

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Konetekniikka

2010

Kristian Hoppania

Hydraulisen puutavaranosturin jalustan kokoonpanosilloitus ja hitsaus



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | Konetekniikka

Toukokuu 2010 | 46 sivua

Ohjaaja: Rabbe Storgårds

Kristian Hoppania

Hydraulisen puutavaranosturin jalustan kokoonpanosilloitus ja hitsaus

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli tehdä työntutkimus Mesera Salo Oy:lle ja tarkastella yrityksen tuotteisiin kuuluvaa levyrakenteisen jalustan hitsausta. Työn tarkoituksena oli kehittää puutavaranosturin jalustan hitsausta työntutkimuksen keinoin ja saada tietoa jalustan hitsaamiseen liittyvistä kulutuksista ja kustannuksista.

Hitsaustyöhön kuului kaksi osaa: levyrakenteisen jalustan kokoonpanosilloitus sekä hitsaus. Molemmissa vaiheissa hitsaustyö jaoteltiin pienempiin osiin ja mitattiin kelloaikatutkimusta hyväksi käyttäen työvaiheeseen kuluvat ajat. Näin saatiin molempien vaiheiden, silloituksen ja hitsauksen, työajat. Työaika jaetaan kahteen osaan: käsiaikaan ja paloikaan. Paloaikojen perusteella saatiin laskettua suojakaasun, lisäainelangan ja sähköenergian kulutukset sekä niiden kustannukset. Työssä määritettiin myös hitsausvaiheen paloikasuhde.

Kelloaikatutkimuksessa saatuja tietoja voidaan myöhemmin hyödyntää tuotteen ja tuotannon suunnittelussa sekä urakkapalkan määrittämisessä. Tutkimuksessa selvisi, että jalustan kokoonpanosilloitusta ei tarvitse kehittää, koska nykyinen käytäntö osoittautui tehokkaaksi ja tuottavaksi. Lopputulevana arvioitiin levyrakenteisen jalustan hitsausvaiheen robotisoinnilla saavutettavan noin 24 prosentin etu käsinhitsaukseen nähden.

ASIASANAT:

MIG/MAG-hitsaus, TIG-hitsaus, työntutkimus, kelloaikatutkimus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical engineering

May 2010 | 46 pages

Instructor: Rabbe Storgårds

Kristian Hoppania

Assembly Tack Welding And Welding of Hydraulic Forestry Crane's Base

The goal of this thesis was to make a study to Mesera Salo Ltd and consider plate structure base welding of their product. The purpose was to develop welding of forestry cranes base with work study method and get information to welding of related consumptions and expenses.

This study includes two parts: assembly tack welding and welding of plate structure base. In both sections welding work was divided to smaller parts and the time to each was measured by time monitoring. Working time was divided to two parts: handling time and burning time. On the basis of burning times it was possible to calculate consumption of shrouding gas, filler metal wire and electric energy and their costs. Duty cycle of welding stage is also defined

The results may later be used in planning of product and production, and also in definition of piece rate in research discovery. Assembly tack welding of base does not need developing, as current practice proved it effective and productive.

KEYWORDS:

MIG/MAG welding, TIG welding, work study, time investigation

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	5
2 HITSAAMINEN.....	6
2.1 Valokaaren syntyminen	7
2.2 MIG/MAG-hitsaus	7
2.2.1 MIG/MAG-hitsauksen erot	8
2.2.2 MIG/MAG-hitsauksen edut ja haitat	8
2.2.3 MIG/MAG-hitsauslaitteistot	9
2.2.4 Kaasukaarihitsauksen suojakaasut	11
2.2.5 MIG/MAG-hitsauksen kaarityypit ja lisäaineen siirtyminen	13
2.3 TIG-hitsaus	14
2.3.1 TIG-hitsauksen käyttöalueet	16
2.3.2 TIG-hitsauksen edut ja haitat	16
2.3.3 TIG-hitsauslaitteisto	17
3 TYÖNTUTKIMUS	21
3.1 Informaation kerääminen	21
3.2 Työmenetelmien määrittäminen	21
3.3 Työn osittelu ja kuvaus	22
3.4 Työmittausmenetelmän valinta	23
3.5 Ajan laskeminen	24
4 TYÖN TOTEUTUS.....	29
4.1 Työn lähtökohdat ja tavoitteet	29
4.2 Aikatutkimuksen tulokset	29
4.2.1 Levyrakenteisen jalustan kokoonpanosilloitus	30
4.2.2 Levyrakenteisen jalustan hitsaus	34
4.3 Paloaikasuhteen laskenta hitsausvaiheessa	38
4.4 Kulutus- ja kustannuslaskelmat	38
4.4.1 Jalustan kokoonpanosilloituksen laskelmat	39
4.4.2 Jalustan hitsauksen laskelmat	41
5 TAVOITTEIDEN ARVIOINTI.....	44
LÄHTEET	46

KUVAT

Kuva 1. Kaavio MIG- ja MAG-hitsauksesta.	10
Kuva 2. Suojakaasun vaikutukset kaasukaarihitsauksessa.	12
Kuva 3. TIG-hitsausmenetelmä.	15
Kuva 4. Yksittäisen työntekijän työajan jakautuminen.	22
Kuva 5. Silloitettu jalusta ja asennusjigi.	30
Kuva 6. Hitsattu jalusta pyörittimestä.	34

TAULUKOT

Taulukko 1. Rasitusluokat ja niitä vastaavat elpymisajat.	26
Taulukko 2. Lämpöolosuhteet.	27
Taulukko 3. Eri työvaiheet ja niiden ajat.	31
Taulukko 4. Lasketut normaaliarvot.	32
Taulukko 5. Eri työvaiheet ja niiden ajat.	35
Taulukko 6. Lasketut normaaliarvot.	36
Taulukko 7. Paloajat ja niiden kokonaismäärä.	39
Taulukko 8. Hitsausarvot ja paloajat.	41

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin Salossa toimivalle Mesera Salo Oy:lle, joka on uusi konepajayritys Mesera-konsernissa. Sen tuotanto pohjautuu aikaisemmin samassa kiinteistössä toimineen Loglift Jonsered Oy Ab:n tuotantoon. Yritys kehittää, valmistaa ja markkinoi puutavaranostureita ja niiden lisälaitteita.

Työn lähtökohtana oli selvittää onko levyrakenteisen jalustan hitsaamisessa ongelmakohtia tai parannettavaa. Työn tarkoituksena oli tehdä työntutkimus kyseisen jalustan hitsausvaiheista ja määrittää eri työerät sekä niihin kuluvat työajat kelloaikatutkimusta käyttäen. Työn toisessa osassa kelloaikatutkimuksesta saatujen aikojen perusteella laskettiin kulutuksia ja niiden kustannuksia.

Työ on jaettu teoriaosaan, jossa selvitetään ensin hitsausta yleisellä tasolla ja tämän jälkeen käsitellään MIG/MAG- sekä TIG-hitsausprosessit. Teoriaosassa on myös yleistietoa työntutkimuksesta sekä sen suorittamisesta. Työn toisessa vaiheessa on työn toteutus, jossa jaetaan hitsaustyö eri työeriin ja kelloaikatutkimusta hyväksi käyttäen lasketaan kunkin työerän käyttämä aika. Lisäksi lasketaan suojakaasun, lisäainelangan ja sähköenergian kulutukset ja kustannukset sekä määritellään paloikasuhde. Viimeisessä osassa arvioidaan saatuja tutkimustuloksia ja esitellään parannusehdotuksia.

Työstä on poistettu luottamuksellisia tietoja, jotka ovat merkitty xxx:llä.

2 Hitsaaminen

Nykyaikaisen hitsaustekniikan historia alkaa 1800-luvun loppupuolella. Tätä ennen hitsausta oli tehty vuosisatoja jopa vuosituhansia, ns. pajahitsauksena. Pajahitsauksessa ahjossa tahdasmaiseen tilaan kuumennettuja metalliosia taotaan vasaralla toisiinsa niin kauan, että ne hitsautuvat yhteen. Perushitsausmenetelmät, kuten kaasuhitsaus, vastushitsaus ja kaarihitsaus, keksittiin ennen ensimmäistä maailmansotaa. [1]

Hitsauksella tarkoitetaan osien liittämistä yhteen käyttämällä lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat hitsauksen jälkeen jatkuvan yhteyden. Lämmönlähteenä hitsauksessa käytetään yleensä hitsausvirtalähteen tuottamalla sähköllä aikaansaataavaa valokaarta. Valokaareen perustuvaa hitsausta kutsutaan kaarihitsaukseksi. [2]

Osien liittäminen yhteen voi tapahtua pelkällä valokaaren tuottamalla lämmöllä siten, että hitsattavat osat sulavat yhteen. Tällaista menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi TIG-hitsauksessa. Yleensä hitsaussaumaan eli hitsiin sulatetaan kuitenkin myös lisäainetta joko langansyöttölaitteella hitsauspistoolin läpi tuotua lisäainelankaa tai hitsaajan käsin syöttämää lisäainetta. Lisäaineella on tällöin oltava likimain sama sulamispiste kuin hitsattavalla materiaalilla [2]. Lisäaineen koostumuksella voidaan parantaa syntyvän hitsausliitoksen ominaisuuksia, kuten esimerkiksi lujuutta sekä kulutuksen- ja korroosionkestoa.

Muodostuvaa hitsisulaa on suojattava hapettumiselta ja ympäröivän ilman vaikutuksilta, jotta hitsistä tulisi kestävä. Tämä tapahtuu esimerkiksi suojakaasujen tai hitsauskuonan avulla. Suojakaasua syötetään hitsisulaan hitsauspolttimen kautta. Puikkohitsauksessa hitsauspuikko on päällystetty materiaalilla, joka synnyttää hitsisulan päälle suojaavan kuonakerroksen. [2]

Yleisimmät kaarihitsausprosessit ovat MIG/MAG-hitsaus, puikkohitsaus, MAG-täytelankahitsaus, jauhekaarihitsaus, TIG-hitsaus ja plasmahitsaus, joista käsittelen tarkemmin tässä työssä MIG/MAG-hitsausta sekä TIG-hitsausta.

2.1 Valokaaren syntyminen

Hitsauksessa tarvittava valokaari on sähköpurkaus hitsauselektrodin ja hitsattavan kappaleen välillä. Valokaari syttyy, kun kappaleiden välille synnytetään hitsausvirtalähteen avulla riittävän suuri jännitepulssi. MIG/MAG-hitsauksessa valokaari syttyy, kun lisäaine koskettaa työkappaleen pintaa ja kosketuskohtaan syntyy oikosulku. Tällöin tehokas oikosulkuvirta sulattaa langan pään ja valokaari syttyy. Hitsauksessa pyritään saamaan tasainen valokaari, jotta hitsistä tulisi siisti ja pitävä. Esimerkiksi MIG-hitsauksessa on tärkeitä, että käytetään hitsattaviin materiaaleihin ja niiden paksuuteen sopivaa hitsausjännitettä ja langansyöttönopeutta. [2]

Myös hitsaajan työskentelytekniikka vaikuttaa valokaaren tasaisuuteen ja siten hitsin laatuun. Hitsauselektrodin tasainen etäisyys railosta ja hitsauspolttimen tasainen kuljetusnopeus ovat tärkeitä hitsin onnistumiselle. Tarvittavan jännitteen ja langansyöttönopeuden valitseminen ovat tärkeä osa hitsausprosessia. Nykyaikaisissa hitsauslaitteissa on useita hitsaajien työtä helpottavia ominaisuuksia, kuten aiemmin käytettyjen hitsausasetusten tallennus sekä ennalta ohjelmoidut synergiakäyrät, jotka helpottavat hitsausparametrien asettamista kulloiseenkin hitsaustyöhön sopivaksi. [2]

2.2 MIG/MAG-hitsaus

MIG- ja MAG-hitsaukset ovat kaksi hitsausmenetelmää, jotka synnyttävät valokaaren elektrodin ja perusmetallin välille. Valokaarta ympäröi suojakaasu. Lisäksi molemmissa menetelmissä elektrodi on halkaisijaltaan pieni lisäainelanka, jota langansyöttölaitteisto syöttää automaattisesti. Lisäainelanka ei ole päällystetty, joten se ei tuota kuonaa. [3, s. 95] Lisäainelanka saattaa olla päällystetty ohuella kuparoinnilla, jonka tarkoitus on suojata lankaa ja parantaa sähkövirran siirtymistä virtasuuttimesta lankaan. Suojakaasu syntyy syöttämällä kaasua saman suuttimen läpi kuin missä lisäainelanka kulkee. Kaasu vapautuu hieman ilmanpainetta suuremmalla paineella, joten se syrjäyttää ilman kaaren ympäriltä. Tämä saa aikaan kaaren syntymiselle, täyttömestallin siirtymiselle ja metallin reunojen sulamiselle otolliset olosuhteet. Molemmissa menetelmissä

hitsaaja ohjaa käsin hitsauspistoolia, jonka läpi sähkövirta, lisäainelanka ja kaasu kulkevat. [3, s. 95]

Nykyisin MIG/MAG-hitsausta käytetään melkein kaikkialla hitsaavassa teollisuudessa [2]. Menetelmä on myös helppo mekanisoida tai automatisoida. Suuria käyttäjiä ovat raskas ja keskiraskas teollisuus, kuten laivanrakennus, teräsrakenteiden, putkistojen ja paineastioiden valmistajat sekä korjaus- ja kunnossapitoyritykset. Menetelmiä käytetään myös ohutlevyteollisuudessa, varsinkin autoteollisuudessa ja autokorjaamoissa, sekä pienteollisuudessa. Myös kotitarvehitsaajien ja harrastajien käytössä on useimmiten MIG/MAG-hitsauslaite. [2]

2.2.1 MIG/MAG-hitsauksen erot

MIG- ja MAG-menetelmien erot tulevat niiden käyttämien suojakaasujen perusteella. MIG-hitsauksessa (Metal-Arc Inert Gas Welding) käytetään nimensä mukaisesti inerttisiä suojakaasuja eli passiivisia reagoimattomia kaasuja. Inerttisinä suojakaasuuina käytetään jalokaasuja, kuten argonia (Ar) tai argonin ja heliumin (He) kaasuseosta. MIG-hitsausta käytetään ei-rautametallien, kuten alumiinin, titaanin ja kuparin hitsaukseen. [4, s. 126] Se on myös käytössä ruostumattomien terästen hitsauksessa.

MAG-hitsauksessa (Metal-Arc Active Gas Welding) käytetään aktiivista kaasua. Aktiivisina suojakaasuuina käytetään hiilidioksidin (CO₂) ja argonin (Ar) kaasuseosta tai argonin (Ar) ja hapen (O₂) kaasuseosta. MAG-hitsausta käytetään terästen hitsaamiseen. [4, s. 126]

2.2.2 MIG/MAG-hitsauksen edut ja haitat

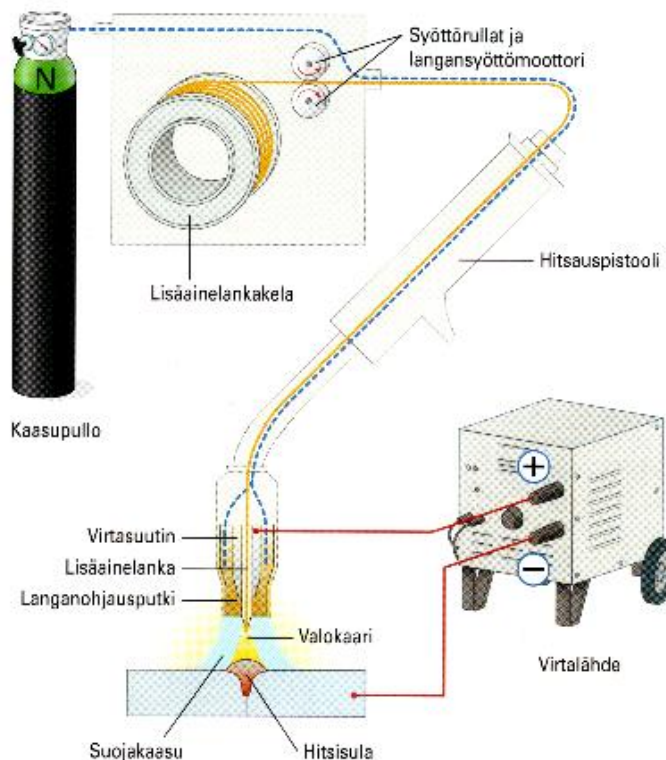
MIG/MAG-hitsauksessa saavutettavia etuja on, että hitsisaumoihin ei tule katkoksia lisäaineen vaihtojen takia, kuten puikkohitsauksessa, koska lisäaineen syöttö on jatkuvaa. Nämä hitsausmenetelmät eivät muodosta kuonaa, ja kuonasulkeutumien vaara on pieni. Hitsisulan tunkeumaa voi säädellä virran avulla. Etuja ovat myös tuottavuus, lisäaineiden edullisuus, laaja

hitsaustehojen säätömahdollisuus sekä hitsattavuus kaikissa asennoissa. [4, s. 127]

MIG/MAG-hitsauksen haittoja ovat, että ne ovat arkoja vedolle ja tuulelle, ulottuvuus ja luoksepäästävyys hitsauskohteeseen ovat rajoitetut, ne eivät sovellu asennustyömaaolosuhteisiin. Hitsausarvojen säätö on vaikeampaa kuin esimerkiksi puikkohitsauksessa ja hitsauslaitteisto vaatii paljon huoltoa. Lisäainevalikoiva on suppeampi verrattuna esimerkiksi puikkohitsaukseen. [4, s. 127] Menetelmät synnyttävät kapean valokaaren, joka saattaa taitamattoman hitsaajan työssä aiheuttaa liitosvirheitä eli sula lisäaine vyöryy sulamattoman perusaineen päälle.

2.2.3 MIG/MAG-hitsauslaitteistot

MIG/MAG-hitsauslaitteistoon kuuluu hitsausvirtalähde, langansyöttölaitteisto, suojakaasulaitteisto, hitsauspistooli sekä mahdollinen nestejäähdytysyksikkö. Kuvassa 1 on kaavio MIG/MAG-hitsauslaitteistosta. Virtalähteinä käytetään vakiojännitteisiä tasasuuntaajia, uudet virtalähteet ovat inverttereitä. Virtalähteissä säädetään jännitettä, hitsausvirta säätäytyy automaattisesti lisäainelangan syöttönopeuden mukaan. [4, s. 127–128]



Kuva 1. Kaavio MIG- ja MAG-hitsauksesta [3, s. 95].

Langansyöttölaitteiston tehtävänä on syöttää lisäainelankaa johdinputkea pitkin hitsauspistoolin kosketussuuttimen läpi valokaareen, jossa valokaaren lämpö sulattaa lisäainelangan hitsisulaan. Langansyötön häiriötön toiminta on ehdoton edellytys MIG/MAG-hitsauksen onnistumiselle. Langansyötön tulee tapahtua säädetyllä vakionopeudella. Langansyöttönopeus on portaattomasti säädettävissä 0–18 m/minuutissa ja uusimmissa hitsauslaitteissa syöttönopeus on 0–25 m/minuutissa. Mekanisoiduissa suurteho MAG-hitsaus prosesseissa langansyöttönopeus voi olla jopa 50 m/minuutissa. [4, s. 129]

Suojakaasulaitteistossa suojakaasu otetaan MIG/MAG-hitsaukseen korkeapaineisesta kaasusäiliöstä tai kaasunjakoverkostosta. Kaasupulloissa paine on yleensä 200 baaria ja kaasuverkoston paine 4–6 baaria. Kaasupullon tai kaasuverkon ulosotto pisteeseen on asennettu paineenalennusventtiili suojakaasun käyttöpaineen ja virtausmäärän säätöä varten. Säädin voi olla varustettu joko kello- tai rotametrivirtausmittarilla. Yleisemmin käytössä ovat kellotyypiset vakiovirtausmittarit. Hitsauspistoolin käyttökytkintä painaessa

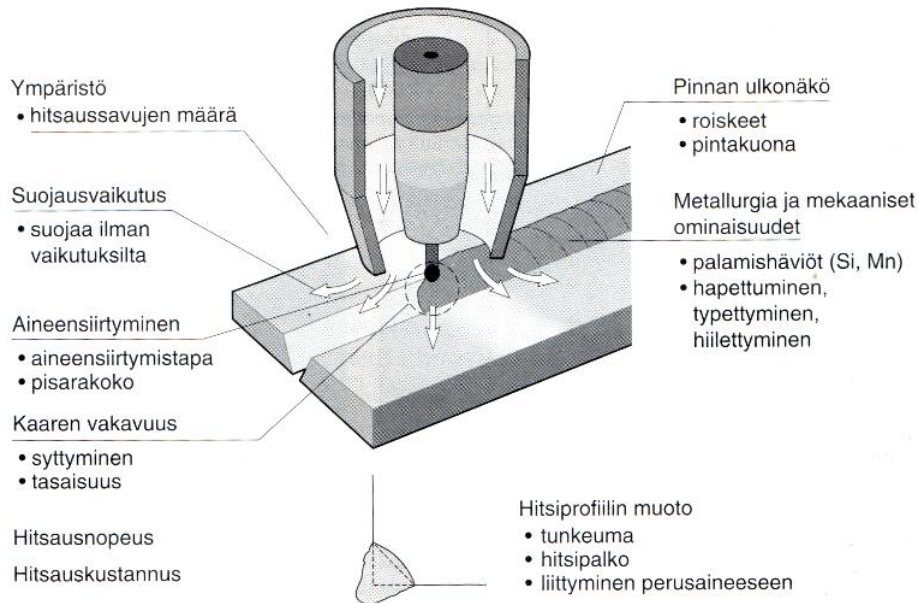
magneettiventtiili aukeaa ja kaasun virtaus alkaa. Suojakaasu virtaa pullosta tai kaasuverkostosta paineenalennusventtiiliin säädetyllä virtausmäärällä kaasuletkua pitkin. Magneettiventtiiliin auettua kaasu virtaa monitoimijohdon kaasuletkua pitkin edelleen hitsauspistooliin kaasusuuttimen ohjaamana hitsauskohteeseen ja suojaa hitsisulaa ilman hapen ja typen haitalliselta vaikutukselta. Suojakaasun todellinen virtausmäärä tarkistetaan hitsauspistoolin kaasusuuttimesta ns. tarkistusrotametrillä. [4, s. 134–135]

Hitsauspistooliin tulee monitoimijohdon kautta ohjausvirta pistoolin käyttökytkimeen, jolla käynnistetään ja pysäytetään hitsaustoiminnot. Hitsausvirta johtuu kosketussuuttimeen, jossa se siirtyy lisäainelankaan. Lisäainelanka, johon hitsausvirta kytkeytyy kosketussuuttimessa. Suojakaasu, jonka virtaus ohjautuu hitsialueelle kaasusuuttimen avulla. Lisäksi hitsauspistooliin tulee monitoimijohdon kautta jäähdyttävä kiertovesi, mikäli se on vesijäähdytteinen pistooli. [4, s. 132]

Hitsauspistooleita on erityyppisiä. Yleisin malli on kaasujäähdytteinen pistooli, jota käytetään yleensä lyhytkaarhitsaukseen. Vesijäähdytteinen pistooli, jota käytetään suurilla tehoilla hitsattaessa. Vetävät paineilma- tai sähkökäyttöiset pistoolit, joita käytetään yleensä alumiinin hitsaukseen, mutta myös terästen hitsaukseen silloin, kun monitoimijohtimet ovat pitkiä. Nykyään on myös hitsaussavuja imeviä pistooleita sekä kaukosäätimellä varustettuja pistooleita. [4, s. 133]

2.2.4 Kaasukaarihitsauksen suojakaasut

Suojakaasun tehtävät kaasukaarihitsauksessa ovat suojata hitsisulaa, elektrodiä, lisäainelangan päätä ja sulia lisäainepisaroita ilman hapelta ja typeltä, luoda valokaarelle edellytykset palaa toivotulla tavalla sekä toimia hitsauspolttimen osien jäähdyttäjänä. Suojakaasun puuttuminen aiheuttaa hitsin pinnan voimakasta hapettumista, jolloin syntyy huokosia. Kuvassa 2 on esitelty suojakaasun vaikutukset kaasukaarihitsauksessa. [4, s. 136]



Kuva 2. Suojakaasun vaikutukset kaasukaarihitsauksessa [4, s. 136].

Suojakaasu vaikuttaa

- lisäaineen siirtymiseen kaaritulassa
- valokaaren vakavuuteen
- hitsauksen nopeuteen
- hitsauskoneen säädettävyyden
- tunkeuman syvyyteen ja muotoon
- hitsin pinnan muotoon
- roiskeiden kokoon ja määrään
- hitsin lujuusominaisuuksiin
- hitsaushuurihin
- hitsauskustannuksiin ja tuottavuuteen. [4, s. 136]

Kaarihitsauksessa käytettävät kaasut jaetaan kahteen ryhmään: aktiivisiin eli hapettaviin ja inertteihin kaasuihin. Aktiiviset kaasut ovat niitä, jotka reagoivat kemiallisesti kaasun lämpötilaan. Inertit kaasut sen sijaan pysyvät ominaisuuksiltaan muuttumattomina. Happi, hiilidioksidi, typpi ja vety ovat aktiivisia kaasuja ja argon sekä helium ovat inerttejä kaasuja. Kaasuja käytetään myös seoskaasuissa. Kaasuseos on inertti, jos sen sisältämät kaasut

ovat inerttejä, ja aktiivinen, kun yksi sen sisältämä kaasu on aktiivista, riippumatta siitä, kuinka paljon se sisältää kyseistä kaasua. Esimerkiksi argonin ja hiilidioksidin seos on aktiivinen, kun taas argonin ja heliumin seos on inertti. [3, s. 95]

2.2.5 MIG/MAG-hitsauksen kaarityypit ja lisäaineen siirtyminen

Valokaari kuumentaa perusaineen ja lisäainelangan päätä, kunnes ne sulavat. Tässä vaiheessa sula metalli pisaroi hitsisulaan. Pisanan koko ja tapa, jolla se irtoaa langasta ja siirtyy hitsisulaan, vaikuttavat hitsaustuloksiin. [3, s. 96] Hitsausparametrejä säätämällä ja eri suojakaasuja käyttämällä on mahdollista hitsata erityyppisillä kaarityypeillä. Ne ovat lyhytkaari, sekakaari, kuumakaari ja pulssikaari. [4, s. 140]

Lyhytkaarihitsauksessa valokaari sammuu jaksoittain lisäainelangan ja perusaineen välillä syntyvien oikosulkujen aikana. Kaarijännite on lyhytkaarihitsauksessa niin alhainen verrattuna lisäainelangan syöttönopeuteen, ettei valokaaren teho ehdi sulattamaan lisäainetta, vaan lanka ehtii törmätä ja aiheuttaa oikosulun perusaineeseen. Oikosulun tapahtuessa virta nousee jännitteen pysyessä lähes vakiona. Tällöin tapahtuu nopea lisäaineen sulaminen ja valokaari syttyy uudelleen. Oikosulkuvaiheen virrannousua rajoitetaan kuristimella eli induktanssilla. Ellei virrannousua rajoitettaisi, se nousisi liian suureksi, josta seuraisi valokaaren leimahtelu liian pitkäksi ja runsas roiskeiden muodostuminen. Lyhytkaarihitsauksen hitsisula on hyvin hallittavissa kaikissa hitsausasunnoissa ja sitä käytetään ohutlevyjen sekä päittäisliitosten pohjapalkojen hitsaamiseen ja asentohitsauksiin. [4, s. 140]

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. Sekakaarella hitsaamista pyritään yleensä välttämään. Tilanteita, joissa sitä joudutaan käyttämään, ovat ylhäältä alaspäin hitsaus ja vaakahitsaus. [4, s. 141]

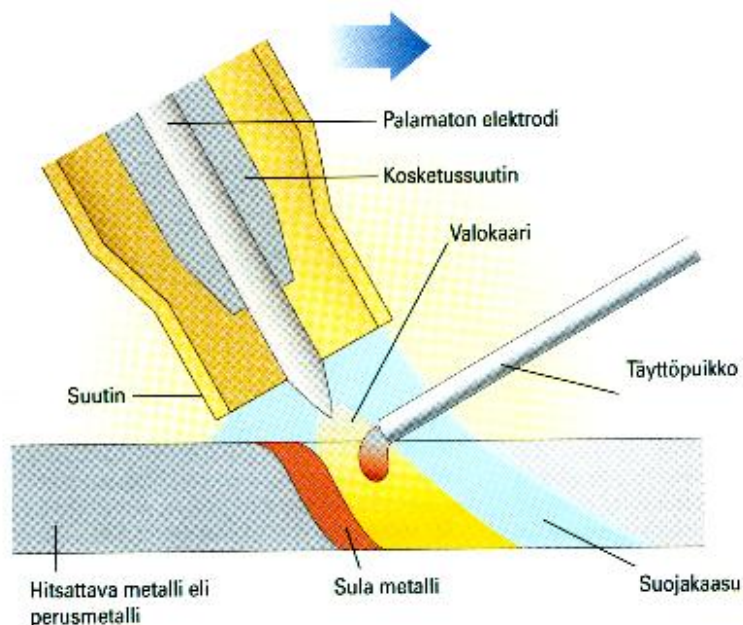
Kuumakaarihitsauksessa kaariteho on niin suuri, että valokaari palaa jatkuvasti ilman oikosulkuvaiheita. Kaaritehon kasvaessa siirtyvän lisäaineen pisarakoko pienenee. Riittävä tehon nostaminen saa aikaan Ar-seosteisilla kaasuilla lisäaineen pään muodostumisen kartiomaiseksi pisaroiden siirtyessä suihkumaisesti hitsisulaan. Kuumakaaren käyttö vaatii suureen hitsaustehon, joka taas johtaa suureen lisäainemäärään aikayksikössä sekä suureen tunkeumaan. Taitava hitsaaja voi tarvittaessa säätää valokaaren tehoa kasvattamalla tai lyhentämällä ns. vapaalangan pituutta. Suuren hitsisulan takia kuumakaari ei sovellu asentohitsauksiin eikä päittäisliitosten pohjapalkojen hitsaamiseen, vaan sitä käytetään paksujen perusaineiden väli- ja pintapalkojen hitsaukseen jalkoasennossa ja alapienahitsaukseen. [4, s. 141–142]

Pulssikaari on oikosuluton kaari, jossa lisäainepisara irrotetaan lisäainelangan kärjestä virtapulssia käyttäen. Pulssikaari muodostetaan syöttämällä virtapulsseja perusvirran päälle, jolloin lisäaine siirtyy suihkumaisena korkean virtapulssin aikana. Jännite vaihtuu vastaavasti virtapulssin aikana. Perusvirta pitää lisäainelangan kärjen ja hitsin sulana. Pulssikaarihitsauksessa ei tapahdu oikosukuja. Pulssikaarihitsauksessa käytetään inerttistä suojakaasua Ar-, He-kaasua tai Ar- valtaista seoskaasua. Sen etuja ovat suuri hitsausnopeus verrattuna lyhytkaarihitsaukseen, pieni hitsausenergia sekä pienet hitsausjännitykset ja rakenteen vääntelyt verrattuna kuumakaarihitsaukseen, mahdollisuus käyttää paksua lisäainelankaa ja mahdollisuus hitsata kaikissa asennoissa. Pulssikaarta käytetään yleisimmin alumiinin ja kuparin MIG-hitsauksessa. Pulssikaarta käytetään MAG-hitsauksessa paksujen terästen asentohitsauksessa. [4, s. 142–143]

2.3 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus (Tungsten Inert Gas) on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja työkappaleen välillä. Valokaaren lämpö sulattaa perusainetta, johon muodostuu hitsisula. Hitsaustapahtumaa ja elektrodin kuumaa kärkeä suojaa ilman hapelta hitsaimen kaasusuuttimen

kautta johdettu suojakaasu. Tämä tapahtuma on esitelty kuvassa 3. Suojakaasuina käytetään argonia tai heliumia. [4, s. 197]



Kuva 3. TIG-hitsausmenetelmä [3, s. 97].

TIG-hitsauksen tärkein periaatteellinen ero muihin kaarihitsausprosesseihin, paitsi plasmahitsaukseen, on sulamaton elektrodi. TIG-prosessilla voidaan hitsata joko lisäainetta käyttäen tai ilman lisäainetta. Hitsaus suoritetaan yleensä samaan tapaan kuin kaasuhitsaus. Hitsainta kuljetetaan toisella kädellä ja hitsissä mahdollisesti tarvittava lisäaine syötetään toisella kädellä valokaareen. TIG-hitsaukselle on ominaista hyvä sulan ja tunkeuman hallinta. Tämä perustuu siihen, että valokaari ja lisäaineen tuonti ovat erillään toisistaan. TIG-hitsaus on yleensä käsin hitsausta, mutta se voidaan myös helposti mekanisoida esimerkiksi asentamalla hitsain kuljetuslaitteeseen ja langansyöttölaitteella syötetään mahdollisesti tarvittava lisäaine lankakelalta valokaareen. [4, s. 197–198]

2.3.1 TIG-hitsauksen käyttöalueet

TIG-hitsaus soveltuu lähes kaikkien metallien hitsaukseen. Prosessia voidaan käyttää esimerkiksi alumiinin, ruostumattomien ja haponkestävien terästen, kuparin, nikkelin, titaanin ja magnesiumin hitsaukseen. TIG-hitsaus soveltuu myös seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen sekä valuraudan hitsaukseen, jolloin sitä käytetään vain silloin, kun hitsille asetetaan suuria laatuvaatimuksia. Eniten TIG-hitsausta käytetään ruostumattomien- ja haponkestävien terästen sekä alumiinin hitsaukseen. [4, s. 198]

TIG-hitsaus soveltuu erityisen hyvin ohuiden ainepaksuuksien hitsaukseen aina 0,1 millimetristä ylöspäin. Yleisemmin ainepaksuudet ovatkin 0,5–6,0 mm. TiG-hitsausta käytetään myös suurempien ainepaksuuksien juuripalkojen yhdeltä puolelta hitsaukseen, jolloin väli- ja pintapalot hitsataan nopeimmilla hitsausprosesseilla, esimerkiksi puikko- tai MIG/MAG-prosesseilla. TIG-hitsaukselle ominaisen hitsisulan hyvän hallittavuuden ansiosta se soveltuu hyvin hitsaukseen kaikissa asennoissa. [4, s. 198]

2.3.2 TIG-hitsauksen edut ja haitat

TIG-hitsauksessa saavutettuja etuja ovat:

- Soveltuu lähes kaikkien metallien hitsaukseen.
- Hitsausarvojen säätö helppoa.
- Lämmöntuonti hyvin säädettävissä.
- Hyvä sula ja tunkeuman hallinta.
- Ohuiden aineiden hitsaus mahdollista.
- Voidaan hitsata ilman lisäainetta.
- Ei synnytä kuonaa eikä roiskeita.
- Hyvänmuotoinen hitsi. [4, s. 199]

TIG-hitsauksen haitat:

- Arkuus vedolle.
- Pieni hitsausnopeus paksuilla perusaineilla.

- Arkuus epäpuhtauksille.
- Juuren suojaustarve. [4, s. 199]

2.3.3 TIG-hitsauslaitteisto

Hitsauslaitteisto koostuu virtalähteestä, ohjausyksiköstä/suurtaajuuslaitteesta, suojaakaasulaitteistosta ja monitoimikaapelista hitsaimineen. Suurilla yleensä yli 150–200 Ampeerin virroilla hitsattaessa käytetään vesijäähdytteisiä hitsaimia, jolloin laitteistoon asennetaan lisäksi jäähdytysveden kiertolaite. [4, s. 199]

TIG-ohjausyksikkö voi olla asennettuna kiinteäksi virtalähteen yhteyteen, tai se voi olla erillisenä. Hitsauslaitteisto voi olla sijoitettu myös ns. monitoimivirtalähteeseen. Tällaisella laitteistokokonaisuudella voidaan hitsata MIG/MAG-, TIG- ja puikkohitsausprosesseilla. [4, s. 199]

TIG-hitsauksessa käytetään yleensä samanlaisia virtalähteitä kuin puikkohitsauksessa. Virtalähde voi olla joko tasasuuntaaja, josta saadaan tasavirtaa (DC), tai muuntaja, josta saadaan vaihtovirtaa (AC). Uudemmat TIG-hitsauslaitteet on varustettu usein kaksoisvirtalähteellä (AC/DC), josta voidaan valita haluttu virtalaji valintakytkintä kääntämällä. Tasavirralla hitsattaessa elektrodi kytkettynä miinusnapaan, elektrodit irtoavat miinusnavasta. Osa elektrodeista matkallaan plusnapaan törmää kaasuatomeihin, jotka muuttuvat plusmerkkisiksi kaasuioneiksi. Kun elektronit törmäävät työkappaleeseen ja kaasuionit elektrodiin, syntyy molempiin osumakohtiin lämpöä. [4, s. 200]

Käännettäessä napaisuus päinvastaiseksi eli kun kytketään volframelektrodi plusnapaan ja työkappale miinusnapaan, kääntyy myös sähkövirran suunta. Samalla lämpöjakauma kääntyy päinvastaiseksi ja hitsisula jää pieneksi. Napaisuudella on ratkaiseva vaikutus elektrodin paksuutta valittaessa. Esimerkiksi jos hitsausvirta on 125 A ja hitsain kytketään miinusnapaan, elektrodin paksuus saa olla 1,6 mm, mutta jos hitsain kytkettäisiin plusnapaan tulisi elektrodin paksuuden olla 6,4 mm. Napaisuudella on myös vaikutusta hitsin muotoon ja sen puhtauteen. [4, s. 201]

Hitsattaessa vaihtovirralla napaisuutta ei voida määritellä. 50 Hz:n vaihtovirralla virran suunta vaihtuu 100 kertaa sekunnissa eli elektrodi ja työkappale ovat vuorotellen sekä miinusnavassa että plusnavassa ja valokaari sammuu jokaisen puolijakson alussa. Napaisuuden vaihtelun ansiosta valokaaren lämpö jakautuu suunnilleen tasan perusaineen ja elektrodin välillä. Vaihtovirtaa käytetään lähinnä vain sellaisten aineiden hitsaukseen, joissa tarvitaan pinnanpuhdistus vaikutusta. Tällaisia aineita ovat alumiini ja alumiiniseokset sekä magnesium ja sen seokset. [4, s. 201–202]

Ohjausyksikön tehtävä on nimensä mukaan virtalähteen ohjaaminen, valokaaren sytyttäminen, suojakaasun virtauksen ohjaaminen ja jäähdytysvesijärjestelmän valvonta. Ohjausyksikössä on myös säätimet aloitus- ja lopetusvirroille, suojakaasun etu- ja jälkivirtausajoille sekä tauko- ja pulssitoiminnoille. Ohjausyksikköön liitetään virtalähteestä tulevat virtakaapelit, maattokaapeli, suojakaasuletku, mahdollisesti jäähdytysvesiletkut, hitsaimen monitoimikaapeli ja kaukosäädin. Hitsausta ohjataan hitsaimessa olevalla liipaisimella. TIG- hitsauksessa valokaari voidaan sytyttää kolmella eri tavalla: [4, s. 202]

- Raapaisusytytys, jossa valokaari sytytetään puikkohitsauksen tapaan koskettamalla jännitteisellä elektrodin kärjellä kevyesti työkappaletta, niin elektrodin kärki kuumenee. Kun elektrodin kärkeä nostetaan irti työkappaleen pinnasta, niin metallia kasaantuu hiukan ja kaariväli ionisoituu, jolloin valokaari syttyy. [4, s. 203]
- Kontaktisytytys eli niin sanotussa liftarc-sytytyksessä virrattomalla elektrodilla kosketetaan kevyesti työkappaletta ja painetaan hitsaimen liipaisinta, jolloin elektrodin läpi kulkee pieni virta. Sitten elektrodi nostetaan ylös työkappaleesta sopivalle korkeudelle, jolloin varsinainen valokaari syttyy ja hitsausvirta asettuu valitulle tasolle. [4, s. 203]
- Yleensä TIG-hitsauksessa käytetään kipinäsytytystä, jota varten hitsauslaitteistossa täytyy olla erityinen sytytyslaite. Sen avulla valokaari sytytetään ilman elektrodin kosketusta työkappaleeseen. Valokaari

saadaan syttymään suurjännitekipinällä pitämällä elektrodin kärkeä muutaman millimetrin etäisyydellä työkappaleesta. Suurjännitekipinän iskiessä elektrodista työkappaleeseen, kaaritila tulee sähköä johtavaksi eli ionisoituu, jolloin virta alkaa kulkea ja valokaari syttyy. [4, s. 204]

TIG-hitsauksessa suojakaasulaitteiston periaate on samanlainen kuin MIG/MAG-hitsauksessa. Suojakaasu otetaan pullosta tai kaasuverkosta. Ohjausyksikköön on sijoitettu magneettiventtiili, joka sähköimpulssien ohjaamana avaa ja sulkee suojakaasun virtauksen monitoimijohtimeen ja edelleen hitsaimen kaasusuuttimeen. Ohjausyksikköön on sijoitettu myös säätömahdollisuudet suojakaasun etu- ja jälkivirtausaikoja varten. [4, s. 207]

Hitsattaessa suurilla tehoilla hitsain pyrkii kuumenemaan, jolloin sen käsittely tulee epämiellyttäväksi, lisäksi hitsaimen eristeet ja tiivisteet voivat vaurioitua. Suurilla, yleensä yli 150 A tehoilla hitsattaessa käytetään vesijäähdytteisiä hitsaimia. Tällöin TIG-hitsauslaitteistoon on asennettu jäähdytysveden kiertolaite. Laite kierrättää jäähdytysvettä monitoimijohdinta pitkin hitsaimeen. Kierrosta palaava kuumentunut vesi jäähdytetään lauhduttimella ennen uudelleen kiertoa ohjautumista. [4, s. 207–208]

Hitsain toimii elektrodin pitimenä: johtaa virtaa elektrodiin sekä ohjaa suojakaasun virtausta valokaareen ja hitsisulan alueelle. Hitsaimet on varustettu toimintojen ohjausta varten käyttökytkimellä (liipaisimella). Käyttökytkin toimii yleensä 24 V jännitteellä. Hitsaimia on kahta päätyyppiä: [4, s. 208]

- Kaasujäähdytteiset hitsaimet, jotka ovat virrankestoltaan 150 ampeeriin asti. Niiden jäähdytystä huolehtii suojakaasu ja osittain myös ympäröivä ilma. Ilman jäähdyttävä vaikutus on kuitenkin vähäinen, koska hitsaimen runko-osa on koteloidun rakenteen sisällä tehokkaasti eristettynä. [4, s. 208–209]
- Vesijäähdytteiset hitsaimet, jossa vesijäähdytyksen tarkoituksena on lämmön siirtäminen pois hitsaimesta, monitoimijohtimen virrankestokyvyn parantaminen ilman kuumentumista sekä hitsaimen

koon ja painon pienentäminen. Jäähdytysvesi kiertää hitsaimeen rungon vesikanavassa ja virtakaapelia ympäröivässä letkussa. [4, s. 209]

3 Työntutkimus

Työntutkimuksen päämääränä on parantaa työn tuottavuutta. Työntutkimuksella voidaan tutkia yksittäisen työntekijän ajankäyttöä ja työn tekemistä. Työntutkimuksella voidaan kehittää työn tuottavuuden lisäksi esimerkiksi tuotteen laatua, työoloja, työvälineiden käyttöä tai työsuojelua. Ihmisten lisäksi työntutkimuksella voidaan mitata koneiden käyntiaikaa ja seisokkeja, sekä työvälineiden tehokkuutta. [5]

Työntutkimuksen avulla työyhteisö voi paremmin ymmärtää olemassa olevia työkäytäntöjään ja voi kehittää niitä tavoitteiden mukaisesti. Työntutkimukseen perustuva työn mitoittaminen antaa oikeudenmukaisen tiedon tehtävän työn määrästä. Työntutkimus antaa uskottavuutta palveluiden ja tuotteiden kehittämiseen. Sen avulla selviävät myös erilaiset odotus- ja tyhjäkäyntiajat. [5]

Työntutkimuksessa on olennaista mitata työhön kuluva aika. Saatuja aikatietoja käytetään seuraaviin tarkoituksiin: Tuotannon ja tuotteen suunnitteluun, tuotteiden hinnoitteluun, suoritukseen perustuvaan palkkaukseen eri urakkapalkkaukseen sekä menetelmien kehittämiseen ja vaihtoehtojen valintaan. [6] Seuraavaksi käsitellään työntutkimuksen eri vaiheet.

3.1 Informaation kerääminen

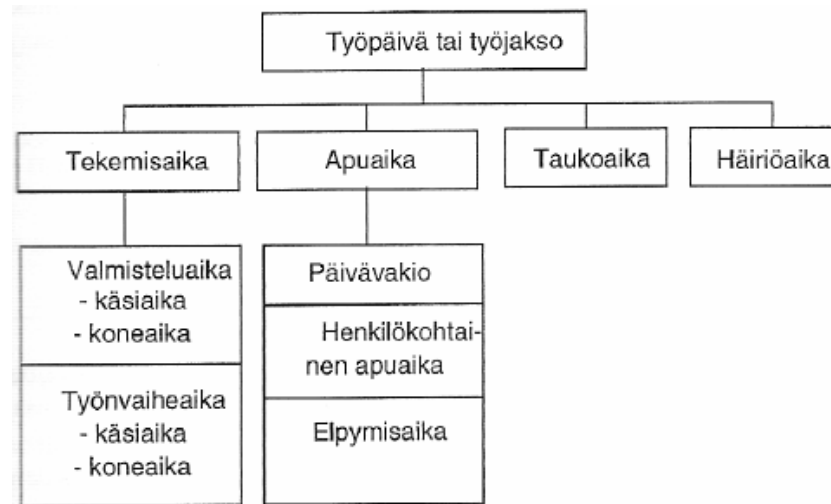
Tässä vaiheessa pyritään saamaan kokonaiskuva tutkimuksesta eli mitä tutkitaan, kuinka tutkitaan ja miksi tutkitaan. On myös tiedettävä, että mihin saatuja tutkimustuloksia käytetään. [6]

3.2 Työmenetelmien määrittäminen

Kun kaikki tarpeellinen informaatio on kerätty, voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen eli työmenetelmien määrittämiseen. Siinä määritellään ensimmäisessä vaiheessa saatujen tietojen perusteella se menetelmä, miten työtä tehdään. Oikeaa työmenetelmää kehittäessä on otettava huomioon mahdolliset muuttujat, jotka vaikuttavat työaikaan. Näitä ovat esimerkiksi työolosuhteet sekä kappaleiden paino. [6]

3.3 Työn osittelu ja kuvaus

Työn osittelussa työaika jaetaan pienempiin osiin. Tämä helpottaa tietojen käsittelyä ja niiden käyttämistä jatkossa. Tavallisesti työaika jaetaan työpäiväksi tai tuotantoeräksi, jotka jaotellaan seuraavasti kuvan 4 mukaan: tekemisaika, apuaika, tauko-aika ja häiriöaika [7, s. 125].



Kuva 4. Yksittäisen työntekijän työajan jakautuminen [7, s. 125].

Aikaa, jolloin työntekijä työskentelee aktiivisesti työkohteen parissa, kutsutaan tekemisajaksi. Se jakaantuu valmisteluaikaan ja vaihe-ajaksi. Valmisteluaika on se aika, joka kuluu työnsuorituksen esitöihin ja työn päättämiseen, esimerkiksi piirustuksiin ja ohjeisiin tutustuminen, työpaikan järjestämiseen, asetusten tekoon ja työn vaihtoon [7, s. 125]. Tässä opinnäytetyössä on valmisteluajat ovat sarjakohtaisia.

Valmisteluaika on edelleen jaettavissa käsi- ja koneaikaan. Käsiaika on työvaiheen se osa, jonka keston työntekijä voi vaikuttaa koneen tai laitteen säädöin. Käsiajalle on ominaista, että sen pituuteen vaikuttaa vakiomenetelmällä tehtäessä joutuisuus, johon tutustun tässä työssä vielä myöhemmin. Työn vaiheajalla tarkoitetaan työvaiheen suoritukseen kuluva-aikaa, mikä puolestaan voidaan myös jakaa käsi- ja koneaikaan. [7, s. 125]

Apuajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu työn kannalta välttämättömien aputehtävien suorittamiseen (päivävakio) sekä henkilökohtaisiin tarpeisiin (henkilökohtainen apuaika) ja muuhun elpymiseen (elpymisaika). Päivävakio sisältää eri päivinä lähes samanlaisina toistuvat työt, kuten työpaikan siivouksen ja työvälineiden huollon. Henkilökohtainen apuaika on taas varattu henkilökohtaisten tarpeiden tyydyttämiseen, kuten ruokailuun. Elpymisajalla tarkoitetaan työstä elpymiseen työpäivän aikana käytettyjä taukoja, joiden pituus johtuu työn kuormittavuudesta. Taukoajaksi lasketaan apuajassa määrittelemättömiin ylimääräisiin taukoihin käytetty aika. [7, s. 125]

Häiriöaikaan kuuluvat erilaiset odottamattomat keskeytykset, apuajat ja odotukset, joiden esiintymistä ja pituutta ei etukäteen tiedetä. Tyypillisiä häiriöaikoja aiheuttavat esimerkiksi sähkökatkokset, työvälineen särkyminen ja tapaturmat. [7, s. 125]

3.4 Työnmittausmenetelmän valinta

Työnmittausmenetelmiä on useita, esimerkiksi havainnointitutkimus, ajankäyttötutkimus, liikeaikatutkimus ja kelloaikatutkimus. Omassa työssäni päädyin kelloaikatutkimukseen, koska se vastasi eniten käyttötarkoitusta. Kelloaikatutkimus voidaan jakaa normaaliaikatutkimukseen ja jatkuvaan ajankäyttötutkimukseen, joista käytin normaaliaikatutkimusta. [6]

Normaaliaikatutkimusta käytetään, kun työt ja niiden työvaiheet ovat toistuvasti samanlaisia. Siinä voidaan jakaa työ pienimpiin osiin ja tarkastella niiden suorittamiseen kuluva aika. Normaaliaikatutkimuksessa voidaan käyttää kelloa, mittaria tai tietokonetta ajanmittausvälineenä. Tässä työssä käytettiin kahta kelloa, jotka näyttävät ajan senttiminuutteina ($cmin = 0,01 \text{ min}$). Toinen kello mittasi käsiäikää ja toinen koneaikaa, joka tässä tapauksessa on hitsauksen valokaaren paloaikaa. [6]

3.5 Ajan laskeminen

Opinnäytteen tavoitteena on määrittää työhön kuluva aika. Työn ajan määrittämisessä tavoitteena on saada selville normalisoitu aika. Työnmittauksen tulos on työarvo (T). [6]

Normalisoitua työaikaa laskiessa tarvitaan joutisuusarvoa, joka tarkoittaa työtuloksen syntyä nopeutta sovitulla työmenetelmällä työskennellen. Normaalijoutisuuden arvo on 100 ja ns. urakkavauhti tarkoittaa, että työntekijä työskentelee joutisuudella 120 eli ylittää normaalijoutisuuden 20 prosentilla. Tässä työssä joutisuus (k_j) on 100. Normalisoitu aika saadaan seuraavalla kaavalla: [6]

$$t_n = k_j \times t_v$$

t_n = normalisoitu aika

k_j = joutisuuskerroin

t_v = valittu aika

Normaaliarvo muodostuu kahdesta osasta: käsiajasta ja koneajasta (paloaika). Käsiaika normalisoidaan joutisuuskerroinella ja koneaika kerrotaan ns. menetelmäkerroinella (k_z), koska koneaika pyritään saamaan alittavuudeltaan samanarvoiseksi käsiaikojen kanssa. Menetelmäkerroin voidaan sopia yrityskohtaisesti tai konekohtaisesti sopivaksi, tässä työssä menetelmäkerroin on 116, koska käsinhitsauksen paloaika on aikaa johon hitsaaja omilla toiminnoillaan pystyy vaikuttamaan. Menetelmälisä on 20 % ($k_z = 120$), jos työntekijä ei omilla toiminnoillaan pysty vaikuttamaan koneaikaan. Tällaisessa tapauksessa 20 prosentin menetelmälisällä annetaan työntekijälle mahdollisuus saavuttaa urakoidusta työstä ns. urakkavoitto, jonka oikein mitoitettuna tulee olla alimmillaan 20 prosenttia, kun työaika on oikein määritetty. Tämän urakkavoiton saavuttaminen edellyttää ko. urakan tekijältä riittävän harjaantumisen työhön, aivan kuten tutkimustilanteessakin tutkittavan on oltava

riittävän harjaantunut tekemään tutkittavaa työtä. Normaaliarvo saadaan seuraavalla kaavalla: [6]

$$T_N = k_{\text{äsi}} \times k_z \times k_{\text{one}}$$

k_z = menetelmäkerroin.

Normalisoitu aika täytyy kertoa apuaikakertoimella, että saadaan työarvo T määritettyä. Apuaika on jaettu kahteen osaan: päivävakiioon ja elpymisaikaan. Elpymisaikaan kuuluu vielä ns. henkilökohtainen apuaika. [6]

Päiväväkio (t_{pv}) sisältää eri päivinä lähes samanlaisina toistuvat työt, kuten työpaikan siivouksen tai työvälineiden huollon. Henkilökohtainen apuaika on taas varattu henkilökohtaisten tarpeiden tyydyttämiseen, kuten ruokailuun, olettaen, että ei ole erikseen työajan ulkopuolista ruoka-aikaa. Varsinainen elpymisaika määritetään työn rasittavuuden ja työn kuormituksen mukaan. [6] Siihen käytetään taulukkoa 1, jonka työmarkkinajärjestöt ovat sopineet. Taulukossa määritelmä A vastaa fyysistä rasitusta ja määritelmä B tarkoittaa henkistä rasitusta. Mikäli työ tapahtuu poikkeuksellisissa lämpöolosuhteissa, määritellään lisävaikutus taulukon 2 avulla. [8]

Taulukko 1. Rasitusluokat ja niitä vastaavat elpymisaajat [8].

Rasitusluokka	Vaihtoehtoinen määritelmä	Elpymisaika min/8 h
1 A	Työssä ei esiinny fyysistä ponnistusta	25
2 A	Kevyt työ: käsiteltävä esineet ovat keveitä tai liikevastus pieni. Työtä tehdään istuen tai vaihtelevasti istuen ja seisten.	35
2 B	Työ vaatii normaalia tarkkaavaisuutta, valppautta ja keskittymistä.	
3 A	Pääasiassa seisten tehtävä kevyt työ. Työ, jossa ajoittain mutta pitkäköin väliajoin joudutaan käsittelemään keskiraskaita esineitä. Työ on muuten kevyttä ja sitä tehdään yleensä istuen.	45
3 B	Kevyt työ, jossa joudutaan kävelemään yli puolet työajasta. Työ vaatii tavanomaista suurempaa tarkkaavaisuutta ja keskittymistä. Yksitoikkoinen työ, jossa samankaltaiset lyhyehköt työvaiheet toistuvat koko työpäivän ajan.	
4 A	Työssä esiintyy lyhyin väliajoin keskiraskaita ponnistuksia, muu osa työstä seisten tehtävää kevyttä työtä. Työ sisältää jatkuvaa liikkeessä oloa, ajoittain portaissanousua ja keskiraskaiden taakkojen kantamista.	55
4 B	Työ vaatii tarkkaavaisuutta ja jatkuvaa valmiutta rajoitettuun toimintaan. Työ koostuu samanlaisina toistuvista lyhyistä työvaiheista koko päivän ajan ja sidonnaisuusaste on korkea.	

5 A	Keskiraskas työ, käsiteltävät esineet liikevastus keskiraskasta tai työajasta korkeintaan 25 % raskasta nostamista, työntämistä tai vetämistä. Työ tehdään koko ajan seisten, ja liikuteltavat esineet ovat keskiraskaita työasennon ollessa korkeintaan 25 % työajasta.	70
5 B	Työ vaatii melko rasittavaa tarkkaavaisuutta ja keskittymistä. Työ vaatii alituista valmiutta nopeaan toimintaan tarkkailun kohteena olevalla laajalla alueella. Työ koostuu samanlaisina toistuvista lyhyistä työvaiheista ja on täysin sidottua.	
6 A	Raskas ruumiillinen työ: työajasta korkeintaan 50 % raskasta nostamista, kantamista, työntämistä tai vetämistä. Korkeintaan 50 % työajasta on työtä suoritettava rasittavassa työasennossa ja liikutellen keskiraskaita esineitä.	85
6 B	Työ edellyttää jatkuvaa herpaantumaton tarkkaavaisuutta ja keskittymistä	
7 A	Hyvin raskas työ: työajasta yli 50 % raskasta nostamista, kantamista, työntämistä tai vetämistä. Raskasta työtä poikkeuksellisen epämukavassa asennossa.	100
7 B	Työ vaatii rasittavaa keskitettyä tarkkaavaisuutta siinä määrin, että sitä voidaan suorittaa yhdenjaksoisesti vain lyhyehkön ajan työn tuloksen kärsimättä.	

Taulukko 2. Lämpöolosuhteet [8].

1	Haittoja esiintyy vain vähän tai vain lyhyehkön ajan kerrallaan.	—
2	Normaalia korkeampi lämpötila tai lämpösäteily aiheuttaa havaittavaa epämukavuutta ja haittaa.	+1 luokkaa
3	Normaalia tuntuvasti korkeampi lämpötila tai voimakas lämpösäteily haittaa huomattavasti.	+2 luokkaa
4	Jatkuva työskentely hyvin korkeassa lämpötilassa ja olosuhteissa, jotka ovat sängen rasittavia.	+3 luokkaa

Apuajan kokonaismäärä (t_a) saadaan seuraavalla kaavalla: [6]

$$t_a = t_{pv} + t_E$$

t_a = apuajan kokonaismäärä

t_{pv} = päivävakio

t_E = kokonaiselpymisaika

Apuaikalisä (l_a), joka lisätään normaaliarvoon työnarvon laskemiseksi, saadaan seuraavasta kaavasta: [6]

$$l_a = 100 \times \frac{t_a}{t - t_a}$$

l_a = apuaikalisä (%)

t_a = apuaika (min)

t = päivittäinen kokonaistyöaika (min)

Apuaikakerroin (k_a) saadaan seuraavalla kaavalla: [6]

$$k_a = 1 + \frac{t_a}{t - t_a}$$

k_a = apuaikakerroin

t_a = apuaika (min)

t = päivittäinen kokonaistyöaika (min)

4 Työn toteutus

4.1 Työn lähtökohdat ja tavoitteet

Tutkimuksen lähtökohtana oli tehdä työntutkimus Mesera Salo Oy:lle ja tarkastella puutavaranosturin levyrakenteisen jalustan hitsausta, johon kuuluu kaksi eri vaihetta: alihankinnasta tulevien jalustan osien kokoonpanosilloitus sekä lopullinen hitsaus.

Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin jalustan hitsauksessa kuluvan työajan määrittäminen kelloaikatutkimusta käyttämällä. Kelloaikatutkimuksesta saatuja tuloksia käytetään selvittämään, kuinka kauan kummankin työvaiheen tekemiseen kuluu aikaa. Näiden tulosten perusteella voidaan esimerkiksi suunnitella tuottavuuden kannalta parempi valmistusmenetelmä tai kehittää vanhaa menetelmää. Lisäksi tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää edellä mainitun jalustan hitsaukseen tarvittava hitsauslisäainelangan ja suojakaasun määrä sekä laskea sähkönenergian kulutus. Näiden tietojen perusteella saadaan laskettua hitsauslangan, suojakaasun ja sähkön työhön synnyttämät kustannukset.

Työstä on poistettu luottamuksellisia tietoja, jotka ovat merkitty xxx:llä.

4.2 Aikatutkimuksen tulokset

Ennen aikatutkimusta tein tarkan työnkuvauksen, jossa selviää työn rakenne eli työerät ja niiden tekemiseen kuluvat ajat. Aikatutkimuksen tein työpisteen vieressä seisten ja mitaten kahdella kellolla kunkin työvaiheen pituutta. Toisella kellolla mittasin käsiaikaa ja toisella kellolla koneaikaa, joka tässä tapauksessa on paloaikaa eli sitä aikaa, kun valokaari palaa. Aikaa mittasin siitä hetkestä alkaen, kun työntekijä aloitti työt, ja lopetin, kun siihen hetkeen kun työntekijä lopetti työt. Mittatietoihin ei siis sisälly taukoajoja. Aikatutkimuksessa

tarkasteltiin kahta eri työvaihetta: levyrakenteisen jalustan kokoonpanosilloitus sekä lopullinen hitsaus, joiden tulokset ja laskelmat erittelen seuraavaksi.

4.2.1 Levyrakenteisen jalustan kokoonpanosilloitus

Jalustan kokoonpanosilloitus tapahtui kuvan 5 jigissä, johon asetettiin osat ja silloitettiin ne yhteen lyhyillä siltahitseillä.



Kuva 5. Silloitettu jalusta ja asennusjigi.

Kelloaikatutkimuksessa mittasin jalustan kasaamiseen kuluvan ajan kolmelta eri kappaleelta, jolloin sain laskettua aikojen keskiarvon eli ns. valitun ajan (tv). Aikatutkimuksen eri työerät ja aikatiedot ovat esitettynä taulukossa 3. Ajat ovat senttiminuutteja (cmin = 0,01 min).

Taulukko 3. Eri työvaiheet ja niiden ajat.

Työnjaotus		Havaitut ajat 1/100 min			Valittu aika
		1	2	3	
1	Asennus jigisiin. Tarkastaa ja asettaa				
	osat 1,2 ja 5. Osien 1 ja 2 hionta.				
	Asettaa vahvikkeet 8 ja 9, (sovitushionta)	xxx	xxx	xxx	xxx
2	Osien 1, 2, 5, 8 ja 9 silloitus	xxx	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx	xxx
3	Osien 6 hitsausalueen puhdistushionta				
		xxx	xxx	xxx	xxx
4	Osien 6 silloitus + (sovitushionta)	xxx	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx	xxx
5	Kappaleen irroitus jigistä				
		xxx	xxx	xxx	xxx
6	Alakulmien ja sisäpuolen silloitus	xxx	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx	xxx
7	Osien 3 asennus ja silloitus sekä "suoja- ruuvien" asennus	xxx	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx	xxx
8	Valmiiksi silloitetun jalustan nosto kuorma- lavalle. Mukaan osa 4 sekä 2kpl osaa 7.				
		xxx	xxx	xxx	xxx

Normalisoitua työaikaa laskiessa tarvitaan joutuisuutta, se tarkoittaa työtuloksen syntyänopeutta sovitulla työmenetelmällä työskennellen. Tässä työssä käsiaikojen joutuisuus (k_j) on 100 (kertoimena 1,0). Normalisoitu aika saadaan seuraavalla kaavalla: [6]

$$t_n = k_j \times t_v$$

t_n = normalisoitu aika

k_j = joutuisuuskerroin

t_v = valittu aika.

Kun käsiaikojen joutuisuuskerroin on 1, niin se ei muuta valittua aikaa.

Normaaliarvo muodostuu kahdesta osasta: käsiajasta ja koneajasta (paloaika). Käsiaika kerrotaan joutuisuuskertoimella ja koneaika kerrotaan ns. menetelmäkertoimella (k_z), koska koneaika pyritään saamaan alittavuudeltaan samanarvoiseksi käsiaikojen kanssa. Menetelmäkerroin voidaan sopia yrityskohtaisesti sopivaksi, tässä työssä menetelmäkerroin on 116 (1,16), koska käsinhitsauksen paloaika on aikaa johon hitsaaja omilla toiminnoillaan pystyy vaikuttamaan [6]. Taulukossa 4 on käsiaikojen valitut ajat (t_v) kerrottu joutuisuudella 100 (kertoimena 1) ja koneaikojen (paloaikojen) valitut ajat kerrottu menetelmäkertoimella 1,16. Näin on saatu normaaliarvo (t_N).

Taulukko 4. Lasketut normaaliarvot.

No	Työnerä	t_v	k_j	t_N
1	asennus jigiiin + osien asennus.	xxx	xxx	xxx
2	osien 1,2,5,8 ja 9 silloitus	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
3	osien 6 hitsausalueen puhdistus	xxx	xxx	xxx
4	osien 6 silloitus + sovitushionta	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
5	kappaleen irroitus jigistä	xxx	xxx	xxx
6	alikulmien ja sisäpuolen silloitus	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
7	osien 3 asennus ja silloitus	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
8	jalustan nosto kuormalavalle	xxx	xxx	xxx

Edellä olevan taulukon perusteella normaaliarvon (t_N) summa on xxx cmin.

Tässä työssä päivävakioksi (t_{pv}) on määritelty 15 min ja kokoonpanosilloituksen valmisteluajaksi 0,75 tuntia/sarja.

Varsinainen elpymisaika määritetään työn rasittavuuden ja työn kuormituksen mukaan. Siihen käytetään sivuilla 26–27 olevia taulukoita. Näin ollen rasisluokaksi valitaan 4 A eli elpymisaika on 55 min / 8h, koska työssä esiintyy lyhyin väliajoin keskiraskaita ponnistuksia, ja muu osa työstä on seisten tehtävää kevyttä työtä. Kokoonpanosilloituksessa ei synny lämpöolosuhteita, jotka vaatisivat lisävaikutus taulukon käyttöä.

Apuajan kokonaismäärä (t_a) saadaan seuraavalla kaavalla:

$$t_a = t_{pv} + t_E = 15 + 55 = 70 \text{ min}$$

t_a = apuajan kokonaismäärä

t_{pv} = päiväväkio

t_E = kokonaiselpymisaika

Apuaikalisä (l_a), joka lisätään normaaliarvoon työnarvon laskemiseksi, saadaan seuraavasta kaavasta:

$$l_a = 100 \times \frac{t_a}{t - t_a} = 100 \times \frac{70}{480 - 70} \approx 17\%$$

l_a = apuaikalisä (%)

t_a = apuaika (70 min)

t = päivittäinen kokonaistyöaika (480 min)

eli apuaika on: $xxx \text{ cmin} \times 0,17 \approx xxx \text{ cmin}$

Apuaikakerroin (k_a) lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$k_a = 1 + \frac{t_a}{t - t_a} = 1 + \frac{70}{480 - 70} \approx 1,17$$

Työnarvo T saadaan, kun kerrotaan normaaliarvo apuaikakertoimella:

$$T = xxx \times 1,17 \approx xxx \approx xxx \text{ tuntia}$$

Liitteessä 1 on täytetty tutkimusraportti, joka täytettiin aikatutkimusta tehdessä.

4.2.2 Levyrakenteisen jalustan hitsaus

Kun jalustan kokoonpanosilloitus oli tehty, niin se siirrettiin toiseen työpisteeseen, jossa jalusta hitsattiin kuvan 6 pyörittimestä.



Kuva 6. Hitsattu jalusta pyörittimestä.

Kelloaikatutkimuksessa mittasin jalustan hitsaamiseen kuluvan ajan kahdelta eri kappaleelta, jolloin sain laskettua aikojen keskiarvon eli ns. valitun ajan (t_v).

Aikatutkimuksen eri työerät ja aikatiedot ovat esitettynä taulukossa 5. Ajat ovat senttiminuutteja (cmin = 0,01 min).

Taulukko 5. Eri työvaiheet ja niiden ajat.

Työnjaotus		Havaitut ajat 1/100 min		Valittu aika
		1	2	
1	Nostaa ja kiinnittää jalustan pyörittimeen (mahdollinen kiinnityksen vaihto)	xxx	xxx	xxx
2	Sisäpuolisten hitsien hitsaus	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
3	Pohja laipan asennus+silloitus+hitsaus	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
4	Osien 3, 8 ja 9 hitsaus. Osan 7 silloitus.	xxx	xxx	xxx
	Osa 5 sisäpuolen hitsaus. Paloaika	xxx	xxx	xxx
5	Sivulevyn hitsaus jalakaosaan, paksujen levyjen hitsaus+esilämmitys	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
6	Ulkopuoliset hitsit (sis. osan 7)	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
7	Puhdistus (alaosa), jalustan kääntö sekä mahdollinen TIG-viimeistely.	xxx	xxx	xxx
8	Kauluksen hitsaus + esilämmitys	xxx	xxx	xxx
	Paloaika	xxx	xxx	xxx
9	Loppu puhdistus + tarkastus (mahdollinen korjaus)	xxx	xxx	xxx
10	Valmiiksi hitsatun ja puhdistetun jalustan irroitus kiinnitimestä ja nosto kuormalavalle	xxx	xxx	xxx

Kuten edellisessä työvaiheessa, käsiaikojen joutuisuuskertoimen ollessa 1 valittu aika ei muutu.

Taulukossa 6 on käsiaikojen valitut ajat (tv) kerrottu joutuisuudella 100 (kertoimena 1) ja koneaikojen (paloaikojen) valitut ajat kerrottu menetelmäkertoimella 1,16. Näin on saatu normaaliarvo (t_N).

Taulukko 6. Lasketut normaaliarvot.

No	Työnerä	tv	kj	tn
1	jalustan kiinnitys	xxx	1,00	xxx
2	sisäpuoleisten hitsien hitsaus	xxx	1,00	xxx
	Paloaika	xxx	1,16	xxx
3	pohjalaipan asennus + silloitus	xxx	1,00	xxx
	Paloaika	xxx	1,16	xxx
4	osien 3, 8 ja 9 hitsaus, 7 silloitus	xxx	1,00	xxx
	Paloaika	xxx	1,16	xxx
5	paksut levyt + sivulevyn hitsaus	xxx	1,00	xxx
	Paloaika	xxx	1,16	xxx
6	ulkopuolen hitsaus	xxx	1,00	xxx
	Paloaika	xxx	1,16	xxx
7	puhdistus(alaosa) + jalustan kääntö	xxx	1,00	xxx
8	kauluksen hitsaus + esilämmitys	xxx	1,00	xxx
	Paloaika	xxx	1,16	xxx
9	loppu puhdistus + tarkastus	xxx	1,00	xxx
10	jalustan irroitus	xxx	1,00	xxx

Edellä olevan taulukon perusteella normaaliarvon (t_N) summa on xxx cmin.

Päivävakioksi (t_{pv}) on määriteltä 15 min ja hitsauksen valmisteluajaksi 1/2 tuntia/sarja.

Kuten jalustan kokoonpanosilloituksessa varsinainen elpymisaika määritetään työn rasittavuuden ja työn kuormituksen mukaan. Siihen käytetään sivuilla 26–27 olevia taulukoita. Rasitusluokaksi valitaan sama luokka kuin silloituksessa eli 4 A (elpymisaika on 55 min / 8h). Hitsattaessa jalustan saumoja syntyy niin paljon lämpöä, että elpymisaikaan huomioidaan lisävaikutus taulukon 2 avulla. Tästä seuraa, että rasitusluokka nousee yhden pykälän eli se on 70 min / 8 tuntia.

Apuajan kokonaismäärä (t_a) lasketaan kaavalla

$$t_a = t_{pv} + t_E = 15 + 70 = 85 \text{ min}$$

t_a = apuajan kokonaismäärä

t_{pv} = päivävakio

t_E = kokonaiselpymisaika.

Apuaikalisä (l_a), joka lisätään normaaliarvoon työnarvon laskemiseksi, saadaan seuraavasta kaavasta:

$$l_a = 100 \times \frac{t_a}{t - t_a} = 100 \times \frac{85}{480 - 85} \approx 22 \%$$

l_a = apuaikalisä (%)

t_a = apuaika (85 min)

t = päivittäinen kokonaistyöaika (480 min).

eli apuaika on: $xxx \text{ cmin} \times 0,22 \approx xxx \text{ cmin}$

Apuaikakerroin (k_a) saadaan seuraavalla kaavalla:

$$k_a = 1 + \frac{t_a}{t - t_a} = 1 + \frac{85}{480 - 85} \approx 1,22$$

Työnarvo T saadaan, kun kerrotaan normaaliarvo apuaikakertoimella:

$$T = xxx \times 1,22 \approx xxx \text{ cmin} \approx xxx \text{ tuntia}$$

Liitteessä 2 on täytetty tutkimusraportti, joka täytettiin aikatutkimusta tehdessä.

4.3 Paloaikasuhteen laskenta hitsausvaiheessa

Paloaikasuhte (kaariaikasuhde) määritellään kaariajan ja hitsaustyön suorittamiseen käytetyn ajan välisenä suhteena. Paloaikasuhte lasketaan seuraavalla kaavalla: [9]

$$\text{Paloaikasuhte (\%)} = \frac{\text{kaariaika} \times 100}{\text{hitsaustyön aika}}$$

kaariaika = valokaaren paloika.

Hitsausvaiheen paloikasuhde lasketaan seuraavasti:

$$\text{Paloikasuhde (\%)} = \frac{\text{kaariaika} \times 100}{\text{hitsaustyön aika}} = \frac{xxx \text{ cmin} \times 100}{xxx \text{ cmin}} \approx 45 \%$$

Näin ollen saatiin paloikasuhdeeksi 45 prosenttia.

4.4 Kulutus- ja kustannuslaskelmat

Työn toisessa vaiheessa tarkastellaan levyrakenteisen jalustan kokoonpanosilloitukseen ja hitsaamiseen kuluva lisäainelangan ja suojakaasun määrää sekä lasketaan sähköenergian kulutus. Tämän jälkeen saatujen tietojen perusteella lasketaan niiden aiheuttamat kustannukset kyseisissä töissä. Molemmissa työvaiheissa käytetään Esabin Aristorod 12.5 kovalankaa, joka on halkaisijaltaan 1,2 mm sekä Mison25 suojakaasua.

4.4.1 Jalustan kokoonpanosilloituksen laskelmat

Kokoonpanosilloituksessa käytetään 250 Ampeerin virtoja sekä 25,5 voltin jännitettä. Langansyöttönopeus on 7,6 m / min ja suojakaasunvirtaus on 17 l / min. Taulukossa 7 on laskettu yhteen kokoonpanosilloituksen eri työerien kokonaispaloaika, jonka perusteella voidaan laskea kulutukset ja kustannukset.

Taulukko 7. Paloajat ja niiden kokonaismäärä.

Työvaihe		Paloaika
1	Osien 1, 2, 5, 8 ja 9 silloitus	xxx
2	Osien 6 silloitus	xxx
3	Alakulmien ja sisäpuolen silloitus	xxx
4	Osien 3 asennus ja silloitus	xxx
Paloaika yhteensä: xxx cmin = xxx min		

SUOJAKAASUN KULUTUS- JA KUSTANNUSLASKELMAT

Kokoonpanosilloituksessa kuluu suojakaasua yhteensä seuraavasti:

Suojakaasunvirtaus 17 l / min × Paloaika xxx min = xxx litraa

Mison25 suojakaasupullossa saadaan 12,4 m³ eli 12400 litraa kaasua. Kaasupullo maksaa yritykselle xxx euroa.

Kaasun litrahinta laskentaan seuraavasti:

xxx € / 12 400 l ≈ xxx € / litra

Silloitusvaiheen suojakaasu kustannukseksi tulee näin ollen

xxx × xxx ≈ xxx euroa.

LISÄAINELANGAN KULUTUS- JA KUSTANNUSLASKELMAT

Kokoonpanosilloituksessa langansyöttönopeus on 7,6 m / min ja paloaika oli xxx minuuttia, joten lankaa kuluu:

7,6 m / min × xxx min ≈ xxx metriä.

Langan hinta ilmoitetaan kiloina, joten sen massa on laskettava. Massa saadaan kun kerrotaan sen tilavuus tiheydellä. Metrin pituisen lisäainelangan paino lasketaan seuraavasti:

tilavuus = pohjan ala × korkeus = $\pi \times 0,06^2 \times 100 \approx 1,13 \text{ cm}^3$

teräksen tiheys = $7850 \text{ kg/m}^3 = 0,00785 \text{ kg/cm}^3$

massa = tiheys × tilavuus = $0,00785 \times 1,13 \approx 0,0089 \text{ kg}$

Kokoonpanosilloituksessa kului siis lankaa kilogrammoina

$0,0089 \times \text{xxx} \approx \text{xxx} \text{ kg}$

Hitsauslanka maksaa yritykselle xxx € / kg, joten lisäainelankakustannus on:

xxx × xxx ≈ xxx euroa

SÄHKÖENERGIAN KULUTUS- JA KUSTANNUSLASKELMAT

Kokoonpanosilloituksessa käytetään 250 ampeerin virtoja ja 25,5 voltin jännitettä. Teho saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$P = U \times I = 25,5 \text{ V} \times 250 \text{ A} = 6375 \text{ W} = 6,375 \text{ kW}.$

$U = \text{jännite (V)}$

$I = \text{virta (A)}$.

Paloaika on xxx min \approx xxx h. Kilowattitunnit saadaan kertomalla teho ajalla:

$6,375 \text{ kW} \times \text{xxx h} = \text{xxx kWh}$.

Kilowattitunti maksaa talolle xxx senttiä, joten paloajan sähkökustannus saadaan laskettua kun tiedetään sähkön hinta ja kilowattitunnit:

$\text{xxx kWh} \times \text{xxx c} \approx \text{xxx senttiä}$.

4.4.2 Jalustan hitsauksen laskelmat

Jalustan hitsauksessa suojavaasunvirtaus on 18 l/min. Hitsauksen eri työerissä käytetään kahdenlaisia virtoja, jännitteitä ja langansyöttönopeuksia. Taulukossa 8 on selvitetty eri työerien ja niiden tarvitsemat hitsausarvot sekä paloajat.

Taulukko 8. Hitsausarvot ja paloajat.

Työvaihe		Virta (A)	Jännite (V)	Langansyöttö-	Paloaika
				nopeus (m/min)	
1	Sisäpuoleiset hitsit	279	32,2	10,3	xxx
2	Pohjalaipan hitsaus	279	32,2	10,3	xxx
3	Osien 3, 8 ja 9 hitsaus, 7 silloitus	279	32,2	10,3	xxx
4	Paksut levyt + sivulevyn hitsaus	319	34,6	12,4	xxx
5	Ulkopuolen hitsaus	279	32,2	10,3	xxx
6	Kauluksen hitsaus	279	32,2	10,3	xxx

Laskettaessa kulutus- ja kustannuslaskuja käytetään paloaikaa hyväksi, samalla tavalla kuin kokoonpanosilloituksessa. Työvaiheiden 1, 2, 3, 5 ja 6 paloajat voidaan laskea yhteen, koska niissä on samat hitsausarvot. Työvaiheen 4 arvot pitää laskea erikseen.

SUOJAKAASUN KULUTUS- JA KUSTANNUSLASKELMAT

Suojakaasunvirtaus on kaikissa työvaiheissa 18 litraa / min. Paloaika on yhteensä edellisen taulukon perusteella xxx cmin (xxx min). Suojakaasun kulutus hitsausvaiheessa lasketaan seuraavasti:

$$18,0 \text{ l / min} \times \text{xxx min} = \text{xxx litraa.}$$

Suojakaasun litrahinta on sama kuin kokoonpanosilloituksessa eli xxx € / litra.

Siis suojakaasun kustannukset ovat hitsausvaiheessa:

$$\text{xxx l} \times \text{xxx € / l} \approx \text{xxx euroa.}$$

LISÄAINELANGAN KULUTUS- JA KUSTANNUSLASKELMAT

Hitsausvaiheessa langansyöttönopeus oli 10,3 m / min, paitsi työvaihe 4, jossa se oli 12,4 m / min.

Lisäainelankaa kului:

$$\text{xxx min} \times 10,3 \text{ m / min} \approx \text{xxx metriä (työvaiheet 1, 2, 3, 5 ja 6).}$$

$$\text{xxx min} \times 12,4 \text{ m / min} \approx \text{xxx metriä (työvaihe 4).}$$

Yhteensä: xxx m + xxx m = xxx metriä.

Yksi metri lisäainelankaa painoi 0,0089 kg

Hitsauksessa kului lisäainelankaa kilogrammoina:

$$\text{xxx} \times 0,0089 \approx \text{xxx} \text{ kg}$$

Hitsauslanka maksoi yritykselle xxx € / kg, joten lisäainelankakustannus on:

$$\text{xxx} \times \text{xxx} \approx \text{xxx} \text{ euroa}$$

SÄHKÖENERGIAN KULUTUS- JA KUSTANNUSLASKELMAT

Hitsaus työerissä 1, 2, 3, 5 ja 6 käytettiin 279 ampeerin virtoja ja 32,2 voltin jännitettä. Työerässä 4 käytettiin 319 A virtoja ja 34,6 V jännitettä. Tehot saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$P = U \times I = 32,2 \text{ V} \times 279 \text{ A} = 8983,8 \text{ W} \approx 8,984 \text{ kW (vaiheet 1, 2, 3, 5 ja 6)}$$

$$P = 34,6 \text{ V} \times 319 \text{ A} = 11037,4 \text{ W} \approx 11,037 \text{ kW (vaihe 4)}$$

Paloajat olivat xxx min (xxx h) ja xxx min (xxx h). Kilowattitunnit saadaan kertomalla teho ajalla:

$$8,984 \text{ kW} \times \text{xxx h} \approx \text{xxx kWh.}$$

$$11,037 \text{ kW} \times \text{xxx h} \approx \text{xxx kWh.}$$

sähkönkulutus on xxx + xxx = xxx kWh.

Hitsausvaiheen paloajan sähkökustannus, kun kilowattitunti maksaa yritykselle xxx senttiä, on

$$\text{xxx kWh} \times \text{xxx c} = \text{xxx senttiä} = \text{xxx euroa.}$$

5 Tavoitteiden arviointi

Kelloaikatutkimuksessa saatujen tulosten perusteella saatiin eri työvaiheiden tekemiseen käytetty aika, mitä yritys voi käyttää myöhemmin hyväksi esimerkiksi tuotannon ja tuotteen suunnittelussa tai urakkapalkan laskemisessa. Mitattujen eräaikojen kautta voidaan myös tarkastella ja arvioida jalustan rakenteen konstruktiota, sekä rakenteen hitsausrailojen sijoittelua ja muotoja. Saatuja aikoja käytettiin myös, kun selvitettiin levyrakenteisen jalustan suojavaasun, lisäainelangan ja sähköenergian kulutuksia sekä niiden kustannuksia.

Tutkimustulosten perusteella selvisi, että jalustan kokoonpanosilloitusta ei tarvitse kehittää, koska nykyinen käytäntö on tuottava ja valmistusaika riittävän nopea.

Hitsausvaiheen paloaikasuhteeksi saatiin noin 45 prosenttia, joka on erittäin hyvä, koska se käsinhitsauksessa voi jäädä jopa alle 20 prosenttiin. Parannusehdotuksena on hitsausvaiheen robotisointi, koska robotilla hitsattaessa paloaikasuhdetta pystytään nostamaan, yleisten kokemusten perusteella jopa 60 prosenttiin. Paloaika robotilla hitsattaessa ei juuri muutu käsinhitsaukseen nähden, mutta toiminta tehostuu, kokonaisaika lyhenee kappaleen käsittelyyn menevän ajan suhteen, koska robotin liikkeet ovat nopeammat ja osin hitsausaikana tapahtuvia, jolloin yhtäjaksoiset hitsit ilman katkoksia ovat mahdollisia. Robotointia puoltaa ja edesauttaa ko. tuotantolaitoksen pitkä kokemus robottihitsauksesta ja siihen jo valmiina oleva välineistö.

Käsinhitsauksen ja robottihitsauksen suojavaasun ja lisäainelangan kulutukset ovat melko samoja, joten saatuja kulutuksia voi verrata keskenään. Sähköenergian kulutus robotilla hitsattaessa on hieman suurempi, koska lisänä ovat robotin akselien servojen sähkökäytöt. Hitsausvaiheen paloaika on noin xxx tuntia ja kokonaisaika on noin xxx tuntia. Robotilla hitsattaessa paloaika xxx tuntia on kokonaisajasta 60 %, jolloin kokonaisaika on $100 \% \times xxx \text{ h} / 60 \% =$

xxx tuntia. Silloin käsittelyaika (käsiäika) on xxx h – xxx h = xxx h. Etu robotilla hitsattaessa on näin ollen xxx tuntia, joka on noin 24 prosenttia.

Tuotteen robotisoinnissa saavutettuja etuja on myös, että robotin operaattori voi sillä aikaa tehdä muita töitä, kun robotti hitsaa, esimerkiksi silloittaa uutta kappaletta tai puhdistaa edellistä. Robotisointi parantaa työnsuojelua, koska hitsaajan ei tarvitse hengittää hitsausuhuruja. Lisäksi robotin tuottama hitsauslaatu on varmistettu sen ohjelmointitilanteessa, ja automaatio takaa laadun toistuvuuden.

LÄHTEET

- [1] Oy Esab. Hitsausuutiset 2/2004. [viitattu 29.4.2010].
Saatavissa: http://www.esab.fi/fi/fi/news/upload/HU_2_04.pdf
- [2] Kemppi Oy. Hitsausaapinen. [viitattu 29.4.2010].
Saatavissa: <http://www.kemppi.com/fi> > hitsausaapinen
- [3] Ares, J. 2009. Metallityöt: muokkaaminen, takominen ja juottaminen. Suom. Kangasniemi, K. Helsinki: kustannusosakeyhtiö Perhemediat Oy.
- [4] Lepola, P. & Makkonen, M. 1998. Hitsaus ja teräsrakenteet. Porvoo: WSOY.
- [5] Konsultointi Welldone Oy. Työntutkimus. [viitattu 29.4.2010].
Saatavissa: <http://www.konswelldone.com/tyontutkimukset.html>
- [6] Sjöberg, M. 2010. Haastattelu 12.4.2010. Salo.
- [7] Vartiainen, M. 1994. Työn muutoksen työvälaineet. Tampere: Tammerpaino Oy.
- [8] Aulanko, V.; Voitto, A.; Mattila, A. & Mäkinen, I. 1987. Elpymisajan määrittäminen työmittauksessa. Teollisuuden Kustannus Oy. [viitattu 29.4.2010].
Saatavissa: <http://www.tuottavuustyoy.fi/files/123/elpymisajanmaaritys.pdf>
- [9] Oy Esab. Hitsausuutiset 1/2008. [viitattu 29.4.2010].
Saatavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/news/upload/HU-1-08.pdf>

LIITE 1/1(2)

AIKATUTKIMUS		Leiji	Esine	J2850 jalusta	Työ	kokoonpanosilloitus		
Nimi	Osasto	Piir. No	Työselostus					
Työntekijän n:o	Työnjohtaja	Aine						
Tutk:n no		Työ no						
Tutkija	Pvm	Kpl. Luku						
No	Työnerä	Mainittava	es	tv	kj	tn	ke	tp
1	asennus jigiiin + osien asennus.			xxx	1,00	xxx		
2	osien 1,2,5,8 ja 9 silloitus			xxx	1,00	xxx		
	Paloaika			xxx	1,16	xxx		
3	osien 6 hitsausalueen puhdistus			xxx	1,00	xxx		
4	osien 6 silloitus + sovitushionta			xxx	1,00	xxx		
	Paloaika			xxx	1,16	xxx		
5	kappaleen irroitus jigistä			xxx	1,00	xxx		
6	alukulmien ja sisäpuolen silloitus			xxx	1,00	xxx		
	Paloaika			xxx	1,16	xxx		
7	osien 3 asennus ja silloitus			xxx	1,00	xxx		
	Paloaika			xxx	1,16	xxx		
8	jalustan nosto kuormalavalle			xxx	1,00	xxx		
Pvm	R	Valm. Hinta	Kpl. Hinta	Summa				xxx
				Apu aika 17 %				xxx
				Kpl. Aika	xxx cmin			xxx h
				valmistelu aika				0,75 h

LIITE 2/1(2)

		AIKATUTKIMUS		Laji				Esine		J2850 jalusta Työ		Hitsaus	
Osasto		Pit. No		Työselostus									
Työnjohtaja		Aine											
Kone		Työ no											
Tuot:n no		Kpl. Luku											
Tuottaja		Kristian Hoppania											
No	Työnerä	es	tv	kj	tn	ke	tp	Paloaika (koneaika) menetelmälliseksi (kz) on valittu 116 sekunda, paloaika ei ole täysin koneesta riippuva					
1	jalustan kiinnitys		xxx	1,00	xxx								
2	sisäpuoleisten hitsien hitsaus		xxx	1,00	xxx								
	Paloaika		xxx	1,16	xxx								
3	pohjalaipan asennus + siloitus		xxx	1,00	xxx								
	Paloaika		xxx	1,16	xxx								
4	osien 3, 8 ja 9 hitsaus, 7 siloitus		xxx	1,00	xxx								
	Paloaika		xxx	1,16	xxx								
5	paksut levyt + sivulevyn hitsaus		xxx	1,00	xxx								
	Paloaika		xxx	1,16	xxx								
6	ulkopuolen hitsaus		xxx	1,00	xxx								
	Paloaika		xxx	1,16	xxx								
7	puhdistus(alaoasa) + jalustan kääntö		xxx	1,16	xxx								
8	kauluksen hitsaus+ esiliänitys		xxx	1,00	xxx								
	Paloaika		xxx	1,16	xxx								
9	loppu puhdistus + tarkastus		xxx	1,00	xxx								
10	jalustan irrotus		xxx	1,00	xxx								
Pvm	R	Valm. Hinta	Kpl. Hinta	Summa		xxx							
				Apu-aika		22% xxx							
				Kpl. Aika		xxx c/min		xxx h					
				valmistelu-aika		0,5 h/sarja							

LIITE 2/2(2)

Työnjaotus	Havaitut ajat 1/100 min																Valittu aika	Menet.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1 Nostaa ja kiinnittää jalustan pyörittäimeen (mahdollinen kiinnityksen vaihto)	xxx	xxx															xxx	
2 Sisäpuolisten hitsien hitsaus Paloaika	xxx	xxx															xxx	
3 Pohja laipan asennus+silloitus+hitsaus Paloaika	xxx	xxx															xxx	
4 Osien 3, 8 ja 9 hitsaus. Osaan 7 silloitus. Paloaika	xxx	xxx															xxx	
5 Sivulevyn hitsaus ialkaosaan, paksujen levyjen hitsaus+esilämmitys Paloaika	xxx	xxx															xxx	
6 Ulkopuoliset hitsit (sis. osan 7) Paloaika	xxx	xxx															xxx	
7 Puhdistus (alaosa), jalustan kääntö sekä mahdollinen TIG-viimeistely.	xxx	xxx															xxx	
8 Kauluksen hitsaus + esilämmitys Paloaika	xxx	xxx															xxx	
9 Loppu puhdistus + tarkastus (mahdollinen korjaus)	xxx	xxx															xxx	
10 Valmiiksi hitsatun ja puhdistetun jalustan irroitus kiinnittimestä ja nosto kuormalavalle	xxx	xxx															xxx	
Työ alkoi	Merk.	Alk.	Lopp.	Aika	Keskeytyksen syy												n =	kierroslukum/min
Tutk. Päättyi																	v =	leikk.nopeus m/min
Tutk. Aika																	s =	syöttö mm/min
Teräty kpl määrä																	t =	lastun vahvuus mm
Teräty aikakpl																	Ø =	keskiarvomenetelmä
																	T =	keskeis
																	V =	valta