



Heikki Niemi

WD-ÖLJYALTAIDEN JA -ALUSTOJEN HITSUKSEN AUTOMATISOINTI

WD-ÖLJYALTAIDEN JA -ALUSTOJEN HITSUKSEN AUTOMATISOINTI

Heikki Niemi
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotanto ja logistiikka

Tekijä: Heikki Niemi

Opinnäytetyön nimi: WD-öljyaltaiden ja -alustojen hitsauksen automatisointi

Työn ohjaajat: Pentti Huhtanen, Janne Hihnala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 36 + 1 liite

Työssä tutkittiin WD-öljyaltaiden ja alustojen hitsauksen automatisointia. Työn tavoitteena oli tutkia kappaleiden mahdollisia modifiointimahdollisuuksia kuljetinhitsauksen mahdollistamiseksi, lisätä tuottavuutta WD-tuotannossa, varmistaa nykyinen laatutaso, parantaa läpimenoaikaa ja tutkia uusia kuljetinmalleja, jotka soveltuvat WD-tuotantoon.

Työssä tutustuttiin nykyiseen tuotantoon ja etsittiin mahdollisia parannuskohteita itsenäisesti ja haastattelemalla työntekijöitä. Työssä mitattiin nykyisten hitsausmenetelmien hitsausaikoja nykyisillä laitteilla ja arvoilla. Mittausten jälkeen tutkittiin havaittujen parannusmahdollisuuksien kannattavuus ja tehtiin niihin kuuluvat laskelmat. Havaitut parannusmahdollisuudet olivat kuljetinhitsauksen omatoimisuuden parantaminen ja jauhekaarimitsauksen käyttö generaattorialustoilla.

Kuljetinhitsauksen omatoimisuuden parantamisen tuloksiksi saatiin takaisinmaksuajat eri hankinta- ja toteutusvaihtoehdoille. Laskenta suoritettiin tehtaan volyymituotteen mitattujen arvojen perusteella ja siitä saadut tulokset suhteutettiin koko tuotannolle laskettuna säästettävä aika tonnia kohden.

Tulosten perusteella todettiin kuljetinhitsauksen omatoimisuuden parantamisen edellyttävät hankinnat kannattaviksi ja toteutuskelpoisiksi. Jauhekaarimenetelmän käyttö todettiin kannattamattomaksi jo työn alkuvaiheessa ja siitä jätettiin tarkempi tutkimus tekemättä.

Jatkotoimenpiteinä tulisi ottaa käyttöön kuljetinhitsauksen omatoimisuuden parantamisesta saadut tiedot yhdellä työpisteellä ja mitata siitä saatava todellinen hyöty. Kokeilun jälkeen tulisi myös kerätä työntekijöiden mielipiteet uusista laitteista ja tehdä niiden perusteella päätös hankinnoista.

Asiasanat:

hitsaus, automatisointi, mekanisointi, kannattavuus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Machine and production technology, production and logistics

Author: Heikki Niemi

Title of thesis: Welding automatization of WD oiltrays and platforms

Supervisor: Pentti Huhtanen, Janne Hihnala

Term and year when the thesis was submitted: spring 2013 Pages: 36 + 1
appendice

The thesis was commissioned by Fortaco Co. The objective was to improve welding atomization at Kalajoki site. Main goals were to study the possibilities to find possible modifying methods for work pieces to enable mechanized welding, improve productivity in WD production, to secure the current quality level, improve lead time and to scope new welding tractor models that fit the WD production.

The prework for this thesis included familiarizing with the current work pieces and work methods and researching possible improvement places by self education and by interviewing employees. After the familiarizing the welding times for current methods were measured with current machines. After the measurements the profitability for improvements were estimated and calculated. The found improvements were independent welding with welding tractors and submerged arc welding for the generator chassis.

The results for independent welding were repayment for various investment variables calculated from sites volume products measured values and from the estimation for the whole production.

Based on the results from previous calculations, independent welding was stated profitable and executable.

The submerged arc welding method was stated unprofitable at a very early state of the thesis and it was dropped off from the final calculations.

As for future actions is recommended to take the knowledge from independent welding and apply it to one workstation. Gather real information from that work and interview employees for their experiences with the new work method and machines and based on this information make decision for the acquisitions.

Keywords: welding, automation, mechanization, profitability

ALKULAUSE

Haluaisin kiittää Fortaco Oy:tä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni yrityksen tiloissa ja vapaudesta etsiä itsenäisesti mahdollisia parannettavia kohteita. Haluaisin myös kiittää Fortaco Oy:n yhteys henkilöitä ja työntekijöitä kaikesta avusta, tiedoista ja ideoista, joita olen saanut työn aikana.

Heikki Niemi 24.4.2013

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 TUOTANTOAUTOMAATIO	9
2.1 Tuotantoautomaation tarpeellisuus	9
2.2 Hitsausautomaatio	9
2.2.1 Hitsauksen mekanisointi	10
2.2.2 Robotisoitu hitsaus	10
3 HITSAUSTALOUS JA TUOTTAVUUS	12
3.1 Tuottavuus ja tehokkuus	12
3.2 Hitsauskustannukset	13
4 HITSAUSMENETELMÄT	16
4.1 Hitsauksen määritelmä	16
4.2 MIG/MAG-hitsauksen periaate	16
4.3 MIG/MAG-hitsauksen edut ja haitat	17
4.4 MIG/MAG-hitsauksen kaarityypit ja lisäaineen siirtyminen	17
4.4.1 Lyhytkaari	17
4.4.2 Sekakaari	18
4.4.3 Kuumakaari	18
4.4.4 Pulssikaari	18
4.5 Jauhekaarihitsaus	19
4.6 Jauhekaarihitsauksen edut ja haitat	20
4.7 Jauhekaarihitsauksen prosessisovellutuksia	21
4.7.1 Hitsaus – -navassa	21
4.7.2 Hitsaus pitkällä vapaalangalla	21
4.7.3 Kaksoislankahitsaus	21
4.7.4 Tandem-hitsaus	22
5 FORTACO OY	24
5.1 Kalajoen yksikkö	24

5.2 Konepajan tuotanto	24
5.3 Hitsauksen nykytila	24
6 TUTKITTAVAT KOHTEET	25
6.1 Kuljettimien omatoimisuuden parantaminen	25
6.2 Kuljetinhitsaus ja ongelmakohdat	25
6.3 Jauhekaarihitsauksen käyttö generaattorialustoilla	26
6.4 Tutkittava sauma ja ongelmakohdat	26
7 TUTKITTAVIEN KOHTEIDEN LASKENNAN TULOKSET	27
7.1 Kuljetinhitsaus	27
7.2 Jauhekaarihitsaus	30
8 YHTEENVETO	33
9 POHDINTA	34
9.1 Tulokset ja tavoitteet	34
9.2 Hitsin laatu ja virheet	35
9.3 Kunnossapito	35
LÄHTEET	36
LIITTEET	
LIITE 1 LÄHTÖTIETOMUISTIO	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia ja kehittää Fortaco Oy:n Kalajoen yksikön hitsauksen automatisointia WD-tuotannossa. Tuotannossa valmistetaan Wärtsilä Oy:n laivamoottoreiden ja voimalaitusmoottoreiden alustoja sekä öljypohjia ja generaattorin alustoja. (Liite 1.) WD-tuotannon hitsausta on kehitetty jo useiden vuosien ajan ennen tämän opinnäytetyön aloittamista, joten kehitettävien alueiden löytäminen ja tutkiminen on haasteellista.

Tuotteiden valmistusprosessiin Kalajoen tehtaalla kuuluu kokoonpano, hitsaus, viimeistely, hiekkapuhallus ja maalaus. Tässä työssä keskitytään hitsaukseen ja sen automatisointiin, pääpainona kuljetinhitsaus. Suuri osa tuotteiden saumoista hitsataan käsin, mutta osa saumoista hitsataan jo nyt automaattisesti käyttäen kuljettimia ja hitsausrobotteja. Työssä tutkitaan automaattisen hitsauksen vaikutusta tuottavuuteen ja etsitään mahdollisia parannuskeinoja. (Liite 1.)

Tuotannossa käytettävä hitsausluokka on C, ja se täytyy ylläpitää tai jopa parantaa. Työn tavoitteena on tutkia kappaleiden mahdollisia modifiointimahdollisuuksia kuljetinhitsauksen mahdollistamiseksi, lisätä tuottavuutta WD tuotannossa, varmistaa nykyinen laatutaso, parantaa läpimenoaikaa ja tutkia uusia kuljetinmalleja, jotka soveltuvat WD tuotantoon. (Liite 1.)

Työ rajataan moottori- ja generaattorialustojen hitsauksen tutkimiseen ja kehittämiseen, koska öljyaltaiden hitsauksessa käytetään jo robottisoluja, joten kuljetinhitsausmahdollisuudet ovat niissä erittäin pienet.

2 TUOTANTOAUTOMAATIO

Tuotannon automatisointi on keino tehostaa tuotantoa. Lisättäessä automaatiota tuotantoon voidaan työntekijöiden työpanosta käyttää automaattien käyttämiseen ja käynnin valvontaan varsinaisen, joskus toistotyöksi muotoutuneen, tuotantotyön sijaan. Varsinaisen tuotannon osuus työpäivästä kasvaa, sillä automaattien ei tarvitse pitää taukoja. Samalla inhimillisten virheiden osuus tuotteissa pienenee. Lisäksi tuotteiden laatua voidaan parantaa lisäämällä automaattisia tarkastuksia tuotantoprosessiin. (1.)

2.1 Tuotantoautomaation tarpeellisuus

Tuotantoautomaatio kiinnostaa yrityksiä ensisijaisesti keinona tehostaa tuotantoa ja mahdollisuutena karsia tuotantokustannuksia. Investointien on oltava kannattavia. Tuotantoautomaatiolla on mahdollista vaikuttaa työtehtävien sisältöön ja tuotannon laatuun sekä ympäristötekijöihin. Yleisesti esiinnousevia perusteluja tuotantoautomaation käytölle yrityksissä ovat seuraavat:

- raskaiden ja vaarallisten työtehtävien välttäminen
- tuotannon laadun tasaisuus
- ammattitaitoisen henkilöstön puute tuotannon avaintehtävissä
- tuottavuuden parantuminen
- yritys- ja tuoteimagon ylläpito ja parantaminen
- miehittämättömien tuotantojaksojen käyttö
- kalliiden tuotantolaitteiden käyttösuhteen parantaminen
- kapasiteetin lisääminen
- helpompi ohjattavuus
- visuaalisempi tuotanto. (2, s. 10.)

2.2 Hitsausautomaatio

Hitsauksen automatisoinnilla pyritään yleensä parempaan hitsaustyön tuottavuuteen, suurempaan tuotantokapasiteettiin, tasaisempaan laatuun ja kustannustehokkuuteen. Hitsauksen mekanisointi jaetaan neljään eri tasoon sen mu-

kaan, kuinka suuri osa hitsauksen työvaiheista tehdään mekaanisesti hitsauslaitteen avulla:

- Käsihitsauksessa hitsaaja siirtää hitsauspäättä käsin sekä valvoo ja ohjaa hitsausprosessia.
- Puoliautomaattisessa hitsauksessa hitsauslaite tekee jonkin työvaiheen. Tällainen menetelmä on esimerkiksi MIG/MAG-hitsaus, jossa langansyöttölaite syöttää lisäainelangan hitsauspistoolin kautta.
- Mekanisoidussa hitsauksessa hitsauslaite tekee fyysisen työn, mutta hitsaaja ohjaa ja valvoo prosessia jatkuvasti
- Automaattisessa hitsauksessa hitsauslaitteisto tekee kaiken itsenäisesti ennalta laaditun ohjelman mukaisesti. (3.)

2.2.1 Hitsauksen mekanisointi

Mekanisoinnilla tarkoitetaan hitsaus- ja leikkauspolttimen koneellista kuljettamista. Railon seuranta ja parametrien säädöt tapahtuvat käsin, operaattorin tekemänä. Hitsauksen mekanisoinnilla, erityisesti kevytmekanisoinnilla, voidaan erittäin helposti ja pienin taloudellisin panoksin oleellisesti parantaa hitsauksen tehokkuutta, laatua ja työergonomiaa. Kevytmekanisoinnin potentiaalin tehokas hyödyntäminen edellyttää kuitenkin, että laitteet ovat toimivia, helppokäyttöisiä ja haluttuja hitsauksen apuvälineitä. (4.)

Mekanisoinnin käyttöönottokynnys on matala, sillä usein on mahdollista käyttää olemassa olevia hitsausteholähteitä. Hitsauksessa voidaan kuitenkin käyttää suurempaa sulatustehoa ja kuljetusnopeutta kuin käsin tehtävässä hitsauksessa. Merkittävimmät saavutettavissa olevat edut ovatkin suurempi tuottavuus, tasaisempi laatu, paremmat työolosuhteet, parempi hitsin ulkonäkö ja vähemmän jatkoskohtia hitsissä. (5.)

2.2.2 Robotisoitu hitsaus

Hitsausrobotiikka edustaa pitkälle vietyä hitsauksen mekanisointia ja automatisointia. Siinä hitsausautomaatti hoitaa sekä hitsauspään kuljetusliikkeen että hitsausprosessin ohjauksen ennalta laaditun ohjelman mukaisesti. Robotti voidaan myös ohjelmoida uudelleen käytettäväksi erilaisissa työkohteissa.

Parhaiten robotisoitu hitsaus soveltuu tuotteille, joissa on paljon hitsejä moneen suuntaan, hitsit ovat lyhyitä ja hitsattavat pinnat kaarevia. Robotisointi ei välttämättä edellytä sitä, että kyseisiä tuotteita valmistetaan jatkuvasti suuria määriä. Nykyaikainen teknologia mahdollistaa yhä pienempien sarjojen kustannustehokkaan hitsauksen. (3.)

3 HITSAUSTALOUS JA TUOTTAVUUS

Normaalissa kilpailutilanteessa toimivan yrityksen toiminnan on oltava taloudellisesti kannattavaa. Elleivät yrityksen tulot ja menot ole tasapainossa, ei yrityksellä ole mahdollisuutta pitkäjänteiseen toimintaan tai mahdollisuuksia kehittää toimintaansa. (6, s. 87.)

3.1 Tuottavuus ja tehokkuus

Kaikki tuotanto tähtää arvon lisäämiseen resurssien muutoksella. Tuotantoressurit, joita kutsutaan panoksiksi, muuttuvat valmistavassa yrityksessä tuotteiksi, joita puolestaan kutsutaan tuotoksiksi. Tässä tapahtuu arvon muutos. Tuotannon täytyy olla luonnollisesti kannattavaa, jotta yritys voi toimia. (7, s. 21.)

Käsitettä tuottavuus on käytetty jo 1700-luvulta lähtien. Alussa termillä tarkoitettiin tuotantokykyä laajassa mielessä. Nykyään on tapana sanoa, että tuottavuus on tuotantotulosten ja resurssipanosten välinen suhde seuraavan näennäisesti yksinkertaisen kaavan mukaan (7, s. 21):

$$\textit{Tuottavuus} = \textit{Tuotantotulos} / \textit{Resurssipanos}.$$

Panos voi olla kustannuksia, työtunteja, konetunteja, materiaalmääriä jne. Tulos voi olla arvo, tuotettu määrä, valmistaiden lukumäärä jne. Riippuen siitä, minkä tyyppinen tulos tai panos on valittu, saadaan erilaisia tuottavuuden mittoja. Mitat voidaan jakaa kahteen pääryhmään, joita kutsutaan osittaiseksi ja kokonaiseksi. (7, s. 21.)

Tavallinen osittainen mitta, joka on sopiva lyhyellä aikavälillä, on työtuottavuus, joka voidaan määritellä tuotantovolyymien ja työvoimapanoksen avulla, esimerkiksi robotihitsausasemassa hitsattujen kappaleiden määrä vuorokaudessa, hitsimetrit vuorokaudessa, hitsausnopeus ym. (7, s. 21.)

Tuottavuuden kokonaisuusmitta yrittää saada yhteyden mitatun tuotantotuloksen ja kaikkien resurssipanosten välille, ehkä koko yritykselle tai koko tuotantolinjalle. Mitatun tuottavuusmitan tulkitseminen positiiviseksi tai negatiiviseksi ei ole ai-

van yksinkertaista, koska muutokset sarjoissa, menetelmissä, tuotannon kulus-
sa, organisaatiossa jne. voivat aiheuttaa sen, ettei vertailuperusta ole sama ja
vakaa ajan kuluessa. (7, s. 22.)

Nykypäivän tuotannossa kiinnitetään paljon huomiota tuotannon virtaukseen.
Tuotannon pitää virrata sujuvasti tietyllä nopeudella ja mahdollisimman vähillä
häiriöillä. Jos voidaan esimerkiksi nostaa voimakkaasti tuottavuutta ainoastaan
yhdessä hitsausasemassa uusinvestoinnin avulla, voi tämän arvo olla melko
pieni, jos ei samalla vaikuteta koko virtaukseen. Toisaalta arvo voi olla suuri, jos
asema on muodostanut pullonkaulan tuotannossa. (7, s. 22.)

3.2 Hitsauskustannukset

Sulahitsauksen kustannusrakenne koostuu kaikista kustannuksista, joita syntyy
hitsattaessa. Työkustannukset kuten suorat palkat sosiaalikustannuksineen ja
hitsausainekustannukset kuten lisääaineet, suojakaasut ja hitsausjauheet, muo-
dostavat suurimman osan kustannuksista. Konekustannukset ovat koko pää-
oma, joka on käytetty koneiden hankintaan. Yleensä yrityksissä hankinnalle
asetetaan käyttöaika, jonka perusteella lasketaan koneen tuntihinta. Kunnossa-
pitokustannuksiin kuuluvat koneiden huolto, varaosat ja kunnossapito. Energia-
kustannukset saadaan koneen käyttämän sähkö määrän perusteella. Kokonais-
kustannukset ovat kaikkien edellä mainittujen kustannuksien summa. Yleensä
on tapana laskea kustannukset joko metriä kohti tai tuotetta kohti. (7, s. 84.)

Työkustannukset voidaan laskea kertomalla tehtäväaika ja tuntikustannus kes-
kenään. Tuntikustannus sisältää suoran tuntipalkan ja erilaiset sosiaalikustan-
nukset sekä lakisääteiset maksut, esim. lomakorvaukset. Lisäksi on yleensä
tapana sisällyttää tuntikustannuksiin myös erilaiset yleiskustannukset yritykses-
sä esimerkiksi hallinto ja vuokrat prosentuaalisena lisänä. (7, s. 84.)

Tehtäväaika koostuu tärkeimmistä vaiheista ja ajoista tuotantohitsauksessa,
jotka voivat esiintyä esimerkiksi robottihitsausasemassa tehtävän aikana. Tuo-
tanto tapahtuu vaiheajan aikana, kun taas asetus aika kuluu kuntoonlaittoon uut-
ta työtä varten. (7, s. 65.)

Tärkeimmät osa-ajat ovat asetusaika, kaariaika, kaarisivuaika, käsittelyaika, apuaika ja vaiheaika:

- **Asetusaika (t_{as})** on se aika, joka kuluu uuden työn saattamiseen käyntiin eli aika, joka tarvitaan ennen itse hitsausta ja muita hitsausvaiheeseen liittyviä toimintoja. Näitä aikoja voivat olla esim. robotin ohjelmointi, kappaleenkäsittelylaitteen asettaminen paikoilleen, erilaisten kiinnittimien valmistaminen jne.
- **Kaariaika (t_{ka})** on se aika, jona valokaari palaa. Kaariaika riippuu suuresti hitsausprosessista, railosta, hitsausasennosta, hitsausparametreistä ja työkohteesta.
- **Kaarisivuaika (t_{si})** tarkoittaa aikaa, joka liittyy suoraan hitsaukseen, kuten esim. hitsausprosessista riippuen lisäaineen, kosketussuuttimen ja kaasupullon vaihto, kuonanpoisto ja kaasusuuttimen puhdistus jne. Tätä aikaa kutsutaan joskus myös lisääjäksi. Lyhyt kaarisivuaika on hitsaustaloudellinen etu.
- **Käsittelyaika ($t_{kä}$)** käsittää kappaleen käsittelyyn kuluvan ajan, esim. asettaminen kiinnittimeen tai käsittelylaitteeseen ja esivalmistelut. Aika riippuu suuresti toiminnan järjestelyistä. Lyhyt käsittelyaika on hitsaustaloudellinen etu.
- **Apu aika (t_{ap})** on se aika, jota ei voida suorasti liittää hitsaustyöhön. Se otetaan usein mukaan prosenttilisänä. Ajan pitää olla niin lyhyt kuin mahdollista, koska se on määrittelemätön aika.
- **Vaiheaika (t_{va})** on kaariajan, kaarisivuaajan, käsittelyajan ja apuajan summa seuraavasti:

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

Vaiheajan ja asetusajan summaa kutsutaan tehtävääjäksi. (7, s. 65 - 67.)

Hitsausainekustannuksiin kuuluvat lisäaineet, suojakaasut ja jauheet hitsausprosessista riippuen. Hitsauspuikkojen ja hitsauslankojen kustannukset saadaan lisäainekulutuksesta, joka on hitsiainemäärä jaettuna hyötyluku, ja lisäaineen yrityskohtaisesta ostohinnasta. Suojakaasun ja mahdollisen juurikaasun kustannukset saadaan kaariajasta ja kaasuvirtausmäärästä sekä yrityskohtai-

sesta kaasun ostohinnasta. Juurikaasun kohdalla pitää ottaa huomioon myös esi- ja jälkihuuhdeltu. Hitsausjauheen kustannukset saadaan hitsiaine määrän ja jauheen kulutusarvon perusteella. Jauheen kulutusarvo on yleensä ilmoitettu lisäaineluettelossa tai saadaan toimittajalta. Hitsausainekustannukset muodostavat yleensä melko pienen osan 5 - 10 % kokonaiskustannuksista käsin ja puolikoneellisessa hitsauksessa. (7, s. 84.)

Hitsauskoneiden kustannuksissa erotetaan sekä konekustannukset että koneen tuntikustannus. Konekustannukset voivat olla hyvin suuria esim. robottihitsausasemissa noin 60 - 80 % hitsauskustannuksista, koska pääomakustannukset ovat suuria. Niiden merkitys ja osuus on pieni käsin tai puolikoneellisessa hitsauksessa, esim. puikkohitsaus ja MIG/MAG-hitsaus noin 5 - 10 % hitsauskustannuksista. (7, s. 84.)

Koneen tuntikustannukseen kuuluu hitsauslaitteisto, mekanisointilaitteet, kiinnittimet, käsittelylaitteet jne. Se lasketaan tavallisesti kuoletusajan, korkokustannusten, kunnossapidon ja arvioidun käyttöajan perusteella. (7, s. 85.)

Energiakustannukset lasketaan kaariajan ja energian kulutuksen avulla. Jos tyhjäkäyntikulutus on merkittävä, ne voidaan ottaa myös huomioon. Usein energiakustannukset jätetään huomiotta laskelmissa, koska niiden osuus on hyvin pieni, noin 1 - 2 % kokonaiskustannuksista. (7, s. 85.)

Kunnossapitokustannukset muodostuvat hitsauskoneiden ja kiinnittimien huollosta ja kunnossapidosta sekä varaosien vaihdosta jne. Niiden osuus on tavallisesti pieni, noin 1 - 2 % hitsauskustannuksista. (7, s. 85.)

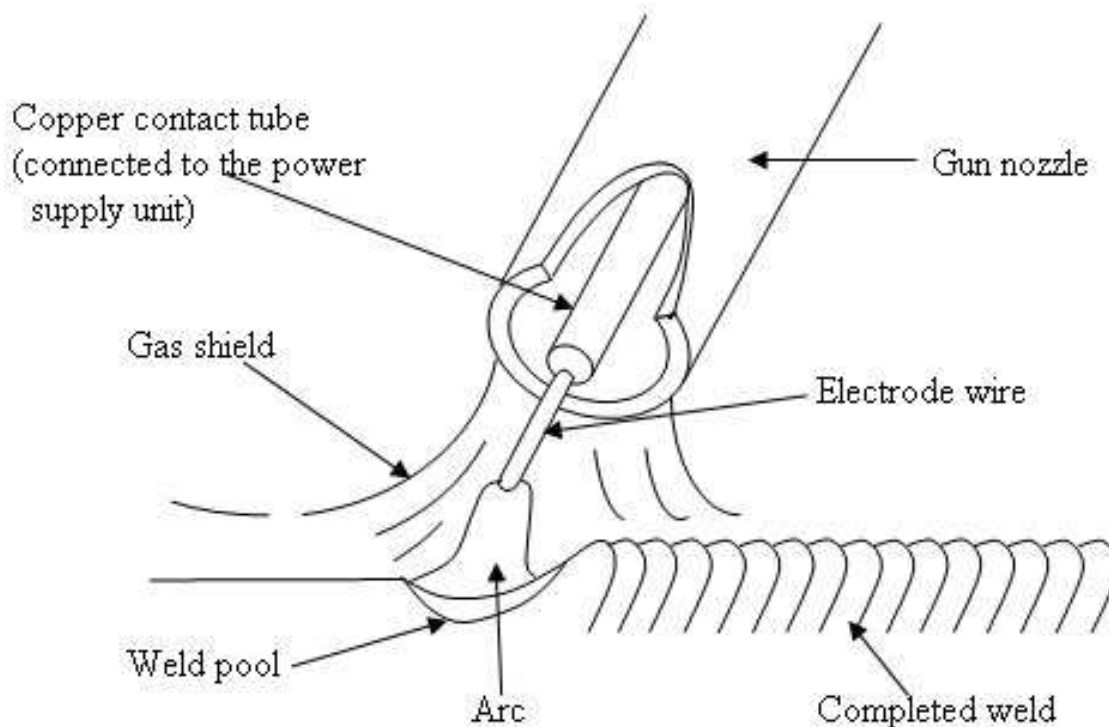
4 HITSAUSMENETELMÄT

4.1 Hitsauksen määritelmä

Valmistusmenetelmä, jolla osia liitetään tai päällystetään käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Hitsauksessa voidaan käyttää lisäaineita, jonka sulamispiste on suunnilleen sama kuin perusaineen. (8, s. 2.)

4.2 MIG/MAG-hitsauksen periaate

MIG/MAG-hitsaus on puoliautomaattinen hitsausmenetelmä, jossa lisäaineena käytettävää lankaa syötetään automaattisesti vakionopeudella suojakaasulla suojattuun hitsauskohtaan, missä lisäainelangan kärjen ja perusaineen välissä palava valokaari sulattaa lisä- ja perusaineen, kuten kuvassa 1 on esitetty. (9, s. 127.)



KUVA 1. MIG/MAG-hitsauksen toimintaperiaate (11)

4.3 MIG/MAG-hitsauksen edut ja haitat

MIG/MAG-hitsaus on puoliautomaattista, jossa lisääineen syöttö tapahtuu koneellisesti ja se on jatkuvaa. Hitsaustapahtumassa ei tule katkoksia lisääineen vaihtojen takia kuten puikkohitsauksessa. Hitsattaessa ei muodostu kuonaa ja kuonasulkeumien vaara on pieni. Hitsaustehojen säätömahdollisuus on hyvin laaja ja tunkeuma voidaan säätää virran avulla muuttamalla hitsauslaitteen arvoja. MIG/MAG-hitsauslaitteilla voidaan hitsata kaikissa asennoissa ilman minikäänlaisia lisävarusteita, joten se on erittäin hyvä hitsausmenetelmä. MIG/MAG-hitsaus on helppo mekanisoida ja automatisoida tuottavuuden parantamiseksi. Hitsauksessa käytettävät lisääineet ovat edullisia. (9, s. 127.)

MIG/MAG-hitsauksessa käytetään suojakaasua, jonka takia se on arka vedolle ja tuulelle ja ei siksi sovellu asennustyömaaolosuhteisiin. Sen ulottuvuus ja luoksepäästävyys hitsauskohteeseen ovat rajoitetut. Hitsausarvojen säätö on vaikeampaa kuin puikkohitsauksessa ja hitsauslaitteisto vaatii enemmän huoltoa. Lisäaine valikoima on suppeampi kuin puikkohitsauksessa. (9, s. 127.)

4.4 MIG/MAG-hitsauksen kaarityypit ja lisääineen siirtyminen

4.4.1 Lyhytkaari

Lyhytkaarihitsauksessa valokaari sammuu jaksoittain lisääinelangan ja perusaineen välillä syntyvien oikosulkujen aikana. Kaarijännite on lyhytkaarihitsauksessa niin alhainen verrattuna lisääinelangan syöttönopeuteen, ettei valokaaren teho ehdi sulattaa lisääinetta, vaan lanka ehtii törmätä ja aiheuttaa oikosulun perusaineeseen. Oikosulun tapahtuessa virta nousee jännitteen pysyessä lähes vakiona. Tällöin tapahtuu nopea lisääineen sulaminen ja valokaari syttyy uudelleen. Oikosulku- ja valokaarivaiheet tapahtuvat erittäin nopeasti, 30 - 200 kertaa sekunnissa. (9, s. 140.)

Oikosulkuvaiheen virrannousua rajoitetaan kuristimella eli induktanssilla. Ellei virrannousua rajoitettaisi, se nousisi liian suureksi, mistä seuraisi valokaaren leimahtelu liian pitkäksi ja roiskeiden muodostuminen.

Oikosulkujen aikana valokaari on sammunut, joten hitsisulan lämpö on suhteellisen pieni ja sulana oleva alue myös pieni. Lyhytkaarihitsauksen hitsisula on hyvin hallittavissa kaikissa hitsausasunnoissa. Lyhytkaarihitsausta käytetään ohutlevyjien sekä päittäisliitosten pohjapalkojen hitsaukseen ja asentohitsaukseen. (9, s. 140.)

4.4.2 Sekakaari

Sekakaari on lyhytkaaren ja kuumakaaren välillä oleva alue. Tällä alueella kaariaika muodostuu pitkäksi ja oikosulkuvaiheet harvoiksi. Lisäaineen siirtyminen tapahtuu oikosulkusiirtymisenä suurina pisaroina ja kaariaikana suihkumaisena. Oikosulut, suuripisarainen lisäaineen siirtyminen ja kaaripaine aiheuttavat runsaasti roiskeita.

Sekakaarella hitsaamista pyritään yleensä välttämään. Tilanteita, joissa sitä joudutaan käyttämään, ovat ylhäältä alaspäin hitsaus ja vaakahitsaus. (9, s. 141.)

4.4.3 Kuumakaari

Kuumakaarihitsauksessa kaariteho on niin suuri, että valokaari palaa jatkuvasti ilman oikosulkuvaiheita. Kaaritehon kasvaessa siirtyvän lisäaineen pisarakoko pienenee. Riittävä tehon nostaminen saa aikaan Ar-seosteisilla kaasuilla lisäaineen pään muodostumisen kartiomaiseksi pisaroiden siirtyessä suihkumaisesti hitsisulaan. (9, s. 141.)

Kuumakaaren käyttö vaatii suuren hitsaustehon, joka taas johtaa suureen lisäainemäärään aikayksikössä sekä suureen tunkeumaan. Suuren hitsisulan takia kuumakaari ei sovellu asentohitsauksiin eikä päittäisliitosten pohjapalkojen hitsaamiseen, vaan sitä käytetään paksujen perusaineiden väli- ja pintapalkojen hitsaukseen jalkoasennossa ja alapienahitsaukseen. (9, s. 141 - 142.)

4.4.4 Pulssikaari

Pulssikaari on oikosuluton kaari, jossa lisäainepisara irrotetaan lisäainelangan kärjestä virtapulssia käyttäen. Pulssikaari muodostetaan syöttämällä virtapulsseja perusvirran päälle, jolloin lisäaine siirtyy suihkumaisena korkean virtapuls-

sin aikana. Jännite vaihtuu vastaavasti virtapulssin aikana. Perusvirta pitää lisäainelangan kärjen ja hitsin sulana. (9, s. 142.)

Pulssivirta saa aikaan sulan langan kärjessä pisaran muodostumisen, joka irta-aa pinch-voiman ansiosta ja sinkoutuu perusaineen puolelle hitsisulaan. Pulssi-kaaren taajuus on noin 20 - 400 Hz. Pulssikaarihitsauksessa ei tapahdu oikosulkuja. Pulssikaarihitsauksessa käytetään inerttistä suojakaasua Ar-, He-kaasua tai Ar-valtaista seoskaasua. (9, s. 142.)

Pulssikaarella saavutettavia etuja verrattuna muihin MIG/MAG-menetelmiin ovat suurempihitsausnopeus kuin lyhytkaarihitsauksessa, pienempi hitsausenergia kuin kuumakaarihitsauksessa ja pienemmät hitsausjännitykset ja rakenteen vääntelyt kuin kuumakaarihitsauksessa. Pulssikaarella voidaan käyttää paksuja lisäainelankoja, joilla tuottavuus saadaan nousemaan. Pulssikaarella on mahdollista hitsata kaikissa asennoissa, se ei tuota paljoa hitsausroiskeita ja siten myös hitsin ulkonäkö on hyvä. (9, s. 143.)

Pulssikaarta käytetään yleisimmin alumiinin ja kuparin MIG-hitsauksessa. Alumiinin hitsauksessa pulssikaarella voidaan käyttää paksua lisäainelankaa, jonka etuna on häiriötön langansyöttö. Pulssikaarta käytetään MAG-hitsauksessa paksujen terästen asentohitsauksessa. Ohuilla perusainepaksuuksilla pulssikaarella hitsaus on huomattavasti nopeampaa verrattuna lyhytkaarihitsaukseen. (9, s. 143.)

4.5 Jauhekaarihitsaus

Jauhekaarihitsaus on metallikaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa hitsauslangan ja työkappaleen välillä hitsausjauheen alla. Hitsausjauhe suojaa hitsaus-tapahtuman ympäröivältä ilmalta. Osa jauheesta sulaa muodostaen sulan kuonakerroksen, mikä myöhemmin jähmettyy kiinteäksi kuonakerrokseksi hitsin päälle. Osa jauheesta jää irtonaiseksi jauhekerrokseksi hitsaustapahtuman ja hitsin päälle. Prosessi esitetty kuvassa 2. (10, s. 121.)

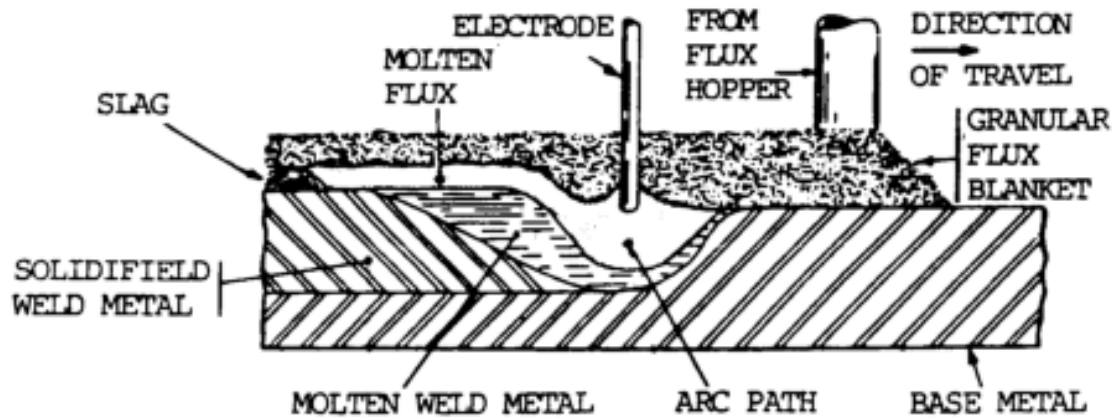


Figure 10-60. Process diagram—submerged arc welding.

KUVA 2. Jauhekaarihitsauksen periaate (12)

4.6 Jauhekaarihitsauksen edut ja haitat

Jauhekaarihitsauksella saavutetaan useita etuja verrattuna perinteisempiin hitsausmenetelmiin. Jauhekaarihitsauksella voidaan hitsata paljon suuremmilla hitsausvirroilla, mistä seuraa suuri hitsiaineentuotto, suuri hitsausnopeus ja suuri tunkeuma. Jauhekaari hitsauksessa ei synny roiskeita, joten ylimääräinen hionta ja muut hitsin puhdistukset ovat tarpeettomia. Jauhekaarihitsaus ei ole arka vedolle ja tuulelle, koska hitsaus tapahtuu jauheen alla. Jauhekaarella saavutetaan hyvä hitsin laatu ja hitsausvirheiden määrä on pienempi kuin esimerkiksi MIG/MAG-hitsauksessa. Jauhekaarihitsaus on koneellista hitsausta ja se on helppo mekanisoida ja automatisoida. Voidaan hitsata pitkäaikaisesti ilman katkoksia esimerkiksi putkien ympärihitsit. Jauhekaarihitsauksessa ei ole juuriakaan työterveydellisiä haittoja, kuten savuja, kaasuja, säteilyä ja melua. (10, s. 131.)

Jauhekaarihitsauksessa on haittapuoliakin verrattuna MIG/MAG-hitsaukseen. Jauhekaarilaitteet ovat kalliimpia ja niiden käyttöönotto on monimutkaisempaa johtuen esimerkiksi tarvittavasta hitsausvirrasta, jonka saavuttamiseksi tarvitaan voimakkaampia sähkökaapeleita. Jauhekaarihitsauksen asentohitsausmahdollisuudet ovat hyvin rajoitetut. Pääasiassa jauhekaarella hitsataan vain alavaaka-hitsejä ja tästä johtuen se ei sovellu monipuolisiin kappaleisiin ja hitseihin. Hitsattavilla kohteilla on myös tiukat railon valmistus ja sovitustarkkuusvaatimukset.

set. Työterveydellisesti haittana on hitsijauheen käsittelystä aiheutuva pöly. (10, s. 131.)

4.7 Jauhekaarihitsauksen prosessiovellutuksia

Jauhekaarihitsauksen perusmuodosta yksilankahitsauksesta on kehitetty suuri joukko erilaisia sovellutuksia. Pää tavoitteena kehittämisessä on ollut jauhekaarihitsauksen tehokkuuden parantaminen. (10, s. 132.)

4.7.1 Hitsaus – -navassa

Jauhekaarihitsauksessa käytetään yleensä tasavirtaa ja +-napaa, koska sillä saadaan suurin tunkeuma. Tiiviysvarmuus ja palkomuoto ovat parempia kuin – -navassa tai vaihtovirralla. Jos hitsataan lanka – -navassa, niin lanka sulaa huomattavasti nopeammin ja hitsiaineen tuotto on noin 20 - 40 % suurempi verrattuna hitsaukseen +navassa. Vastaavasti tunkeuma on noin 20 - 30 % pienempi. (10, s. 132.)

4.7.2 Hitsaus pitkällä vapaalangalla

Hitsauksessa pitkällä vapaalangalla käytetään normaalia pidempää vapaalankaa. Suutinetäisyys ja sitä hiukan lyhyempi vapaalangan pituus on normaalisti noin 20 - 40 mm eli enintään 10 x langanhalkaisija. Mitä pidempi vapaalanka on, sitä enemmän lanka esikuumentuu vastuslämmön vaikutuksesta, ns. I²R -kuumentuminen, ja sitä nopeammin se sulaa. Hitsiaineentuotto kasvaa vapaalangan pituudesta, langanhalkaisijasta ja hitsausvirrasta riippuen noin 20 - 50 %. Pitkä vapaalanka tarvitsee sähköisesti eristetyn langanohjaimen, koska muuten pitkä vapaalanka heiluu ja aiheuttaa epätasaista hitsausjälkeä., Pitkä vapaalanka pienentää kuitenkin hitsin tunkeumaa. (10, s. 132.)

4.7.3 Kaksoislankahitsaus

Kaksoislankahitsauksessa johdetaan hitsausvirta samasta virtalähteestä kahteen lankaan, joita yhteinen langansyöttölaite syöttää kaksireikäisen kosketussuuttimen läpi hitsisulaan. Langat ovat hyvin lähekkäin, etäisyys noin 4 - 8 mm. Langanhalkaisijat ovat ohuempia kuin yksilankahitsauksessa tai tandemhitsauksessa. Yleisimmin käytetyt langanhalkaisijat ovat 2x1,6, 2x2,0 ja 2x2,4 mm.

Virtatiheys A/mm^2 on ohuista langoista johtuen paljon suurempi kuin yksilankahitsauksessa. Virtatiheys esimerkiksi yhdellä 4,0 mm:n langalla ja 600 A:n hitsausvirralla on $48 A/mm^2$ ja kaksoislangalla 2x2,0 mm samalla virralla $95 A/mm^2$. Ohuiden lankojen vastuskuumeneminen on myös suurempaa, mikä myös nopeuttaa lankojen sulamista. Hitsiaineentuotto on noin 20 - 40 % suurempi kuin yksilankahitsauksessa. Kaksoislankahitsauksella voidaan hitsata kolmella eri tavalla riippuen hitsattavan saumanmuodosta, hitsauslangat vierekkäin, hitsauslangat ristikkäin ja hitsauslangat peräkkäin. (10, s. 132.)

Kaksoislankahitsauksella saavutettavia etuja verrattuna yksilankahitsaukseen ovat suurempi hitsiaineentuotto ja suurempi hitsausnopeus. Parempi tiiviysvarmuus, jos langat ovat peräkkäin, koska hitsisula on pidempi ja kaasut ehtivät paremmin pois sulasta. Kaksoislankahitsaus ei ole niin arka huonoille sovituksille, jos langat ovat vierekkäin. (10, s. 132.)

Kaksoislankahitsauksella saavutettavia etuja verrattuna tandem-hitsaukseen ovat pienempi hitsausenergia hitsattaessa ja sen avulla on helpompi saavuttaa pieniä a-mittoja pienahitseissä. Kaksoislankahitsauslaitteet ovat yksinkertaisimpia, helpompia käyttää ja laiteinvestoinnit ovat pienemmät. (10, s. 132.)

4.7.4 Tandem-hitsaus

Tandem-hitsauksessa eli kaksilankahitsauksessa käytetään samanaikaisesti myös kahta hitsauslankaa, joilla kummallakin on kuitenkin oma virtalähde, langansyöttölaite ja ohjausyksikkö. Tandem-hitsaus eroaa siis oleellisesti kaksoislankahitsauksesta. Valokaaret palavat saman kuonakerroksen alla joko omassa tai samassa kaariontelossa riippuen lankojen välisestä etäisyydestä. Tandem-hitsauksessa langat ovat yleensä paksuja, esimerkiksi 4,0 + 4,0 mm, 5,0 + 5,0 mm tai 6,0+6,0 mm, ja niiden etäisyys toisistaan on normaalisti 15 - 25 mm. Etäisyydellä on vaikutusta mm. tunkeumaan ja hitsipalon muotoon. Kummallakin langalla on tavallaan oma tehtävänsä. Ensimmäisellä langalla pyritään mahdollisimman suureen tunkeumaan ja toisella langalla aikaansaadaan palon levitys. Hitsausvirta on ensilangassa yleensä suurempi kuin jälkilangassa ja kaarijännite on puolestaan jälkilangassa suurempi. Ensimmäinen lanka on joko pysyvuorassa tai hiukan kallistettuna hitsaussuuntaan nähden eli vetävään asen-

toon, millä parannetaan tunkeumaa. Toinen lanka on yleensä hiukan työntävässä asennossa. (10, s. 133 - 134.)

Tandem-hitsauksessa hitsiaineentuotto on lähes kaksinkertainen yksilankahitsaukseen verrattuna. Hitsausenergia on myös korkea, vaikka se ei kuitenkaan yleensä ole kaksinkertainen, koska hitsausnopeus on yleensä vastaavasti suurempi. Tandem-hitsauksella on mahdollista hitsata kaksipalkohitsauksena paksampia levyjä, jopa 40 mm, kuin yksilankahitsauksella edellyttäen, että teräs sallii hitsauksen suurella energialla. (10, s. 134.)

Tandem-hitsauksen tyypillisiä käyttökohteita ovat paksujen levyjen tehokas hitsaus mm. telakoilla levyjen jatkamiset ja yhdeltä puolelta hitsaus, suurten putkien ja palkkien valmistus, suuret pienahitsit ja paksuseinämäiset paineastioiden pituus- ja ympäryshitsit. (10, s. 134.)

5 FORTACO OY

5.1 Kalajoen yksikkö

Fortaco Oy:n Kalajoen yksikkö tuottaa Wärtsilän laivojen ja voimalaitoksien moottorialustoja, generaattorialustoja ja moottorien öljypohjia.

5.2 Konepajan tuotanto

Kalajoen yksikön toimintaan kuuluvat alustojen kokoonpano, hitsaus, tarkastukset, viimeistely, pintakäsittely ja lähetys. Alustojen levyosat tulevat valmiiksi muotoiltuna Ruukki Oy:n Raahen tehtaalta. Kalajoen yksikössä alustojen levyosat kokoonpannaan, hitsataan ja tarkastetaan. Hyväksytyjen tarkastusten jälkeen tuotteet hiekkapuhalletaan ja maalataan. Pintakäsittelyn jälkeen tuotteet valmistellaan lähetystä varten ja lähetetään Sepänkylän yksikköön koneistettaviksi.

5.3 Hitsauksen nykytila

Jokaisella työpisteellä on kaksi hitsauslaitetta ja kaksi hitsaajaa. Käytössä olevat hitsauslaitteet ovat xx -mallia ja hitsauslankana käytetään x mm vahvuista seostamatonta ja kuparimatonta xx -lankaa. Kuljetinmalleja on kolmea erilaista x1, x2 ja x3. Nykyiset kuljetinmallit eivät olennaisesti eroa toisistaan muuten kuin kooltaan. Kuljettimia käytetään kaikissa hitseissä, joissa sen käyttö katsotaan kannattavaksi ja mieleiseksi. Joidenkin lyhyempien saumojen kohdalla hitsaaja valitsee itse, käyttääkö kuljetinta vai hitsaako sauman käsin. Pitkät saumat hitsataan lähes poikkeuksetta kuljettimilla.

Suurimmat rajoitukset kuljettimien käytölle asettavat hitsien pituudet. Lyhyissä saumoissa kuljettimia ei käytetä, koska asetus aika vie hitsaukselta ajallisen hyödyn ja kuljettimilla joudutaan jättämään hitsin alusta ja lopusta noin 200 - 300 mm hitsaamatta.

6 TUTKITTAVAT KOHTEET

Hitsauksen mekanisoinnin lisäysmahdollisuudet ovat hyvin rajalliset, koska jo nyt hitsataan kuljettimia käyttäen lähes kaikki hitsisaumat, joissa käyttö on järkevää. Työn edetessä on kuitenkin tullut esiin kaksi mahdollista parannusta, joilla voidaan mahdollisesti vaikuttaa työn nopeuteen ja laatuun. Tutkittavat kohteet ovat kuljettimien omatoimisuuden parantaminen ja jauhekaarhitsaus generaattorialustoilla

6.1 Kuljettimien omatoimisuuden parantaminen

Kuljettimien omatoimisuusasteen parantamisen tavoitteena on vapauttaa operaattori suuresta osasta kuljetinhitsaukseen kuluva ajasta, joka voidaan käyttää muuhun työhön esimerkiksi käsin hitsaukseen.

6.2 Kuljetinhitsaus ja ongelmakohdat

Kuljetinhitsauksessa tällä hetkellä operaattori asettaa kuljettimen hitsauskappaleelle, aloittaa hitsauksen, valvoo koko hitsaustapahtuman ajan kuljettimen liikkeitä ja hitsinlaatua ja pysäyttää hitsauksen.

Kuljettimilla voidaan periaatteessa hitsata kokonaisia hitsisaumoja ilman operaattorin valvontaa, ja joskus näin myös tehdään. Kesken hitsaustapahtuman voi kuitenkin ilmetä vikatiloja, jolloin operaattorin täytyy säätää konetta tai muita apuvälineitä. Vikatilat voivat aiheutua kuljettimen vioista: esimerkiksi akusta on loppunut virta, työkappaleissa on vikoja tai kaapeleista, jotka ovat kiristyneet ja vääntävät kuljetinta.

Tällä hetkellä työpisteillä on käytössä kaksi hitsauslaitteistoa, joita käyttää kaksi hitsaajaa. Hitsauskaapelit on kiinnitetty työpisteen yläpuolella oleviin liikuteltaviin puomeihin. Samanaikaisen käsin ja kuljetinhitsauksen mahdollistamiseksi työpisteille tulisi hankkia kolmas hitsauslaite, jota voisi käyttää yksinomaan kuljettimen koneistona.

6.3 Jauhekaarihitsauksen käyttö generaattorialustoilla

Jauhekaarihitsauksen käytön tarkoituksena on vähentää hitsaustyöhön kuluva aikaa ja parantaa hitsin laatua. Tutkimuksen tavoitteena on laskea työn kokonaisaika jauhekaarella ja verrata sitä nykyiseen hitsaustapaan. Tutkimuksessa tarkastellaan kahta eri jauhekaarimenetelmää, yksilankahitsausta ja kaksoislankahitsausta.

6.4 Tutkittava sauma ja ongelmakohdat

Tutkittava kohde on generaattorialustan toisessa päässä sijaitseva V-railo, jonka leveys on x mm ja korkeus x mm. Hitsi on läpihitsi, joka hitsataan ensin kappaleen sisäpuolelta käsin ja sen jälkeen avataan ulkopuolelta. Tällä hetkellä hitsaus suoritetaan sisäpuolelta käsin ja avauksen jälkeinen hitsaus käsin tai kuljettimella riippuen hitsaajasta.

Jauhekaarihitsaus on nopeampaa kuin hitsauskäsin ja kuljettimella hitsaus, mutta sen valmistelu ja viimeistely vaatii kuitenkin enemmän aikaa. Railon molemmille puolille tulee asettaa aloituspalat, jotta vältetään vajaalta saumalta. Aloituspalojen kiinnitykseen, irrotukseen ja sauman viimeistelyyn kuluu aikaa. Jauhekaarihitsauksen tarvitsemia virtatuloja ei ole jokaisella työpisteellä, joten työkappaleet pitäisi siirtää aina yhdelle työpisteelle jauhekaarihitsausta varten tai virtatuloja pitäisi lisätä jokaiselle työpisteelle.

Jauhekaarihitsauskone on painava ja se täytyisi nostaa yli 1,5 m:n korkeuteen hitsattavan kappaleen päälle. Se aiheuttaa turvallisuusvaaran, joka täytyy ottaa huomioon työn aikana. Jauhekaaritraktorille on myös oltava ajorata kappaleen päällä, koska kappaleen pinta ei ole tasainen. Hitsattavia railoja on kaksi, mutta molemmat ovat lyhyitä, joten jauhekaarihitsauksella ei välttämättä saavuteta halutun tasoista ajallista hyötyä.

7 TUTKITTAVIEN KOHTEIDEN LASKENNAN TULOKSET

Tulokset-osiossa esitetään saadut mittaustulokset, säästöt, tarvittavat investoinnit ja ongelmien mahdolliset ratkaisut.

7.1 Kuljetinhitsaus

Työn aikana työntekijöitä haastatteleamalla on tullut ilmi, että yksipalkopienahitsit voidaan hitsata kuljettimella ilman operaattorin valvontaa melko turvallisesti olettaen, että operaattori on tehnyt valmistelut hyvin eikä työkappaleessa ole suuria vikoja. Tämän takia laskennassa käytetään tehtaan moottorialustojen volyymimallia xx , koska sen kaikki kuljettimella hitsattavat hitsit ovat 6 mm:n yksipalkopienahitsejä. Kuljettimella hitsattavia saumoja on yhteensä x kpl. Laskennassa käytettävä hitsausnopeus on mitattujen hitsausnopeuksien keskiarvo, joka on x cm/min. Laskennassa ei ole otettu huomioon asetusaikoja vaan laskenta suoritetaan käyttämällä pelkästään kaariaikaa. Lasketaan muuhun työhön säästettävä aika yhdelle kappaleelle ja vuositasolle.

Kuljetinhitsausmatka yhdelle kappaleelle on seuraava:

$$x \text{ mm} * x \text{ mm} * x \text{ mm} * x = x \text{ mm} = x \text{ cm}.$$

Laskennassa on merkitty sauman todellinen pituus, josta on vähennetty hitsauskuljettimen jättämä hitsaamaton osa, joka hitsataan myöhemmin käsin loppuun.

Kuljetinhitsausaika yhdelle kappaleelle on seuraava:

$$\frac{x \text{ cm}}{x \frac{\text{cm}}{\text{min}}} \div 60 \approx x \text{ h}.$$

Vuoden 2012 tuotantomäärien perusteella vuotuiset säästettävät tunnit ovat seuraavat:

$$\frac{x \text{ cm}}{x \frac{\text{cm}}{\text{min}}} \div 60 * x \text{ kpl} \approx x \text{ h}.$$

Koko vuoden tuntimäärää ei voida kuitenkaan laskea kokonaisuudessaan tuotavaan työhön, koska operaattori joutuu nykyisillä kuljetin malleilla valvomaan hitsauksen lopun ja lopettamaan hitsaustoiminnon manuaalisesti. Laskennassa käytetään laskentaperusteena 90 % kokonaistuntisäästöistä. Hitsaustunnin hinta on $x \text{ €}$.

Kokonaissäästö on seuraava:

$$x h * 90 \% * x \text{ €} = x \text{ €/vuosi}.$$

Kannattavuuslaskennassa käytetään takaisinmaksuajan menetelmää, jonka avulla selvitetään aika, jonka kuluessa investointi maksaa takaisin siihen käytetyn kustannuksen. Arvioidut investointi tarpeet ovat kolme uutta Kemppi Fastmig Synergic KMS 500 -hitsauslaitetta.

Takaisinmaksuaika on seuraava:

$$\frac{\text{investointi kustannukset}}{\text{saavutettavat säästöt}} = \frac{x \text{ €}}{x \text{ €/vuosi}} \approx x \text{ kk}.$$

Uusia kuljettimia hankkimalla voidaan kokonaissäästö laskentaan ottaa huomioon kokovuoden tuntisäästöt. Uusien kuljettimien etuna ovat automaattiset rajakytkimet, jotka pysäyttävät hitsaustapahtuman sauman päässä, joten operaattorin ei tarvitse itse vahtia hitsauksen loppuvaihetta ja pysäyttää hitsausta. Laskennassa on käytetty Kempin tarjoamaa MagTrac F 61 -kuljetinmallia ja sen kanssa yhteensopivia Fastmig Synergic KMS 500 -virtalähteitä. MagTrac F 61 -kuljetin ottaa käyttövirtansa suoraan hitsauspolttimesta langansyöttölaitteen kautta, joten siitä ei voi loppua virta kesken hitsauksen ja se pienentää virheen mahdollisuutta. MagTrac F 61-kuljettimessa on myös näyttö, jonka kautta konetta voidaan ohjelmoida suoraan työpisteeltä käsin.

Kokonaissäästö on seuraava:

$$x h * x \text{ €} = x \text{ €/vuosi}.$$

Takaisinmaksuaika on seuraava:

$$\frac{x \text{ €} + x \text{ €}}{x \text{ €/vuosi}} \approx x \text{ kk.}$$

Hitsauskaapeleiden kiristyminen on ongelma pitkissä hitseissä, koska hitsauskaapelit eivät yllä koko matkalle vaan puomeja joudutaan siirtämään kesken hitsauksen. Tähän ongelmaan ratkaisuksi ehdotetaan MagTrac F 61 -kuljettimen kanssa yhteensopivaa kempin SuperSnake GT02S -välisyöttölaitetta, joka antaa lisää ulottuvuutta hitsaukseen. SuperSnaken käyttö poistaisi puomien käytön kuljetinhitsauksesta ja antaisi lisää joustavuutta kaapeleille. SuperSnakea voidaan käyttää myös nykyisten kuljetinmallien kanssa.

Seuraavassa lasketaan SuperSnaken kanssa takaisinmaksuaika molemmille vaihtoehdoille:

Nykyisillä kuljettimilla takaisinmaksuaika on seuraava:

$$\frac{x \text{ €} + x \text{ €}}{x \text{ €/vuosi}} \approx x \text{ kk.}$$

Uusilla kuljetinmalleilla takaisinmaksuaika on seuraava:

$$\frac{x \text{ €} + x \text{ €} + x \text{ €}}{x \text{ €/vuosi}} \approx x \text{ kk.}$$

Vuonna 2012 tuotettujen altainen kokonaismäärä oli x kpl, siksi lasketaan arvio koko moottorialusta tuotannon säästöille, jotta saadaan kokonaisvaltainen kuva koko toiminnan kattavasta säästöstä. Moottorialustatyyppien määrän, erilaisuuden ja hitsausmäärien takia lasketaan säästettävä työaika käyttäen laskentaperusteena valmistuneita tonneja.

Keskimääräinen kuljetinhitsaus aika tonnia kohden x-moottorialustoissa on seuraava:

$$\frac{x \text{ h}}{x \text{ t}} \approx x \text{ h/t.}$$

Vuosittaisen kokonaishitsausajan arvio on seuraava:

$$\frac{x h}{t} * x t \approx x h.$$

Kokonaisajasta käytetään säästölaskennassa arviota 90 %, koska joissakin moottorialustamalleissa osa saumoista on monipalkohitsejä, joita ei voida hitsata kuljettimella ilman jatkuvaa valvontaa ja joissakin uusimmissa malleissa kaikki saumat täytyy ainakin vielä hitsata käsin.

Vuotuinen säästö on seuraava:

$$x h * 90 \% * x \text{ €} \approx x \text{ €/vuosi}.$$

Lasketaan takaisinmaksuajat kaikille vaihtoehdoille kokotuotannon säästöarvion mukaan, nykyisillä kuljettimilla käytetty edelleen 90 % kokonaisajasta:

Nykyisillä kuljettimilla ja uusilla hitsauslaitteistoilla takaisinmaksuaika on seuraava:

$$\frac{x \text{ €}}{x \text{ €} * 90 \%} \approx x \text{ kk}.$$

Uusilla kuljettimilla ja uusilla hitsauslaitteistoilla takaisinmaksuaika on seuraava:

$$\frac{x \text{ €}}{x \text{ €}} \approx x \text{ kk}.$$

SuperSnake-välisyöttölaitteiden kanssa takaisinmaksuaika vanhoille sekä uusille kuljettimille on seuraava:

$$\frac{x \text{ €}}{x \text{ €} * 90 \%} \approx x \text{ kk}$$

$$\frac{x \text{ €}}{x \text{ €}} \approx x \text{ kk}.$$

7.2 Jauhekaarihitsaus

Avauksen jälkeen railon syvyys on $x-x$ mm ja leveys $x-x$ mm. Laskennassa käytetään avauksen jälkeisten mittojen keskiarvoja. Hitsauksen työaika määri-

tettiin käyttämällä aikaisempien projektien mitattuja työaikoja ja hitsauksen taukkoarvoja.

Hitsaukseen kuluva aika saadaan seuraavasta kaavasta

$$T = \frac{\text{hitsiainemäärä} \left(\frac{kg}{m} \right)}{\text{hitsiaineentuohto} \left(\frac{kg}{h} \right)} / \text{paloaikasuhte.}$$

Hitsiainemäärä saadaan kaavasta

$$\text{Hitsiainemäärä} = \text{hitsin tilavuus} (cm^3) \cdot \text{hitsinpaino} \left(\frac{g}{cm^3} \right).$$

Hitsiaineentuohto saadaan kaavasta

$$\text{Hitsiaineentuohto} = 0,013 * \text{hitsausvirta} (A).$$

Työssä ei ajettu testiajoja, joten paloaikasuhte määritettiin arvioimalla. Tyypillinen paloaikasuhte jauhekaarihitsauksessa on 40 - 70 %. Koska hitsisauma on kahdessa x mm pitkässä osassa, koneen käyttäjä voi puhdistaa edellisen sauman sillä aikaa, kun kone hitsaa toista saumaa. Tästä johtuen työssä käytetty arvo on 70 %.

Hitsaukseen kuluva aika yksilankahitsauksella on seuraava:

$$T = \frac{x \text{ kg} * 2}{0,013 * 600 \text{ A}} \div 70\% = \frac{x \text{ kg}}{7,8 \left(\frac{kg}{h} \right)} \div 70\% = x \text{ h.}$$

Hitsaukseen kuluva aika kaksoislangalla on seuraava:

$$T = \frac{x \text{ kg} * 2}{12 \left(\frac{kg}{h} \right)} \div 70\% = \frac{x \text{ kg}}{12 \left(\frac{kg}{h} \right)} \div 70\% = x \text{ h.}$$

Työhön kuluva kokonaisaika saadaan laskemalla yhteen asetusaika, hitsausaika ja viimeistelyaika. Asetus- ja viimeistelyaika saatiin yrityksen aiemmassa pro-

jektissa mitatuista ajoista, joissa asetusaika oli x min ja viimeistelyaika oli x h x min. Työn kokonaisajaksi saadaan seuraavat:

Yksilankahitsauksella x h + x h + x h = x h

Kaksoislankahitsauksella x h + x h + x h = x h.

Työn aikana mitattujen työaikojen perusteella todetaan että jauhekaaren käyttö generaattorialustoilla ei ole kannattavaa. Saavutettava hyöty on niin pieni että laitehankintoja ei kannata suorittaa. Hitsaustapahtuma itsessään on huomattavasti nopeampaa, mutta asetusaika ja viimeistelyaika vievät siitä saatavan hyödyn kokonaan tai lähes kokonaan. Tulosten perusteella takaisinmaksuaikoja ei lasketa jauhekaarivaihtoehdolle.

8 YHTEENVETO

Työssä tutkittiin hitsauksen automatisointia WD -tuotannossa. Parannettavien kohteiden etsintä oli hankalaa, koska kyseistä aihetta on yrityksessä tutkittu ja parannettu jo usean vuoden aikana. Tuotantoon tutustumisen ja työntekijöiden haastatteluiden jälkeen löydettiin kuitenkin kaksi mahdollista parannuskohdetta, joita tässä työssä tutkitaan. Parannuskohteet ovat kuljetinhitsauksen omatoimisuuden parantaminen ja jauhekaarhitsauksen käyttö generaattorialustoilla.

Kuljetinhitsauksen omatoimisuuden parantamisella tutkittiin mahdollisuutta hitsata kuljettimilla ilman operaattorin valvontaa ja siitä saatavaa hyötyä. Tutkimusten ja hankintojen arvioinnin jälkeen vuotuinen säästö koko tuotannossa ja takaisinmaksuajat ovat seuraavat:

- Vuotuinen säästö on x €.
- Takaisinmaksuaika nykyisillä kuljettimilla on x kk.
- Takaisinmaksuaika uusilla kuljettimilla on x kk.
- SuperSnake-välisyöttölaitteiden kanssa
 - nykyisillä kuljettimilla on x kk.
 - uusilla kuljettimilla on x kk.

Jauhekaarivaihtoehdossa tutkittiin, olisiko generaattorialustan päätysauma nopeampaa hitsata jauhekaarella kuin nykyisellä menetelmällä. Jauhekaarivaihtoehdolle ei laskettu säästöjä eikä takaisinmaksuaikoja, koska jo kelloitetuista työajoista huomattiin, että työaika säästö on erittäin pieni eivätkä hankinnat täten ole kannattavia.

9 POHDINTA

9.1 Tulokset ja tavoitteet

Työn tavoitteena oli parantaa nykyistä hitsauksen automatisointi tasoa etenkin kuljetinhitsauksessa, parantaa läpimenoaikaa WD-tuotannossa, pitää laatutaso nykyisellä tasolla tai parantaa ja tutkia uusia tuotantoon soveltuvia kuljetinmalleja. Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että asetetut tavoitteet on saavutettu kohtalaisen hyvin. Tässä työssä esitettyjen hankintojen tavoitteellinen takaisinmaksuaika on yleisesti 1 - 1,5 vuotta, ja saadut tulokset alittavat tavoitteen joillakin hankintamalleilla jo pelkästään x -alustamallissa. Koko tuotannon säästö arviolla laskettuna suurin takaisinmaksuaika on x kk, joten hankinnat ovat kannattavia ja ne tulisi toteuttaa tuotannossa.

Saatuihin tuloksiin tulee kuitenkin suhtautua kriittisesti, koska tutkittavana kohteena on uusi työtapaa, jota ei ole ennen kokeiltu eikä siitä ole olemassa mitattuja tuloksia. Tämän takia on suositeltavaa, että uutta työtapaa kokeillaan ensin jollain yksittäisellä työpisteellä nykyisillä koneilla tai pyydetään toimittajalta uusia kuljetinmalleja testiajoihin ja tarkastellaan saatuja mittaustuloksia, joiden perusteella voidaan myöhemmin tehdä lopullinen päätös hankinnasta. Myös työntekijöiden kokemukset uudesta menetelmästä tulee ottaa huomioon. Haastattelemalla heitä saadaan selvä käsitys uuden menetelmän toimivuudesta ja myös uusien laitteiden toimivuudesta ja käyttökelpoisuudesta.

Kokeilun alussa voi tulla joitain laadullisia ongelmia, koska uudet laitteet voivat olla monimutkaisempia käyttää kuin vanhat. Tämän takia on tärkeää perehdyttää työntekijät uusien laitteiden ominaisuuksiin jo ennen niiden varsinaista käyttöönottoa. Työntekijöille tulee esitellä ja opettaa selvästi kaikki uusien laitteiden työtä edistävät ominaisuudet, jotta he voivat käyttää niitä ilman ongelmia esimerkiksi kuljettimiin ohjelmoitavien valmiiden hitsausohjelmien käyttö.

Jauhekaaren käyttö generaattorialustoilla ei ole laskennallisesti kannattavaa. Edut jauhekaarella verrattuna nykyiseen hitsaustapaan ovat työn ergonomisuus ja hitsausvirheiden vähentyminen. Työasennot eivät olisi enää hankalia ja puuduttavia, mutta jauhekaarilaitteen painon, aseman ja siitä tulevan kuonan takia

turvallisuusriski kasvaa paljon suuremmaksi kuin nykyään. Turvallisuusriskejä käytössä olisivat puristuminen laitteen ja työkappaleen väliin laitetta nostettaessa ja hitsauksen aikana, jos laite sattuisi putoamaan ajouralta ja liukastumisvaara työkappaleen päälle kertyvän kuonan takia. Hitsausvirheiden vähentyminen on teoreettinen tieto, joka on yleisesti käytössä, mutta se ei välttämättä toimisi samalla tavalla juuri tässä työssä. Jauhekaaren käyttöä ei siis suositella kyseisellä työpisteellä.

9.2 Hitsin laatu ja virheet

Tuotannossa hitsinlaadulle asetetut tavoitteet tulevat täyttymään myös uusilla hitsauslaitteilla, koska itse hitsausmenetelmä ei tule juurikaan muuttumaan ja kaikki muu työhön kuuluva tulee pysymään ennallaan. Virheen mahdollisuus verrattuna aikaisempaan menetelmään tulee kasvamaan jonkin verran, koska hitsaaja ei enää vahdi koko kuljetinhitsaustapahtumaa ja ei siksi voi aina huomata hitsauksen aikana tapahtuvaa virhettä. Toisaalta uusien kuljettimien käytövirransyöttömenetelmä poistaa jo aikaisemmin tuotannossa havaitun virheen mahdollisuuden eli kuljettimen akun loppumisen hitsauksen aikana. SuperSnake-välisyöttölaitteet voivat myös vähentää virheen mahdollisuutta, mutta niiden toimivuutta tulee kokeilla ennen lopullisia päätöksiä.

9.3 Kunnossapito

Tuotannossa olevien laitteiden kohdalla on huomattu ongelmia niiden puutteellisen huollon ja käytön takia. Tämän vuoksi uusille laitteille tulisi laatia valmistajan suosituksia noudattava huolto-ohjelma, ja sitä tulisi myös noudattaa. Kuljetinhitsausaika kappaleiden kokonaistyöajasta on suhteellisen pieni, joten huollon vaatima aika ei tule olemaan ongelma tuotannolle, kunhan vain se suunnitellaan ja ajoitetaan oikein.

LÄHTEET

1. Promector Oy. 2012. Saatavissa:
<http://www.promector.fi/tuotantoautomaatio>. Hakupäivä 25.3.2013.
2. Aaltonen, Kalevi – Torvinen, Seppo 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.
3. Kemppi Oy. Hitsausaapinen. Hitsausautomaatio. 2012. Saatavissa:
<http://www.kemppi.com>. Hakupäivä 16.10.2012.
4. Tuotteet. Retco Oy. Saatavissa: <http://www.retco.fi/fi/tuotteet/mekanisointi-/mekanisointi.html>. Hakupäivä 13.10.2012.
5. Hitsausautomaatio. Hit-Savonia. Saatavissa: http://webd.savonia-amk.fi/projektit/markkinointi/hit/default_fi.aspx?validNavi=mekansiso.xml&page=mekautkii.html. Hakupäivä 5.11.2012.
6. Hitsaustekniikan kertaus- ja täydennyspäivät. 2009. Luentomateriaali. IW – TRAINING KY.
7. Stenbacka, Nils 2011. Hitsaustalous ja tuottavuus. Helsinki: Suomen hitsausteknillinen yhdistys.
8. SFS 3052. 1995. Hitsaussanasto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
9. Lepola, Pertti – Makkonen, Matti 2001. Hitsaus ja teräsrakenteet. Porvoo: WS Bookwell Oy.
10. Lukkari, Juha 1997. Hitsaustekniikka, perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Editia Prima Oy.
11. Metal inert gas welding. Arcraft plasma ltd. Saatavissa:
http://www.arcraftplasma.com/welding/weldingdata/metal_inert_gas_welding.htm. Hakupäivä 2.4.2013.
12. SAW or Submerged Arc Welding .Weldguru. The whole weld world. Saatavissa: <http://www.weldguru.com/saw.html>. Hakupäivä 2.4.2013.

LIITTEET**LIITE 1 LÄHTÖTIETOMUISTIO****LÄHTÖTIETOMUISTIO**

Tekijä Heikki Niemi _____

Tilaaja Fortaco OY _____

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot _____

Janne Hihnala _____

Työn nimi WD-öljyaltaiden ja -alustojen hitsauksen automatisointi _____

Työn kuvaus Tuotteiden valmistus prosessiin Fortacolla kuuluu kokoonpano, hitsaus, viimeistely, hiekkapuhallus ja maalaus. Tässä työssä keskitytään hitsaukseen ja sen automatisointiin. Suuri osa tuotteiden saumoista hitsataan käsin, mutta osa saumoista hitsataan jo nyt automaattisesti käyttäen kuljettimia ja hitsausrobotia. Työssä tutkitaan automaattisen hitsauksen vaikutusta tuottavuuteen ja etsitään mahdollisia parannuskeinoja. Tuotannossa käytettävä hitsausluokka on C ja se täytyy ylläpitää tai jopa parantaa.

Työn tavoitteet

Soveltumattomien kohtien mahdollinen modifiointimahdollisuus kuljetin-hitsauksen mahdollistamiseksi, tuottavuuden lisäys WD-tuotannossa, laatu-tason varmistaminen, läpimenoajan parantaminen, tutkia uusia kuljetin yms. malleja, jotka soveltuvat WD-tuotantoon

Tavoiteaikataulu _____

Valmis 28.2.2013 _____

Päiväys ja allekirjoitukset _____

Heikki Niemi 3.10.2012 _____

Janne Hihnala 3.10.20