

Riku Koski

## HITSAUKSEN TUOTTAVUUDEN TEHOSTAMINEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2012

## HITSAUKSEN TUOTTAVUUDEN TEHOSTAMINEN

Koski, Riku  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kesäkuu 2012  
Ohjaaja: Santanen, Teemu  
Työn teettäjä: IS Works Oy, Valvoja Nummelin, Joni  
Sivumäärä: 52  
Liitteitä: 1

Asiasanat: tuottavuus, MIG/MAG –hitsaus, hitsauskustannukset

---

Opinnäytetyön aiheena oli tutustua ja tutkia yhden tuotteen hitsauksen toimintaa kohdeyrityksessä IS Works Oy:ssa ja löytää mahdollisia parannusehdotuksia hitsauksen tehostamiseen. Tutkittavan tuotteen hitsauksen kului liikaa aikaa ja kustannukset olivat suuria.

Opinnäytetyö aloitettiin ensin teoreettisella osuudella, jossa käsiteltiin hitsaukseen kuuluvat keskeiset asiat, jotka liittyvät osittain kohdeyrityksen toimintaan. Lopussa päin syvennyttiin tutkittavaan tuotteeseen, jossa käsiteltiin sen hitsausaikoja- ja kustannuksia. Hitsauksen tuottavuuden parantamiseksi käsiteltiin eri toimenpiteitä, joita voitaisiin soveltaa myös yrityksen muihin hitsattaviin tuotteisiin.

Työn tuloksena syntyi yksittäisiä toimenpiteitä, joilla hitsauksen tuottavuutta saataisiin tehostettua. Hitsauksen työkustannukset muodostivat suurimman osuuden kokonaiskustannuksista, joihin kiinnitettiin erityistä huomiota. Ehdotettavilla toimenpiteillä saataisiin hitsauksen tuottavuutta tehostettua ja nopeutettua, mikä olisi selvä hitsaustaloudellinen etu yritykselle. Kaikki ehdotetut toimenpiteet jäävät IS Works:n harkintaan.

## OPTIMIZING WELDING PRODUCTIVITY

Koski, Riku

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2012

Tutor: Santanen, Teemu

Commissioned by IS Works Oy, Supervisor Nummelin, Joni

Number of pages: 52

Appendices: 1

Keywords: productivity, MIG/MAG –welding, welding's costs

---

The purpose of this thesis was to find more productive and cost efficient practices for welding and welding related processes. This study was restricted to one product, which is a re-occurring sub-contracted product to IS Works Ltd, the corporation this thesis is tailored for.

This thesis is divided into two separate parts. Firstly the reader is introduced to the theoretical and more general approach to welding and related processes. The other part will discuss the IS Works specific issues related to their selected products and pinpointing low-investment easily implemented improvements to welding cost and time.

As a result several separately implementable actions to improve welding operations were obtained. Unquestionably the most cost binding element in the cost structure is employer expenses. This is where possible cost savings can be found. Finally the reader will be suggested with actions to achieve these cost savings.

## ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyön tekemisessä IS Works Oy:ta saamastani mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö. Haluan kiittää erityisesti työni ohjaajaa IS Works Oy:n Joni Nummelinia.

Haluan lisäksi kiittää ohjaavaa opettajaani Teemu Santasta.

Porissa 15.5.2012.

---

Riku Koski



# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn tavoite ja rakenne.....	8
1.2	IS Works Oy .....	8
2	HITSAUS .....	9
2.1	Käsite .....	9
2.2	Historia .....	9
2.3	Hitsausmenetelmät.....	10
2.3.1	Jauhekaarihitsaus.....	10
2.3.2	MIG/MAG –hitsaus.....	11
2.3.3	MAG -täytelankahitsaus.....	12
3	HITSAUKSEN KEVYTMEKANISOINTI .....	13
3.1	Hitsauksen automatisointi ja sen tasot.....	14
3.2	Kevytmekanisoinnin hyödyt.....	14
3.3	Kevytmekanisointilaitteet .....	15
3.3.1	Kiskoilla kulkevat kuljettimet .....	15
3.3.2	Pyörillä kulkevat kuljettimet eli traktorikuljettimet.....	17
3.3.3	Työkappaleeseen kiinnitettävät kuljettimet.....	18
3.3.4	Ympyrämäisten pintojen kuljettimet.....	20
3.4	Laadunvarmistus .....	21
3.5	Railonseuranta .....	21
3.6	Monitorointi .....	23
4	TUOTANTO .....	24
4.1	Hitsauspöydät.....	24
5	KUSTANNUKSET .....	25
5.1	Hitsauskustannukset.....	25
5.2	Hitsauskustannusten muodostuminen.....	27
5.3	Tuotantoajat .....	28
5.4	Avainlukuja.....	30
5.5	Kustannuksiin muita vaikuttavia tekijöitä .....	34
6	TYÖHYVINVOINTI .....	35
6.1	Työhyvinvointi yhteydessä tuottavuuteen .....	35
6.2	Työturvallisuus .....	36
7	VALMISTETTAVAN TUOTTEEN TUTKIMINEN .....	37
7.1	Hitsauksen kustannuslaskelma .....	38
7.2	Hitsauksen osa-ajat tehtävän aikana .....	41

7.3 Hitsauksen tuottavuuden tehostaminen .....	43
7.3.1 Hitsiainemäärän pienentäminen .....	44
7.3.2 Hitsiaineentuoton suurentaminen .....	45
7.3.3 Paloaikasuhteen parantaminen .....	47
8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	50
LÄHTEET .....	51
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Nykypäivänä Suomen kilpailu metalliteollisuudessa muiden maiden kanssa on kiristynyt. Osittain muissa maissa kuin Suomessa hitsaaminen tehdään edullisemmin halvan työvoiman ja alhaisten lisäainekustannusten vuoksi. Suomessa on kuitenkin tuottavuus vielä hitusen korkeammalla kuin halvan työvoiman –maissa johtuen paremmista työolosuhteista ja pätevistä henkilöstöstä.

Suomen hitsausteollisuuden heikkouksia ovat pienet valmistussarjat ja hitsauksen osittain alhainen tuotto, joka johtuu paljon käsin tehtävän hitsauksen dominoivasta osuudesta. Työaika kuluu osien hakemiseen ja käsittelyyn, hitsaustarvikkeiden huoltoon ja muihin prosesseihin. Hitsausteollisuuden automaatioaste on Suomessa vielä siis pieni. Puute tulee ilmi myös työvoimasta. Monet ammattitaitoiset ja pätevät hitsaajasukupolvet ovat jäämässä eläkkeelle ja jättävät paikkansa nuorten täytettäväksi.

Hitsauksen laatua, osaamista ja kustannustehokkuutta voidaan pitää Suomen valttikortteina. Hitsaajat ja henkilökunta ovat osaavia sekä pätevyysluokat ovat kunnossa. Suomessa koulutuksen taso ja tuotteiden valmistus ovat paremmalla tasolla kuin halpamaissa.

Metalliteollisuuden nykytilanne tuo yrityksille paineita tehdä yhä kustannustehokkaammin ja nopeammin tuotteita, jotta kansainvälisillä markkinoilla pystytään kilpailukykyisesti pärjäämään. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia yrityksen hitsauksen toimintaa ja löytää parannusehdotuksia ja menetelmiä hitsauksen tuottavuuden ja tehokkuuden parantamiseksi, mikä osoittautui hyväksi aiheeksi tämän hetkiseen metalliteollisuuden tilanteeseen.

## 1.1 Työn tavoite ja rakenne

Opinnäytetyössä keskityttiin yleisesti hitsauksen tuottavuuden tehostamiseen ja sen eri vaiheisiin. IS Works Oy:lle tehtävässä opinnäytetyössä oli kysymys hitsauksen tuottavuuden tehostamisesta. Yrityksessä hitsauksen laatu oli hyvää, mutta hitsaus ei ollut riittävän kustannustehokasta. Tehtävänä oli syventyä ensin yhden tuotteen hitsaukseen ja mahdollisesti löytää parannuksia hitsauksen kustannustehokkuuden, tuottavuuden ja nopeuden tehostamiseksi, jonka jälkeen mahdollisia parannuksia voidaan soveltaa muihin valmistettaviin tuotteisiin.

Yrityksessä käytetään vähän esimerkiksi kevytmekanoitua hitsausta, jota voidaan soveltaa mahdollisesti enemmän tuottavuuden ja nopeuden parantamiseksi. Hitsauksessa suurimmat kustannukset muodostuvat työkustannuksista, jotka seostamattomalla teräksellä hitsattaessa ovat noin 70-90 % kokonaiskustannuksista. Tavoitteisiin kuului myös tutkia hitsauksen muita kustannuksia, joita mahdollisesti saada vielä matalammiksi.

Työn rakenne on suurilta osin teoreettinen tutkielma, jossa käsitellään paljon hitsauskustannuksia sekä erilaisia toimenpiteitä miten hitsaustyön kustannuksia saataisiin matalimmiksi ja samalla tuottavuutta kasvatettua. Opinnäytetyössä käsitellään ensin keskeisiä asioita hitsauksesta ja sen jälkeen keskitytään tutkittavaan tuotteeseen.

## 1.2 IS Works Oy

IS Works Oy on Porin Uudenniityn teollisuusalueella toimiva tilauskonepaja, joka on perustettu vuonna 1999. Yritys aloitti liiketoiminnan vuonna 2000. Yritys tarjoaa palveluita pääasiassa teollisuuden tarpeisiin, joihin kuuluu muun muassa vaativat ja vaihtelevat levy-, hitsaus- ja koneistustyöt. IS Works Oy toimii yhteistyössä kotimaisten laite- ja konevalmistajien kanssa sekä valmistaa teollisuusasiakkaiden huollolle ja kunnossapidolle tarvittavia varaosia ja komponentteja. IS Works Oy tarjoaa asiakkailleen laadukkaita ja kilpailukykyisiä tuotteita. IS Works Oy:n

toimitusjohtajana toimii Ilpo Salminen. Yrityksellä on töissä noin 30 henkeä ja sen liikevaihto on vuosittain noin 3 miljoonaa euroa. /1/

## 2 HITS AUS

Kappaleissa 2.1 ja 2.2 käydään lyhyesti läpi hitsauksen käsite ja sen historia.

### 2.1 Käsite

Hitsaus käsitteenä on osien liittämistä yhteen, missä käytetään hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että hitsauksen jälkeen osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Hitsaamisessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamispiste on miltei sama kuin perusaineen sulamispiste. Juottamisessa taas käytetään liitoksen yhteen liittämiseksi metallia tai sen seosta, jonka sulamispiste on alhaisempi kuin liitettävien osien. Ero hitsaamisen ja juottamisen välillä on se, että liitettävät kappaleet juottaessa eivät sula, vaan liitosaine sulaa. Hitsauksen lämmönlähteitä on sähkövirta, liekki, kitkalämpö, lasersäde, diffuusio ja lasersäde. Eri materiaalien hitsattavuus vaihtelee eri syistä johtuen. Syyt liittyvät yleensä materiaalien hapettumiseen, ainerakenteen muutoksiin ja voimakkaaseen lämpölaajenemiseen. /2/

### 2.2 Historia

Hitsauksen juuret ulottuvat vuosituhansien päähän. Jo vanhassa Kiinassa ja Intiassa metalliosia liitettiin yhteen käyttämällä hitsauksen esimuotoa ahjohitsausta. Vanhoja kovajuotettuja kappaleita ja esineitä on löydetty yli 5000 vuotta sitten muun muassa Galileasta. Vasta 1800 -luvun loppupuolen keksinnöt loivat perustan nykyaikaiselle hitsaukselle. Vastuhitsauksesta tuli ensimmäinen hitsausprosessi, joka käytti sähköä hyväkseen. Vuonna 1885 venäläinen Bernados sai patentin keksimälleen hiilikaarihitsaukselle, jossa käytettiin hyväksi valokaarta metalliosien liittämiseen. Ruotsalainen Oskar Kjellberg kehitti päällystetyn hitsauspuikon, joka sai patentin

vuonna 1905. Valokaaresta tuli vakaampi ja aineensiirtyminen oli tasaisempi. Hitsin laadusta tuli parempi kuin päällystämättömällä puikolla. Hitsauksen käyttö alkoi levitä 1900 -luvun alussa, ja kaasulla hitsattiin ensimmäistä kertaa samoihin aikoihin. Kaasuun suhtauduttiin monilta tahoilta hyvin epäilyttävästi. Vuonna 1919 Ruotsissa laskettiin vesille ”ESAB II”, joka oli ensimmäistä kertaa kokonaan hitsattu laiva. 1930 -luvulta eteenpäin hitsausmenetelmiä alkoi syntyä. Yhdysvalloissa kehitettiin jauhekaarihitsaus, MIG/MAG–hitsaus, täytelankahitsaus ja TIG–hitsaus. Hitsausrobotit tulivat tunnetuksi 1970 -luvulla. Suomessa ensimmäinen hitsausrobotti otettiin käyttöön vuonna 1979. Nykyisistä hitsausprosesseista kehitetään jatkuvasti uudempia versioita ja sovelluksia. Hitsaustekniikkaa kehitetään ja siihen panostetaan koko ajan, mutta kokonaan uusia hitsausprosesseja ei ole keksitty vähään aikaan. /3/

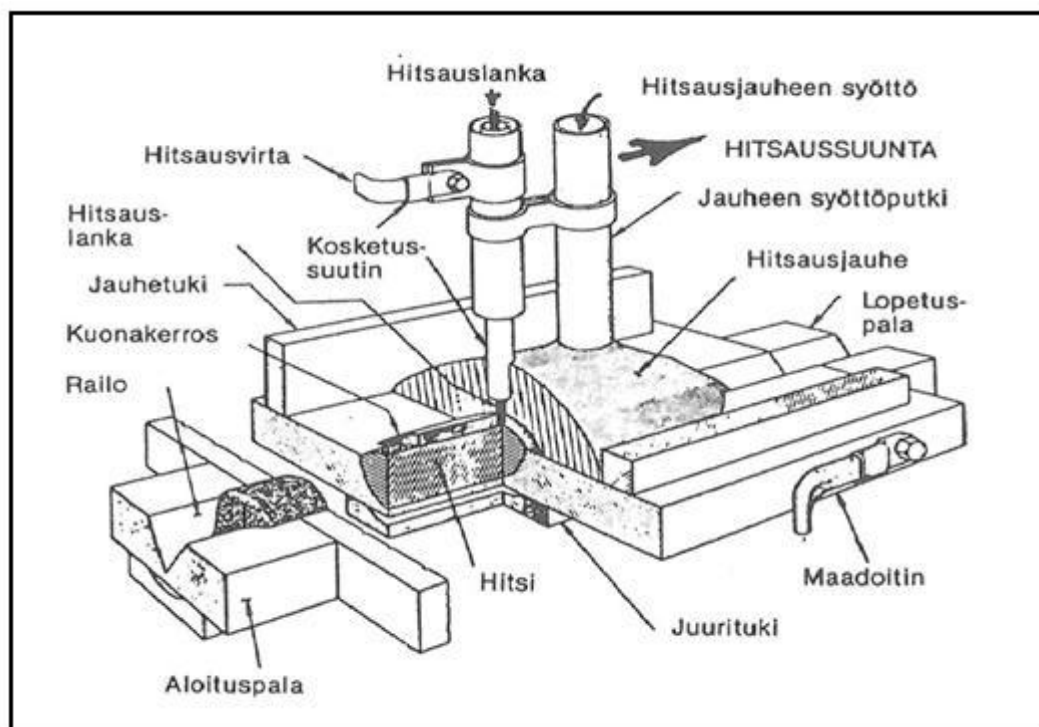
## 2.3 Hitsausmenetelmät

Tässä kappaleessa käydään läpi lyhyesti ja tiivistetysti yleisimmät hitsausmenetelmät ja niiden pääperiaatteet.

### 2.3.1 Jauhekaarihitsaus

Jauhekaarihitsaus eli SAW (Submerged Arc Welding) on kaarihitsauksen muoto. Tässä hitsausprosessissa valokaari palaa hitsauslangan ja työkappaleen välissä hitsausjauheen alla. Hitsausjauheen tehtävänä on suojata hitsaustapahtumaa ympäröivältä ilmalta. Osa hitsausjauheesta sulaa ja osa muodostaa hitsiin kuonakerroksen, joka on myöhemmin poistettavissa. Hitsauslanka on yleensä paksu, jonka halkaisija on noin 4 mm luokkaa. Jauhekaarihitsaus on ympäristön kannalta edullinen vaihtoehto, koska lämpö- ja valosäteilyä ei synny hitsausprosessissa, vaan kaikki tapahtuu jauheen alla. Hitsaus tehdään yleensä aina sisätiloissa, koska jauhekaarihitsaus on melko arka kosteudelle. Jauhekaarihitsaamisen etuina voidaan pitää suuria hitsausvirtoja, jolla saadaan kasvatettua hitsiaineentuottoa ja tunkeumaa. Suuri hitsausnopeus ja hyvä hitsin laatu tekevät jauhekaarihitsauksesta hyvän

mekanisoidun hitsausmenetelmän raskaaseen konepajateollisuuteen ja laivateollisuuteen. /3,4/

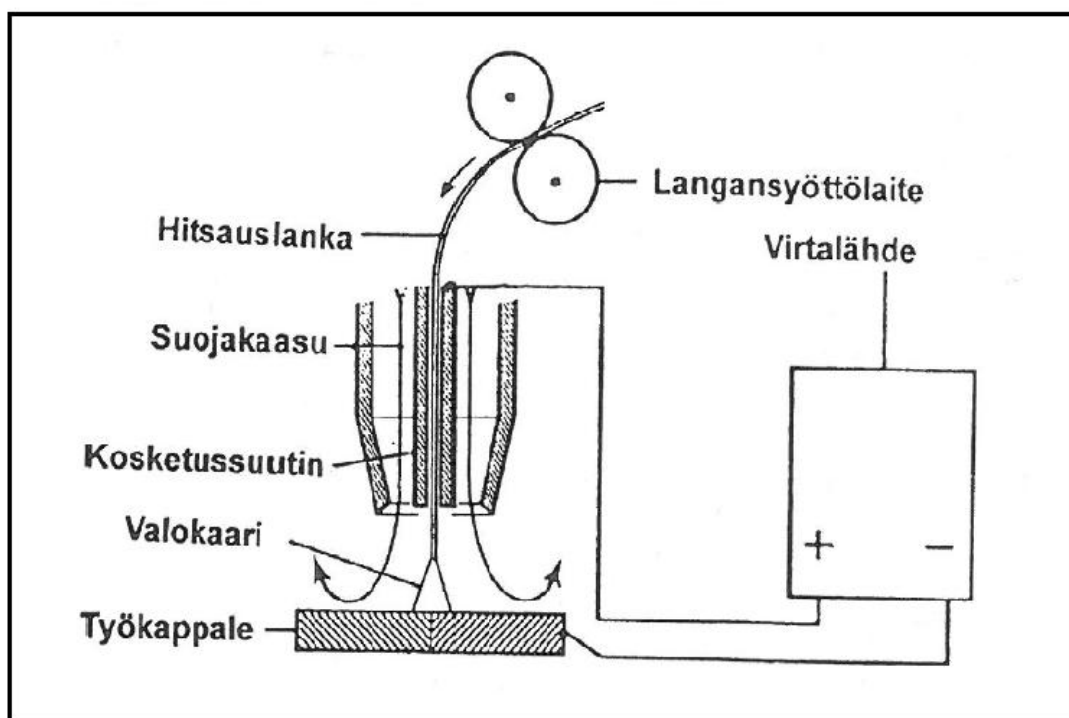


Kuva 1. Jauhekaarihitsauksen toimintaperiaate. /3/

### 2.3.2 MIG/MAG –hitsaus

MIG/MAG -hitsaus on kaasukaarihitsausmenetelmä, jossa valokaari palaa lisäainelangan ja työkappaleen välissä suojakaasun ympäröimänä. Hitsisulaan siirtyy sulaa metallia pieninä pisaroina hitsauslangan päästä. Langansyöttölaite siirtää hitsauslankaa hitsauspistooliin tasaisella nopeudella, mikä jatkaa matkaansa valokaareen. MIG -hitsauksessa (Metal Inert Gas) käytetään suojakaasuna inerttiä, reagoimatonta kaasua. Suojakaasu ei siis reagoi hitsisulan eikä sulavan elektrodin kanssa. MIG -hitsauksen suojakaasuja ovat argon ja helium. MAG -hitsauksessa (Metal Active Gas) käytetään aktiivista, reagoivaa kaasua. Aktiivisella kaasulla voidaan vaikuttaa sulan ja kaaren väliseen toimintaan sekä hitsatun tuotteen ominaisuuksiin. MAG -hitsauksen suojakaasuja ovat argonin ja hiilidioksidin ja hapen ja argonin seokset tai puhdas hiilidioksidi. Hitsauslankojen halkaisijat ovat yleisesti noin 1,0 ja 1,2 mm. Näiden hitsausmenetelmien yleisin jako on sellainen,

että terästen hitsaus on MAG -hitsausta ja ei-rautametallien hitsaus on MIG -hitsausta. MIG/MAG -hitsauksen etuja ovat jatkuva lisäaine, mekanisoinnin ja automatisoinnin helppous, ei kuonaa, hyvä tuottavuus, pystytään hitsaamaan kaikissa asennoissa ja laaja hitsausarvojen säätöalue. MIG/MAG -hitsauksesta on muodostunut yleisin hitsausmenetelmä Länsi-Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Kiinassa. Hitsausmenetelmiä käytetään lähes kaikkialla hitsaavassa teollisuudessa.  
/2,3,5/



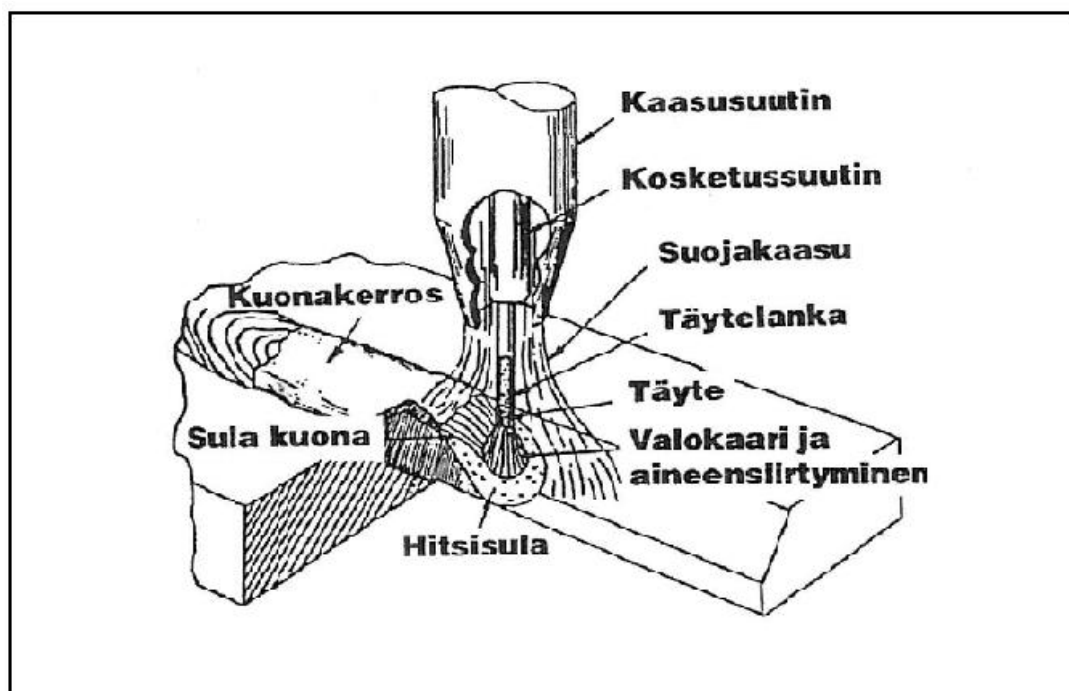
Kuva 2. MIG/MAG -hitsauksen pääperiaate. /3/

### 2.3.3 MAG -täytelankahitsaus

MAG -täytelankahitsaus muistuttaa hyvin paljon toiminnaltaan ja laitteiltaan MIG/MAG -hitsausta. Hitsausprosessista käytetään kuitenkin nimitystä MAG -täytelankahitsaus, koska hitsaaminen tapahtuu pelkästään suojakaasun kanssa. Lisäaineena toimii täytelanka. Täytelankahitsauksessa käytetään aktiivisia kaasuja kuten argonin ja hiilidioksidin muodostama seoskaasu tai puhdas hiilidioksidi. Täytelankahitsaus ilman suojauskaasua on yleensä harvinaista. Hitsauslankana toimii täytelanka, jonka sisältö on täytetty jauheella. Langanhalkaisija on yleensä noin 1,2



mm. Langat jaetaan kahteen ryhmään niiden täytteen pääkoostumuksen perusteella. Jauhetäytelangat (kuonaa muodostavat) ja metallitäytelangat (kuonaa muodostamattomat). MAG -täytelankahitsaus on nopeimmin kasvava hitsausmenetelmä monessa maassa. Sen etuihin kuuluvat hyvä tuottavuus, hyvä tunkeuma, helppo mekanisointavuus, hitsaus kaikissa asennoissa ja hitsaus aiheuttaa vähän roiskeita. Täytelankahitsausta käytetään eniten offshore- ja telakkateollisuudessa. Sen soveltuvuus on hyvä kaikenlaisille teräksille. /2,3/



Kuva 3. MAG -täytelankahitsauksen pääperiaate. /3/

### 3 HITSUKSEN KEVYTMKANISOINTI

Hitsauksen kevytmekanisoinnilla eli pienmekanisoinnilla tarkoitetaan hitsausta, joka on mekanisointua pienillä, kevyillä, edullisilla ja helppokäyttöisillä laitteilla. Laite kuljettaa hitsauspistoolia esimerkiksi MIG/MAG -hitsausmenetelmää käyttäen täyte- tai umpilankaa.

### 3.1 Hitsauksen automatisointi ja sen tasot

Hitsauksen automatisoinnin tavoite on aina tuottavuuden, laadun ja tehokkuuden parantaminen. Automatisoinnissa on erilaisia tasoja, jotka on jaettu viiteen eri tasoon:

#### 1. Käsinhitsaus

Käsinhitsaus voi olla esimerkiksi puikkohitsausta.

#### 2. Osittain mekanisoitu hitsaus

Lisäaineen syöttö on mekaaninen. Esimerkiksi MIG/MAG –hitsausta.

#### 3. Mekanisoitu hitsaus

Pääsuoritukset tapahtuvat automatisoidusti. Hitsaukseen voidaan liittää esimerkiksi hitsauskuljetin. Hitsausparametrien säätöjä voidaan tehdä hitsauksen aikana.

#### 4. Automatisoitu hitsaus

Kaikki pääsuoritukset tapahtuvat automatisoidusti. Hitsausparametreja ei tarvitse hitsauksen aikana säätää, mutta se on kuitenkin mahdollista.

#### 5. Robotisoitu hitsaus

Robotti suorittaa automatisoidun hitsauksen.

/6/

### 3.2 Kevytmekanisoinnin hyödyt

Hitsauksen kevytmekanisointi tuo monia etuja hitsaukseen ja sen kustannuksiin. Kevytmekanisoinnin hyödyt ovat esimerkiksi:

- tuottavuus kasvaa hitsauksessa
  - saadaan enemmän hitsattua tuotteita aikayksikössä ja korkeampi paloaikasuhte on mahdollinen
- parempi ja tasaisempi laatu hitsauksessa

- kevytmekanisoidussa hitsauksessa ”kylmäkäden” ansiosta kuljetusnopeus on suurempi ja laatu pysyy tasaisena
- työergonomia paranee
  - työolosuhteet, työasennot ja turvallisuus paranevat, koska hitsaaja altistuu vähemmän säteilylle ja savuille
- tehokkaampien hitsausprosessien käyttömahdollisuus
  - voidaan käyttää eri hitsausmenetelmiä
- aloitus- ja lopetuskohdat vähenevät (potentiaaliset virhekohdat)
  - voidaan ohjelmoida esimerkiksi viiveet aloitus ja lopetuskohtiin
- hitsin paksuus pysyy vakiona
  - kuljetusnopeus on tasaista

/20,6/

### 3.3 Kevytmekanisointilaitteet

Hitsauksen kevytmekanisointilaitteita löytyy markkinoilta monenlaisia. Yleisimmät laitteet ovat kiskoilla kulkevat kuljettimet, työkappaleeseen kiinnitettävät kuljettimet, ympyrämäisten pintojen kuljettimet ja pienet traktorikuljettimet. Laitteiden avulla pystytään hyödyntämään täysin täytelankojen nopeus. Mekanisoinnin kuljetinta kutsutaankin ”kylmäkädeksi”, joka pystyy kestävämpään korkeampi virtoja kuin hitsaajan käsi ja kuljettamaan sitä lisäksi nopeammin. Hitsaaja tuskin pystyy hitsaamaan koko ajan yli 500 mm/min nopeudella, kun pieni kuljetintractor hoitaa hitsauksen yli 1000 mm/min nopeudella. /6,7/

#### 3.3.1 Kiskoilla kulkevat kuljettimet

Kiskokuljetin liikkuu jäykässä kiskossa hammasrattaan ja sähkömoottorin avulla. Kiskot voivat olla jäykkiä, jos esimerkiksi hitsataan suoria levy-pintoja tai taipuisia, jos hitsataan ympyrämäisiä muotoja kuten säiliöt ja putket. Kiskot voidaan kiinnittää imukupeilla tai magneeteilla kiinni käyttökohteeseen. Kiskolla kulkevat kuljettimet ovat moduulijärjestelmän ansiosta hyvin helppo asentaa laajoihin eri

käyttökohteisiin. Laite sopii suoraviivaiseen perushitsaukseen ja jälkeempään sitä voidaan ohjelmoida ja hankkia lisämoduuleita. /7/



Kuva 4. Yhdysvaltalaisen BUG-O Systems –yrityksen tuotevalikoimaan kuuluva kiskollinen hitsauskuljetin. /8/



Kuva 5. BUG-O Systemsin kiskollinen hitsauskuljetin. Laitteessa on muun muassa automaattinen polttimen säätö sekä irrotettava ohjauspaneeli, joka toimii kaukosäätimenä. Retco Oy –yritys toimii Suomessa BUG-O Systems –laitteiden maahantuojana. /8/

### 3.3.2 Pyörillä kulkevat kuljettimet eli traktorikuljettimet

Pyörillä kulkevat kuljettimet eli traktorikuljettimet ovat kiskottomia kuljettimia, jotka liikkuvat sähkömoottorin avulla työkappaletta tai muuta rataa pitkin. Laitetta ei tarvitse pitää verkkovirrassa, sillä uusimmat traktorikuljettimet ovat akkukäyttöisiä, jolloin kuljettimen käytettävyys paranee huomattavasti. Laitteiden tehokkaan pysyvyyden varmistaa magneetti, joka sijaitsee kuljettimen pohjassa. Pyörillä kulkevat kuljettimet ovat tarkoitettu yleensä pienahitsaukseen. /7/



Kuva 6. Esab Oy:n A6 Mastertrac on nelipyörävetoinen hitsausautomaatti. Tämä hitsaustraktori soveltuu tehokkaaseen jauhekaarihitsaukseen. Hitsauslanka voi olla jopa 6 mm:n paksuista ja siinä voidaan käyttää 1500 A:n vaihto- tai tasavirtaa. /2/



Kuva 7. Hitsaustraktori suorittamassa pienahitsiä. /8/

### 3.3.3 Työkappaleeseen kiinnitettävät kuljettimet

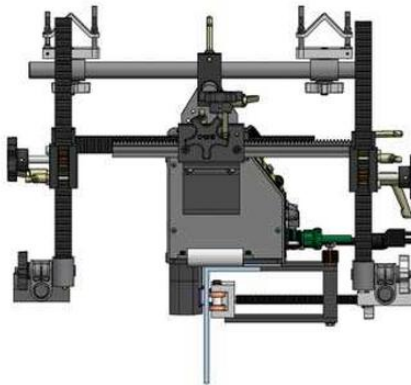
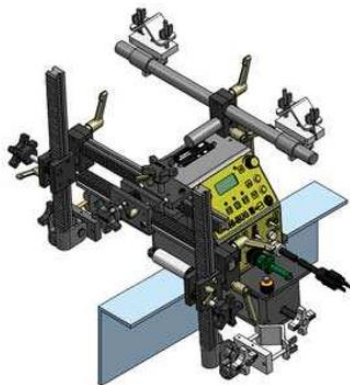
Työkappaleeseen kiinnitettävät kuljettimet nimensä mukaisesti kiinnitetään työkappaleeseen kiinni. Työkappaleen muotoja käyttämällä hyväksi voidaan kuljetin kiinnittää hyvin kiinni. /7/



## THE UNI-BUG III STITCH WELDER

### UNI-2900, 2902, 2904

The UNI-2900 UNI-BUG III Dual Torch Angle Welding Kit is supplied with the mounts for two welding torches and provides components to independently adjust either torch in the vertical and horizontal plane. The unit features programmable control for stitch or continuous welding and is designed for straight line welding of angles. The unit will mount and run on top of angles with a minimum height of 4" (102mm) and widths up to 4" (102mm). The unit will travel at speeds from 4 to 75 inches per minute (102-1905mm/min).



### Technical Data:

#### Power Requirement:

UNI-2500, 2600, 2700, 2800, 2900 110 VAC/50-60/1  
UNI-2502, 2602, 2702, 2802, 2902 240 VAC/50-60/1  
UNI-2504, 2604, 2704, 2804, 2904 42 VAC/50-60/1

**Welding Speed Range:** 4 ipm to 75 ipm  
(102 to 1905 mm/min)

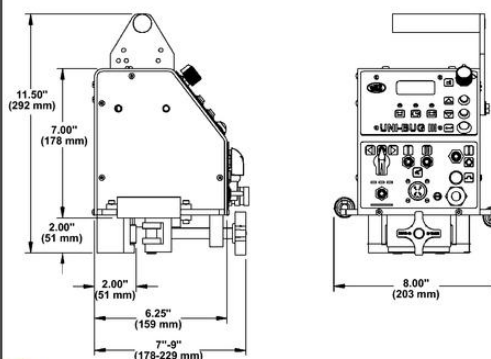
**Skip Speed:** 75 ipm (1905 mm/min)

**Minimum Stiffener Height:** 2" (50.8 mm)

**Net Weight:** 27 lb. (12.2 kg)

**Shipping Weight:** 36.5 lb. (16.6 kg)

### Dimensions:



### BUG-O SYSTEMS

Welding & Cutting Automation Since 1948.  
www.bugo.com 1-412-331-1776

A QUALITY PRODUCT FROM BUG-O SYSTEMS • 280 TECHNOLOGY DRIVE • CANONSBURG, PA 15317-9564  
A DIVISION OF WELD TOOLING CORPORATION ©Weld Tooling Corp. ΧΡΙΣΤΟΣ ROM 1:16 Litho in U.S.A. LIT-UBIII-BRO-0608

Kuva 8. Esite työkappaleeseen kiinnitettävästä kuljettimesta. /8/

### 3.3.4 Ympyrämäisten pintojen kuljettimet

Ympyrämäisten pintojen kuljettimia on markkinoilla runsaasti. Putki, säiliö ja holkkien hitsaukseen löytyy monenlaisia vaihtoehtoja riippuen työkappaleen mitoista ja muista seikoista. Kuljettimissa on usein myös leikkaus mahdollista, mikä voidaan ohjelmoida leikkaamaan ja hitsaamaan yhdellä asetuksella. Reikien leikkaus onnistuu hyvin myös kaareviin pintoihin ja leikattavalle ainevahvuudelle ei ole ylärajaa. /7/



Kuva 9. BUG-O Systems -yrityksen DC HOB-O siirrettävä reikien leikkaus-, viisteytys- ja hitsauslaite. Laite kiinnitetään magneeteilla ja se painaa ainoastaan 13,6 kg. Maksimi leikkaushalkaisija on 1200 mm. Tuotetta Suomessa maahantuo Retco Oy. /8,7/



### 3.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistusta voi tehdä hitsauksessa yleensä kolmella tavalla. Railonseuranta, prosessialueen seuranta ja hitsauksen jälkeen tehtävä hitsin pinnan tarkastaminen. Railonseurannalla pystytään välttymään mahdollisilta virheiltä ennen hitsaustapahtumaa ja monitoroinnilla pystytään tarkkailemaan hitsausprosessia. Silmämääräinen tarkastus tapahtuu aina hitsaamisen jälkeen. /11/

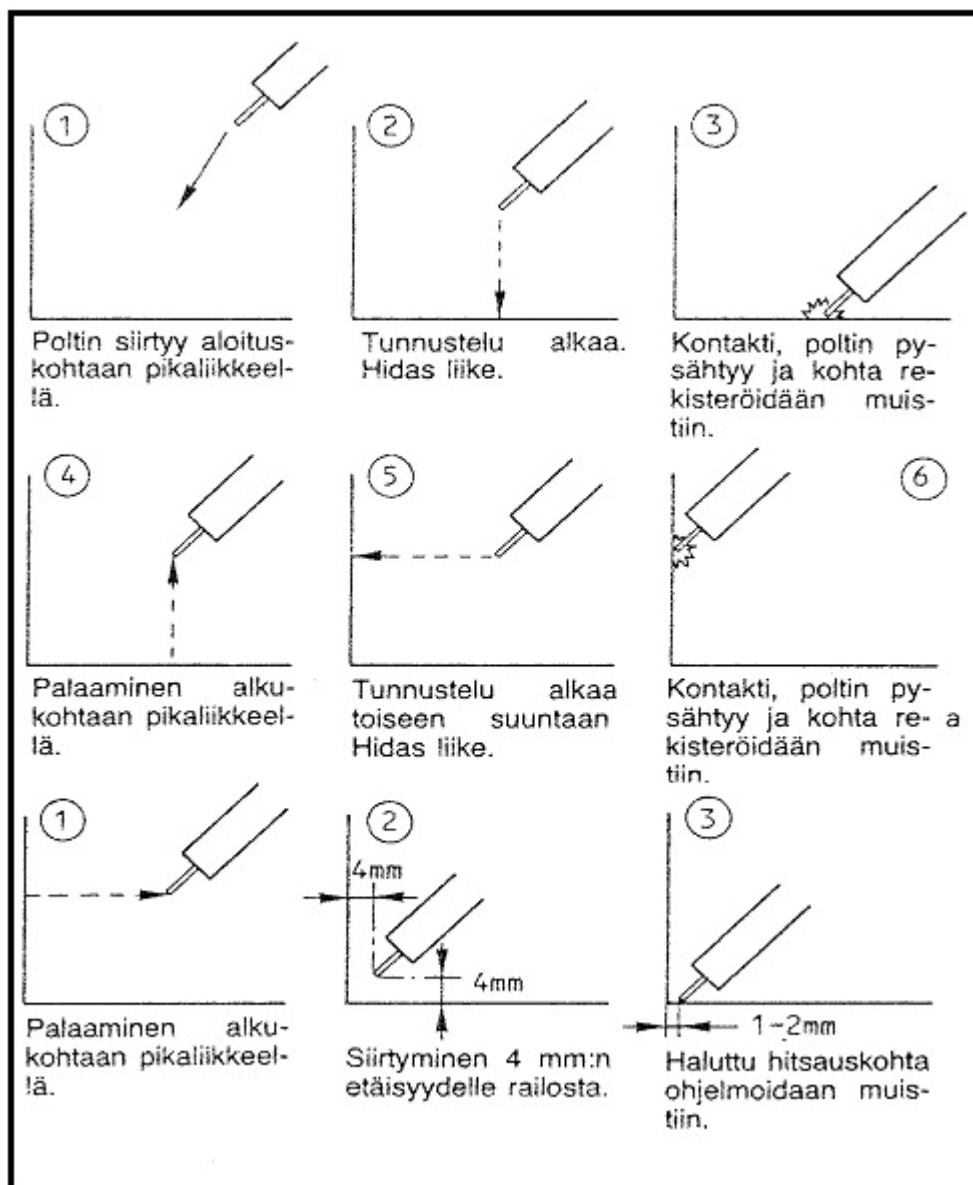
### 3.5 Railonseuranta

Parhaan hitsaustuloksen saavuttamiseksi on ensiarvoisen tärkeää saada oikeat hitsausparametrit ja oikeanlainen laadunseuranta. Laatua ja tuottavuutta voidaan parantaa railonseurannalla. Työkappaleessa välillä muodot ja dimensiot vaihtelevat, jolloin lankasuuttimeen on saatava tieto railonsijainnista railonseurannan avulla.

Merkittävämpiä poikkeuman aiheuttavia tekijöitä hitsauksessa ovat:

- railonvalmistus
- railonsovitus
- särmäys
- silloitus
- vetelyt

/11/



Kuva 10. Railon paikoitus lisäainelangan avulla, mikä kestää noin 20 sekuntia. /21/

Kevytmekanisoidussa hitsauksessa on perinteisesti manuaalisesti säädetty kuljettimen ristiluistia erityisesti suorissa levytahitsauksissa, jolloin on saatu muutettua hitsauspolttimen korkeutta sivu- ja korkeussuunnassa. Haittapuolena on se, että kappaleen muodon vaihtelut sekä mahdolliset lämpötilamuutokset tekevät toistuvat säädöt hankaliksi.

Railonhaku- ja seuranta voidaan tehdä optisen menetelmän lisäksi mekaanisella menetelmällä tai käyttämällä valokaarta hyväksi. Yleensä MAG-hitsauksen soveltuu mekaaninen tai kosketukseton induktiivinen seurantalaitte juuri näiden edullisen hankintahinnan takia. Perushitsauslaitteisiin ei ole kovin järkevää hankkia hinnaltaan

kalliita seurantalaitteita. Markkinoilta löytyy monenlaisia anturityyppejä, joista jokainen sopii eri käyttötarkoituksiin.

Nykypäivänä monet railonseurantajärjestelmät perustuvat kosketuksettomaan optiseen mittaukseen. Valmiit railonseurantajärjestelmät ja kosketuksettomaan optiseen mittaukseen perustuvat anturit ovat kuitenkin kalliita. MIG -hitsauksessa kosketukseton railonseuranta suoralla kuvauksella on vaikeaa, koska hitsausprosessissa esiintyy kipinöitä, roiskeita ja savua, mitkä haittaavat ja vaativat tehokasta kameran optista suodatusta. Jotta kipinä, savu- ja roiskehäiriöt saadaan häivytettyä, vaaditaan optisen suodatuksen lisäksi tehokkaasta kuvan suodatus- ja segmentointimenetelmää. Segmentointi tarkoittaa railon erottamista profiilista. Segmentointi voidaan tehdä derivaatan aproksimoinnilla tai line fitting menetelmällä. Profiili saadaan luettua kuvasta luotettavasti laskemalla viivan intensiteettikeskipiste. /9,6/

### 3.6 Monitorointi

Yksi tapa on seurata hitsausparametreja monitoroinnin avulla. On olemassa monitorointilaitteita, jotka tallentavat tiedon muistiin. Laitteella voidaan tehdä yksityiskohtaisia mittauksia sisäänrakennetulla oskilloskoopilla. Laitteella kerätään tietoa langansyöttönopeudesta, kaasunvirtauksesta, hitsausnopeudesta ja vaikka kaari- tai napajännitteestä. Monitoroinnilla hitsin dokumentoinnista tulee parempi sekä jälkitarkastuskustannukset alenevat. /7/



Kuva 11. Hitsauksen monitorointilaitte. /12/

## 4 TUOTANTO

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti tuotantoon liittyvän hitsauspöydän ominaisuuksia ja etuja.

### 4.1 Hitsauspöydät

Hitsauspöytiä käytetään hitsauksessa yleensä työkappaleen tai materiaalin tehokkaaseen käsittelyyn. Käsittelypöydällä saadaan työkappale haluttuun asentoon esimerkiksi nostamalla, kallistamalla tai pyörittämällä, jolloin työ voidaan sujuvasti toteuttaa.

Hitsauspöydällä on paljon hyviä etuja, joilla voidaan parantaa:

- kilpailukykyä
- tehokkuutta
- työn laatua
- työergonomiaa
- työmotivaatiota
- työntekijöiden hyvinvointia
- hitsausajan lyhennystä
- työturvallisuutta



Kuva 12. Kuvassa Besteam Oy:n valmistama Bestis 1000 –käsittelypöytä, jonka maksimi nostovoima on 1000 kg. Besteamin käsittelypöytiin kuuluu vakiovarusteina kauko-ohjain ja pyöriksen on-off / nopeudensäätöjalkapoljin. Besteam Oy on Porin Uudessaniityssä sijaitseva yritys, joka valmistaa ja myy Bestis –käsittelypöytiä ja Rollis –pyöriksrullastoja. /15/

## 5 KUSTANNUKSET

Tässä kappaleessa esitetään syitä miksi hitsauskustannuksia lasketaan ja tutkitaan.

### 5.1 Hitsauskustannukset

Yrityksen tuottavuutta hitsauksessa voidaan tarkastella monin tavoin ja yksi niistä menetelmistä on hitsauskustannusten tarkastaminen ja tutkiminen. Hitsauskustannuksista yleensä selviää, mitkä ovat suurimmat kustannukset ja mihin kannattaa paneutua.

Hitsaustaloudellisiin tutkimuksiin ja laskelmiin voi olla seuraavia syitä:

- halutaan tarjota ja myydä hitsattuja tuotteita kannattavasti
- pystytään tarkastelemaan erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja ja niiden vaikutuksia valmistuskustannuksiin
- voidaan vertailla eri valmistusmenetelmiä keskenään
- voidaan vertailla eri hitsausmenetelmiä keskenään
- voidaan selvittää tuotteen kustannusrakenne ja löytää kokonaisuuden kannalta oleelliset kustannukset
- halutaan alentaa hitsauskustannuksia löytämällä oikeat hitsausparametrit
- valmistukseen on tullut uusi tuote
- nykyinen hitsauspaikka muodostaa pullonkaulan tuotannossa ja olisi tarpeen tehdä investointeja uusiin laitteisiin

Muut kustannus- ja investointilaskelmien sekä mahdollisten uusinvestointien perustelemiseen olevat syyt voivat olla:

- pienennetään palkkakustannuksia (operaattorit, tuotannonjohto ym.)
- pienennetään asetus-, lataus- tai irrotusaikoja
- pienennetään välivarastoja
- parannetaan työn virtausta hitsauspaikassa ja/tai koko konepajassa
- vähennetään kuljetustarpeita
- vähennetään kunnossapitoa
- vähennetään keskeytyksiä tuotannossa
- jälkilaskelmien tekeminen

Hitsaustaloudellisia laskelmia toteutetaan myös yhdessä eri investointilaskelmien kanssa, jos esimerkiksi lasketaan lisäainekustannuksia ja pääomakustannuksia. Investointilaskelmia tarvitaan, jos esimerkiksi investoidaan uuteen koneeseen niin pitää tietää mitä uusinvestointi maksaa tuntia kohti. Uusinvestoinnilla voidaan saada kustannussäästöä aikaan.

/13,14/

## 5.2 Hitsauskustannusten muodostuminen

Hitsauskustannuksiin vaikuttavat monet eri tekijät ja ne voidaan jakaa seuraaviin osakustannuksiin:

- työkustannukset
  - hitsaajat
- ainekustannukset
  - suojakaasut, lisäaineet ja hitsausjauheet
- konekustannukset
  - hitsauskoneet, huolto ja kunnossapito
- energiakustannukset
  - hitsauskoneen kuluttama sähköenergia

Hitsauskustannuksiin ei yleensä huomioida muita työvaiheita ja niiden materiaaleja.

Näitä ovat:

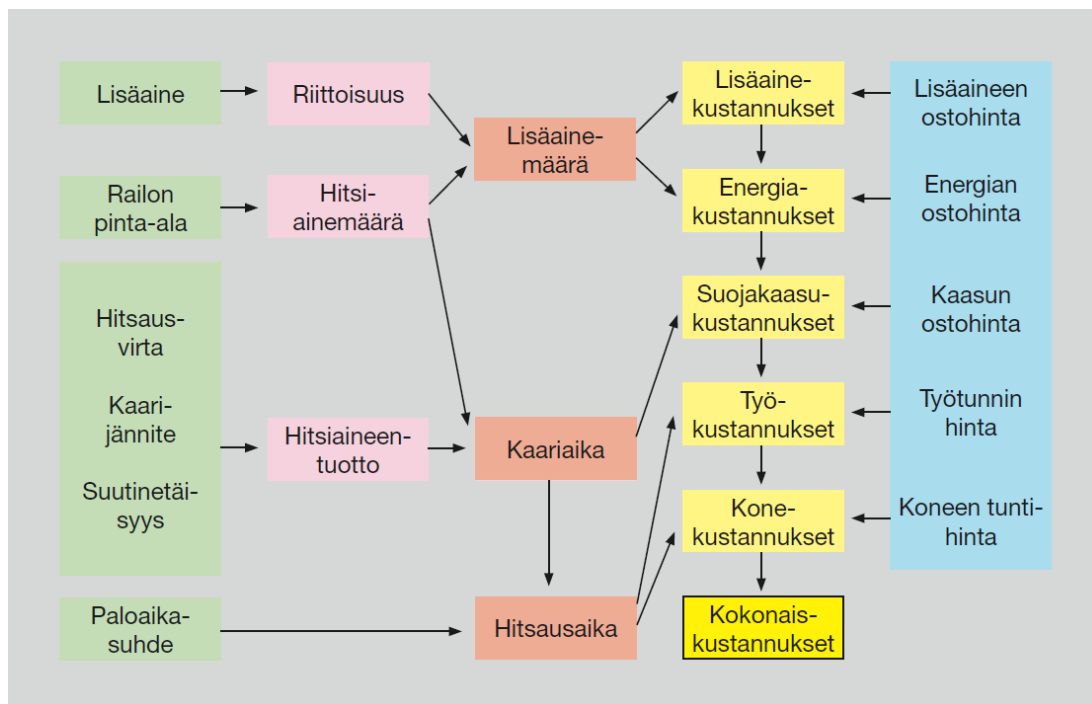
- levyjen leikkaus ja paloittelu
- raaka-aineet
- railojen valmistus
- esikuumennukset ja jälkilämpökäsittelyt
- tarkastukset ja korjaukset
- muut jälkityöt

Toki edellä mainitut muut työvaiheet ja materiaalit otetaan huomioon kokonaiskustannusten laskemisessa. Hitsauskustannuksia on hankala esittää yleispätevästi, koska ne vaihtelevat talo-, materiaali- ja tapauskohtaisesti. Lisäaineiden ja kaasujen hinnoilla on suuret erot sekä työtunnin hinnat vaihtelevat yrityskohtaisesti. Työtunnin hintaperusteena voidaan käyttää puhdasta tuntipalkkaa, sosiaalikulutuksia ja yleiskustannuksia, mutta jokaisessa yrityksessä työtunnin hinnoittelu hoidetaan omalla tavalla.

Hitsauksen työkustannukset muodostuvat hitsaajan tuottavuuden ja yrityksen työtunnin hinnan mukaan. Esimerkiksi seostamattoman teräksen hitsauksessa noin 70 - 90 % kokonaiskustannuksista. Kun halutaan saada kustannuksia alas, niin

hitsausajan lyhentäminen on yleensä ensimmäinen asia mistä halutaan lähteä liikkeelle. Mahdollisuuksia on toki lukuisia.

/13,14/



Kuva 13. Hitsauskustannuksiin vaikuttavat monet tekijät. MIG/MAG -hitsauksen yhteenveto hitsauskustannuksista. /13/

### 5.3 Tuotantoajat

Tässä kappaleessa käsitellään lyhyesti tärkeimpiä hitsaustaloudellisia käsitteitä, jotka ovat merkittävässä asemassa hitsauskustannuksia tarkasteltaessa.

**Asetusaika** ( $t_{as}$ ) on uuden työn käyntiin saamiseen kuluva aika eli joka on ennen hitsausta ja muiden hitsaustoimintojen tapahtuvaa aikaa. Asetusajalla voidaan esimerkiksi tarkoittaa kappaleenkäsittelypöydän asettamista paikoilleen tai erilaisten kiinnittimien valmistaminen. Lyhyet asetusaikat ovat selvä etu hitsaustaloudellisuuden kannalta erityisesti sarjatuotannossa, jossa asetusaika tehdään vain kerran tiettyä kohdetta kohti.

**Kaariaika** ( $t_{ka}$ ) on aika jolloin valokaari palaa. Kaariaika vaihtelee paljon riippuen hitsausprosessista, jos esimerkiksi vertaa keskenään MIG/MAG -hitsausta ja



puikkohitsausta. Muut kaariaikaan vaikuttavat asiat ovat hitsausrailo, hitsausasennot, hitsausarvot ja työkohde. Kaariaikaa usein kutsutaan myös hitsausajaksi, mutta myös hitsausajaksi kutsutaan joskus pidempää ajanjaksoa. Yrityksellä on yleensä omakohtaiset kokemukset, jotka luovat omat arvonsa eri olosuhteisiin ja tilanteisiin.

Kaariaika ( $t_{ka}$ ) voidaan laskea MIG/MAG-, puikko- ja jauhekaarhitsaukselle seuraavalla kaavalla:

$$t_{ka} = M / T$$

M = hitsiainemäärä (kg)

T = hitsiaineentuohto (kg/h)

**Kaarisivuaika** ( $t_{si}$ ) on aika, joka liittyy suoraan hitsaukseen. Kaarisivuaika voi olla esimerkiksi lisäaineen, kaasupullon ja suuttimen vaihtoon kuluvaa aikaa. Kaasusuuttimen puhdistus ja kuonanpoisto sisältyvät myös kaarisivuaikaan. Kaarisivuaikaa kutsutaan myös lisäajaksi. Lyhyt kaarisivuaika on hitsaustaloudellinen etu työkustannuksia silmällä pitäen.

**Käsittelyaika** ( $t_{kä}$ ) on aika, joka on työkappaleen käsittelyyn kuluva aika. Esimerkiksi työkappaleen kiinnittäminen käsittelypöytään ja esivalmistelut, kuten mittaus ja silloitus. Toiminnan järjestelyillä on suuri vaikutus käsittelyajan keston. Lyhyt käsittelyaika on hitsauskustannusten kannalta etu.

**Apu aika** ( $t_{ap}$ ) on aika, jota ei voida suoraan liittää hitsaustyöhön. Apuaika otetaan mukaan yleensä prosenttilisänä. Ajan pitää olla niin lyhyt kuin mahdollista, koska aikaa ei määritellä.

**Vaiheaika** ( $t_{va}$ ) on kaariajan, kaarisivuaajan, käsittelyajan ja apuajan summa.

Vaiheajan ( $t_{va}$ ) kaava on seuraavanlainen:

$$t_{va} = t_{ka} + t_{si} + t_{kä} + t_{ap} + t_{va}$$

Vaiheajan ja asetusajan summa on nimeltään tehtäväaika. Asetusaika pitää laskea yhdelle kappaleelle, jos esimerkiksi valmistetaan  $n$  kappaletta samanlaisia kappaleita.

Yhden kappaleen tehtäväaika on:

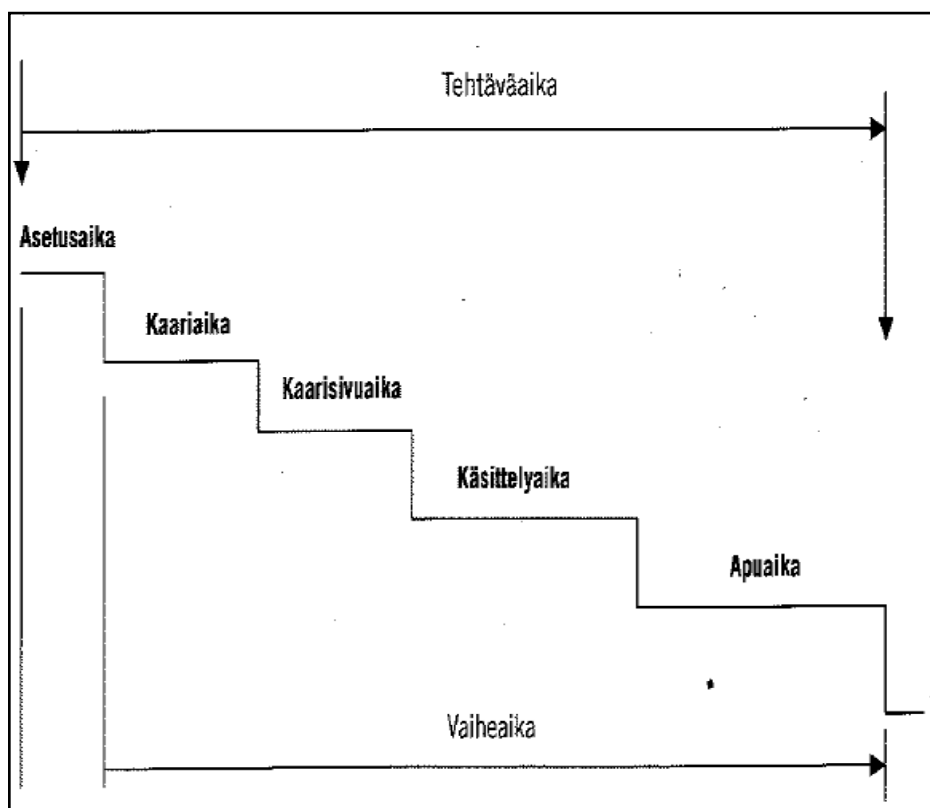
$$t_{te} = t_{as}/n + t_{va}$$

$t_{te}$  = tehtäväaika

$t_{as}$  = asetusaika

$n$  = kappalemäärä

$t_{va}$  = vaiheaika



Kuva 14. Kuvasta nähdään tärkeimmät osa-ajat, jotka sisältyvät hitsaukseen. Kuvan esitys sopii hyvin käsinhitsaukseen. /16/

#### 5.4 Avainlukuja

Seuraavat avainluvut viestittävät hyödyllistä tietoa hitsauksen kustannuksista. Hitsauskustannuksen laskelmiin kuuluvat seuraavat tekijät, jotka pitää tuntea: hitsiaineentuotto, hyötyluku ja paloikasuhde.

**Hitsiaineentuotto (T)** on aikayksikössä hitsin sulatetun (tuotetun) hitsiaineen määrä (kg/h). Tätä ei pidä sekoittaa kaariaikaan. Kaariaika tarkoittaa aikaa, joka mittaa valokaaren palamista, kun taas hitsiaineentuotto tarkoittaa lisäaineesta saatua hitsiaineen määrää. Lisäaineesta aiheutuu häviöitä, jotka käsitellään hyötyluvun osiossa.

Hitsiaineentuotto (T) voidaan laskea seuraavanlaisesti:

$$T = (T_{max} * I_{kä}) / I_{max}$$

$T_{max}$  = hitsiaineentuotto enimmäisvirralla (kg/h)

$I_{kä}$  = käytetty hitsausvirta (kg/h)

$I_{max}$  = hitsausvirta enimmäishitsiaineentuotolla (A)

Hitsausvirta riippuu myös hitsausasennosta ja palosta. MIG/MAG -hitsauksessa on huomioitava, että suutinetäisyys vaikuttaa suuresti hitsiaineentuottoon.

**Hyötyluku (N)** kertoo kuinka paljon käytettävästä lisäainemäärästä muodostaa hyödyllistä hitsiainetta. Lisäaineesta koituu häviöitä, jotka menevät hukkaan. Häviöihin voidaan lukea roiskeet, kuonat, oksidit, hitsaussavut jne. Hyötyluvun yksikkönä käytetään % tai desimaalilukua.

Hyötyluvun (N) kaava on seuraavanlainen:

$$N = (T / S) * 100$$

$$H = (100 - N)$$

N = hyötyluku (%)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

S = sulatusnopeus (kg/h)

H = häviöt (%)

N = hyötyluku (%)

**Hitsiainemäärä (M)** tarkoittaa kuinka paljon hitsausrailoon tarvitaan lisäainetta. Hitsiainemäärä voidaan laskea, jos tiedetään railomuoto.

Hitsiainemäärän (M) kaava on seuraavanlainen:

$$M = A * L * \rho$$

A = hitsin poikkipinta-ala (m<sup>2</sup>)

L = hitsin pituus (m)

$\rho$  = hitsiaineen ominaispaino

Pienahitsin poikkipinta-ala (mm<sup>2</sup>) saadaan selvitettyä seuraavalla kaavalla, kun pienahitsi on tasahitsi:

$$A = a^2$$

a = pienahitsin a-mitta (mm)

**Paloaikasuhte (e)** on kaariajan ja hitsaustyön kokonaisajan välinen suhde %:na. Paloaikasuhdetta voidaan kutsua myös kaariaikasuhde. Paloaikasuhte on todella tärkeä tekijä hitsaustaloudessa.

Paloaikasuhteen (e) kaava on seuraavanlainen:

$$e = t_{ka} / t_{va}$$

t<sub>ka</sub> = kaariaika

t<sub>va</sub> = vaiheaika

Paloaikasuhte on käsitteenä kuitenkin epämääräinen, koska lukuarvot vaihtelevat eri hitsausmenetelmissä ja ne ovat yleensä liian korkeita verrattuna todelliseen paloaikasuhteeseen. Joka yrityksessä on oma palosuhte.

Seuraavaksi paloaikasuhteen lähtöarvoja eri hitsausmenetelmillä:

- Puikkohitsaus: 10 - 30 %
- MIG/MAG -hitsaus: 10 - 30 %

- Jauhekaarihitsaus: 40 - 70 %
- Mekanisoitu ja automatisoitu hitsaus: 70 - 90 %

/16/

<b>Työkustannukset (<math>K_T</math>)</b>	<b>Hitsauslisäainekustannukset (<math>K_L</math>)</b>
$K_T = \frac{M}{T} \times \frac{1}{e} \times H_T \text{ (€/m)}$	$K_L = M \times \frac{H_L}{N} \text{ (€/m)}$
M = hitsiainemäärä (kg/m) T = hitsiaineentuotto (kg/h) e = paloaikasuhte (-) H <sub>T</sub> = työtunnin hinta (€/h)	M = hitsiainemäärä (kg/m) H <sub>L</sub> = lisäaineen ostohinta (€/kg) N = hyötyluku/riittoisuus (-)
<b>Suojakaasukustannukset (<math>K_S</math>)</b>	<b>Jauhekustannukset (<math>K_J</math>)</b>
$K_S = \frac{M}{T} \times V \times H_S \times 0,12 \text{ (€/m)}$	$K_J = M \times J \times H_J \text{ (€/m)}$
M = hitsiainemäärä (kg/m) T = hitsiaineentuotto (kg/h) V = kaasun virtaus (l/min) H <sub>S</sub> = suojakaasun ostohinta (€/m <sup>3</sup> )	M = hitsiainemäärä (kg/m) J = jauheen kulutus (kg/hitsiainekilo) H <sub>J</sub> = jauheen ostohinta (€/kg)
<b>tai</b>	<b>Energiakustannukset (<math>K_E</math>)</b>
$K_S = M \times S \times H_S \text{ (€/m)}$	$K_E = M \times E \times H_E \text{ (€/m)}$
M = hitsiainemäärä (kg/m) S = kaasun kulutus (m <sup>3</sup> /hitsiainekilo) H <sub>S</sub> = suojakaasun ostohinta (€/m <sup>3</sup> )	M = hitsiainemäärä (kg/m) E = energian kulutus (kWh/hitsiainekilo) H <sub>E</sub> = energian hinta (€/kWh)
<b>Konekustannukset (<math>K_K</math>)</b>	<b>Koneen tuntihinta (<math>H_{KT}</math>)</b>
$K_K = \frac{M}{T} \times \frac{1}{e} \times H_{KT} \text{ (€/m)}$	$H_{KT} = (H_H \times (\frac{1}{T_p} + \frac{p}{2 \times 100}) + Y) \times \frac{1}{T_K} \text{ (€/m)}$
M = hitsiainemäärä (kg/m) T = hitsiaineentuotto (kg/h) e = paloaikasuhte (-) H <sub>KT</sub> = koneen tuntihinta (€/h)	H <sub>H</sub> = koneen ostohinta (€) T <sub>p</sub> = koneen poistoaika (v) p = pääoman korkoprosentti (%) Y = vuosittaiset kunnossapitokustannukset (€) T <sub>K</sub> = koneen vuosittainen käyttöaika (h)

Kuva 15. Hitsauskustannusten laskentakaavoja (€/metri). /13/

## 5.5 Kustannuksiin muita vaikuttavia tekijöitä

Yleisesti ottaen suuri tekijä yritysten menestymisessä metalliteollisuudessa on nykyinen hintakilpailutilanne yritysten kesken. Hintataso on pysynyt ennallaan, mutta kustannukset sen sijaan kasvavat, minkä takia ne pitäisi saada leikattua pienemmiksi. Alihankkijoita käytetään yhä enemmän, jolloin valmistus jaetaan eri osiin. Alihankkijoiden täytyy osata tehokas valmistaminen ja tuottaminen, jotta markkinoilla pysyy kilpailussa mukana. Suurimmat haasteet ovat nopeat toimitusajat ja hintakilpailu. Kilpailu asiakkaista on kovaa ja lisääntyneet energiavaatimukset tuovat omat haasteensa.

Tuotantoa on yhä enemmän siirretty ulkomaille edullisemmän hintatason vuoksi, joten nykyään Suomessa metalliteollisuuden tuonti on suurempaa kuin vienti. Kotimaisilla yrityksillä on kova hintakilpailu valmistamisesta, mihin ei nykyään valitettavan usein pystytä vastaamaan. Ulkomailta tulevat tuotteet eivät välttämättä vastaa laadultaan samanlaista kuin suomalaisten tekemät tuotteet, joten korkealaatuinen laatuosaaminen on suomalaisten valttikortti. Monet hitsaajasukupolvet ovat jäämässä eläkkeelle, joten uusien nuorten kouluttaminen on ensiarvoisen tärkeää. Nuorten koulutusmäärät ovat kuitenkin vähentyneet viime vuosina, mikä tuo tulevaisuudessa ongelmia metalliteollisuudelle, koska hitsaajista ja muista metalliteollisuuden henkilöstöstä on jo pulaa. Metalliala nähdään ehkä likaisena, yksinkertaisena ja raskaana työnä, mikä voi olla osasy syy metallialan suosion alenemiseen.

## 6 TYÖHYVINVOINTI

Tässä kappaleessa esitetään työhyvinvoinnin vaikutuksia tuottavuuteen.

### 6.1 Työhyvinvointi yhteydessä tuottavuuteen

Metalliteollisuudessa sattuu vuosittain paljon työtaturmia johtuen työturvallisuuden puutteellisuudesta. Työtaturmista ja muista sairauksista seuraa sairauspoissaoloja, jotka vaikuttavat merkittävästi yrityksen kustannuksiin ja tuottavuuden heikentymiseen. On hyvä tarkastella hitsauksen tuottavuutta myös eri näkökulmista eikä pelkästään tuijottamalla numeroihin ja aikoihin.

Työterveyslaitos on tehnyt vuosia seurantatutkimusta työhyvinvoinnista, jossa mitattiin yritysten menestymistä siten, että tuottavuutta määriteltiin liikevaihtona yhtä työntekijää kohden. Työpaikan arvoa ja sen käyttökatetta käytettiin myös arvioimaan työhyvinvointia. Tilastojen mukaan selkeimmäksi tekijäksi tuottavuuden kasvun kannalta tuli työntekijän omien arvioiden mukaan henkiset voimavarat sekä työkyvyn jatkuminen työvuosien karttuessa. Hyvinvoinnin panostamiseen ja tukemiseen olisi hyvä paneutua metallialan yritysten sisällä.

Tutkimuksessa henkilöstön omistautuvuudella, sitoutumisella, esimiehen kannustuksella ja oikeudenmukaisuudella oli merkitystä yrityksen menestymiseen. Yrityksiä tutkittiin ja mitattiin myös käyttökateprosentilla, jolla yrityksen menestyminen oli pysynyt melko samana. Metalliteollisuudessa ja erityisesti hitsauksessa työtehtävien puutteellinen vaihtelu sekä pieni epävarmuus työssä ennakoivat suurempaa käyttökateprosenttia. Yrityksissä työn psyykkiset vaatimukset ja henkilöstön voimavarojen auttaminen olivat myönteisessä suhteessa käyttökateprosenttiin.

Tutkimusten mukaan suomalaisessa metalliteollisuudessa uusien työntekijöiden palkkaaminen yritykseen vaikuttavaa positiivisesti tuottavuuteen, kun taas poislähtevien työntekijöiden vaikutus on negatiivinen. Työolosuhteilla on vaikutusta palkkatasoon sekä työntyytyväisyyteen. Huonot ja epämiellyttävät työolosuhteet

vaikuttavat työntekijöiden yleiseen mielialaan ja käsitykseen palkkauksen oikeudenmukaisuudesta. Työpaikkainnovaatiot eli työpaikan ja työntekijöiden joustavuutta ja vapautta edistävät uudistukset ovat tutkimusten mukaan sidoksissa yrityksen hyvään taloudelliseen menestykseen.

Opinnäytetyön kohdeyrityksen IS Worksin näkökulmasta erityisesti hitsauksen työhyvinvoinnin ja henkilöstön työkyvyn parantaminen on kannattavuuskysymys. Jos työntekijän hyvinvointiin panostus yrityksen mielestä ei näy positiivisesti yrityksen tuloksessa niin panostus hyvinvointiin voi jäädä vähäiseksi tai pois kokonaan. Yrityksessä on panostettu hitsauksen tuottavuuteen kappaleenkäsittelypöytien sekä hitsauslankatynnyreiden avulla. Yleiset työolosuhteet ja siisteys ovat hyvällä mallilla. Näin ollaan parannettu työturvallisuutta, ergonomiaa sekä työhyvinvointia. Hitsaajien sairauspoissaolot ovat olleet hyvin vähäisiä, joten työturvallisuutta voidaan pitää onnistuneena. Haasteeksi jää henkilöstön henkisen hyvinvoinnin tarkkailu, kilpailukykyisen palkkatason ylläpitäminen ja mahdolliset muutokset.

/17,23/

## 6.2 Työturvallisuus

Työtapaturmien ja sairauspoissaolojen vähentämiseksi työturvallisuuden merkitys kasvaa. Työturvallisuuden parantaminen tuo monenlaisia etuja yritykselle: tuottavuutta saadaan parannettua ja samalla yleistä henkilöstön hyvinvointia.

Onnistuneen työturvallisuuden etuina pidetään:

- työperäisten sairauksien vähentymistä
- työtapaturmat vähenevät
- saadaan pidettyä paremmin työntekijät yrityksessä
- yrityksen maineelle positiivinen vaikutus
- maineen kasvaessa rekrytointi helpottuu
- laatu ja tuottavuus parantuvat
- vakuutusmaksut pienemmät



Epäonnistuneen työturvallisuuden haittoina pidetään:

- tuottavuuden pienentymisenä
- keskeytykset tuotannossa
- vahingonkorvaukset
- enemmän sairauspoissaoloja
- vakuutusmaksut korkeammat
- yrityksen maine huononee
- työntekijöiden hyvinvointi ja motivaatio laskevat

/18/

## 7 VALMISTETTAVAN TUOTTEEN TUTKIMINEN

Tässä kappaleessa tutustutaan IS Works Oy:n yhden hitsattavan tuotteen hitsaukseen ja sen hitsauksen kustannusrakenteeseen.

Tuote on alihankintatyö ja sitä valmistetaan piensarjatuotantona. Tuotteen valmistuksessa hitsausta halutaan tehostaa. Hitsauksen laadussa ei ole ongelmia, mutta hitsaukseen kuluu liikaa aikaa ja kustannukset ovat liian suuret. Tehtävänä on tutkia tätä tuotetta ja yrittää löytää mahdolliset ideat ja toimenpiteet, millä hitsausta saataisiin tehostettua.



Kuva 16. CAD –piirustus tuotteesta.

### 7.1 Hitsauksen kustannuslaskelma

Tässä kappaleessa esitetään hitsattavalle tuotteelle lähtöarvot, joita käytetään hitsauksessa. Tässä tapauksessa hitsauksessa käytetään pienahitsausta.

Huom. Käytettävät arvot eivät ole sidoksissa IS Works:n omiin arvoihin.

Oletut lähtöarvot ovat seuraavat:

- hitsi: 6 mm:n alapiena (PB)
- hitsausmenetelmä: MAG –täytelankahitsaus Elga DWA 50 (1,2 mm)
- hitsiainemäärä: 0,28 kg/m
- langansyöttö: 6,5 m/min
- hitsausvirta: n. 200 A
- kaarijännite: 24 V
- hitsiaineentuotto: 3 kg/h
- hitsausnopeus: 30 cm/min
- paloaikasuhte: 20 %

- työtunnin hinta: 43€/h
- lisäaineen ostohinta: 3€/kg
- riittoisuus: 95 %
- suojakaasu: 75Ar/25CO<sub>2</sub> –seoskaasu
- kaasunvirtaus: 16 l/min
- kaasun ostohinta: 2€/m<sup>3</sup>
- kaasun kulutus: 0,4 m<sup>3</sup>/lankakilo
- energian kulutus 3 kWh/kg
- energian hinta: 0,057 €/kWh
- hitsauskoneen hankintahinta: 5000€
- koneiden kuoletus: 5 v ja 10 %
- koneiden kunnossapito: 200 €/v

Seuraavaksi lasketaan pienahitsin kustannukset käyttämällä kuvan 15 laskentakaavoja.

### **Työkustannukset (K<sub>T</sub>)**

$$K_T = M / T * 1 / e * H_T \text{ (€/m)}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

e = paloaikasuhte

H<sub>T</sub> = työtunnin hinta (€/h)

Työkustannuksiksi saatiin työkustannuksen laskentakaavalla 20,1 €/m.

### **Hitsauslisäainekustannukset (K<sub>L</sub>)**

$$K_L = M * H_L / N \text{ (€/m)}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

H<sub>L</sub> = lisäaineen ostohinta (€/kg)

N = riittoisuus

Lisäainekustannuksiksi saatiin laskukaavalla 0,80 €/m.

### **Suojakaasukustannukset ( $K_S$ )**

$$K_S = M / T * V * H_S * 0,12 \text{ (€/m)}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

V = kaasun virtaus (l/min)

$H_S$  = suojakaasun ostohinta (€/m<sup>3</sup>)

Suojakaasukustannuksiksi saatiin laskukaavalla 0,36 €/m.

### **Konekustannukset ( $K_T$ )**

$$K_K = M / T * 1 / e * H_{KT} \text{ (€/m)}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

e = paloaikasuhte

$H_{KT}$  = koneen tuntihinta (€/h)

Konekustannuksiksi saatiin laskentakaavalla 0,7 €/m.

### **Energiakustannukset ( $K_E$ )**

$$K_E = M * E * H_E \text{ (€/m)}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

E = energian kulutus (kWh/hitsiainekilo)

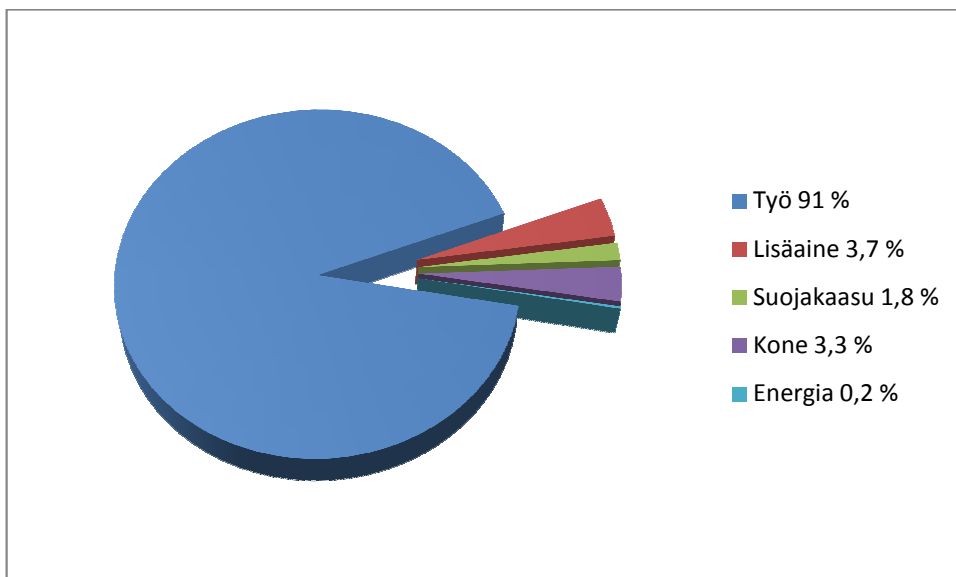
$H_E$  = energian hinta (€/kWh)

Energiakustannuksiksi saatiin laskukaavalla 0,048 €/m.

Pienahitsinkustannukset yhteensä:

- työ: 20,1 €/m
- lisäaine: 0,80 €/m
- suojakaasu: 0,36 €/m
- kone: 0,7 €/m
- energia: 0,048 €/m

Pienahitsin kustannuksiksi saatiin yhteensä: 22,008 €/m



Kuva 17. Pienahitsin kustannukset tuotteen MAG -täytelankahitsauksessa. Kuten huomaa, että työ muodostaa ylivoimaisesti suurimman osuuden muihin osuuksiin verrattuna.

## 7.2 Hitsauksen osa-ajat tehtävän aikana

Seuraavia käsitteitä ei enää selvennetä, koska ne ovat selitetty kappaleessa 5.3.

Hitsattavan tuotteen tehtäväaika eli asetusajan ja vaiheajan summa, mikä käsittää uuden tuotteen saattamiseen ja hitsaamiseen ja muihin aikoihin kuluva ajan.

Tuotteen tehtäväaika koostuu seuraavista ajoista:

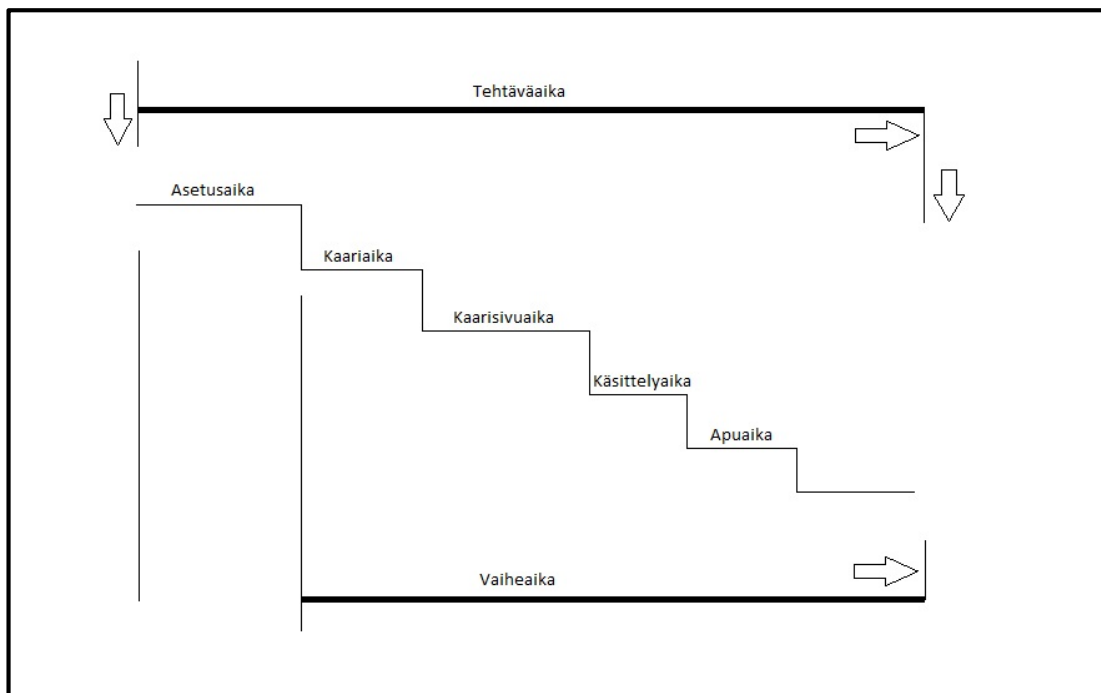
**Asetusaika** on merkittävä aika, joka liittyy IS Works:n tuotteen valmistukseen. Asetusaika sisältää osien kuljettamisen työpisteelle, nosturin käytön ja sen mahdollisen odotusajan, hitsausparametrien säädön sekä työpisteen yleisen valmistelun. Aikaa kuluu eniten osien kuljettamisessa ja niiden paikalleen asettamisessa. Odotusaika voi nousta merkittävästi, kun vain kaksi siltanosturia on käytössä.

**Kaariaika** muodostaa tuotteen tehtävääjassa pienen osuuden. Hitsaaminen on MAG-täytelankahitsausta. Kevytmekanisointia ei voida käyttää, koska hitsin pituudet ja hitsausasennot vaihtelevat ja tuotteen muoto asettaa rajoituksia kevytmechanisoinnille. Tuotteen hitsauksessa syntyy taukoja jolloin ei juuri pääse hitsauksessa ”vauhtiin” edellä mainituiden asioiden vuoksi.

**Kaarisivuaika** muodostuu lisäainelankakelan ja kaasupullon vaihdosta, hitsaus-suuttimen puhdistuksesta/vaihdosta sekä kuonanpoistosta. Lankakelan keskimääräinen vaihtoaika on 20 minuuttia, joten kaarisivuaika muodostaa kohtuullisen osuuden tehtävääjasta.

**Käsittelyaika** muodostaa pienen osuuden, koska tuotetta ei juuri tarvitse siirrellä tai käänellä hitsauksen aikana. Odotusaika voi nousta tässäkin vaiheessa esiin, jos nosturin käyttöön saaminen ei ole mahdollista.

**Apuaika** käsittää apupalojen asettamisen ja irrottamisen, virheiden ja vetelyiden korjaukset. Apuaika muodostaa kohtuullisen ajan.



Kuva 18. Tuotteen hitsauksen osa-ajat ja niiden jaottelu IS Works:n tuotteessa.

### 7.3 Hitsauksen tuottavuuden tehostaminen

Hitsauksen tuottavuutta voidaan tutkia ja tehostaa monin eri tavoin. IS Works Oy:n hitsattavan tuotteen tarkastelua voidaan kutsua ”kaavamaiseksi”, koska hitsauksen tarkastelu kohdistuu kustannusten alentamiseen hitsausajan kaavalla. Tutkitaan miten pystyy vaikuttamaan kaavan eri tekijöihin alentamalla hitsausaika. Edellisessä luvussa huomattiin, että työkustannukset muodostavat ylivoimaisesti suurimman osuuden kokonaiskustannuksista. Tässä tapauksessa hitsausaika olisi saatava pienemmäksi, jotta hitsauskustannukset alentuivat.

**Hitsausajan** laskeminen on jakolasku:

$$\text{Hitsausaika} = \frac{\text{Hitsaimäärä (kg/m)}}{\text{Hitsiaineentuotto (kg/h)} * \text{Paloaikasuhte}}$$

Jotta hitsauskustannuksia saataisiin alemmaksi, täytyy hitsausaikakin saada pienemmäksi. Yksikkönä käytetään tunti per metri (h/m).

Pienempään hitsausaikaan voidaan päästä:

- pienentämällä hitsiainemäärää
- suurentamalla hitsiaineen tuottoa
- suurentamalla paloaikasuhdetta

/14/

### 7.3.1 Hitsiainemäärän pienentäminen

Hitsiainemäärä tarkoittaa paljonko hitsausrailoon tarvitaan hitsiainetta.

#### **Hitsiainemäärän pienentäminen (kg/m):**

- pieni railomuoto poikkipinta-alaltaan
- polttokoneella ja levyleikkurilla tapahtuvat leikkaukset oltava tarkkoja
- railonvalmistus ja sovitus
- käytetään tunkeumaa hyväksi pienahitseistä
- vältetään ylihitsausta
- ei tarpeettomia suuria hitsiä

/14/

Hitsiainemäärän pienentäminen ei ole tässä tuotteessa järkevää, koska esimerkiksi a-mittan pienentämisellä olisi sen verran pieni vaikutus kokonaiskustannuksiin juuri piensarjatuotannon takia. Lisäksi hitsausohjeet ja piirustukset tulevat suoraan asiakkaalta, niin hitsiainemäärän pienentäminen vaikuttaa tuotteen rakenteeseen, varmuuskertoimiin ja sen lujuusominaisuuksiin. Lähinnä pitää välttää ylihitsausta ja tarpeettoman suuria hitsejä. Tuotteessa käytetään yhden hitsauspalon sijaista jopa kolmea palkoa, jolloin hitsausaika kasvaa huomattavasti.

Taulukossa 1. on yleinen esimerkki, kun suunnittelijan tai hitsaajan toimesta on kasvatettu pienahitsin a-mittaa. Hitsiainemäärä kasvaa yli kaksinkertaisesti kun hitsataan varman päälle.



Taulukko 1. /19/

	a-mitta	Hitsiainemäärä	Suhteellisesti
Lujuuslaskettu suunnittelustandardin mukainen a-mitta	4 mm	126 g/m	1
Suunnittelijan varman päälle laskettu a-mitta	5 mm	196 g/m	1,6
Hitsaajan varman päälle hitsaama a-mitta	6 mm	283 g/m	2,3

### 7.3.2 Hitsiaineentuoton suurentaminen

Hitsiaineentuotolla tarkoitetaan aikayksikössä hitsin sulatetun (tuotetun) hitsiaineen määrä.

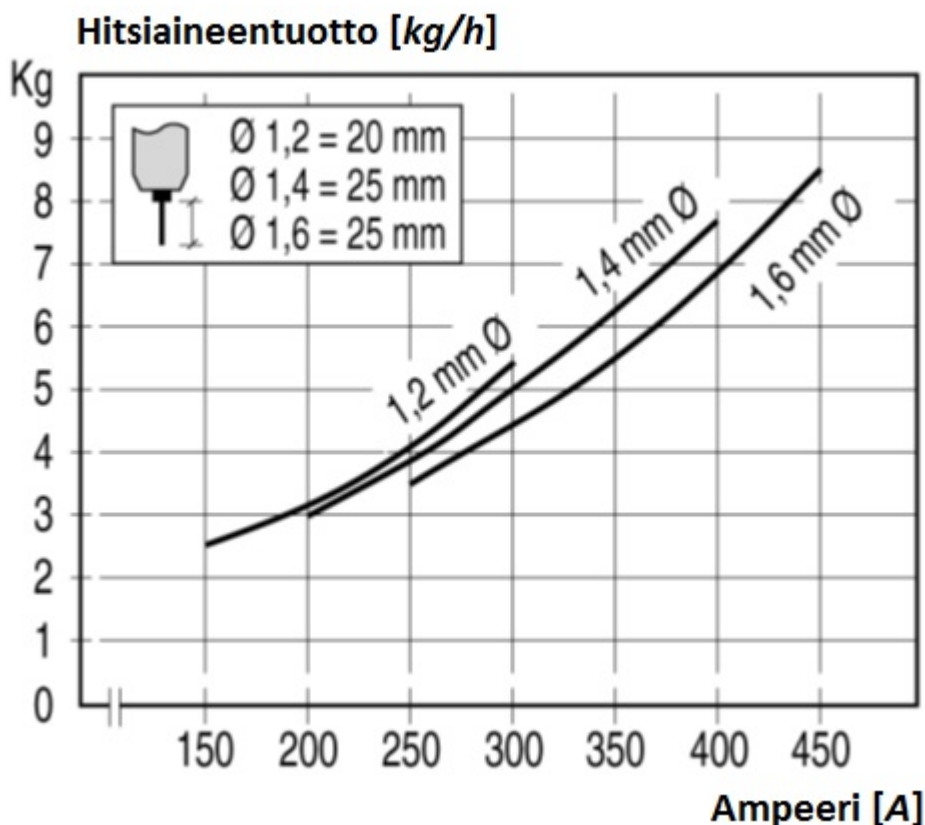
#### **Hitsiaineentuoton suurentaminen (kg/h):**

- suurennetaan hitsausvirtaa
- paksumman lisäaineen käyttö
- pitempi suutinetäisyys
- asentohitsaukset rutiilitäytelangalla
- hitsaus jalkoasennossa
- hitsauspöytien käyttö
- usean hitsauspään samanaikainen käyttö
- kevytmekanisointi
- mekanisointi ja automatisointi

/14/

Hitsiaineentuoton suurentaminen on oiva tapa vähentää hitsausaikaa. Tässäkin tapauksessa mahdollisesti suuremman virran ja paksumman lisäaineen käyttö voisi olla mahdollista, millä voitaisiin vähentää hitsattavien palkojen määrää, jolloin

kaariaika vähentyisi. Hitsauspöydän käyttö tuotteen valmistuksessa voisi olla yksi keino, jolla vaiheaikaa saataisiin nopeutettua. Tuote on kuitenkin suurehko, ja opinnäytetyötä tehdessä yrityksellä ei ollut silloin käytössään tarpeeksi isoa käsittelypöytää, jolla olisi voinut testata tuotteen soveltuvuutta pöytään. Hitsausasennoilla on suuri merkitys tuotteen hitsauksessa, mitä voidaan parantaa hitsauspaikan järjestelyillä ja telineillä, jotta hitsaaminen helpottuisi. Usealla hitsauspään käytöllä tarkoitetaan useampaa hitsaajaa. Tässä tapauksessa useamman hitsaajan käyttö luonnollisesti nopeuttaisi hitsausprosessia, mutta hitsaajien suurien työkustannuksien takia usean hitsauspään käyttö ei ole taloudellisesti kannattavaa. Kevytmekanisoinnilla saataisiin paloikasuhdetta nostettua, mutta tämän tuotteen tapauksessa kevytmekanisoinnin esteenä ovat sopimattomat hitsauskohdat kevytmekanisoinnille. Tuotetta lisäksi valmistetaan piensarjatuotantona, joten mekanisointi ja robotisointi ei tulisi kyseeseen, koska tuotetta ei valmisteta suurina määrinä ja se ei olisi taloudellisesti kannattavaa.



Kuva 19. Kuvassa Elgacoren DWA 50 -hitsauslanka, jota käytetään tuotteen hitsauksessa. Paksummalla hitsauslangalla eli 1,4 mm langalla päästäisiin parempaan tuottavuuteen, mutta samalla hitsausvirrat kasvaisivat korkeiksi.

### 7.3.3 Paloaikasuhteen parantaminen

Paloaikasuhte on kaariajan ja hitsaustyön kokonaisajan välinen suhde %:na.

Seuraavat toiminnot vähentävät hitsauksen kaarisivuaikaa ja nostavat paloaikasuhdetta:

- lisäainekelan sujuva vaihto
- kuonanpoisto: kuonaton menetelmä ja lisäaine
- roiskeiden poisto: oikea hitsausmenetelmä, lisäaine, suojakaasu ja hitsausparametrit
- virheiden vähentäminen: virheetön hitsaus, hitsaajien hyvä koulutus ja pätevyys, oikeat suoritustekniikat ja hitsausohjeet
- riittävä tunkeuma
- hitsausarvojen säätö
- muodonmuutosten korjaamiset: oikea hitsausjärjestys, suuri hitsausnopeus, mittatarkka valmistus

/14/

Hitsauksen paloaikasuhdetta voidaan saada nostettua kiinnittämällä huomiota hitsauksen sivuaikaan, jota voidaan kutsua myös lisääjäksi. Virheiden välttäminen ja niiden korjaaminen vievät aikaa, mutta ne ovat väistämättömiä inhimillisiä virheitä, joita tulee vastaan. Hitsaajien hyvä pätevyys on suuri tekijä onnistuneessa hitsauksessa. Yrityksellä on käytössään hitsauslankatynnyrit, joista lisäainelanka kulkeutuu suoraan. Hitsaustynnyreitä ei ole kuitenkaan käytössä asentohitsauspaikoilla missä tutkittavaa tuotetta hitsataan, koska rutiili täytelankatynnyreiden saatavuus on ollut toistaiseksi Suomessa vaikeaa. Lisäainelankatynnyreiden etuina olisivat säästöt aikakustannuksissa, koska lankakelan vaihtaminen vie aikaa noin 20 minuuttia, mistä koituu suhteellisen kallis keskeytys tilauskonepajassa.

Taulukossa 2. on aikakustannusvertailu 15 kg:n lankakelalla ja 250 kg:n lankatynnyrillä. Uuden kelan tai tynnyrin vaihto aika on noin 20 minuuttia ja

aikakustannus-säästö –vertailun yksikkönä käytettiin h/tn lankaa. 250 kg:n lankatynnyriä käytettäessä aikaa säästyisi noin 21 h/tn lankaa, mikä olisi huomattava säästö.

Taulukko 2. /22/

<b>Seisonta-aikakustannukset 15 kg:n lankakelalla ja 250 kg:n lankatynnyrillä</b>		
<b>Kelan/pakkauksen paino</b>	<b>15 kg</b>	<b>250 kg</b>
Kelanvaihdot (kpl/tn lankaa)	66,7	4
Kelanvaihto aika (min/vaihto)	20	20
Kokonaisaika (h/tn lankaa)	22,2	1,3
<b>Aikasäästö (h/tn lankaa)</b>	<b>-</b>	<b>20,9</b>

Seuraavat sivuajat liittyvät tuotantoon:

- tuotannon hyvä järjestely (kuljetus- ja odotusaikojen vähentäminen)
- nostureiden käyttö
- hitsaajien työpiste
- hitsaajien motivointi ja informointi
- hitsausohjeiden oikea käyttö
- kappaleenkäsittelylaitteiden käyttö
- häiriöajat
- hitsauskoneiden kuluttama energia

/14/

Tuotannon hyvällä järjestelyllä saadaan kokonaisprosessia nopeutettua, kun kaikki tarvittava on hyvässä järjestyksessä ja hyvin saatavilla. Hitsaajien työpiste on IS Worksilla hyvin toteutettu - se on tarpeeksi tilava ja luokse päästävyys hyvä. Hitsaustyön ja sen huolellisella järjestämisellä on kokonaisvaltainen vaikutus hitsauksen läpimenoaikaan. Turhat kappaleiden siirtämiset on saatava pois ja hitsauskoneet sijoitetaan hitsattavan kohteen lähelle. Yrityksellä on käytössä kaksi siltanosturia ja seitsemän kääntöpuominosturia, mistä vain siltanosturit ovat hitsaajien käytössä. Kun vain kaksi siltanosturia on käytössä kappaleen siirtämiselle

ja kuljettamiselle - kuljetusajat ja odotusajat kasvavat. Tämä kasvattaa keskeytyksiä tuotannossa. Kääntöpuominostureiden investointi voisi nopeuttaa tuotantoa hitsauksessa, mutta se on investointikysymys ja IS Works:n harkinnassa. Hitsaajilla on käytössään kappaleenkäsittelypöytiä, mutta tutkittava tuote on niin suuri ettei käsittely hitsauspöydällä ole mahdollista, paitsi kenties suurimmalla kappaleenkäsittelypöydällä (Bestis 10000), jota yrityksessä ei juuri nyt ollut saatavilla. Hitsauskoneiden huolellinen kunnossapito auttavat vähentämään mahdollisia häiriöaikoja. Hitsaajien motivaatiolla on iso merkitys työhön. Se on väistämätön tosiasia, että kaikille tulee välillä päiviä jolloin motivaatiota on vaikea löytää. Yleisesti ottaen toimihenkilöiden toiminnalla ja käyttäytymisellä on suuri vaikutus työntekijöiden yleiseen hyvinvointiin ja ilmapiiriin. Erityisesti toimihenkilöiden olisi hyvä pitää hyvää ilmapiiriä yllä ja osoittaa, että jokainen työntekijä on yrityksessä tärkeä.

Seuraavat asiat liittyvät hitsattavaan tuotteeseen:

- suunnittelu oltava valmistuksen ja hitsauksen kannalta miellyttävä
- helppo valmistettava
- yksinkertaiset ja selkeät muodot
- hitsausliitokset oikeita

/14/

Tuotteen suunnitteluun liittyvään toimintaan ei pystytä paljoa vaikuttamaan, koska suunnittelut ja piirustukset tulevat suoraan asiakkaalta, jotka ovat laskeneet ja mitoittaneet tuotteen valmiiksi. Lähinnä IS Works:n huolenaihe on löytää sopiva valmistustapa sekä kappaleen oikeanlainen käsittely lyhyen käsittelyajan kannalta.

## 8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkittavan IS Works:n tuotteen hitsausta voidaan tehostaa monien toimenpiteiden summalla. Hitsausta ei voida mekanisoida, joka nopeuttaisi hitsaustyötä ja pienentäisi kustannuksia huomattavasti. Tuotteen muoto ja piensarjatuotanto asettavat rajoituksia kevytmekanisoinnille. Merkittävimmät kustannukset tulevat työkustannuksista, jotka muodostivat ylivoimaisesti suurimman kustannusosuuden tuotteen työajasta.

Erityistä huomiota kiinnitetään paloaikasuhteeseen. Suuri paloaikasuhte on merkittävä hitsaustaloudellinen etu, mikä olisi huomattava osuus IS Works:n hitsauksesta. Edellä mainituilla toimenpiteillä voitaisiin hyvinkin saada nostettua paloaikasuhdetta 20 %:sta 30 %:iin. Paloaikasuhteen kasvaminen toisi noin 33 % säästön hitsauksen työkustannuksissa, joka merkitsisi suuria säästöjä hitsaajien työkustannuksissa vuodessa.

Suositteluvia toimenpiteitä olisivat hitsauslankatynnyreiden käyttö asentohitsauspaikoilla, paksumman lisäaineen käyttö, kappaleenkäsittelypöydän käyttö tutkittavassa tuotteessa ja mahdollisesti lisänostureiden investointi. Muilla pienemmillä toimenpiteillä saadaan myös hitsaustyötä nopeutettua, jotka ovat mainittu aikaisemmin. Jokainen toimenpide jätetään IS Works:n omaan harkintaan.

IS Works:n muihin hitsattaviin tuotteisiin pystyy samoja toimenpiteitä soveltamaan ja mahdollisesti saamaan hitsausta tehokkaammaksi. Kevytmekanisointia käytetään osittain, mutta sen käyttö ei tule kyseeseen juuri piensarjatuotannon ja tuotteen muotojen takia.

## LÄHTEET

1. IS Works Oy [verkkosivu]. Saatavissa: [www.isworks.fi](http://www.isworks.fi)
2. Esab Oy [verkkosivu]. Saatavissa: [www.esab.fi](http://www.esab.fi)
3. Lukkari J. 1997. Hitsaustekniikka perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Opetushallitus
4. Blom S. 1975. Hitsaustekniikka 1 hitsausmenetelmät. Porvoo: WSOY
5. AGA [verkkosivu]. Saatavissa: [www.aga.fi](http://www.aga.fi)
6. Haula J, 2005. Kosketukseton railonseuranta kevytmekanisoidussa hitsauksessa. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/690/Haula%20Janne.pdf>
7. Retco Oy [verkkosivu]. Saatavissa: [www.retco.fi](http://www.retco.fi)
8. BUG-O Systems [verkkosivu]. Saatavissa: [www.bugo.com](http://www.bugo.com)
9. Tuominen J, 2005, Konenäköjärjestelmä MIG –hitsauksen railonseurantaan, Satakunnan ammattikorkeakoulu. Tiivistelmä. [http://www.automaatioseura.fi/confprog/downloadfile\\_public.php?conference=9&filename=9-9029.pdf](http://www.automaatioseura.fi/confprog/downloadfile_public.php?conference=9&filename=9-9029.pdf)
10. Tervola J, 2006, Monitoroimalla hitsivirheet heti selville, Metallitekniikka 2/2006. <http://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/monitoroimalla+hitsivirheet+heti+selville/a142725>
11. Jernström P, 2002, Hitsin laadun reaaliaikainen hallinta automatisoidussa hitsauksessa, Hitsaustekniikka 2/2002
12. Olympus Technologies Ltd [verkkosivu] Saatavissa: <http://www.olympustechnologies.co.uk>
13. Lukkari J. 2006, Hitsauskustannukset – työtä, työtä, työtä! Hitsausuutiset 1/2006.
14. Lukkari J. 2005, Alas, alas kustannukset! Hitsausuutiset 1/2005.
15. Besteam [verkkosivu]. Saatavissa [www.besteam.fi](http://www.besteam.fi)
16. Stenbacka N. 2009, Hitsaustalous ja tuottavuus. Svetskommisionen.
17. Vanhala S. & Kotila O. 2006. Korkean tuloksellisuuden ja työhyvinvoinni kytkennät henkilöstövoimavarojen johtamisen tutkimuksessa. Työelämän tutkimus 2/2006. Helsinki.
18. Lukkari J.2011, Hitsaustalous ja tuottavuus, Hitsaustekniikka 3/2011.

19. Lukkari, J. 1996. Esimerkkejä hitsauksen tuottavuuden parantamisesta, Hitsaustekniikka 2/1996.
20. Lukkari, J. 2005. Kolme tapaa mekanisoida hitsausta, Hitsausuutiset 3/2005.
21. Hiltunen, E. 2005. ALVENE –projektin tulokset. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Projekti.  
[http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS\\_0\\_201\\_403\\_994\\_2095\\_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/fi\\_content/news/alvene\\_projektin\\_tulokset.pdf](http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/fi_content/news/alvene_projektin_tulokset.pdf)
22. Lukkari, J. 2010. Marathon Pac<sup>TM</sup> – maksaa itsensä takaisin, Hitsausuutiset 2/2010.
23. Mäki-Fränti, P. 2009. Henkilöstön työkyky ja toimipaikkojen tuottavuus. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos PTT. Tutkielma.  
[http://www.ptt.fi/dokumentit/tp118\\_1302091004.pdf](http://www.ptt.fi/dokumentit/tp118_1302091004.pdf)





## Elgacore DWA 50

FCAW - Flux cored arc welding  
Un-alloyed

Date: 2009-02-19  
Revision: 14

**Description:**  
Elgacore DWA 50 is a rutile flux cored wire for use with an Ar/CO<sub>2</sub> gas shield. The wire is all-positional and runs with a very stable, soft arc producing excellent weld bead shape and finish with negligible spatter. The slag is easily detachable and fume emission is very low. It is suitable for welding mild and medium strength carbon manganese structural steels and produces excellent root beads on ceramic backing. Ease of use and high productivity, in combination with good mechanical properties and a weld metal hydrogen content less than 5 ml/100g, make Elgacore DWA 50 an extremely versatile general purpose cored wire.

**Welding positions:**



**Welding current:**

DC+

**Deposition efficiency:**

88%

**Shielding gas:**

M21, 80% Ar + 20% CO<sub>2</sub>, 22-25 l/min

**Stick-out:**

15-25 mm

**Hydrogen content / 100 g weld metal**

≤ 5 ml

**Chemical composition, wt.%**

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Min							
Typical	0.06	0.4	1.2	0.015	0.007		
Max	0.18	0.90	1.75	0.03	0.03	0.20	0.50

	Mo	Cu	V	Nb
Min				
Typical				
Max	0.20	0.30	0.08	0.05

**Mechanical properties**

	Specified	Typical
Yield strength, Re:	≥ 420 MPa	520 MPa
Tensile Strength, Rm:	500-640 MPa	590 MPa
Elongation, A5	≥ 22%	28%
Impact energy, CV:	-20°C • 47 J	-20°C • 75 J

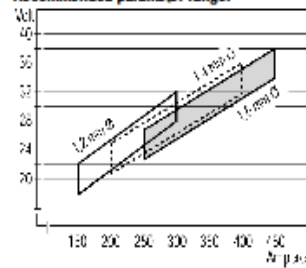
**Classification:**

EN 758 T 42 2 P M 1 H5  
AWS A5.20 E 71T-1M  
ISO 17632-A T 42 2 P M 1 H5

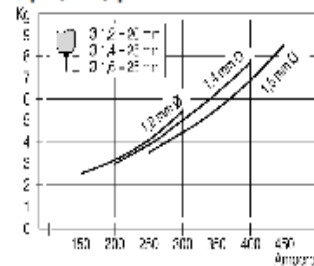
**Approvals:**

ABS 3YSA H5  
DNV III YMS H5  
LR 3S, 3YS H5  
DB 42.042.09  
MRS 3Y40MS HHH  
TÜV 0737 5.01  
GL 3 YH5  
CE

**Recommended parameter range:**



**Deposition rate per hour:**



**Product data:**

Diam. mm	Product code	Spool weight
1,2	95601012	15 kg BS300
1,2	95602012	15 kg D300
1,2	95602112	5 kg D200
1,2	95602212	250 kg ProPac
1,4	95602214	250 kg ProPac
1,6	95602016	12,5 kg D300

**Note**

Strip:  
S ≤ 0.015%