pistehitsauksessa syntyvä lämmöntuonti  $Q$  voidaan laskea kaavalla. Lämmöntuontiin vaikuttaa hitsausvirta  $I$  (*ampeeri*), kokonaisvastus  $R$  (*ohm*) ja virta-aika  $t$  (*s*). (Lepola, Ylikangas 2016, 183)

$$Q = I^2 * R * t$$

Hajavirta aiheutuu pienestä hitsien välisestä etäisyydestä. Hajavirtaa voi estää välttämällä jäysteitä, jotka johtavat virtaa. 20–40% osuus hajavirtaa on vielä suotava. (Lepola, Ylikangas 2016, 184)

Työturvallisuus tulee huomioida pistehitsatessa. Pistehitsatessa saattaa tulla roiskeita, oman kokemukseni mukaan sitä enemmän mitä kuluneemmat kärjet ovat, jotka lähtevät kuumina suoraan elektrodien pinnasta. Roiskeet saattavat sytyttää ympäristössä olevaa materiaalia tuleen, joten varmista että työympäristö on puhdas. Samat roiskeet saattavat suuntautua hitsaajaa päin, eli hitsaajalla pitää olla asianmukaiset turvavarusteet päällä. Suojavaatetuksena tulee olla aina suojalasit ja hanskat, myös palamattomat suojavaatteet ovat hyvät. Hitsattavien levyjen reunat voivat olla terävät. Hitsauskone johtaa suuret määrät virtaa ja synnyttää magneettikentän, eli niiden varsiin ei saa olla mitään kosketuksessa. (Lepola, Ylikangas 2016, 188) Hitsatessa saattaa joillakin materiaaleilla syntyä vaarallisia kaasuja, jotka pitää ottaa huomioon (Miller Electric Mfg. Co., 2012).

Edisonin hitsaus instituutin tekemien tutkimusten mukaan pistehitsatessa syntyvät laatu ongelmat johtuvat seuraavista syistä: 40 % telineestä/hitsausjigistä, 20 % elektrodista, 20

% osan/elektrodin muodosta ja 20 % hitsausjärjestyksestä tai virtalähteestä. (Amada Miyachi America Inc, 2015)

## **4 Vanha menetelmä**

### **4.1 Valmistelut**

Työssä pistehitsataan seulan lamelli kampoja lankaan. Valmiita kampoja on monia erilaisia, riippuen seulan mallista. Yhdessä seulassa voi olla myös kahta erilaista valmista kappaa. Ennen työn aloittamista pistehitsaajan täytyy tehdä hitsattavaan lankaan koukku prässillä. Myös kammat täytyy painaa muotoonsa ennen aloittamista. Lamellit ovat 0,5mm S355 levyä ja langat 4mm s355 akselia.

### **4.2 Työ kierto**

Vanhassa menetelmässä pistehitsaus tapahtuu jalustamallin koneella. Aluksi kammat asetellaan jigiin. Kampojen päälle asetetaan lanka. Jigiä liikutellaan sivusuunnassa käsin ja pisteitä hitsataan 5-6 kpl riippuen kamman mitasta. Hitsaus tapahtuu jalkapoljinta painamalla. Tämän jälkeen kappale on valmis ja uuden hitsaaminen voidaan aloittaa.

### **4.3 Haitat ja hyödyt**

Vanhassa menetelmässä on monia huonoja asioita, mutta myös jotain hyvää. Eripituisten lankojen takia pistehitsien täytyy osua niissä eri kohtiin. Koska jigiä liikutellaan käsin, ei erimallisten osien välillä ole kuin lyhyt totuttelu aika, että pisteet osuvat oikeisiin paikkoihin.

Suurin huono puoli vanhassa menetelmässä on laadun vaihtelu. Vanhalla hitsillä hitsatessa hitsin kärjet kuluvat. Kärjet eivät ole vaihdettavissa vaan niitä pitää hioa tasaisin väliajoin, että hitsi yhdistää kunnolla. Muuten hitsistä ei tule kestäväää. Kun kärkeä on hiottu, se madaltuu. Madaltuminen kompensoidaan nostamalla kärkeä varressa. Nosto tapahtuu käsin, jolloin korko on joka kerta eri. Tästä johtaa siihen, että kammat sojottavat hieman eri suuntaan aina eri hionta kertojen välillä. Tämän takia eri hiontojen aikana tehdyt osat täytyi lajitella omiin pinoihin. Pinoissa olevat osat käytettiin aina samaan seulaan jolloin kammat eivät erottuneet niin pahasti. Hitsauskone on vanha ja sen säädöt tapahtuvat manuaalisesti. Niiden tulkitseminen on välillä haastavaa, erityisesti jos haluaa tehdä pieniä muutoksia (kuva 6). Virran säätöön on mitta-asteikko, mutta paineen säätöön ei



ole mitään mittaria. Puristus paineen säätö on siis tapahtunut tähän asti vain ns. näppituntumalla. Puristusvoiman suuruutta ei ole mitattu millään lailla, vaan valmiit hitsatut kapaleet on vain testattu ja todettu joko hyväksi tai huonoiksi. Hitsausjigin liikuttaminen käsin on puuduttavaa ja pitkäveteistä.



KUVA 6. Vanhan hitsin virran säätö (Kuva: Ilkka Puska 2017)

## 5 Menetelmän kehittäminen

### 5.1 Työn aloittaminen

Uuden työmenetelmän pohjana on uusi pistehitsauslaite, joka oli hankittu jo aiemmin erästä toista projektia varten. Uuteen pistehitsiin oli käyty tutustumassa maahantuojan kanssa eräässä yrityksessä. Kyseisessä yrityksessä hitsi oli osa pitkälle automatisoitua linjaa, josta heräsi idea soveltaa pistehitsiä myös tässä työssä. Pistehitsi on tyypiltään kaksoispistehitsauskone. Kaksoispistehitsauskoneet ovat Suomessa harvinaisia. Hitsi on Italialainen Tecna. Suomen maahantuojaja Cebotec Oy ei ollut myynyt aiemmin kuin yhden yksikön.

Pistehitsauslaitteen saavuttua, alettiin sille rakentaa runkoa. Runko tehtiin riittävän järeistä palkeita ja putkista, palkit ja muut rungon osat olivat jääneet ylitse muista projekteista. Rungon vaatimuksena oli riittävä leveys, jotta hitsillä saadaan tehtyä kaikkia mahdollisia variaatioita osista. Leveys tarkistettiin leveimmän tuotannossa olevan seulan mukaan. Rungon yläreunaan asennettiin johde, jota pitkin hitsi kulkee. Jotta hitsauslaite saatiin kiinni johteeseen, tehtiin siihen yksinkertainen adapteri. Kutsun adapteria tästä eteenpäin hitsin alustaksi. Hitsin alustaan hitsi kiinnitetään pulteilla ja täten se on helppo irrottaa ja kiinnittää. Rungon etupuolelle missä käyttäjä toimii, laitettiin taso (Kuva 7) mihin voi laittaa jigiin panostettavia osia.



KUVA 7. Hitsin panostus taso (Kuva: Ilkka Puska 2017)

Hitsiä ei käytetä kuin osa vuodesta, joten haluttiin että sitä voi liikutella. Tätä varten hitsiin rungon yläosaan laitettiin kuvan 8 mukaiset nostokoukut. Koukut on mitoitettu niin, että niistä saa nostettua trukilla koko rungon ilmaan.



KUVA 8. Hitsin rungon nostokoukut (Kuva: Ilkka Puska 2017)

## 5.2 Uuden pistehitsin ohjaaminen

Uutta pistehitsiä ohjataan Tecnan TE93 ohjausyksiköllä (Kuvassa 9). Ohjauksessa on 12 eri kohtaa joita voi muuttaa. Eri parametrien muuttaminen on helppoa, koska ohjaukseen tarvittavia näppäimiä on vain neljä. Kerron eri parametreista lisää tuonnempana. Pistehitsin ohjekirja oli vain englanniksi, joten vastuulleni jäi eri hitsaussäätöjen suomentaminen ja liittäminen osaksi alkuperäistä ohjetta. Alla olevat selitykset ovat suoraan alkuperäisiin ohjeisiin liitettävä ohje. Säädöillä muutettavat ajat voi säätää riippuen taulukon 2 arvoista. Yksi sykli tarkoittaa 50Hz järjestelmässä 20 ms ja 60Hz järjestelmässä 16,6ms. Suomessa on käytössä 50Hz järjestelmä, eli kaikki ajat säätävät sillä suhteella. Esimerkiksi jos hitsausajan arvoksi asetetaan 15, niin hitsi hitsaa

$$15 * 20ms = 300ms = 0,3s$$



KUVA 9. Tecna pistehitsin ohjauspaneeli (Kuva: Ilkka Puska 2018)

Luokka A: korkealaatuinen hitsi

Pistehitsauksen parametrien valintataulukko kylmävalssatuille niukkahiilisille teräkselle

Levy- paksuudet t/mm	Elektrodin kärki d/mm	Linssi D D/mm	Puristus- voima kN	Virta kA	Virta-aika jaksoa / s1	Pienin sallittu limitys l / mm	Pienin sallittu hitsien väli e / mm
0,5	4,8	4,3	1,3	6,1	5 / 0,10	11	10
0,8	4,8	5,3	1,8	8,0	7 / 0,14	11	15
1,0	6,3	5,8	2,2	9,1	8 / 0,16	13	20
1,5	6,3	6,9	3,6	11,6	12 / 0,24	16	25
2,0	8	8,0	4,9	13,5	17 / 0,34	17	35
2,5	8	8,6	6,5	15,0	22 / 0,44	19	40
3,0	9,5	10,4	8,0	17,3	24 / 0,48	22	50

Virta-aika on ilmoitettu jaksoina ja sekunteina. 1)Jakso = 0,02 sekuntia (s).

TAULUKKO 2. Hitsaus arvot (Lepola, Ylikangas 2016, 18)

SQUEEZE eli esipuristusaika. Tämä säätö muuttaa aikaa, joka alkaa kärkien laskeutumisesta ja päättyy hitsaamisen alkamiseen. Jos tämä säätö on liian lyhyt, alkaa hitsaaminen ennen kuin kärki on kappaleessa kiinni. Tällöin syntyvä pistehitsi on huono. Jos taas aika

on liian pitkä, vaikuttaa se työkierron aikaan. Oma kokemus osoitti, että kannattaa aloittaa säätäminen ”liian” pitkällä ajalla, jolloin hitsattavia osia tuhoutuu mahdollisimman vähän.

SLOPE eli hitsausvirran nousuaika. Tällä säädetään aikaa, jolloin laite saavuttaa annetun hitsausvirran ajan. Tämä arvo tulee automaattisesti kun muut arvot on annettu. Tätä tulee muuttaa esim. sinkki levyjä hitsatessa.

WELD TIME eli hitsausvirta-aika. Tämä on aika kuinka kauan hitsi syöttää virtaa. Jos käytetään pulssitoimintoa, näkyy tässä jokaisen yksittäisen pulssin arvo.

CURRENT eli virran säätö. Virta määritetään prosentteina 0-99 välillä. Yksi prosentti vastaa koneen yhtä prosenttia koneen maksimi hitsausvirrasta, joka on tällä hitsillä 20kA.

COLD TIME eli kylmä aika. Tässä säädetään aikaa, joka kuluu hitsaus pulssien välissä. Tätä säätöä käytetään vain pulssitoiminnossa.

IMPULSE NUMBER eli impulssien määrä. Impulssin pituus riippuu kohdan hitsausaika arvosta. Jos tämä säätö asetetaan nolalle, ei pulssitoiminto ole käytössä. Kun työsykli on käynnissä ja pulssitoiminto päällä, näkyy ohjauspaneelissa merkkivalo sen ilmoittamiseksi.

HOLD eli jälkipuristusaika säädöllä kerrotaan aika, joka kuluu hitsauksen loppumisen ja puristuksen loppumisen välillä. Jos aika on nollassa, nousevat kärjet heti hitsauksen lopputtua. Jos kärjet nousevat liian aikaisin, saattaa pistehitsi päästä irti. Lyhyt aika antaa kärkien viilentyä enemmän hitsausten välillä.

OFF TIME eli päältä pois aika on käytössä kun hitsi toimii automaatti tilassa. Tällä säädetään aikaa jonka kone odottaa hitsausten välillä. Tämä toimii vain kun säätö 12. MODE on asetettu nolalle.

WELD / NO WELD eli hitsaa/ei hitsaa kertoo päästääkö kone hitsausvirtaa läpi. Jos se on asetettu arvoon 1 kone hitsaa ja nolalla kone ei hitsaa. Tämä on hyödyllinen kun konetta testataan automaatti tilassa. Esim. kun halutaan tarkistaa että kone pysähtyy oikeaan

aikaan oikeaan pisteeseen. Kun ajetaan testiajtoa ilman hitsin toimintaa, näkyy ohjauspaneelissa valo, joka ilmoittaa koska kone hitsaisi.

SINGLE / REPEAT eli yksittäinen/toistuva. Kun tämä asetus on nollalla suorittaa ohjausyksikkö yksittäisen syklin. Jos asetus on 01, niin hitsi tekee toistuvasti syklejä. Syklejä tulee tällöin aina OFF TIME asetuksen mukaisin aika välein. Tämä moodi toimii vain silloin kun asetus MODE on asetettu nollalle. Kun toistuva asetus on päällä palaa ohjauspaneelissa valo sen merkiksi.

COMP.OFF / COMP.ON eli kompensatio poissa tai päällä. Jos arvona on 01, on käytössä toisiovirran kompensatio ja päinvastoin jos arvona on 00. Kompensaation ollessa käytössä palaa sille merkkivalo. Toisiovirran kompensatiota käytetään hapettuneiden materiaalien hitsaamisen helpottamiseksi. Hitsatessa hapettuneita materiaaleja, materiaali estää virran kulkua. Kompensatiota käytettäessä ohjaa se virtaa toisiopiirin sisällä olevan käämin avulla. Jos hitsausvirta ei ylitä 1500–2000 A, lisää kompensatio hitsausaikaa maksimiin asti, eli 99 sykliin. Jos hitsi ei pääse hitsausvirran suhteen tarpeeksi isoon arvoon, ilmoittaa se vikakoodin E4 ja hitsaaminen keskeytyy. Jos hitsissä ei ole kompensointi käämiä saattaa se ylikuumentaa hitsiä.

MODE eli tila. Tällä asetuksella määritellään, mikä tila on käytössä. TE93 ohjauksella voi linkittää toisiinsa useita samanlaisia hitsausyksiköitä. Jokaisessa linkitettyssä hitsauslaitteessa on kuitenkin oma ohjauksensa, eli ohjaus antaa signaalin seuraavalle hitsille ja taas seuraavalle jne.. Tämä tulee aina olla 00, jos hitsiä ei ole yhdistetty toiseen yksikköön! Asetuksella 01 kaikki linkitetty hitsit toimivat samassa tahdissa. Tällöin ei voida käyttää SINGLE/REPEAT kohdan toistuvaa asetusta. Asetuksella 02 hitsi toimii samanaikaisesti kuin edellinen laite. Hitsaus voidaan kuitenkin suorittaa eri aikaan. Eli hitsien kärjet menevät yhtä aikaa kiinni, mutta hitsausvirran läpimeno voi olla eri. Asetuksella 03 hitsit hitsaavat toinen toisensa perään. Tämä helpottaa sähköjärjestelmiä, koska kaikki hitsit eivät vie virtaa yhtä aikaa. Kaikki hitsit lopettavat puristamisen yhtä aikaa. 04 asetus on samanlainen kuin 03, mutta jokainen hitsi voidaan määrätä avautumaan erikseen. 05 asetus toimii vähän samaan tapaan kuin edelliset. Erona on että hitsi alkaa toimimaan vasta kun edellinen on lähdössä avautumaan. Asetuksella 06 on sama idea kuin asetuksella 05, mutta HOLD aikaa muuttamalla voidaan hitsejä laittaa toimimaan päällekkäin. Tällä voidaan esim. estää hitsattavan kappaleen liikkuminen. 07 asetus estää kaikki sen

hitsin toiminnot, eli jos jossakin työssä ei tarvitse kaikkia hitsejä voi ne poistaa käytöstä tällä asetuksella.

### 5.3 Hitsin ensitestaaminen

Kun runko oli saatu kasattua, päätettiin hitsiä testata. Hitsillä hitsattiin suoraan vanhaan jigisiin, jota ei ollut tarkoitus muuttaa. Hitsaus arvojen asettamisesta kerrotaan omassa kappaleessaan. Hitsausarvojen asetuksen jälkeen tehtiin ensimmäinen testihitsi.

Hitsi teki työ syklin oikein, mutta hitsi ei silti tarttunut yhtään. Pelti ja lanka eivät tarttuneet toisiinsa yhtään. Hitsausaikaa ja virtaa lisättiin huomattavasti, mutta tämäkään ei auttanut. Netistä löytyi keskustelua samasta ongelmasta. Foorumeilla olevat viestit kertoivat, että hitsi toimii vain jos virta kulkee ohuesta materiaalista paksumpaan. Osat vaihdettiin toisin päin ja taas testattiin. Tämän jälkeen hitsi piti.

Koska osien täytyi olla toisin päin kuin alkuperäisessä jigissä, piti jigi suunnitella uusiksi. Sovimme, ettei jigejä kuvata tarkasti, niin kerron sanallisesti suurimmat muutokset. Jigiin laitetaan aluksi lanka joka paikoitetaan siihen tehdystä koukusta. Lankan päälle asetetaan lamellipellit jotka lukitaan paikalleen jigipuristimilla.

### 5.4 Hitsausarvojen asettaminen

Hitsausarvot laitettiin hitsattavien materiaalien mukaan. Hitsauksen arvot laitetaan ohuemman materiaalin eli 0,6mm levyn mukaan. Elektrodi halkaisija menee teoria osiossa selitetyn kaavan mukaan seuraavasti:

$$d = 5 * 0,6 \text{ mm}$$

$$d = 3 \text{ mm}$$

Laskettu arvo elektrodin kärjelle on täten 3mm. Tecnan hitsiin ei kuitenkaan ole saatavilla näin pientä elektrodia, joten käytettiin pienintä mahdollista päätä joka on n. 5mm kärjen halkaisijalta

Hitsausvirta katsottiin taulukosta 2, eli n. 6,5 kA. muita arvoja samaisesta taulukosta ei voitu täysin käyttää. Pienin sallittu limitys mitta ei pitänyt tässä tapauksessa paikkaansa, koska hitsatessa levyä ja 4mm akselia on limitys mitta vain akselin paksuinen. Pienin sallittu hitsien väli menee yli riittävästi. Puristusvoima asetetaan taulukosta 1,5 kN.

Ensimmäisten hitsausten jälkeen jouduttiin kuitenkin muuttamaan arvoja. Osat eivät pysyneet riittävän hyvin kiinni. Puristusvoimaa ja virran määrää lisättiin. Lopulliset hitsausarvot olivat seuraavan laiset: hitsausaika 200ms, virta 12,5 kA. Syy ettei hitsi pitänyt alkuperäisillä arvoilla on osien muoto. Akselin ja levyn hitsaamiseen ei löydy valmiita kaavioita, joten arvoja täytyi etsiä itse.

## 5.5 Automatisointi

Automatisointi aloitettiin saamalla sivuliike aikaan. Liikkeen saamiseksi asennettiin vanha, nurkissa pyörinyt sähkömoottori kiinni runkoon. Pistehitsin alustan ja sähkömoottorin väliin asennettiin hammashihna joka saa aikaan liikkeen. Itse automatisointi päätettiin tehdä taajuusmuuntajaa hyväksi käyttäen. Toisena vaihtoehtona mietittiin logiikan ja servomoottoreiden käyttöä. Vaaka kääntyi kuitenkin taajuusmuuntajan puolelle, koska kulut olisivat olleet suuremmat logiikalla ja servoilla. Taajuusmuuntajan ohjelmointiin käytettiin Vaconin Vacon Live ohjelmaa. Ohjelma on kaikille ilmainen ja sen käyttöä osaava henkilö oli helpommin saatavilla kuin logiikan osaaja.

Pistehitsin alustaan kiinnitettiin rajakytkin, minkä avulla säädetään hitsin sivuittasliikettä. Että sivuittasliike saadaan lopetettua ja taas jatkettua, piti kytkintä saada vastamaan jotakin. Tätä varten asennettiin akseliin pultilla kiristettäviä sivuliikerajoja (Kuva 10), joiden paikkaa saa tarpeen mukaan muutettua. Hitsauspaikan vaihto on olennaista, että hitsiä voidaan käyttää useamman eri hitsausoperaation suorittamiseen. Tällä nopealla sivuliikerajojen paikoittamisella saa nopeasti vaihdettua erityyppisten osien välillä. Tällä tyylillä tehtäessä ongelmaksi muodostuu taajuusmuuntaja ohjauksen viive. Kun rajakytkin saavuttaa sivuliikerajan, menee hitsi siitä aina hiukan yli. Tämä vaikeuttaa arviota siitä, mihin kohtaan sivuliikeraja pitää kiristää. Eripituisten hitsausvälien takia hitsillä on aina eri nopeus, eli se lipuu erilailla. Sivuliike raja on riittävän matala että hitsi saa jatkettua liikettä sen yli hitsauksen jälkeen.



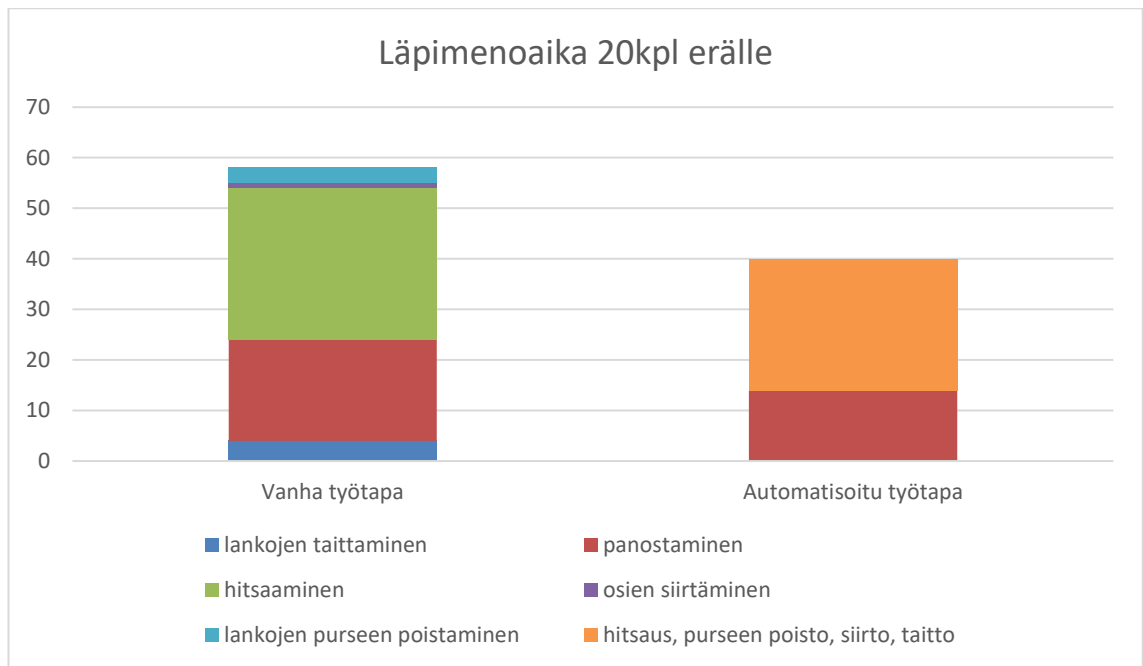
Hitsauksen toiseksi ongelmaksi syntyi elektrodien kuluminen. Hitsausprosessi elektrodi painaa pyöreää pintaa vasten. Aina kun hitsi hitsaa, sen elektrodit lämpenevät. Tämän takia elektrodin alkuperäinen, tasainen pinta muuttuu hiljalleen pyöreämmäksi. Aluksi hitsaus piti 11 kA virralla ja n. 150 hitsauksen jälkeen virtaa pitää kasvattaa arvoon 12,5 kA. Tähän ongelmaan ei löydetty ratkaisua. Hitsin pitävyyttä pitää tarkastella tällöin n.5-10 hitsauksen välein. elektrodit vaihdettiin n.300 hitsatun osan jälkeen uusiin.



KUVA 10. Sivuliike rajat (Kuva: Ilkka Puska 2017)

Hitsin rungon kumpaankin päähän laitettiin erilaiset raja kytkimet joiden ohitse hitsi ei pääse liikkumaan. Näillä rajoitettiin hitsin liikkeen päätepisteet. Työkierto menee seuraavasti: Hitsaus käyntiin katkaisimesta, hitsi lähtee toiselta päätyrajalta kohti toista, kun hitsi saavuttaa sivuliikerajan tekee se hitsauksen, tämän jälkeen hitsi ohittaa sivuliikerajan ja suuntaa seuraavaa kohti, sivuliikerajalla tapahtuu aina hitsaus ja kun hitsi saavuttaa päädyn rajakytkimen lopettaa se työsyklin. Tämän jälkeen hitsistä poistetaan hitsattu osa ja panostetaan uusiksi. Hitsiä ei tarvitse välillä ajaa takaisin toiseen reunaan vaan hitsaus-sykli voidaan aloittaa toisesta suunnasta.

Uuden ja vanhan työ tavan eron huomaa läpimenoajassa. Kaaviosta 1 näkee että uusi työtapa on lähes kolmanneksen nopeampi kuin vanha. Suurin osa ajan säästöstä tulee siitä, että kun aiemmin hitsatessa työntekijän piti olla läsnä niin nyt työntekijä saa tehtyä valmistelevia töitä samaan aikaan. Esimerkiksi aiemmin kun työntekijä on taitellut lankoja, ei hitsi ole ollut toiminnassa, nyt hitsi hitsaa kaiken aikaa. Vain kun hitsiä panostetaan tai työntekijä on tauolla, niin hitsi lepää. Itse hitsaaminen ei ole juurikaan nopeampaa kuin ennen, mutta hitsauksessa ei tule hukkaa, koska osia tuhoutuu vähemmän kuin ennen.



Kaavio 1. Läpimenoaika erälle (Ilkka Puska 2018)

## **Pohdinta**

Työn tavoitteet saavutettiin, eli työn jälki parani, työntekijän ergonomia parantui ja läpimenoaika lyheni. Laadun parantaminen oli keskeisin osa työtä ja se saavutettiin. Lämpimenoaikaa saisi lyhemmäksi muuttamalla sivuttaisliikkeen toimimaan servo/askel moottoreilla. Hitsauksen parametrien asettaminen on huomattavasti helpompaa uudella koneella, eikä hitsaajan enää tarvitse elää epävarmuudessa arvojen suhteen.

Pistehitsin takaisinmaksuaikaa on hankala laskea. Pistehitsiä käytetään moneen eri projektiin. Jos lasketaan takaisinmaksuaika niin että pistehitsiä käytetään vain tähän projektiin, saadaan takaisinmaksu ajaksi n.3-5 vuotta. Aika on pienempi, mikäli tuotantomäärät nousevat ennakkolaskelmien perusteella. Jos tuotantomäärät pysyvät samassa on aika pidempi.

**LÄHTEET**

Grönlund, E. 1978. Hitsaustekniikka. Espoo: Otapaino

Lepola, P. Ylikangas, R. 2016 Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. Helsinki: Sanoma Pro

Amada Miyachi America Inc., Fundamentals of Small Parts Resistance Welding, 2015.  
Luettu 13.11.2017

[http://www.amadamiyachi.com/servlet/servlet.FileDownload?retURL=%2Fapex%2Feducationalresources\\_fundamentals&file=0153000000Jybm](http://www.amadamiyachi.com/servlet/servlet.FileDownload?retURL=%2Fapex%2Feducationalresources_fundamentals&file=0153000000Jybm)

Miller Electric Mfg. Co., Handbook for Resistance Spot Welding, 2012. Appleton, Yhdysvallat

**LITTEET**